

# Bedeo analysiert Schirmung von Kabeln

## EMV von passiven BK-Komponenten mit der Triaxialen Zelle\*

Um die Koexistenz von drahtlosen Diensten mit Kommunikations-Kabelnetzen zu gewährleisten, sind Grenzwerte sowohl für die Einstrahlung als auch für die Abstrahlung erforderlich. Dies gilt auch für passive Breitbandgeräte von coaxialen Kabelnetzen nach EN 60728-4 im Frequenzbereich ab 5 MHz bis zu Frequenzen von 3 GHz, bzw. 3,5 GHz.

In den Normen der Reihe EN 50117 und EN 50083 sind die Grenzwerte für die Schirmwirkung von Kabeln und passiven Geräten festgelegt und entsprechende Messverfahren beschrieben.

Während die Reihe EN 50117 für die Messung von Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung das Triaxialverfahren nach IEC 62153-4-3 und IEC 62153-4-4 (EN 50289-1-6) vorschreibt, sind in EN 50083-2 abhängig vom Frequenzbereich verschiedene Messverfahren gefordert:

- 5 MHz bis 30 MHz                      Koppereinheiten-Messverfahren
- 30 MHz bis 1000 MHz              Absorberzangen-Verfahren der EN 55013
- 950 MHz bis 3500 MHz              Substitutionsverfahren

Zur Beurteilung bzw. zur Qualifikation oder zur Fertigungskontrolle einer passiven Komponente nach EN 50083-2 im Bereich von z.B. 5 MHz bis 1500 MHz sind daher drei verschiedene, aufwändige Messaufbauten mit unterschiedlichen Messgeräten erforderlich.

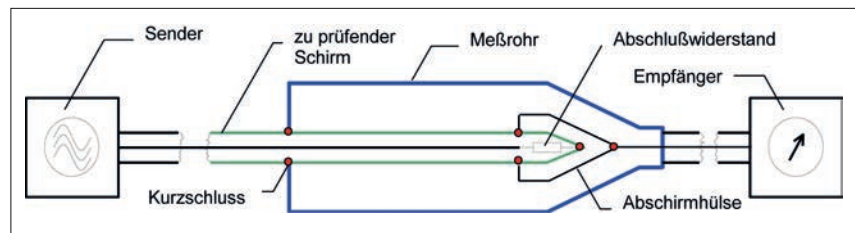


Bild 1: Prinzipieller Aufbau zur Messung von Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung

Mit den Triaxialverfahren der Reihe IEC 62153-4-x, welches jetzt um die Triaxiale Zelle erweitert wurde, kann mit einem Messaufbau sowohl der Kopplungswiderstand als auch die Schirm-

dämpfung von Kabeln, Steckern und passiven Komponenten von DC bis zu 3 bzw. 12 GHz, (abhängig vom Durchmesser des Messrohres bzw. der Zelle), gemessen werden.

Damit können Aufwand und Kosten zur Beurteilung des EMV-Verhaltens und

ggf. zur Qualifizierung von passiven Geräten und Komponenten deutlich reduziert werden.

Neben den Anforderungen an passive Komponenten nach EN 50083-2 gibt es weitere Anforderungen von Anwendern und Netzbetreibern, die sowohl in den Frequenzbereichen als auch in den Grenzwerten von den Werten der Tabelle 1 abweichen können. Für einen BK-Abzweiger zur Erdverlegung wird z.B. von einem Netzbetreiber eine Schirmdämpfung  $\geq 90$  dB von 5 MHz bis 862 MHz sowie  $\geq 85$  dB von 862 MHz bis 1200 MHz gefordert. Die Zulassung und die Fertigungskontrolle kann dabei durch eine Messung in der Triaxialen Zelle erfolgen.

### Triaxialverfahren

Das Triaxialverfahren ist eines der klassischen Verfahren zur Ermittlung der Schirmwirkung von Kabeln und Steckern. Mit einem Messaufbau kann sowohl der Kopplungswiderstand als auch die Schirmdämpfung gemessen werden.

Das zu prüfende Kabel wird an einem Ende mit einem Stecker und am anderen

\* Bernhard Mund, Dipl.-Ing. Nachrichten- und Mikroprozessortechnik, bei bedea zuständig für EMV-Messtechnik und Normung

Frequenzbereich MHz	Grenzwert		Messverfahren
	Klasse A	Klasse B	
Schirmdämpfung			
5 bis 30	$\geq 85$ dB	$\geq 75$ dB	Koppereinheiten-Verfahren, EN 50083-2
30 bis 300	$\geq 85$ dB	$\geq 75$ dB	Absorberzangen-Verfahren nach EN 55013
300 bis 470	$\geq 80$ dB	$\geq 75$ dB	
470 bis 1 000 <sup>a)</sup>	$\geq 75$ dB	$\geq 65$ dB	Substitutionsverfahren, EN 50083-2
950 <sup>b)</sup> bis 3 500	$\geq 55$ dB	$\geq 50$ dB	

<sup>a)</sup> Anwendbar für Geräte mit einer oberen Frequenzgrenze  $\leq 1\,000$  MHz.  
<sup>b)</sup> Anwendbar für Geräte mit einer unteren Frequenzgrenze  $\geq 950$  MHz.

