

Schirmwirkung von symmetrischen Datenkabeln bis 2 GHz

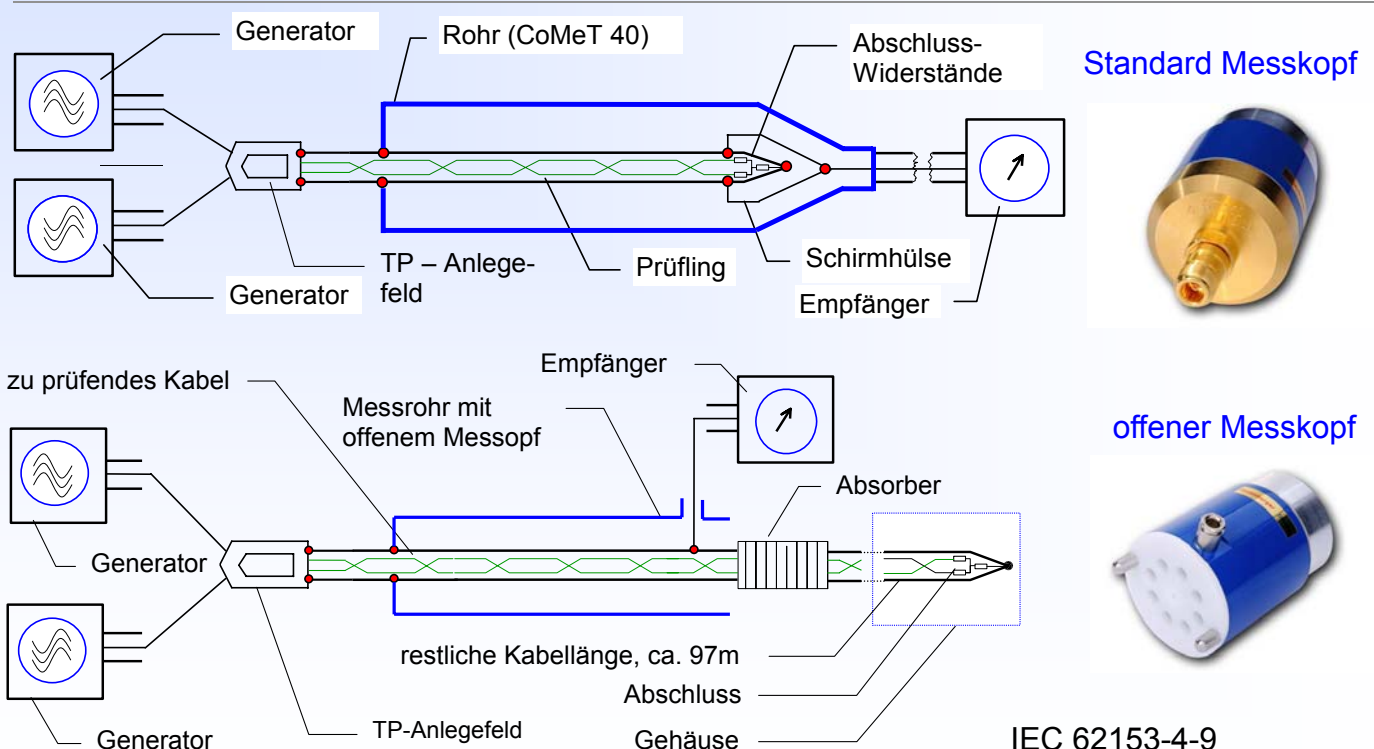


Multiport (Vier-tor) bzw. Mixed-mode VNA

Schirmwirkung bzw. Kopplungsdämpfung von symmetrischen Datenkabeln bis 2 GHz

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

Kopplungsdämpfung bis 2 GHz mit virtuellem Balun

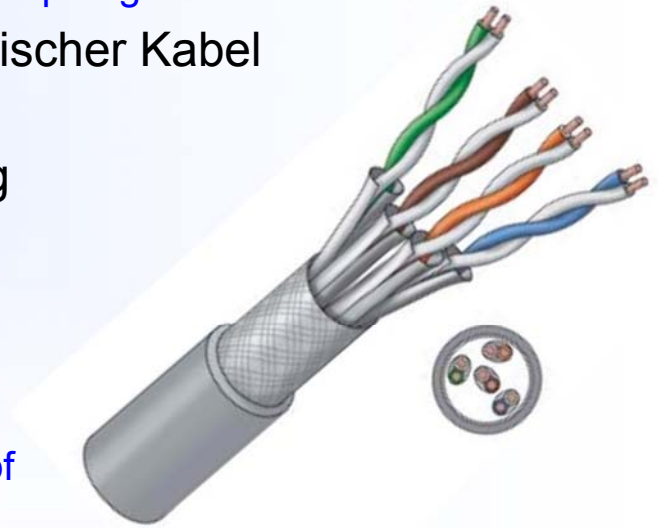


Schirmwirkung bzw. Kopplungsdämpfung von symmetrischen Datenkabeln bis 2 GHz

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

Kopplungs­dämpfung bis 2 GHz, Übersicht

- Physikalische Grundlagen der Schirmung
 - ◆ Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung
- Unsymmetriedämpfung symmetrischer Kabel
 - ◆ Kopplungs­dämpfung
- Messen der Kopplungs­dämpfung
 - ◆ Zangenverfahren, IEC 62153-4-5
 - ◆ Triaxialverfahren, IEC 62153-4-9
 - ◆ Triaxialverfahren “balunless“ bzw. mit virtuellem Balun
 - ◆ Standardkopf oder offener Messkopf
- Diskussion



