

Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel



Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedea.com 1

Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel



verschiedene Triaxiale Zellen des CoMeT Systems

Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedea.com 2

Übersicht

- Physikalische Grundlagen der Schirmung
 - ◆ Definitionen, elektrische Länge, Kopplungsübertragungsfunktion
- Messverfahren für Schirmwirkung
 - Zangenverfahren, Speisedrahtverfahren, [Triaxialverfahren](#)
- Geänderte und neue Normen für Triaxialverfahren
 - ◆ [IEC 62153-4-3Ed2](#), Kopplungswiderstand
 - ◆ [IEC 62153-4-4Ed2](#), Schirmdämpfung
 - ◆ [IEC 62153-4-7Ed2](#), Rohr im Rohr
 - ◆ [IEC 62153-4-9](#), Kopplungsdämpfung mit Mehrtor-NWA
 - ◆ [IEC 62153-4-15](#), Triaxiale Zelle
- Diskussion

Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedeacom 3

Internationale Normen für Triaxialverfahren,

TR 62153-4-1 Ed2	Introduction to electromagnetic (EMC) screening measurements	2007-11	46/438/CD
62153-4-3Ed2	Surface transfer impedance - Triaxial method	2006-03	46/471/FDIS
62153-4-4Ed2	Shielded screening attenuation, test method for measuring of the screening attenuation a_s up to and above 3 GHz	2006-05	46/439/CDV
62153-4-7Ed2	Shielded screening attenuation test method for measuring the Transfer impedance Z_T and the screening attenuation a_s or the coupling attenuation a_c of RF-Connectors and assemblies up to and above 3 GHz, Tube in tube method	2006-04	46/459/CD
62153-4-9Ed2	Electromagnetic Compatibility (EMC) – Coupling attenuation, triaxial method	2008-03	in Beratung
62153-4-10Ed2	Shielded screening attenuation test method for measuring the Screening Effectiveness of Feedtroughs and Electromagnetic Gaskets	2009-05	in Beratung
62153-4-15	Test method for measuring transfer impedance and screening attenuation - or coupling attenuation with Triaxial Cell		46/454/CD
62153-4-16	Relationship between surface transfer impedance and screening attenuation, Conversion a_s and Z_T		in Vorbereitung

Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedeacom 4

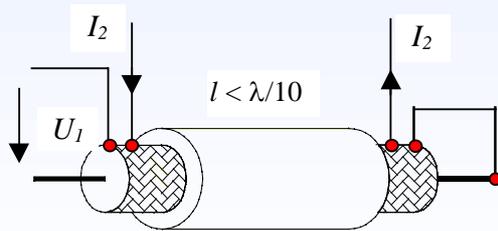
Definitionen, elektrische Länge

hohe Frequenzen: **Schirmdämpfung**

$$a_S = 10 \log (P_1/P_2) = 20 \log_{10} (U_1/U_2) \text{ [dB]}$$

Verhältnis von zwei Leistungen --> **längenunabhängig**

tiefe Frequenzen: **Kopplungswiderstand**



$$Z_T = \frac{U_1}{I_2} \text{ [m}\Omega\text{/m]}$$

Wellenlänge
 $\lambda = (c_0 \cdot v_k) / f$

elektrisch lang:

$$f > \frac{c_0}{2 \cdot l \cdot |\sqrt{\epsilon_{r1}} - \sqrt{\epsilon_{r2}}|}$$

elektrisch kurz:

$$f < \frac{c_0}{10 \cdot l \cdot \sqrt{\epsilon_{r1}}}$$

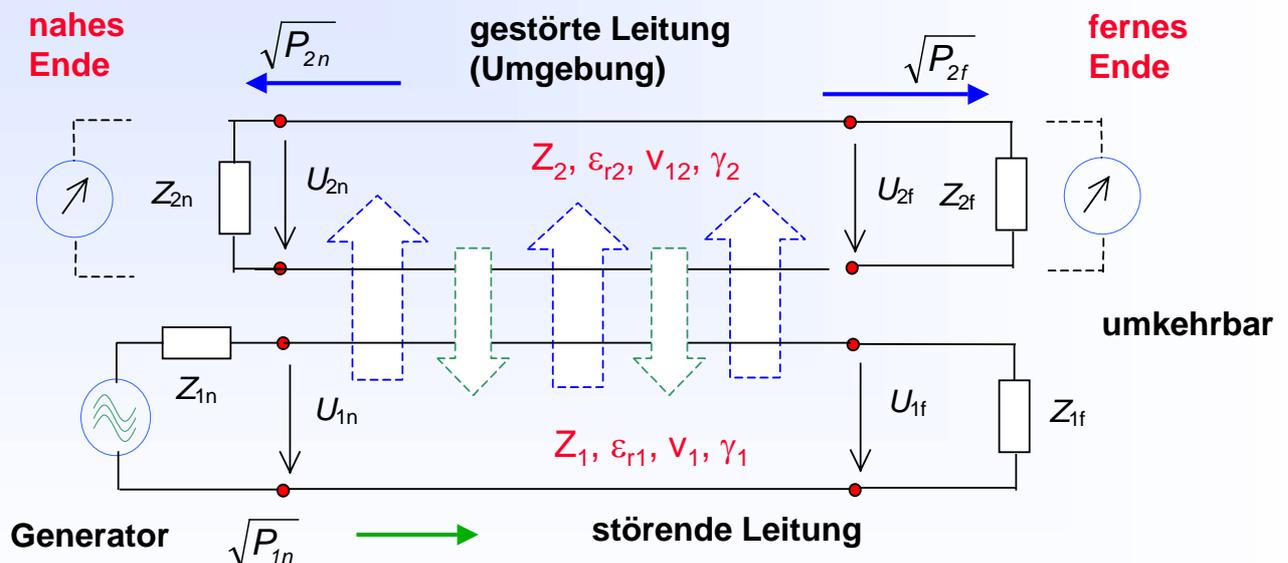
(EN 50289-1-6 bzw. IEC 62153er Reihe)

Verhältnis von **U/I = R** --> **längenabhängig**

Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedea.com 5

Kopplung zwischen zwei Leitungen

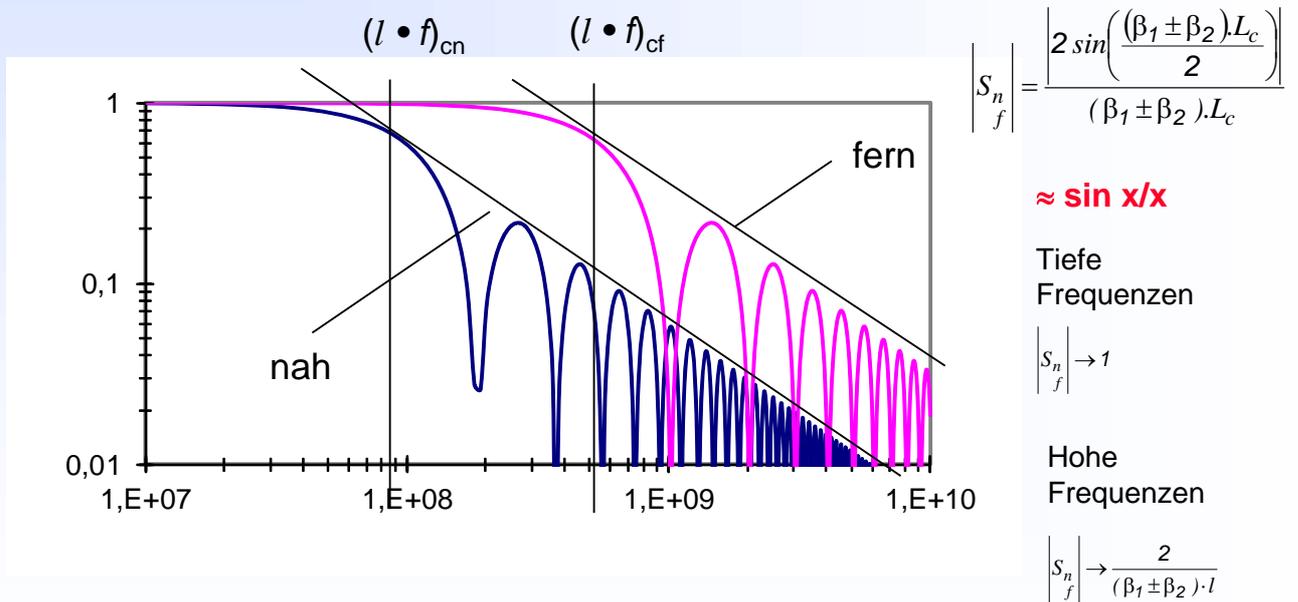


Wellenwiderstand Z , Dielektrizitätskonstante ϵ_r , Ausbreitungsgeschwindigkeit v , Ausbreitungskonstante $\gamma = a + j\beta$

Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedea.com 6

Summenfunktion S_{nf}



eingeführt von Halme/Szentkuti 1988, [8]

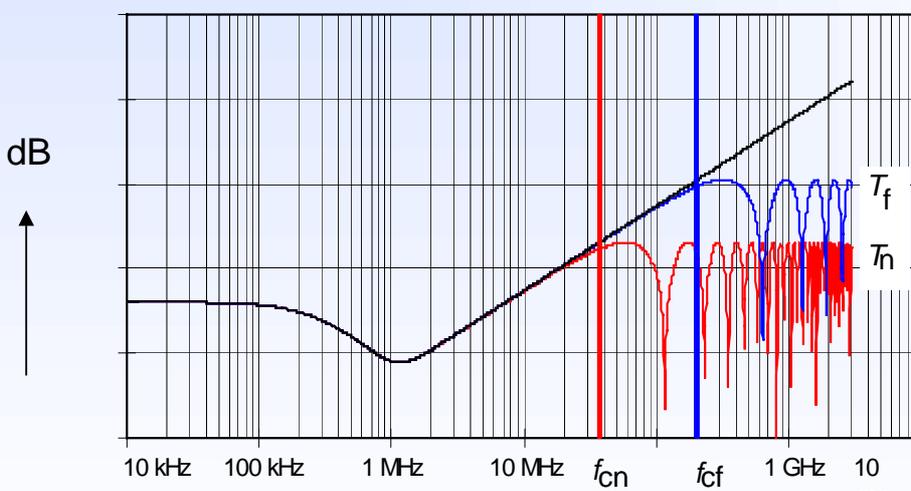
Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedeacom 7

gerechnete Kopplungsübertragungsfunktion, T_{nf}

Frequenzverlauf von a_s und Z_T

$$T_{s,n} = (Z_F \pm Z_T) \cdot \frac{1}{\sqrt{Z_1 \cdot Z_2}} \cdot \frac{l}{2} \cdot S_{nf}$$