Tabelle 1: Schirmungsklassen von passiven Geräten nach EN 50083-2

Frequenzbereich MHz	Grenzwert			Messverfahren
	Klasse A+	Klasse A	Klasse B	
Kopplungswiderstand				Triaxialverfahren
5 bis 30	$\leq 0,9$ m $\Omega$ /m	$\leq 2,5$ m $\Omega$ /m	$\leq 5$ m $\Omega$ /m	IEC 62153-4-3
Schirmdämpfung	2,5 m $\Omega$ m/m	5m $\Omega$ m/m	15 m $\Omega$ m/m	IEC 62153-4-4
30 bis 1 000	$\geq 95$	$\geq 85$	$\geq 75$	
1 000 bis 2 000	$\geq 85$	$\geq 75$	$\geq 65$	
2 000 bis 3 000	$\geq 75$	$\geq 65$	$\geq 55$	

Tabelle 2: Schirmungsklassen von CATV-Kabeln nach EN 50117-2-4 und EN 50117-4-1

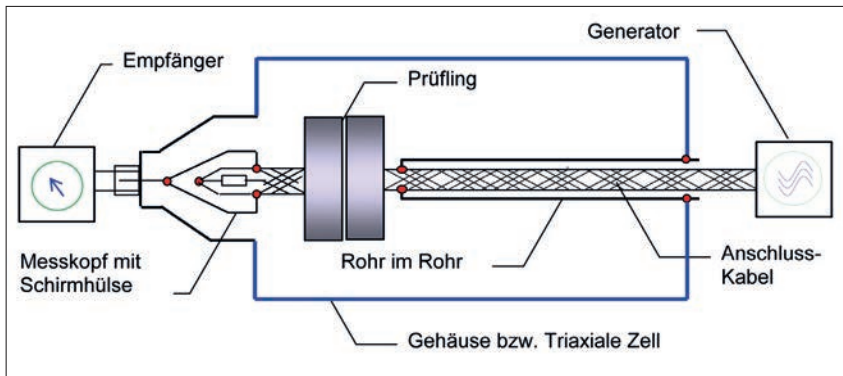


Bild 2: Prinzipdarstellung, „Triaxiale Zelle“ zur Messung von Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung mit Rohr im Rohr Verfahren nach IEC 62153-4-7

136-er Zelle				750-er Zelle				1000/150/150-er Zelle			
a	b	c	f/GHz	a	b	c	f/GHz	a	b	c	f/GHz
136	136	99	2,17	750	250	250	0,87	1000	150	150	1,41

Tabelle 3: Resonanzfrequenzen verschiedener Triaxialer Zellen

Ende mit einem Abschlusswiderstand versehen. Der Prüfling wird in das Rohr eingebaut und am senderseitigen Ende mit dem Rohr kurzgeschlossen. Über den Sender wird Energie in den Prüfling eingespeist.

Die aus dem Kabel bzw. dem Prüfling austretende Energie breitet sich im äußeren System aus. Für die, zum sendernahen Ende laufende Welle entsteht am Kurzschluss eine Totalreflexion, so dass am Empfänger die Überlagerung aus hin- und rücklaufender Welle bzw. aus Nah- und Fernnebensprechen gemessen wird.

Das logarithmische Verhältnis von eingespeister Leistung  $P_1$  zur gemessenen Leistung  $P_2$  am Empfänger ist bei hohen Frequenzen die Schirmdämpfung  $a_s$ . Bei tiefen Frequenzen ergibt sich über die Berechnung des Spannungsverhältnisses  $U_2/U_1$  sowie der Länge  $l$  und des

Wellenwiderstandes  $Z_1$  des Prüflings der Kopplungswiderstand  $Z_T$  zu:

$$Z_T \cdot l \approx Z_1 \cdot \left| \frac{U_2}{U_1} \right| \quad (1)$$

dabei ist  $U_1$  die Eingangsspannung und  $U_2$  die gemessene Spannung.