Datenübertragungskabel S/FTP

Schirmwirkung bzw. Kopplungs­dämpfung von symmetrischen Datenkabeln bis 2 GHz

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herborner Strasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedeaa.com, 3

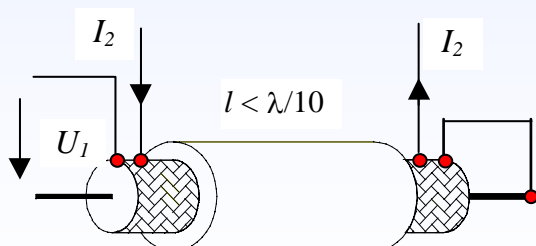
Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung

hohe Frequenzen: **Schirmdämpfung**

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

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

tiefe Frequenzen: **Kopplungswiderstand**



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

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

Wellenlänge

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

elektrisch lang:

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

elektrisch kurz:

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

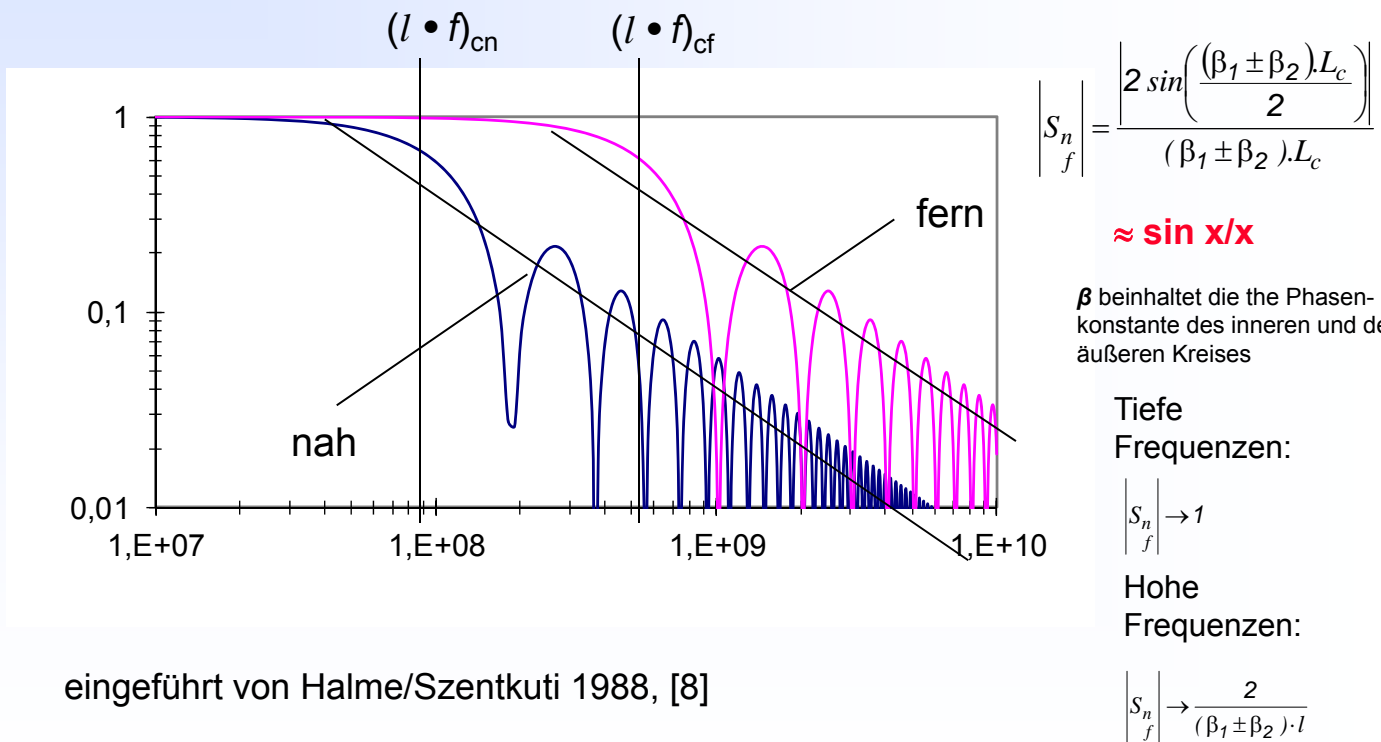
IEC 62153-4-3Ed2

IEC 62153-4-4Ed2

Schirmwirkung bzw. Kopplungs­dämpfung von symmetrischen Datenkabeln bis 2 GHz

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herborner Strasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedeaa.com, 4