- n = nahes Ende
- f = fernes Ende
- L = 1 m
- ϵ_{r1} = 2,3
- ϵ_{r2} = 1,0
- Z_F = 0

Die Kopplungsübertragungsfunktion T_{nf} ergibt sich aus der Multiplikation der äquivalenten Transferimpedanz Z_{TE} und der Summenfunktion S_{nf}

Kopplungswiderstand

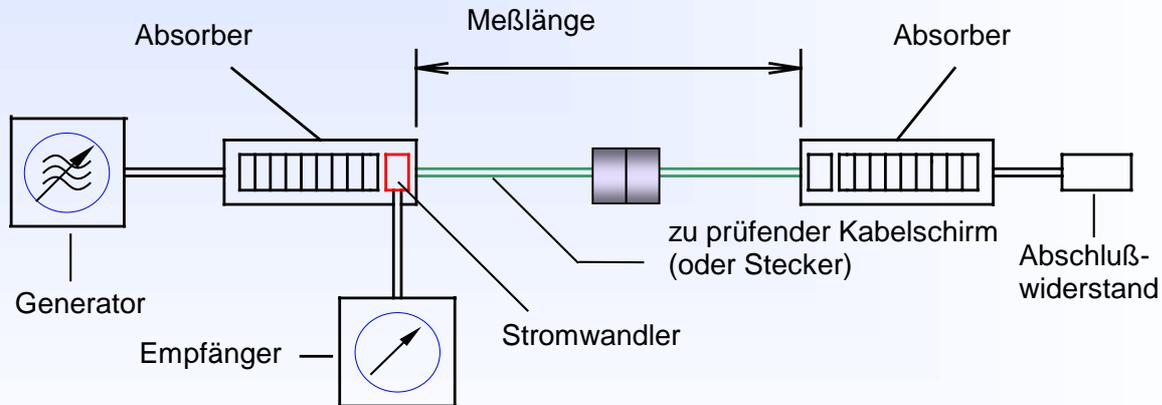
Schirmdämpfung

Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedeacom 8

Verfahren mit Absorberzangen

Schirmdämpfung von 30 MHz bis 1000 MHz MDS 21
500 MHz bis 2500 MHz MDS 22



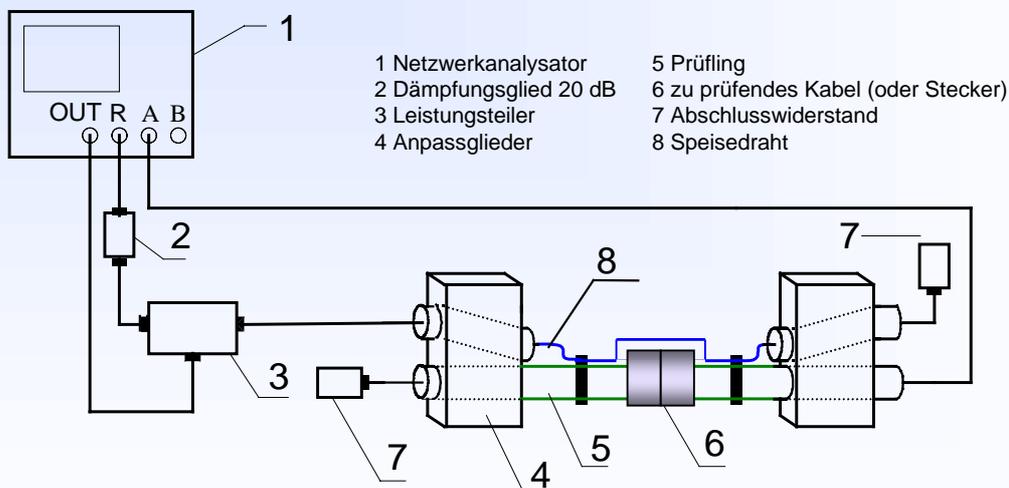
IEC 62153-4-5 bzw. EN 50289-1-6

Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedea.com 9

Speisedraht-Verfahren

Kopplungswiderstand bis 1 GHz, Anpassung des Speisedrahtes 20 dB min !



IEC 62153-4-6 bzw. EN 50289-1-6

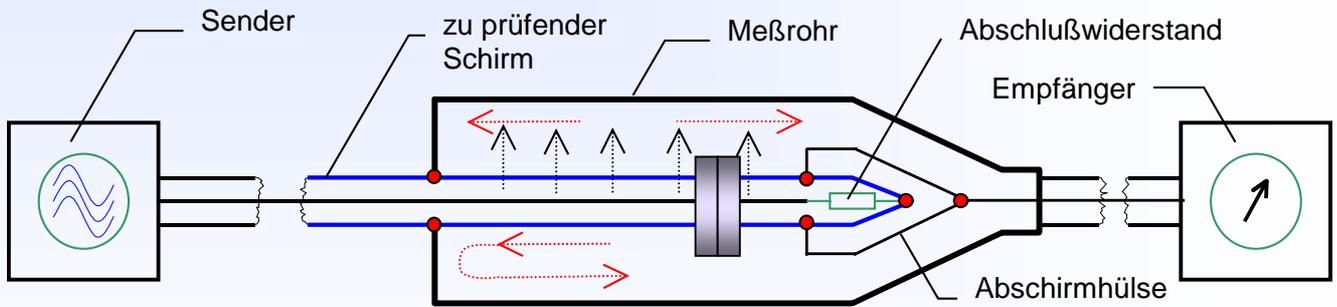
Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedea.com 10

Triaxial-Verfahren, Prinzip

Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung

DC bis über 12 GHz mit einem Messaufbau

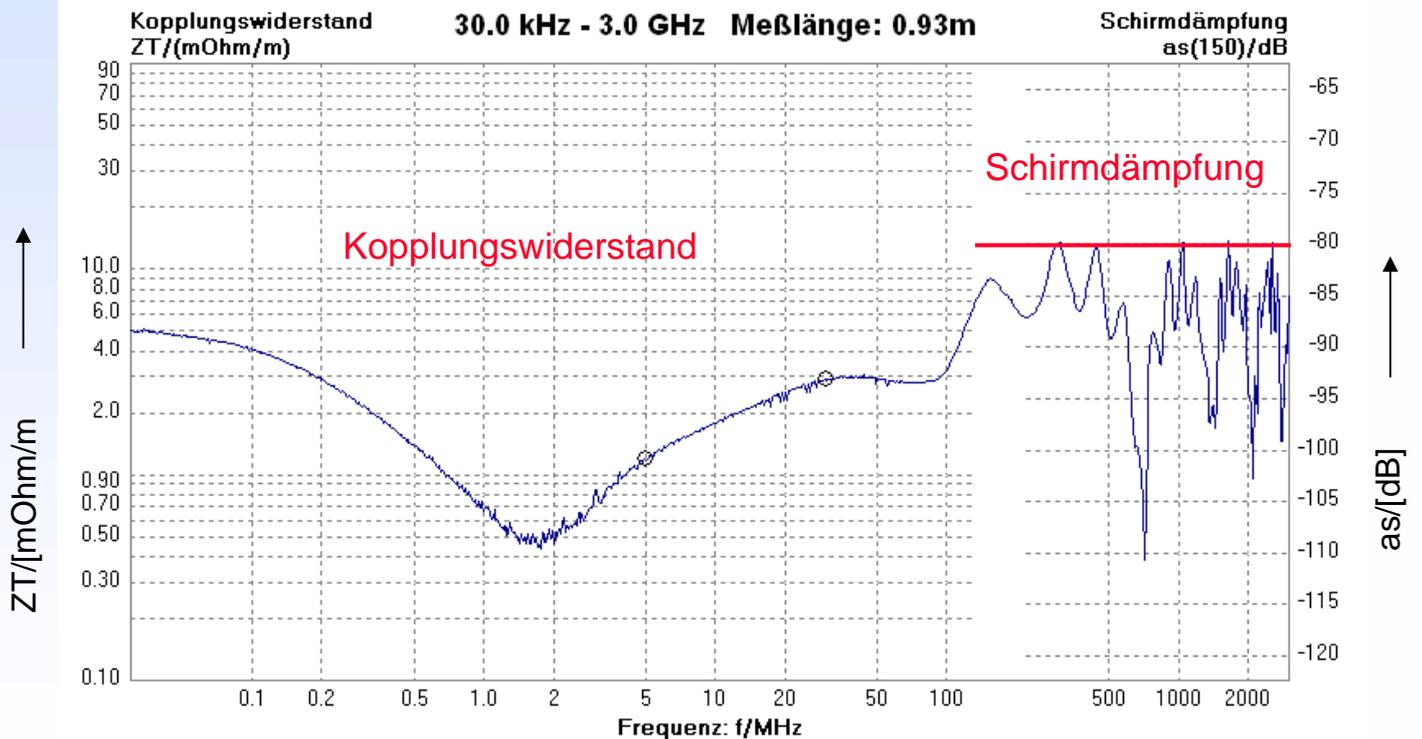


IEC 62153-4-3Ed2 Kopplungswiderstand, IEC 62153-4-4Ed2 Schirmdämpfung, EN 50289-1-6, Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung,

Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedeacom 11

Kopplungsübertragungsfunktion RG 214



Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedeacom 12

Gegenüberstellung der Messverfahren

- Zangenverfahren
 - ◆ Schirmdämpfung 30 MHz bis 1 GHz
- Speisedraht-Verfahren
 - ◆ Kopplungswiderstand bis 1 GHz (2,5 GHz)
- Triaxialverfahren
 - ◆ Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung
 - ◆ DC bis zu 12 GHz mit einem Messaufbau !

Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bede.com 13

Gegenüberstellung der Messverfahren

Zangenverfahren



Schirmdämpfung 30 MHz bis 1 (2,5) GHz

Speisedraht-Verfahren



Kopplungswiderstand bis 1 GHz

Triaxialverfahren

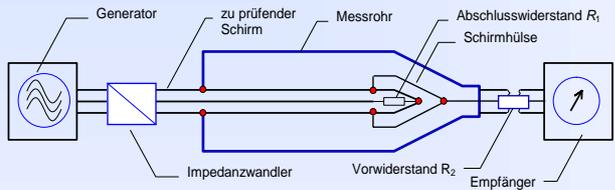
Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung
DC bis zu 12 GHz mit einem Messaufbau !



Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel

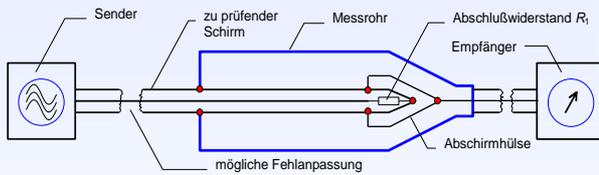
Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bede.com 14

Änderungen der IEC 62153-4-3, Kopplungswiderstand



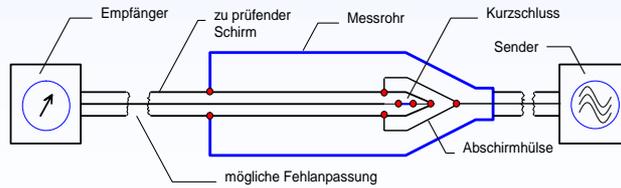
Verfahren A: Angepasster innerer Kreis mit Dämpfungswiderstand R_2

$$Z_T = \frac{R_1(Z_0 + R_2)}{Z_0 L_c} \cdot 10^{\left\{ \frac{a_{\text{meas}} - a_{\text{cal}} - \left(a_{\text{pad}} + 10 \log_{10} \left(\frac{Z_0}{Z_{\text{CUT}}} \right) \right)}{20} \right\}}$$



Verfahren B: Innerer Kreis mit Abschlusswiderstand und äußerer Kreis ohne R_2

$$Z_T = \frac{R_1 + Z_0}{2 \cdot L_c} \cdot 10^{\left\{ \frac{a_{\text{meas}} - a_{\text{cal}}}{20} \right\}}$$



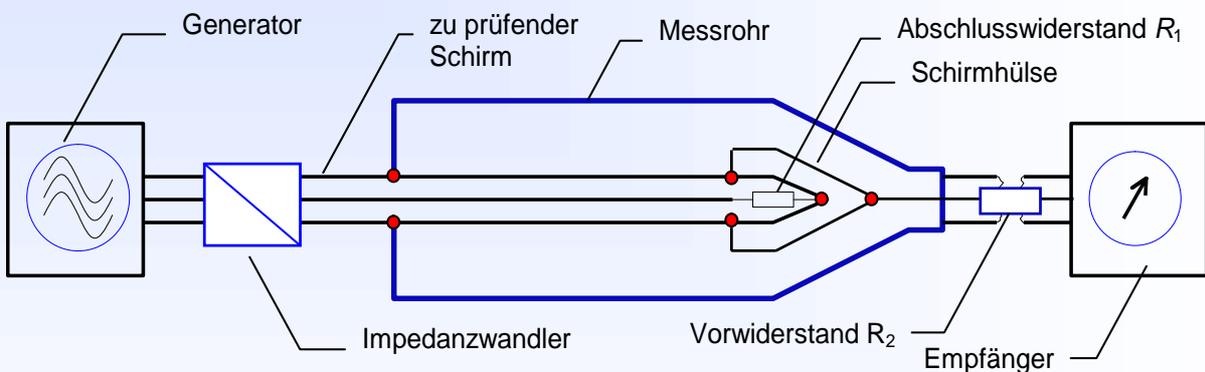
Verfahren C: (Fehlangepasst)-Kurzschluss- Kurzschluss ohne Dämpfungswiderstand

$$Z_T = \frac{Z_0}{2 \cdot L_c} \cdot 10^{\left\{ \frac{a_{\text{meas}} - a_{\text{cal}}}{20} \right\}}$$

Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedea.com 15

Verfahren A: Angepasster innerer Kreis mit Dämpfungswiderstand R_2

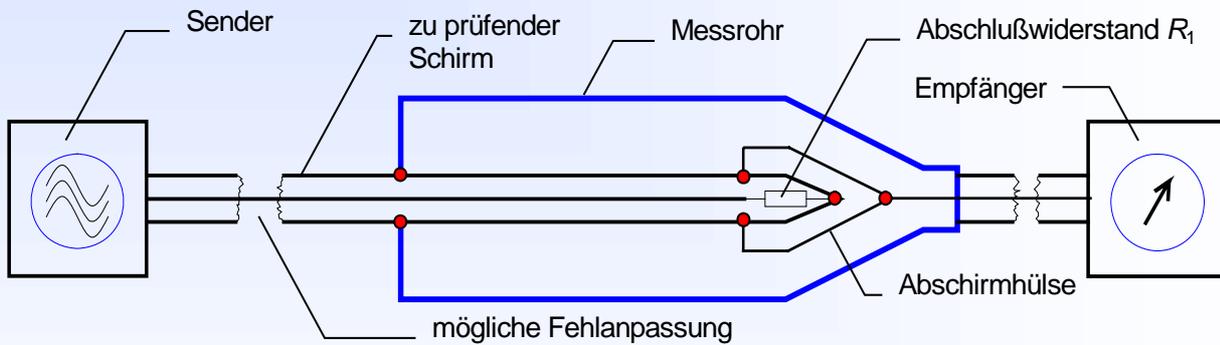


$$Z_T = \frac{R_1(Z_0 + R_2)}{Z_0 L_c} \cdot 10^{\left\{ \frac{a_{\text{meas}} - a_{\text{cal}} - \left(a_{\text{pad}} + 10 \log_{10} \left(\frac{Z_0}{Z_{\text{CUT}}} \right) \right)}{20} \right\}}$$

Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedea.com 16

Verfahren B: Innerer Kreis mit Abschlusswiderstand ohne R_2

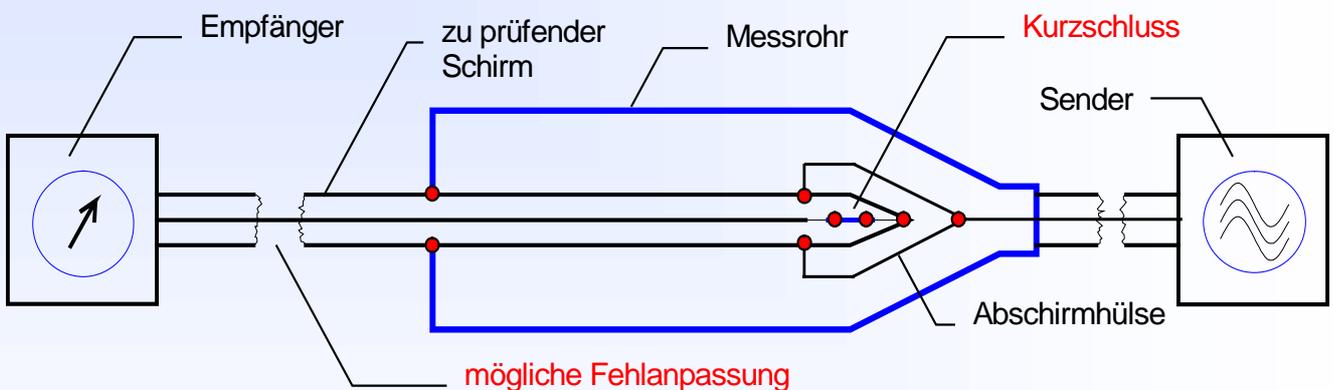


$$Z_T = \frac{R_1 + Z_0}{2 \cdot L_c} \cdot 10^{-\left\{ \frac{a_{\text{meas}} - a_{\text{cal}}}{20} \right\}}$$

Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedeacom 17

Verfahren C: (Fehlangepasst)-Kurzschluss- Kurzschluss ohne R_2

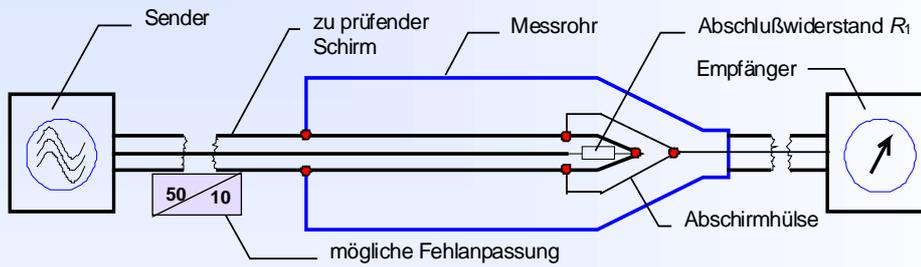


$$Z_T = \frac{Z_0}{2 \cdot L_c} \cdot 10^{-\left\{ \frac{a_{\text{meas}} - a_{\text{cal}}}{20} \right\}}$$

Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedeacom 18

Änderungen der IEC 62153-4-4, Schirmdämpfung



Innerer Kreis mit Abschlusswiderstand $R_1 = Z_1$ und äußerer Kreis ohne Dämpfungswiderstand

$$a_s = 10 \cdot \log_{10} \left| \frac{P_1}{P_{r,max}} \right| = 10 \cdot \log_{10} \left| \frac{P_1}{P_{2,max}} \cdot \frac{2 \cdot Z_s}{Z_1} \right| = Env \left\{ -20 \cdot \log_{10} |S_{21}| + 10 \cdot \log_{10} |1 - r^2| + 10 \cdot \log_{10} \left| \frac{300 \Omega}{Z_1} \right| \right\}$$