Die Schirmdämpfung als Leistungsverhältnis wird dann auf den standardisierten Wellenwiderstand des äußeren Systems von  $150 \Omega$  bezogen zu:

$$a_s = 20 \cdot \log \left( \left| \frac{U_2}{U_1} \right|_{\max} \right) + 10 \cdot \log \left( \frac{2 \cdot Z_s}{Z_1} \right) \quad (2)$$

wobei  $Z_1$  den Wellenwiderstand des Prüflings darstellt und  $Z_s$   $150 \Omega$  beträgt.

### Triaxiale Zelle

Größere Stecker und Komponenten passen nicht in die, ursprünglich für Kommunikationskabel ausgelegten, handelsüblichen Messrohre des Triaxialverfahrens mit Innendurchmessern von 40 mm und von 90mm. Zur Messung der Schirmwirkung größerer Bauteile wurde daher die „Triaxiale Zelle“ entwickelt.

Die Verhältnisse des Triaxialverfahrens im Messrohr lassen sich prinzipiell auch auf rechteckige Gehäuse übertragen. Ein rechteckiges Gehäuse kann mit einem Rohr auch in Kombination betrieben werden. Die Schirmwirkung größerer passiver Komponenten kann somit in der „Triaxialen Zelle“ bzw. in einer Kombination aus Rohr und Zelle gemessen werden.

### Grenzfrequenzen, höhere Moden

Das Gehäuse bzw. die „Triaxiale Zelle“ stellt im Prinzip einen Hohlraumresonator bzw. eine Kavität dar, die in Abhängigkeit von ihren Abmessungen verschiedene Resonanzfrequenzen aufweist.

Für einen leeren Hohlraum lassen sich die Resonanzfrequenzen nach Gleichung (3) berechnen.

$$f_{MNP} = \frac{c_0}{2} \sqrt{\left(\frac{M}{a}\right)^2 + \left(\frac{N}{b}\right)^2 + \left(\frac{P}{c}\right)^2} \quad (3)$$

mit

$M, N, P$

Modenzahlen (ganzzahlig, 2 von 3 > 0)

$a, b, c$

Abmessungen des Hohlraums [mm]

$c_0$

Lichtgeschwindigkeit im freien Raum

Für die Abmessungen der Triaxialen Zellen mit 136/136/99 mm, 750/250/250 mm und 1000/150/150mm sind die ersten auftretenden Resonanzen wie in Tabelle 1 dargestellt, zu erwarten. Da bei der Messung der Prüfling durch die Zelle geführt ist, was zu einer Verstimmung des Resonators führt, können die tatsächlich auftretenden Resonanzen von den errechneten Werten abweichen.

Vergleichende Messungen von Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung



Bild 3: Verschiedene Ausführungen Triaxialer Zellen des CoMeT Systems

an Kabeln in Triaxialen Zellen und im Messrohr liefern bis zur ersten Resonanzfrequenz nach Tabelle 3 die gleichen Ergebnisse. Oberhalb der ersten Resonanzfrequenz liegen die Unterschiede in der Amplitude im Bereich von 3 dB. Das Verhalten der Zellen oberhalb der ersten Resonanzfrequenz sowie die Lage des Prüflings in der Zelle ist Gegenstand weiterer Untersuchungen.



### Messungen an BK-Komponenten

Die Schirmwirkung des in Bild 4 dargestellten BK-Abzweigers der Intica Systems AG in Passau für den Frequenzbereich von 5 MHz bis 1500 MHz wurde mit Hilfe der Triaxialen Zelle in mehreren Schritten optimiert und ist inzwischen bei verschiedenen Netzbetreibern zugelassen.

Am gesamten System aus Abzweiger, Hülsen und KES-Steckern wurde nach der Optimierung in der Triaxialen Zelle

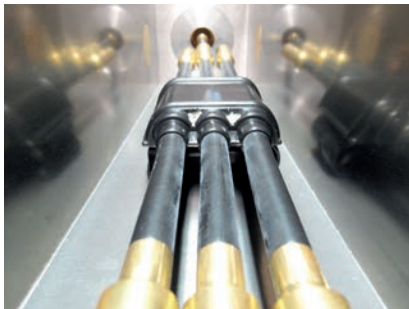


Bild 4: BK-Abzweiger in Triaxialer Zelle

le eine Schirmdämpfung von  $> 95$  dB bis zur Frequenz von 1 GHz gemessen, entsprechend der Schirmungsklasse A+ nach EN 50117. Im Bereich von 1000 MHz bis 1500 MHz beträgt die Schirmwirkung nach der Optimierung  $> 85$  dB. Das Bauelement ist damit sowohl für die Anforderungen an den Rückkanal als auch für die Anforderungen der digitalen Dividende geeignet und bietet