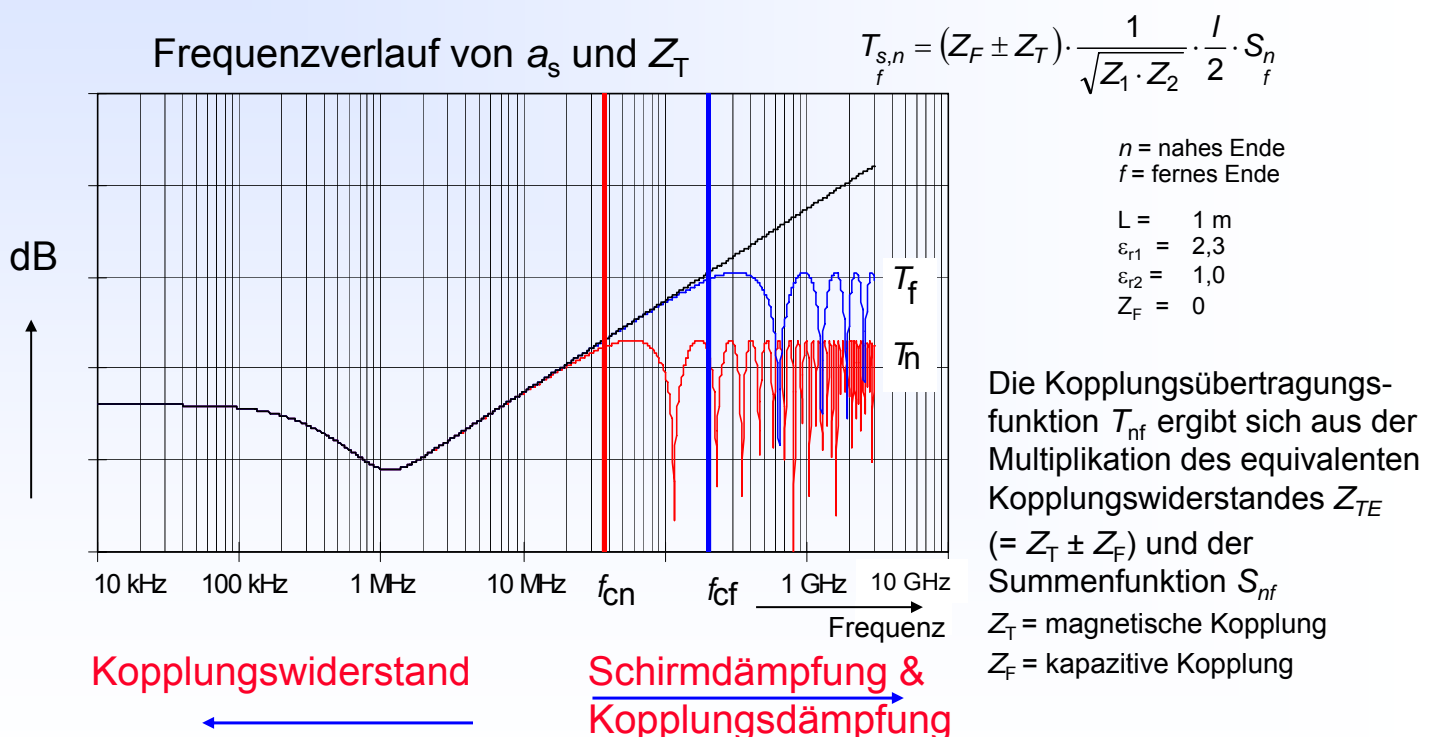
Summenfunktion S_{nf}



Schirmwirkung bzw. Kopplungsdämpfung von symmetrischen Datenkabeln bis 2 GHz

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

gerechnete Kopplungsübertragungsfunktion, T_{nf}



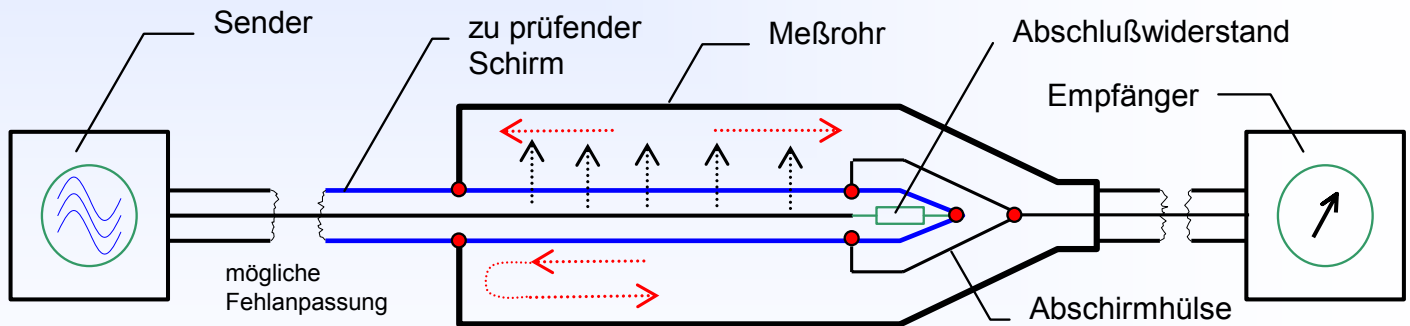
Schirmwirkung bzw. Kopplungsdämpfung von symmetrischen Datenkabeln bis 2 GHz