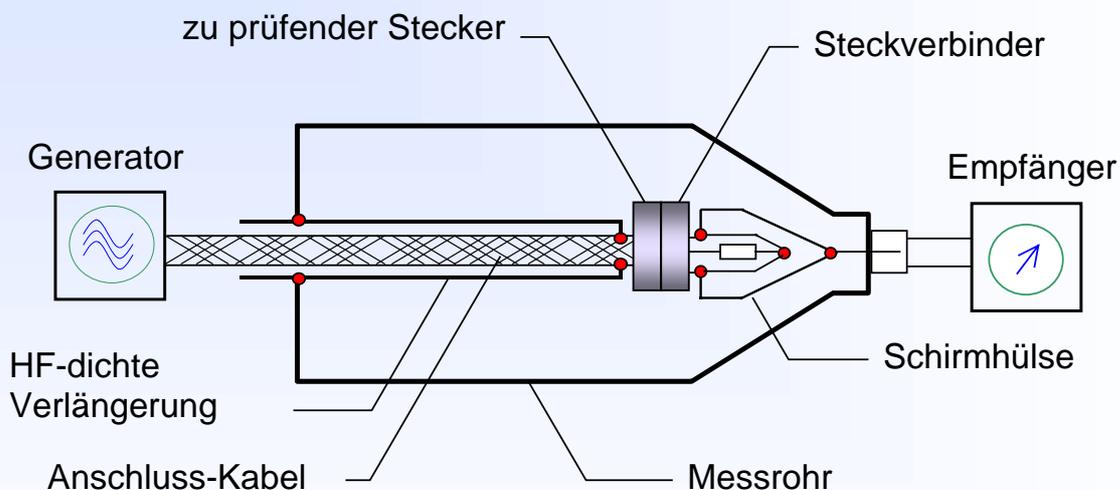
Der Term $|1 - r^2|$ stellt hier die Reflexionsdämpfung durch die Fehlanpassung zwischen Generator und Prüfling dar. Bei einer Fehlanpassung von 50 Ohm Generatorwiderstand auf z.B. 10 Ohm Wellenwiderstand des Prüflings ergibt sich damit ein Korrekturwert von ca. 2,5 dB !

$$r = \left(\frac{Z_0 - Z_1}{Z_0 + Z_1} \right)$$

Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedeacom 19

Triaxialer Aufbau für Stecker mit "Rohr im Rohr"

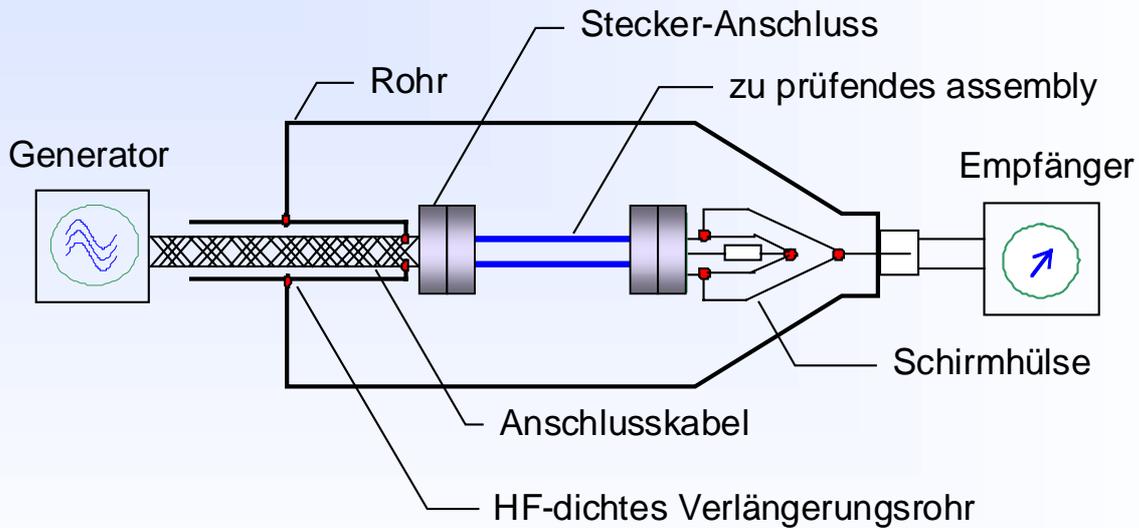


"Rohr im Rohr"-Verfahren, IEC 62153-4-7Ed2, Kopplungswiderstand, Schirmdämpfung und Kopplungsdämpfung von Steckern und Assemblies

Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedeacom 20

Messen von konfektionierten Kabeln



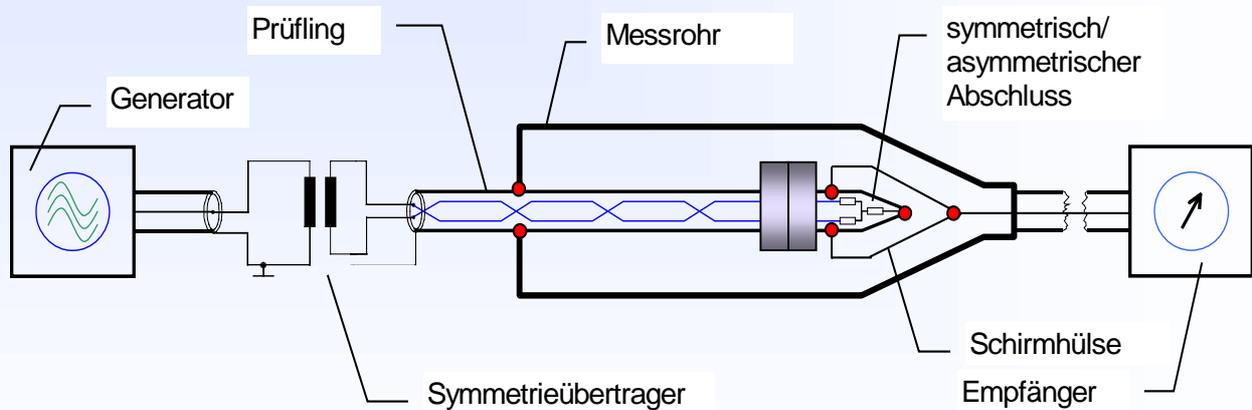
IEC 62153-4-7Ed2, "Rohr im Rohr" -Verfahren (Stecker & konfektionierte Kabel)

Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedea.com 21

Messen der Kopplungsdämpfung

geschirmte symmetrische Kabel, (Kategoriekabel), mehradrige Kabel (und Stecker)

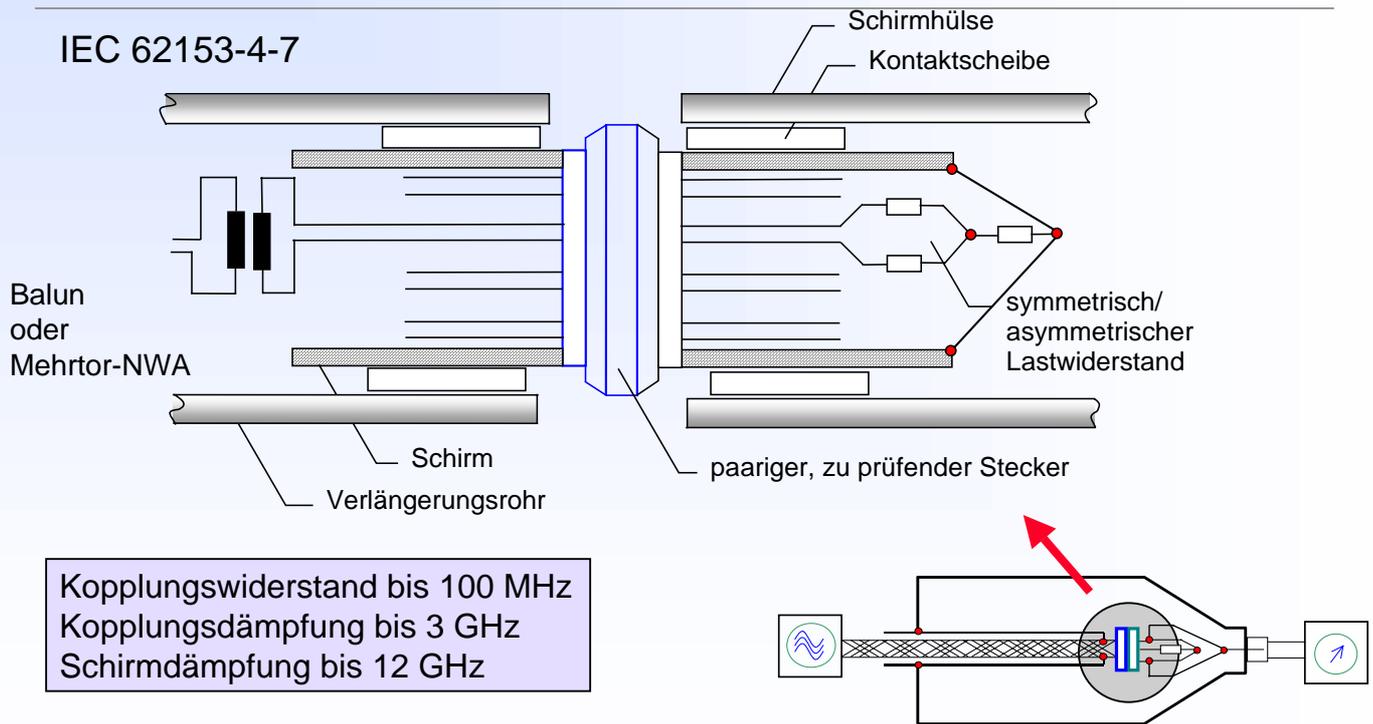


Die Kopplungsdämpfung ist die Summe aus Unsymmetriedämpfung des Paares und der Schirmdämpfung des Schirmes

Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedea.com 22

Triaxialverfahren, Rohr im Rohr mit symm/asymm. Last

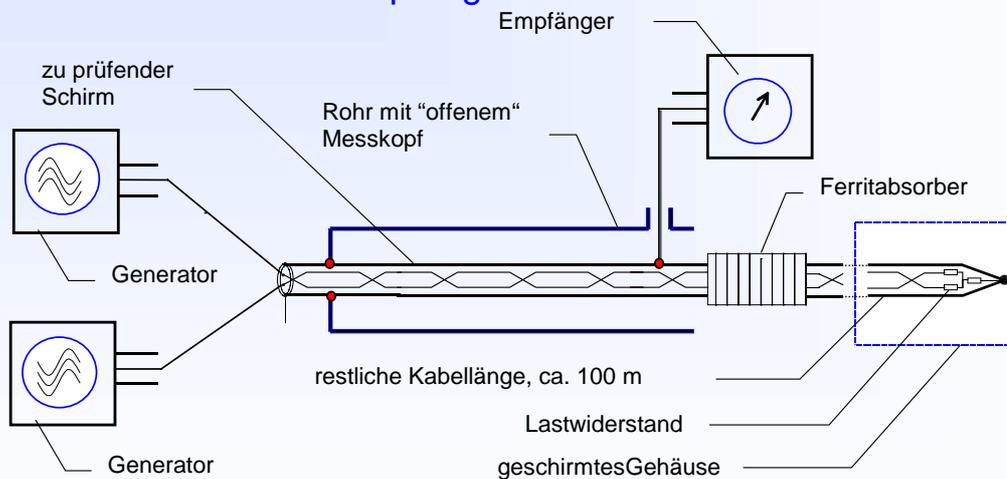


Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bede.com 23

Messen der Kopplungsdämpfung

Die Kopplungsdämpfung ist die Summe aus Unsymmetriedämpfung des Paares und der Schirmdämpfung des Schirmes



geschirmte symmetrische Kabel, (Kategoriekabel), mehradrige Kabel

IEC 62153-4-9, Kopplungsdämpfung, Triaxialverfahren, Verfahren mit 2 Generatoren in Beratung