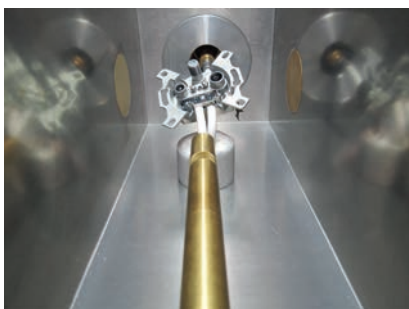


Bild 5: CATV-Dose in Triaxialer Zelle mit Rohr im Rohr

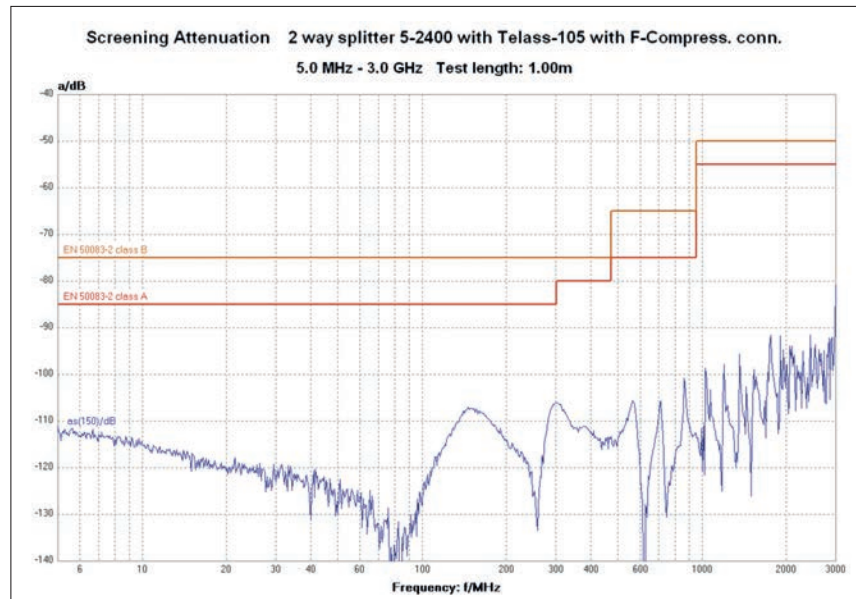


Bild 6: Schirmdämpfung eines zweifach BK- Abzweigers 5 -2400 MHz in Triaxialer Zelle

bis 1,5 GHz ausreichend Reserve für weitere Dienste.

In gleicher Weise wie Abzweiger können z.B. auch Antennendosen in der Triaxialen Zelle gemessen werden. Mit dem „Rohr im Rohr“-Verfahren nach IEC 62153-4-7 bietet sich zusätzlich die Möglichkeit, den Prüfling mit einem HF-dichten Rohr direkt anzuschließen. Damit kann der Einfluss der Anschlusskabel bei der Messung minimiert werden.

Mit der Triaxialen Zelle kann mit einem Messaufbau die Schirmwirkung von passiven Komponenten (je nach Größe der Zelle) bis über 2 GHz gemessen werden.

Damit steht mit dem Triaxialverfahren neben der Messung der Schirmwirkung von Kommunikationskabeln auch ein geeignetes, leicht zu handhabendes Werkzeug zur Messung der Schirmwirkung von passiven Komponenten zur Verfügung.

Gegenüber den Verfahren der EN 50083-2 können Aufwand und Kosten gespart werden.

Neben zahlreichen Messrohren sind bereits einige Triaxiale Zellen bei Herstellern und Netzbetreibern im Einsatz. Die Anwendung der Triaxialen Zelle für passive Komponenten nach EN 60728-4 bzw. EN 50083-2 sollte daher in Fachkreisen weiter diskutiert werden.

Das Messverfahren mit der Triaxialen Zelle befindet sich zurzeit bei IEC TC 46/WG 5 als IEC 62153-4-15 bzw. 46/454/CD in der internationalen Normung.

Weitere Info: [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com)



Dipl.-Ing. Bernhard Mund, Nachrichten- und Mikroprozessortechnik, bei bedea zuständig für EMV-Messtechnik und Normung

### Literatur

- [1] Bernhard Mund: Messen mit der Triaxialen Zelle, Cable!Vision 4/2012
- [2] Bernhard Mund, Thomas Schmid: Measuring EMC of HV cables and components with Triaxial Cell, Wire & Cable Technology international 01/03-2012
- [3] Bernhard Mund, Thomas Schmid: Schirmwirkung von HV-Leitungen mit der Triaxialen Zelle, 5. Anwenderkongress Steckverbinder 2011, Vogel Verlag, Würzburg,
- [4] Bernhard Mund: EMC of Cables & Connectors & Test methods, EMC Zurich 2007
- [5] Bernhard Mund: Measuring the EMC on RF-connectors and connecting hardware, Tube in tube test procedure, IWCS (International wire and cable symposium) 2004