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

Triaxial-Verfahren, Prinzip

Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung

DC bis zu 12 GHz mit einem Messaufbau

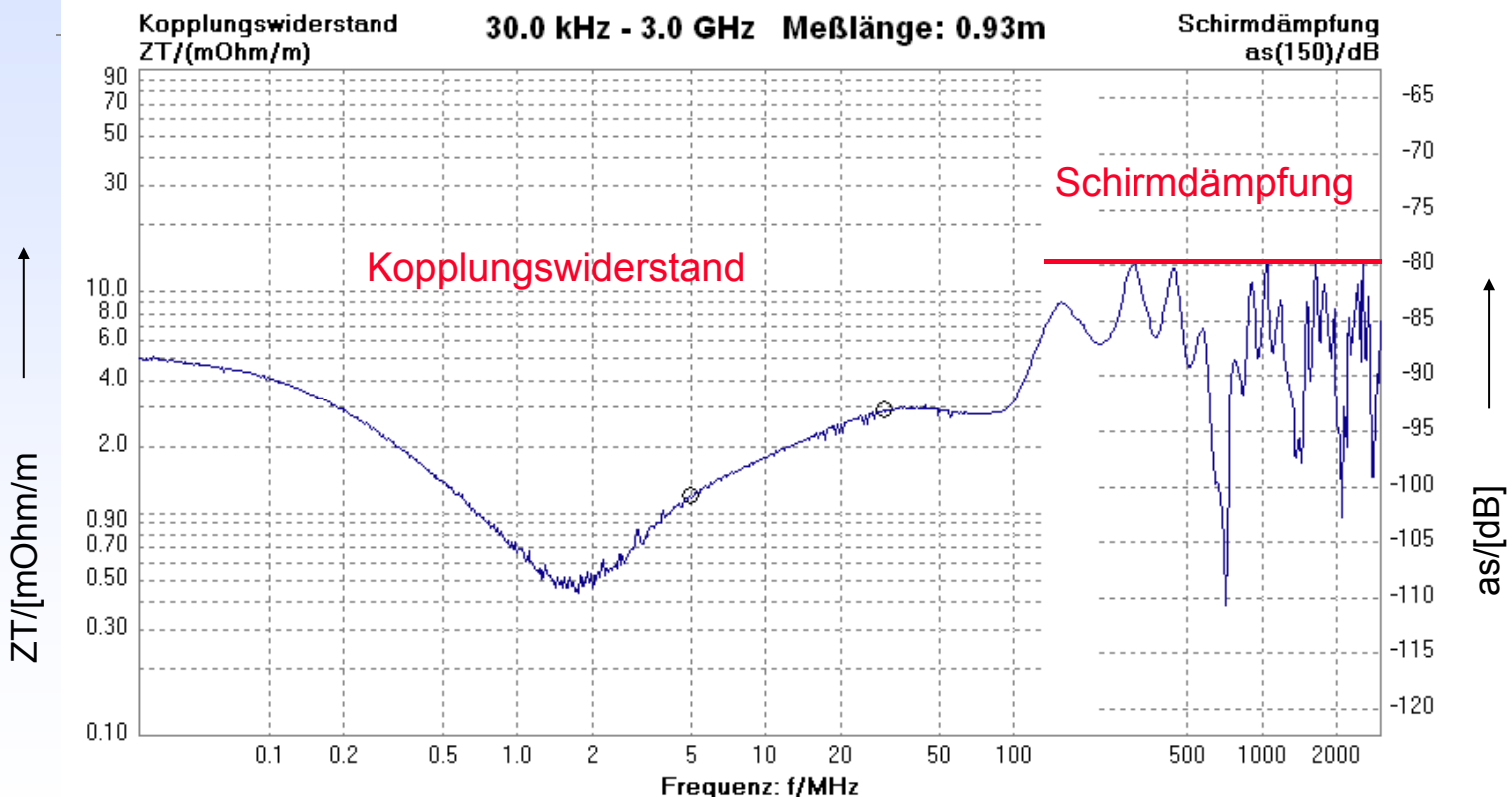


IEC 62153-4-3Ed2 Kopplungswiderstand, IEC 62153-4-4Ed2 Schirmdämpfung, EN 50289-1-6, Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung, (wird zurückgezogen)

Schirmwirkung bzw. Kopplungsdämpfung von symmetrischen Datenkabeln bis 2 GHz

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herborner Strasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bede.com, 7