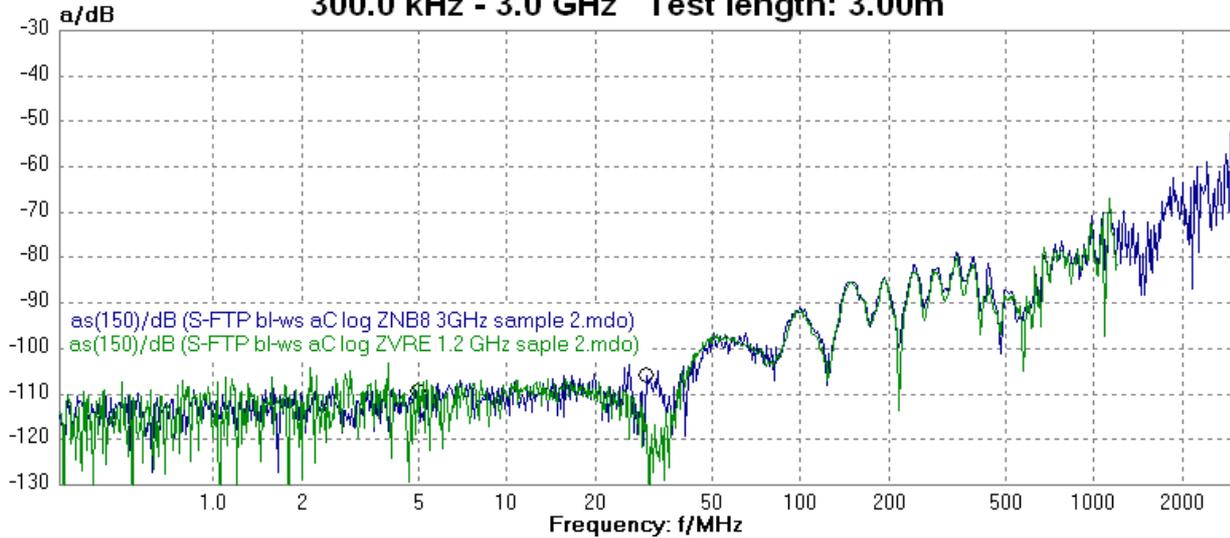
Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bede.com 24

Balunless vs balun

Coupling attenuation (IEC62153-4-9) bedea S-FTP, bl-ws,

300.0 kHz - 3.0 GHz Test length: 3.00m



Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedeacom 25

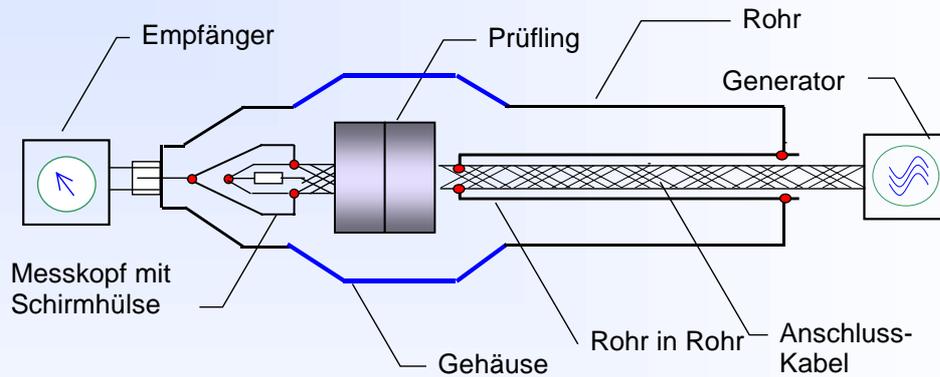
verschiedene Triaxiale Zellen des CoMeT Systems



Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedeacom 26

Prinzip der Triaxialen Zelle mit "Rohr im Rohr"



IEC 62153-4-7Ed2,
Rohr im Rohr, 46/459/CD
IEC 62153-4-15
Triaxiale Zelle, 46/454/CD

in Bearbeitung bei
IEC TC 46/WG 5,

Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel

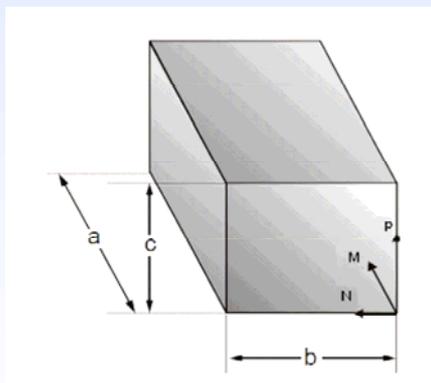
Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedea.com 27

Resonanzen bzw. höhere Moden der Kavität

Resonanzfrequenzen:

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

a = 13.6 cm, b = 13.6 cm, c = 9.9 cm



m	n	p	f in GHz
1	1	1	2,15
1	2	0	2,40
0	2	1	2,63
1	2	1	2,84
2	2	0	3,04
0	1	2	3,22
1	1	2	3,39
2	2	1	3,40
0	2	2	3,71
1	2	2	3,87
2	3	0	3,87

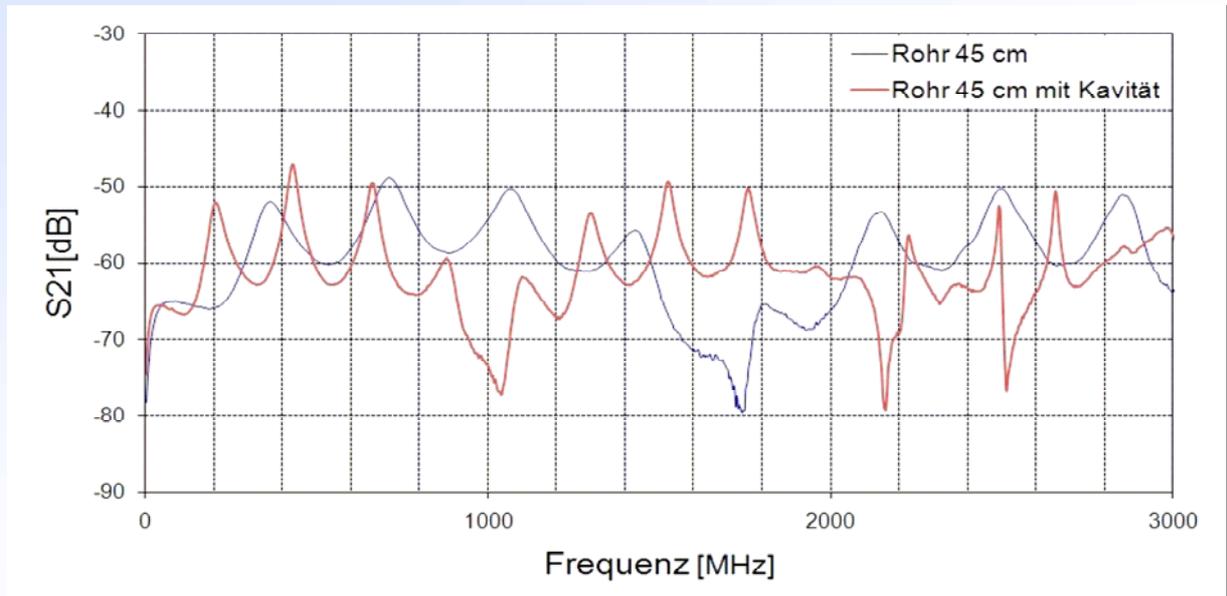
m, n, p: Modenzahlen (ganzzahlig, 2 von 3 >0)
a, b, c: Abmessungen der Hohlraums

Results from Prof. Münzner et al, University of Ulm

Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedea.com 28

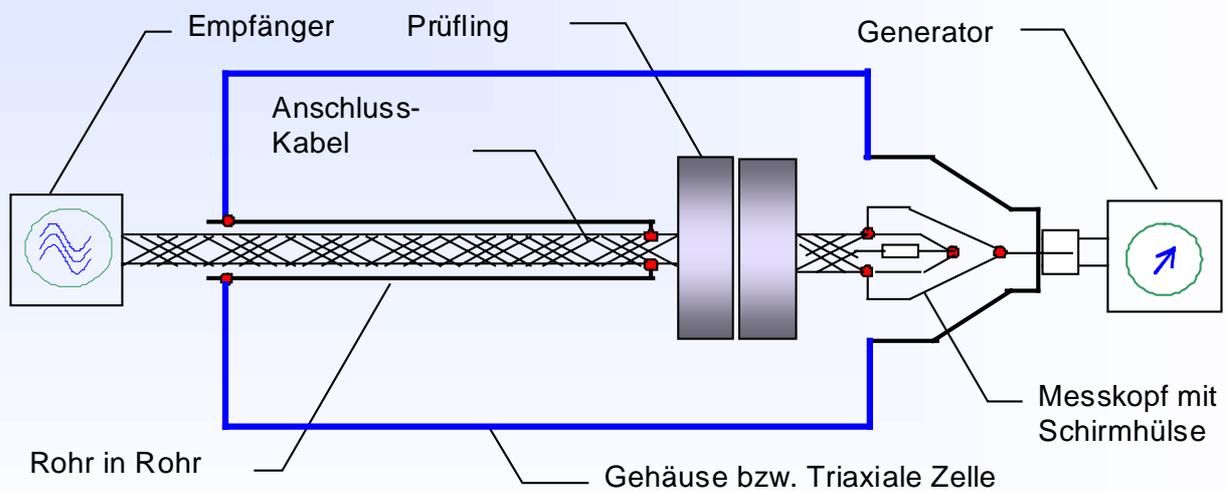
Messergebnisse Rohr und Triaxiale Zelle



Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel
 Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedeacom