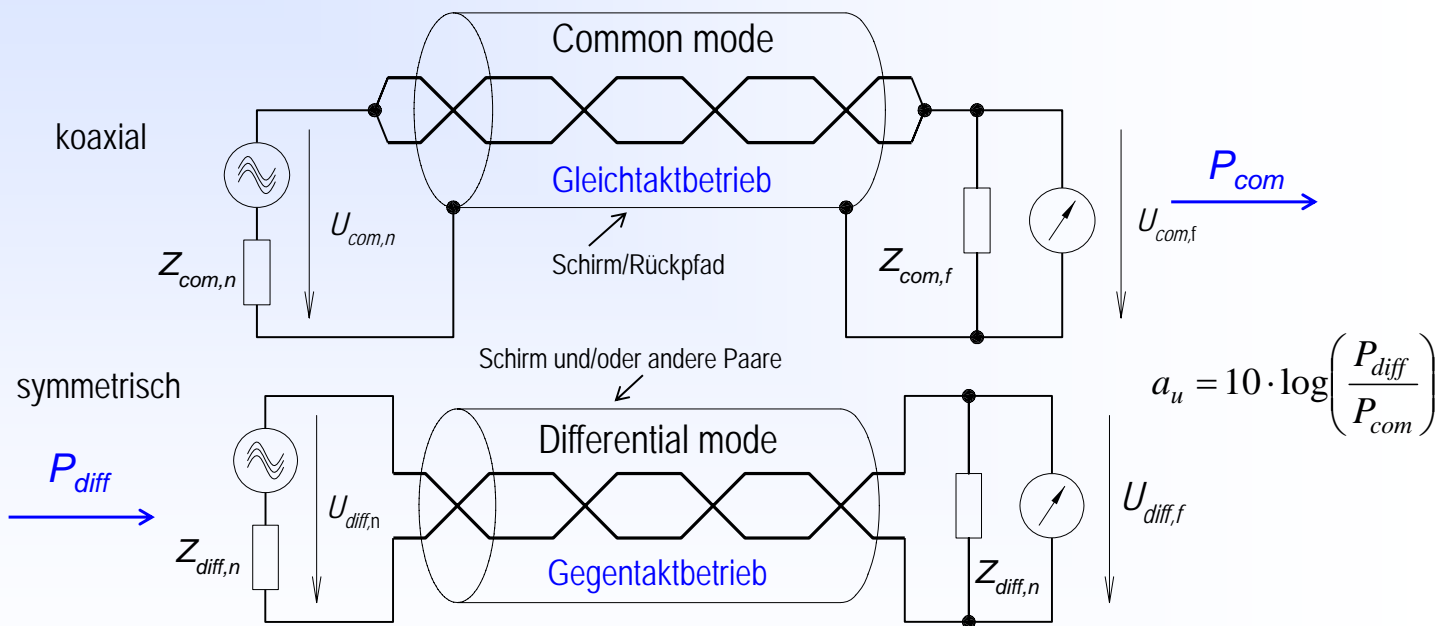
Kopplungsübertragungsfunktion RG 214



Schirmwirkung bzw. Kopplungsdämpfung von symmetrischen Datenkabeln bis 2 GHz

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herborner Strasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bede.com, 8

Gegentakt- und Gleichtaktbetrieb

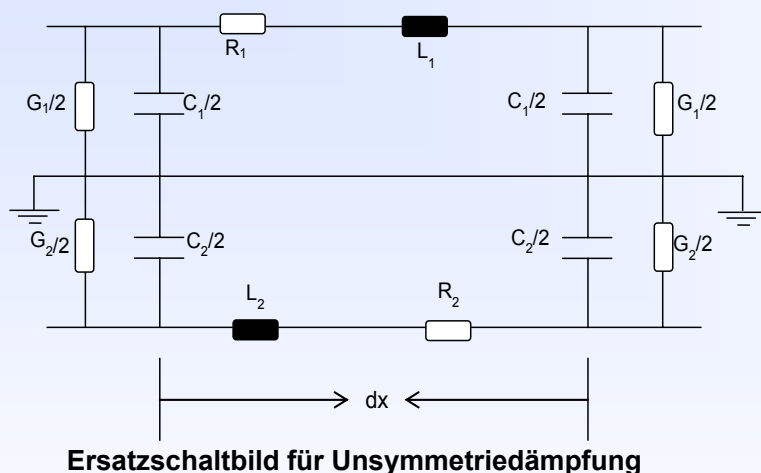


Die **Unsymmetriedämpfung** a_u eines Kabels beschreibt im log. Maß, wie viel Leistung vom **Gegentaktssystem** in das **Gleichtaktssystem** überkoppelt (oder umgekehrt). Sie ist das log. Verhältnis von eingespeister Leistung im Gegentaktbetrieb P_{diff} zu der in den Gleichtaktbetrieb übergekoppelten Leistung P_{com} .

Schirmwirkung bzw. Kopplungsdämpfung von symmetrischen Datenkabeln bis 2 GHz

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

Berechnung der Unsymmetriedämpfung symmetrischer Paare



Quer-Unsymmetrie

$$T_A = (G_2 + j\omega C_2) - (G_1 + j\omega C_1)$$

Längs-Unsymmetrie

$$L_A = (R_2 + j\omega L_2) - (R_1 + j\omega L_1)$$

Unsymmetrie-Kopplungsfunktion

$$T_{u,n} = (T_A \cdot Z_{unbal.}^2 \pm L_A) \cdot \frac{1}{Z_{unbal.}} \cdot \frac{l}{4} \cdot S_n$$

Summenfunktion:

Bei hohen Frequenzen nähert sich der asymptotische Wert:

$$|S_n| = \frac{2}{(\beta_{diff} \pm \beta_{com}) \cdot l}$$

und bei tiefen Frequenzen wird die Summenfunktion zu:

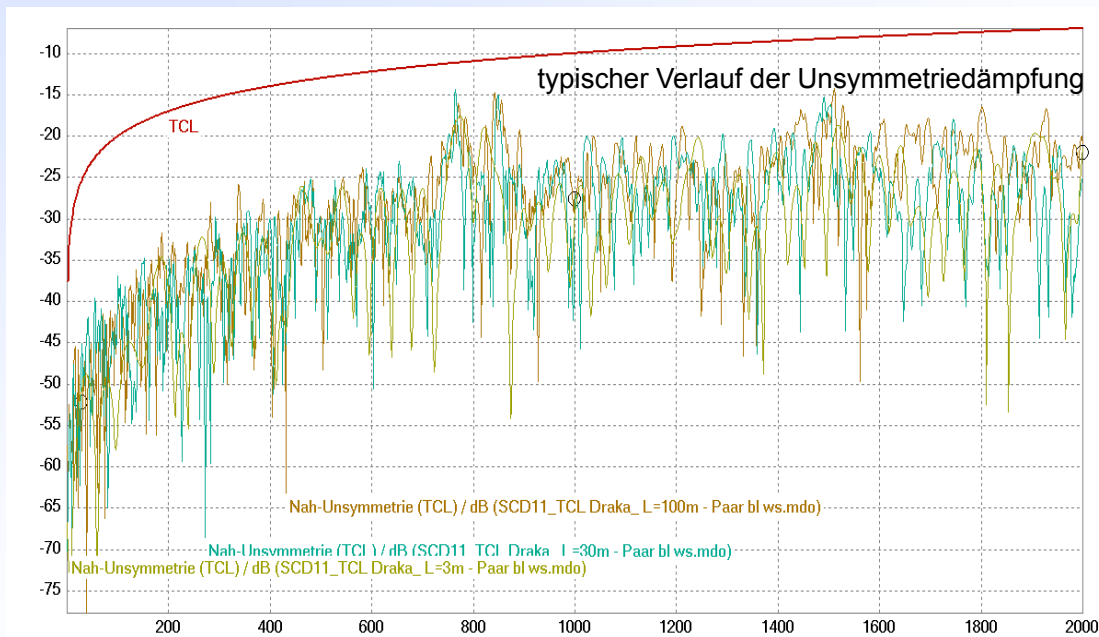
$$|S_n| \rightarrow 1$$

setzt man die **Summenfunktion** (Folie 5) in die Gleichung für die Unsymmetrie-Kopplungsfunktion ein, kürzt sich die Länge l bei hohen Frequenzen aus der Gleichung, bei tiefen Frequenzen bleibt l im Zähler, d.h. es ergibt sich eine Längenabhängigkeit bei tiefen Frequenzen. Daher wird bisher nach IEC 62153-4-9 mit offenem Messkopf und einer Messlänge von 100 m gemessen.

Schirmwirkung bzw. Kopplungsdämpfung von symmetrischen Datenkabeln bis 2 GHz

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

Unsymmetriedämpfung bei verschiedenen Längen



Nah-Unsymmetriedämpfung (TCL = Transverse Conversion Loss) eines S/STP-Kabels bei unterschiedlichen Längen, es ergeben sich keine signifikanten Unterschiede

Schirmwirkung bzw. Kopplungsdämpfung von symmetrischen Datenkabeln bis 2 GHz

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herborner Strasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bede.com, 11

Kopplungsdämpfung symmetrischer Kabel

Die **Unsymmetriedämpfung** a_u eines symmetrischen Kabels ist das log. Verhältnis von eingespeister Leistung im Gegentaktbetrieb P_{diff} zu der in den Gleichtaktbetrieb übergekoppelten Leistung P_{com} .

$$a_u = 10 \cdot \log \left(\frac{P_{diff}}{P_{com}} \right)$$

P_{diff} = Leistung im Gegentaktbetrieb
 P_{com} = Leistung im Gleichtaktbetrieb

Die **Schirmdämpfung** a_s eines Kabelschirms ist das logarithmische Verhältnis von eingespeister Leistung P_1 zu abgestrahlter maximaler Leistung $P_{r,max}$ bzw. $P_{2,max}$. Mit dem Normalisierungs-Wert $Z_S = 150$ Ohm ergibt sich:

$$a_s = 10 \cdot \log \left| \frac{P_1}{P_{r,max}} \right| = 10 \cdot \log \left| \frac{P_1}{P_{2,max}} \cdot \frac{2 \cdot Z_S}{R} \right|$$

$P_{2,max}$ = maximal abgestrahlte Leistung
 R = Wellenwiderstand
 Z_S = 150 Ohm Wellenwiderstand im Aussenraum

Die **Kopplungsdämpfung** a_c beschreibt die gesamte Effektivität gegen elektromagnetische Beeinflussung (EMB) und berücksichtigt sowohl die Wirkung des Schirms als auch die Symmetrie des Paares.

$$a_c \approx a_u + a_s \quad a_c = 10 \cdot \log \left| \frac{P_{diff}}{P_{com}} \right| + 10 \cdot \log \left| \frac{P_{com}}{P_{r,max}} \right| \quad a_c = 20 \cdot \log \left| \frac{U_{diff}}{U_{2,max}} \right| + 10 \cdot \log \left[\frac{2 \cdot Z_S}{Z_{diff}} \right] \quad (P_{com} = P_1)$$