Results from Prof. Münzner et al, University of Ulm

Triaxiale Zelle mit Rohr im Rohr, Prinzip



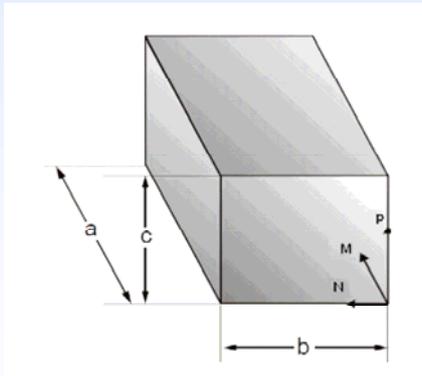
IEC 62153-4-15, Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung mit Triaxialer Zelle

Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel
 Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedeacom

Resonanzen bzw. höhere Moden der Kavität

Resonanzfrequenzen:

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



750-er Zelle				1000/300-er Zelle				1000/150-er Zelle			
a	b	c		a	b	c		a	b	c	
750	250	250		1000	300	300		1000	150	150	
m	n	p	f/GHz	m	n	p	f/GHz	m	n	p	f/GHz
1	1	1	0,87	1	1	1	0,72	1	1	1	1,41
1	2	0	1,22	1	2	0	1,01	1	2	0	2,00
0	2	1	1,34	0	2	1	1,12	0	2	1	2,24
1	2	1	1,36	1	2	1	1,13	1	2	1	2,24
2	2	0	1,26	2	2	0	1,04	2	2	0	2,00
0	1	2	1,34	0	1	2	1,12	0	1	2	2,24
1	1	2	1,36	1	1	2	1,13	1	1	2	2,24
2	2	1	1,40	2	2	1	1,16	2	2	1	2,24
0	2	2	1,70	0	2	2	1,41	0	2	2	2,83
1	2	2	1,71	1	2	2	1,42	1	2	2	2,83
2	3	0	1,84	2	3	0	1,53	2	3	0	3,00

m, n, p: Modenzahlen (ganzzahlig, 2 von 3 >0), a, b, c: Abmessungen der Hohlraums

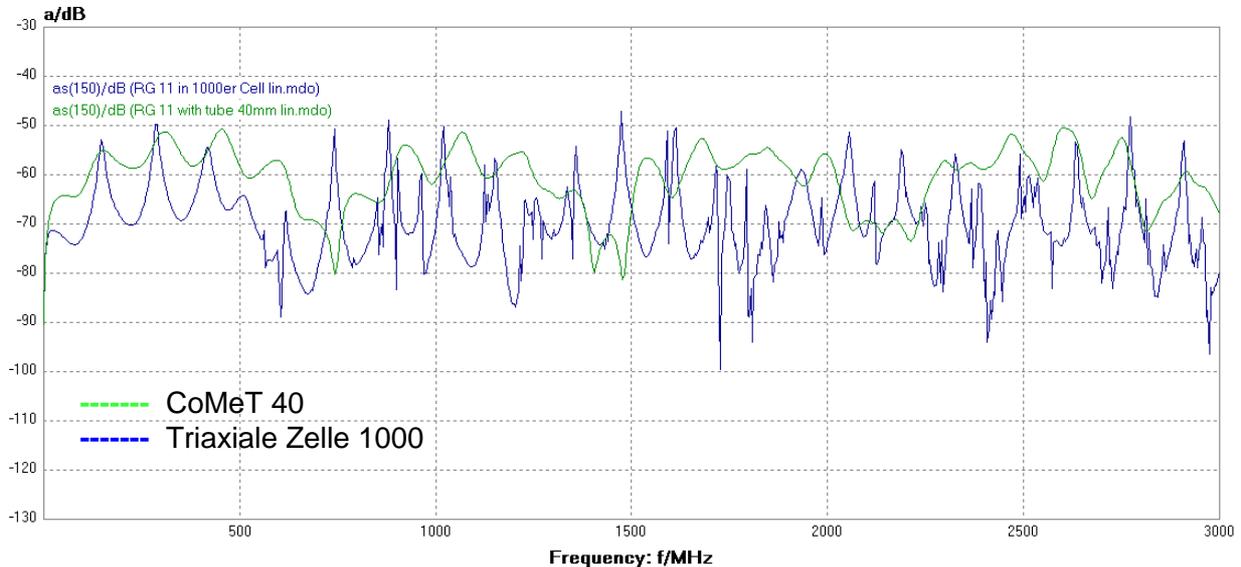
Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedeacom 31

RG 11 mit Triaxialer Zelle und Messrohr

Screening Attenuation (62153-4-4 Ed.1) RG 11 with CELL 1000mm vs Tube

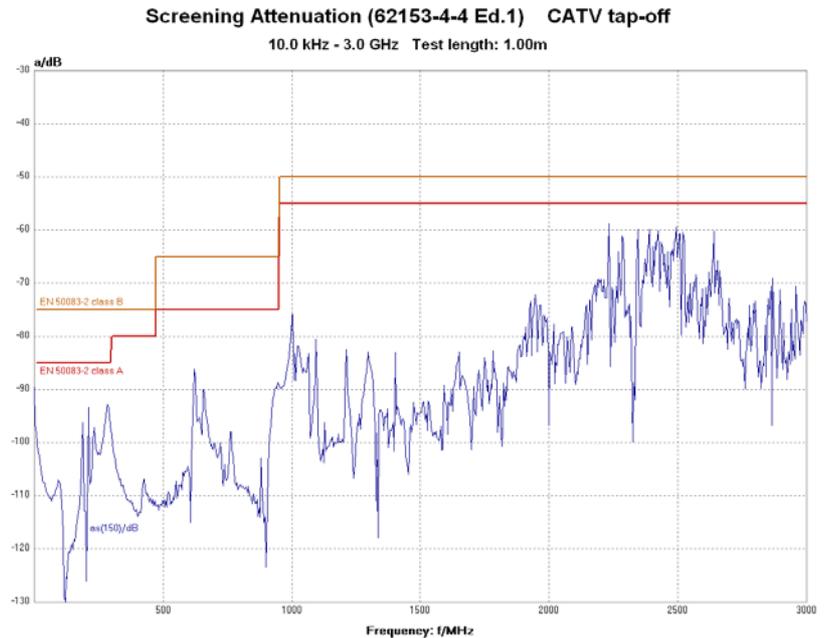
10.0 kHz - 3.0 GHz Test length: 1.00m



Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedeacom 32

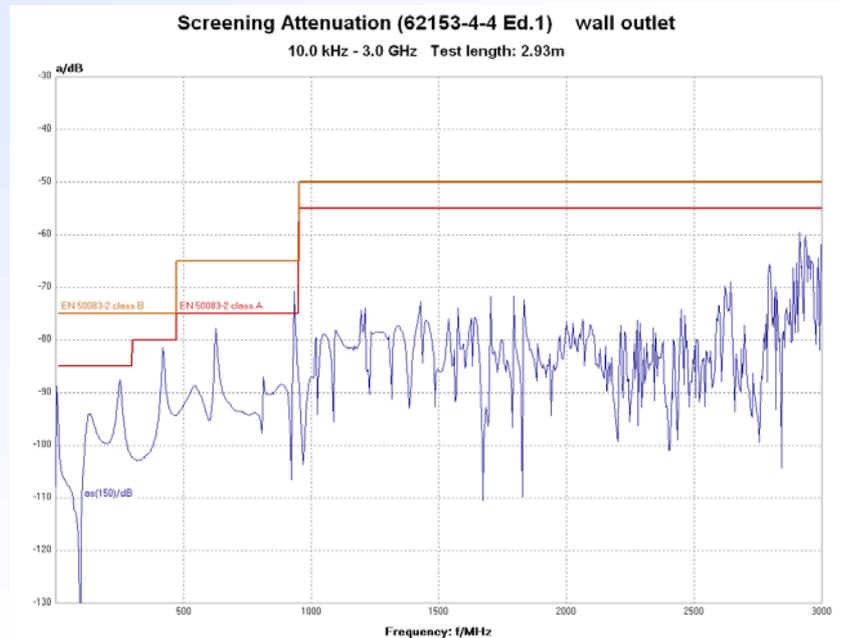
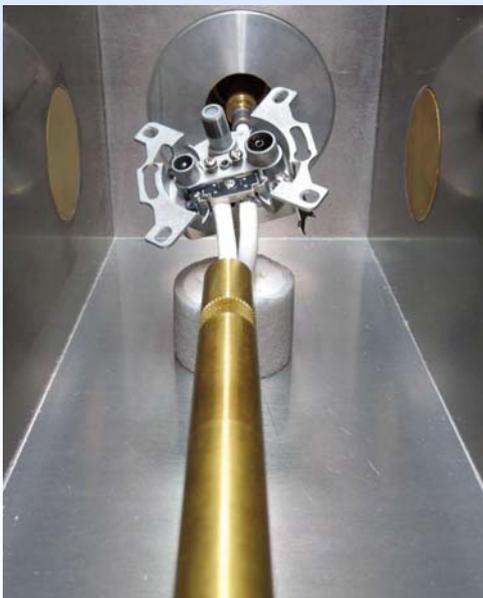
CATV - Leistungsteiler mit Triaxialer Zelle



Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedeacom 33

Antennedose mit Triaxialer Zelle



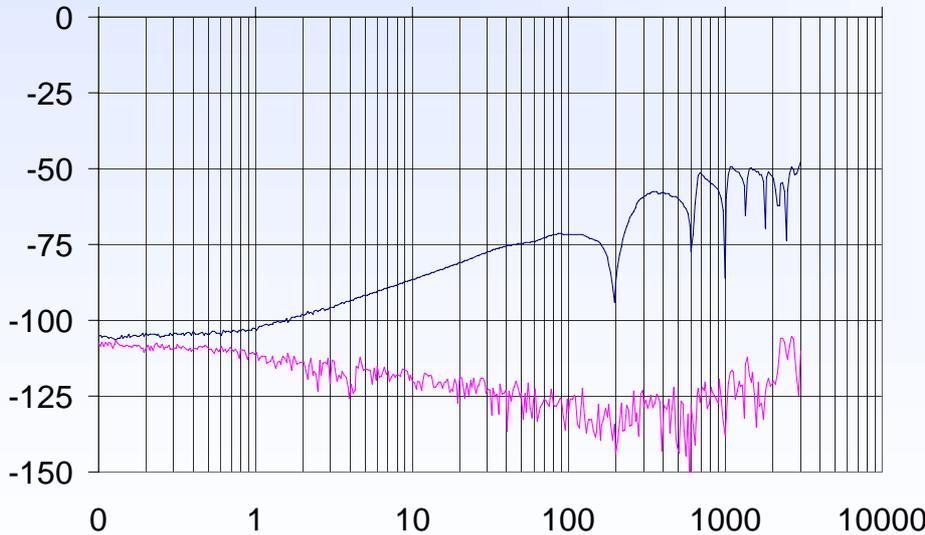
Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedeacom 34

Kabel mit Loch im Schirm, Rohr im Rohr, 0,5 m

Telass 110 mit F-Stecker

Gleiches Kabel mit Loch, 3 mm



Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedeacom 35

Umrechnung von Kopplungswiderstand in Schirmdämpfung

Allgemein:

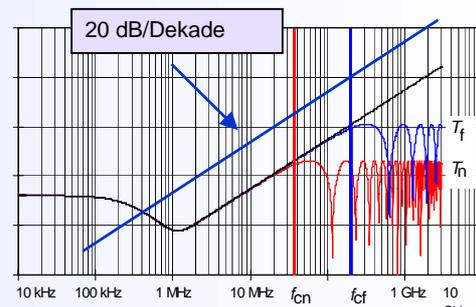
$$a_s = 20 \cdot \log_{10} \left| \frac{\sqrt{Z_1 \cdot Z_2}}{Z_T \cdot l} \right|$$

20 dB/Dekade:

$$a_s = -20 \cdot \log_{10} \frac{Z_T}{\sqrt{Z_1 Z_2} \omega \left| \frac{l}{v_2} \pm \frac{l}{v_1} \right|}$$

$$a_s = -20 \cdot \log_{10} \frac{Z_T c_0}{\sqrt{Z_1 Z_2} \omega \left| \sqrt{\epsilon_{r2}} \pm \sqrt{\epsilon_{r1}} \right|}$$

Der Aussenraum (Z_2) beeinflusst die Schirmdämpfung !



Kopplungswiderstand

Schirmdämpfung

- l Länge des zu prüfenden Kabels;
- Z_1 Wellenwiderstand des Kabels;
- Z_2 Impedanz des äußeren Kreises;
- ϵ_{r1} Dielektrizitätskonstante des Kabels;
- ϵ_{r2} Dielektrizitätskonstante des äußeren Kreises;
- v_1 Ausbreitungsgeschwindigkeit im inneren Kreis;
- v_2 Ausbreitungsgeschwindigkeit im äußeren Kreis;
- c_0 Lichtgeschwindigkeit im Vakuum;
- ω Kreisfrequenz = $2\pi f$

Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedeacom 36

Zusammenfassung 1

- Die Schirmwirkung von Kabeln (und Steckern) wird im unteren Frequenzbereich als **Kopplungswiderstand Z_T** und im oberen Frequenzbereich als **Schirmdämpfung a_s** angegeben.
- Bei geschirmten **mehradrigen (symmetrischen)** Kabeln (und Steckern) ist das Mass der Schirmwirkung die **Kopplungsdämpfung** als Summe aus Unsymmetriedämpfung des Paares und der Schirmdämpfung des Schirms.
- Messverfahren für Kabel und Stecker sind Zangenverfahren, Speisedrahtverfahren und das **Triaxialverfahren**.
- Mit dem **Triaxialverfahren (CoMeT)** kann sowohl der **Kopplungswiderstand** als auch die **Schirmdämpfung** von Kabeln und Steckern im Frequenzbereich von DC bis zu 12 GHz mit einem Meßaufbau gemessen werden.
- Zusätzlich kann die **Kopplungsdämpfung** von mehradrigen bzw. symmetrischer Kabeln und Steckern gemessen werden.

Zusammenfassung 2

- Mit den erweiterten Normen des Triaxialverfahrens **IEC 62153-4-x** kann
 - ◆ der **Kopplungswiderstand** mit Fehlanpassung (senderseitig) sowie mit Kurzschluss oder Anpassung (am Prüfling) gemessen werden.
 - ◆ die **Schirmdämpfung** jetzt auch mit Fehlanpassung gemessen werden.
- Impedanzwandler sind in beiden Fällen nicht mehr erforderlich.
- Mit Multiport NWAs kann die **Kopplungsdämpfung** symmetrischer Kabel und Komponenten **“balunless“** bis zu und über 3 GHz gemessen werden
- Die **Triaxiale Zelle** bietet die Möglichkeit zur Messung größerer Komponenten, z.B. HV-Stecker und Assemblies für Elektrofahrzeuge.

- Weitere Informationen: www.bede.com, Messtechnik
- Ansprechpartner für weitere Fragen: bmund@bedea.com

Internationale Normen für Triaxialverfahren,

TR 62153-4-1 Ed2	Introduction to electromagnetic (EMC) screening measurements	2007-11	46/438/CD
62153-4-3 Ed2	Surface transfer impedance - Triaxial method	2006-03	46/471/FDIS
62153-4-4 Ed2	Shielded screening attenuation, test method for measuring of the screening attenuation a_s up to and above 3 GHz	2006-05	46/439/CDV
62153-4-7 Ed2	Shielded screening attenuation test method for measuring the Transfer impedance Z_T and the screening attenuation a_s or the coupling attenuation a_c of RF-Connectors and assemblies up to and above 3 GHz, Tube in tube method	2006-04	46/459/CD
62153-4-9 Ed2	Electromagnetic Compatibility (EMC) – Coupling attenuation, triaxial method	2008-03	in Beratung
62153-4-10 Ed2	Shielded screening attenuation test method for measuring the Screening Effectiveness of Feedtroughs and Electromagnetic Gaskets	2009-05	in Beratung
62153-4-15	Test method for measuring transfer impedance and screening attenuation - or coupling attenuation with Triaxial Cell		46/454/CD
62153-4-16	Relationship between surface transfer impedance and screening attenuation, Conversion a_s and Z_T		in Vorbereitung

Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedea.com 39

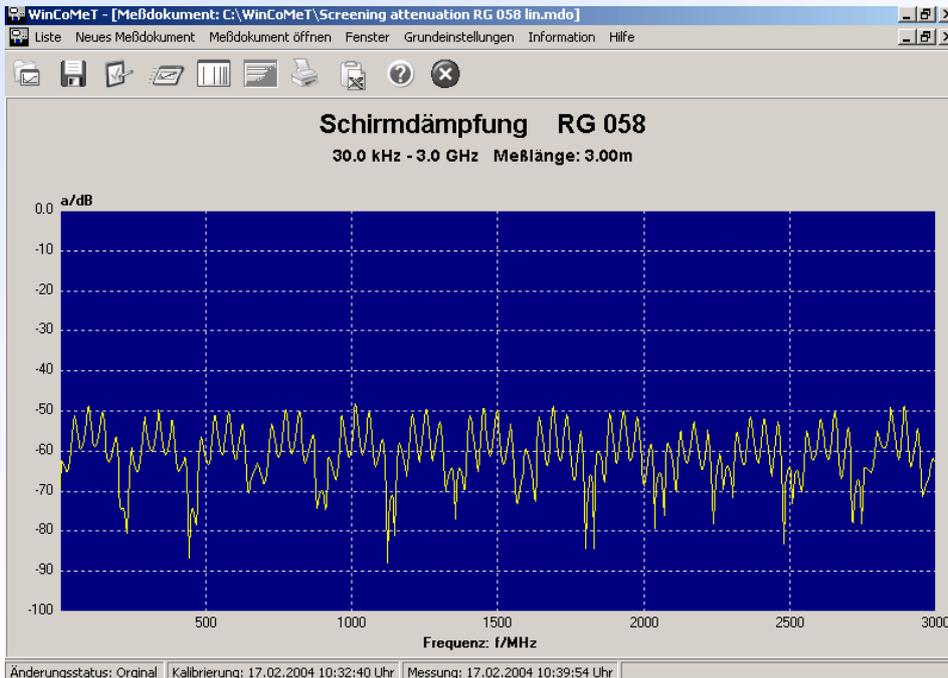
Literatur

- [1] Bernhard Mund, Thomas Schmid: EMC of HV cables and components with Triaxial Cell, Wire & Cable Technology International/January & March 2012
- [2] Bernhard Mund, Thomas Schmid: Messen der Schirmdämpfung von Steckverbindern, Kabeldurchführungen und EMV-Dichtungen, 3. Anwenderkongress Steckverbinder 2009, Vogel Verlag, Würzburg
- [3] Bernhard Mund: EMC of Cables & Connectors & Test methods, EMC Zurich 2007
- [4] Bernhard Mund: Measuring the EMC on RF-connectors and connecting hardware, Tube in tube test procedure, IWCS (International wire & cable symposium) 2004, Philadelphia
- [5] Thomas Hähner und Bernhard Mund: Measurement of the screening effectiveness of connectors & cable assemblies: International Wroclaw Symposium on Electromagnetic Compatibility, EMC 2002
- [6] Thomas Hähner und Bernhard Mund: Background, content and future of the EMC measurement standard prEN 50289-1-6, Open / shielded test methods, International Wroclaw Symposium on Electromagnetic Compatibility, EMC 2000
- [7] Otto Breitenbach, Thomas Hähner und Bernhard Mund: Kabelschirmung im Frequenzbereich von MHz bis GHz, erweiterte Anwendung eines einfachen Meßverfahrens, Frequenz 1-2/1999 S. 18-28.
- [8] Lauri Halme, Balint Szentkuti, The background for electromagnetic screening measurements of cylindrical screens. Tech. Rep. PTT(1988) No. 3.

Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedea.com 40

Steuer- & Auswerte-Software *WinCoMeT*



- Steuerung des Netzwerkanalysators
- Auswertung der Messergebnisse
- Dokumentation
- Export der Daten nach MS-Excel
- Ausgabe auf Drucker
- **Vollversion** zur Messung der Übertragungsparametern von Kommunikationskabeln
- einschliesslich FFT und Gating-Funktior

Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedea.com 41

Danke fürs Zuhören

???