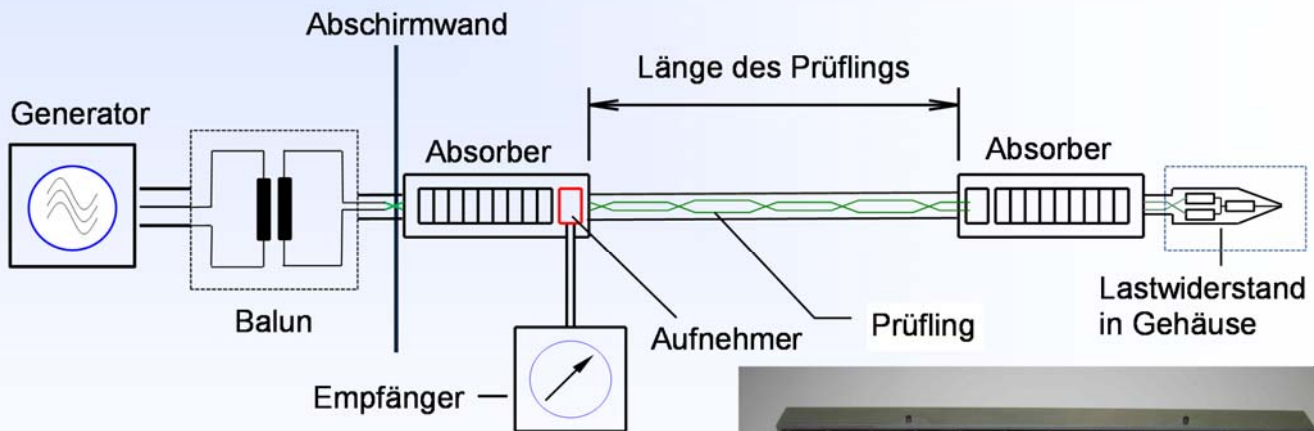
U_{diff} = Eingangsspannung im Gegentaktbetrieb, $U_{2,max}$ = max. Ausgangsspannung im Gleichtaktbetrieb,

Schirmwirkung bzw. Kopplungsdämpfung von symmetrischen Datenkabeln bis 2 GHz Z_{diff} = Wellenwiderstand im Gegentaktbetrieb

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herborner Strasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bede.com, 12

Kopplungs­dämpfung mit Absorberzangen

Die Kopplungs­dämpfung ist die **Überlagerung** aus der **Unsymmetriedämpfung** des Paares und der **Schirmdämpfung** des Schirmes (bzw. der Schirme)



MDS 21 von (30) MHz bis 1000 MHz

MDS 22 von 500 MHz bis 2500 MHz

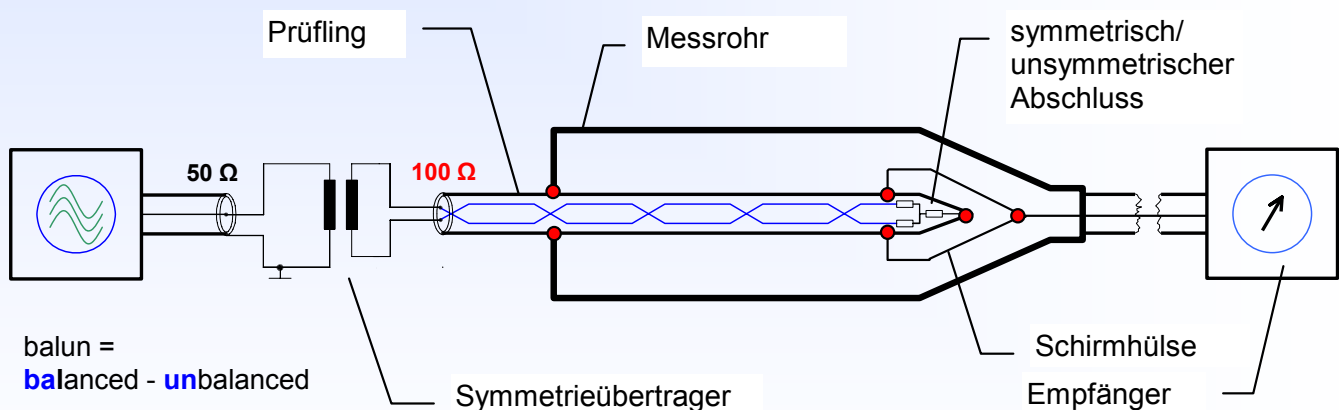
IEC 62153-4-5 bzw. EN 50289-1-6

Schirmwirkung bzw. Kopplungs­dämpfung von symmetrischen Datenkabeln bis 2 GHz

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

Kopplungs­dämpfung mit Triaxialverfahren & Balun

Die Kopplungs­dämpfung ist die **Überlagerung** aus der **Unsymmetriedämpfung** des Paares und der **Schirmdämpfung** des Schirmes (bzw. der Schirme)