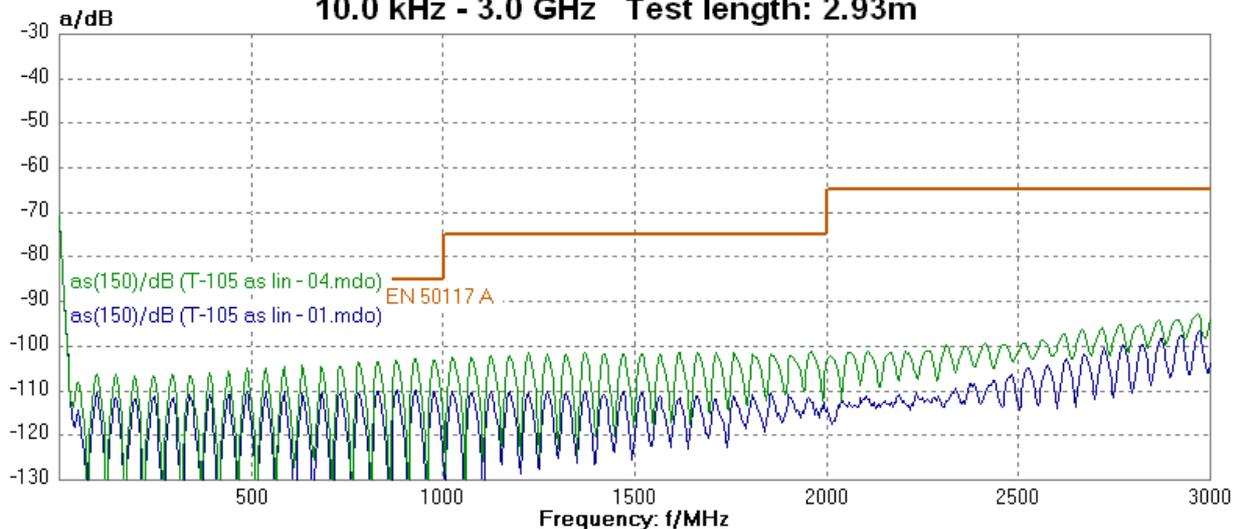


www.bedea.com
bmund@bedea.com

Langzeitverhalten von foliengeschirmten Kabeln

Screening Attenuation Telass 105 with F-Compression

10.0 kHz - 3.0 GHz Test length: 2.93m



----- sample without bending test - - - - - after 4 days storage in the tube without any change

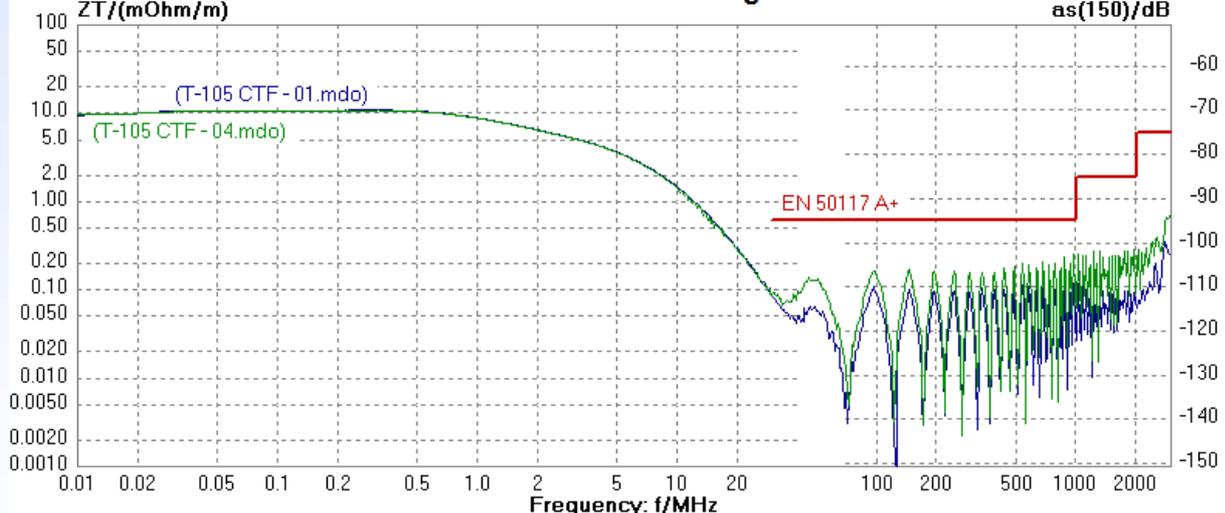
Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedea.com 43

Langzeitverhalten von foliengeschirmten Kabeln

Coupling transfer function Telass 105 with F-Compression

Transfer Impedance ZT/(mOhm/m) 10.0 kHz - 3.0 GHz Test length: 2.93m Screening Attenuation as(150)/dB

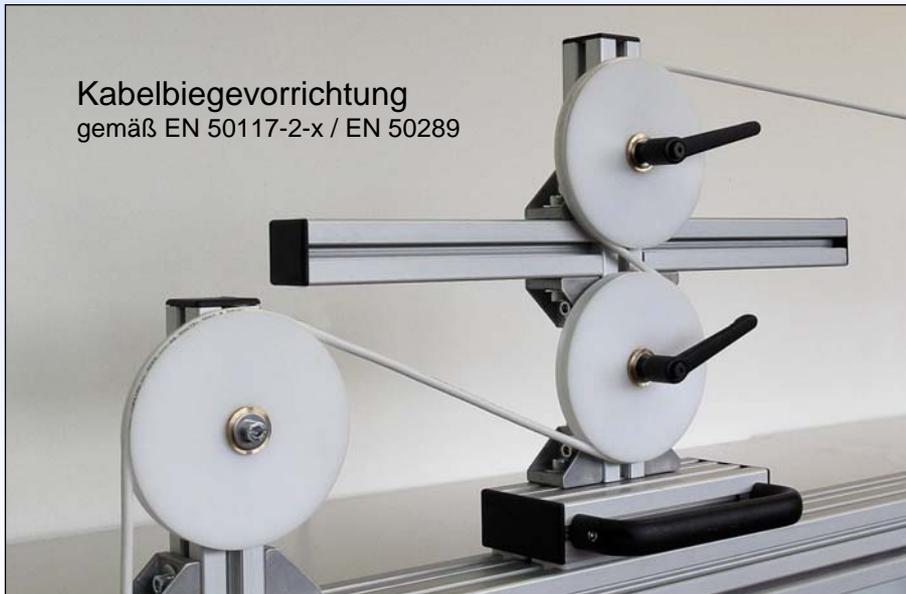


----- sample without bending test - - - - - after 4 days storage in the tube without any change

Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedea.com 44

Kabelbiegevorrichtung nach EN 50117-2-x / EN 50289



Kabelbiegevorrichtung
gemäß EN 50117-2-x / EN 50289

EN 50117-2-1 to -2-5 and -4-1

Transfer impedance

Screening Class A: $\leq 5 \text{ m}\Omega/\text{m}$ from 5 MHz to 30 MHz;

Screening Class B: $\leq 15 \text{ m}\Omega/\text{m}$ from 5 MHz to 30 MHz.

Test procedure according to EN 50289-1-6, triaxial method, **after completion of the flexure test according to 5.2.9 of this standard.**

Screening attenuation

Screening Class A: $\geq 85 \text{ dB}$ from 30 MHz to 1 000 MHz;

Screening Class B: $\geq 75 \text{ dB}$ from 30 MHz to 1 000 MHz;

Test procedure according to EN 50289-1-6, triaxial method, **after completion of the flexure test according to 5.2.9 of this standard.**

Bending test will be enhanced acc. to the proposal of Prof. Schwarzenau in the next Edition of EN 50117 series

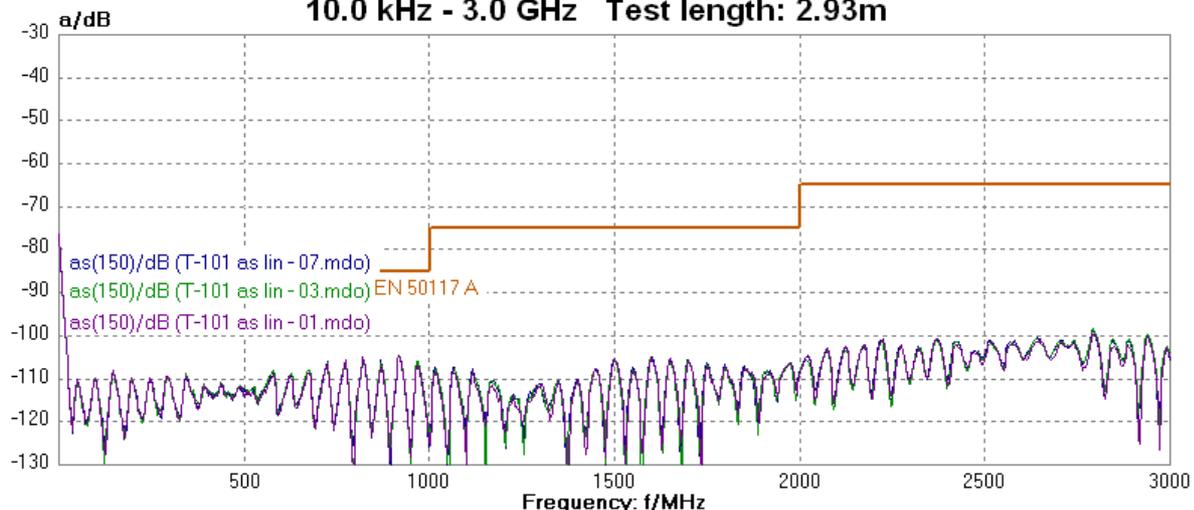
Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedea.com 45

Langzeitverhalten nach Biegebelastung

Screening Attenuation Telass 101 with F-Compression

10.0 kHz - 3.0 GHz Test length: 2.93m



----- sample after bending test - - - - - after 4 days storage - - - - - after 7 days storage in the tube

Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedea.com 46

Für Ihre Notizen

-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-

Für Ihre Notizen

-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-