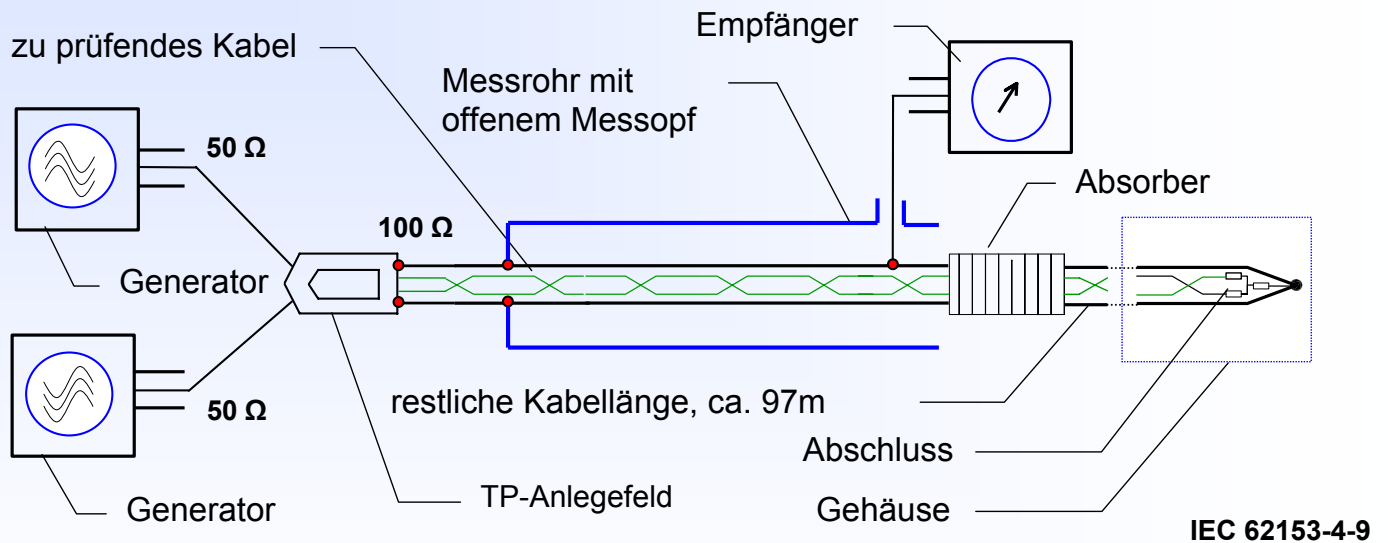


Zur Anpassung des (unsymmetrischen) 50-Ohm Ausgangs des Generators an die 100 Ohm des symmetrischen Paares ist ein **Symmetrieübertrager** bzw. ein **Balun** erforderlich. Handelsübliche Symmetrieübertrager sind allerdings nur bis ca. **1,2 GHz** verfügbar.

Schirmwirkung bzw. Kopplungs­dämpfung von symmetrischen Datenkabeln bis 2 GHz

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

Kopplungs-dämpfung mit "virtuellem Balun"



Handelsübliche Symmetrieübertrager (Baluns) sind nur bis ca. 1,2 GHz verfügbar. Alternativ kann ein symmetrisches Signal auch mit einem vektoriellem Netzwerkanalysator (VNA) mit zwei Generatoren erzeugt werden, wobei ein Generator um 180° phasenverschoben arbeitet. Eine weitere Alternative ist die Messung mit einem Mehrtor-NWA bzw. mit einem "mixed mode" bzw. einem "Mischmoden"-NWA, (Generatoren werden umgeschaltet).

Schirmwirkung bzw. Kopplungs-dämpfung von symmetrischen Datenkabeln bis 2 GHz

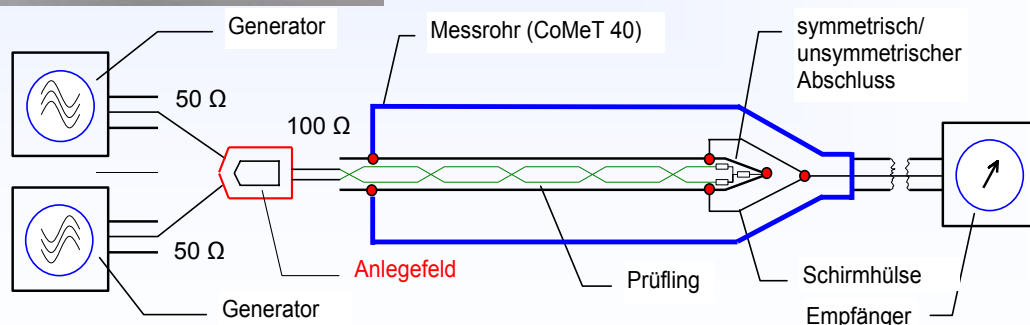
Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herborner Strasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedeaa.com, 15

Anlegefeld

Zur Verbindung der beiden koaxialen 50 Ω Tore des NWA mit dem Prüfling wird ein Anlegefeld benötigt.



Wellenwiderstand Primärseite	2 x 50 Ohm
Wellenwiderstand Sekundärseite	1 x 100 Ohm
Unsymmetriedämpfung Sekundärseite (offen)	> 40 dB
Unsymmetriedämpfung Sekundärseite (Abschluss)	> 40 dB
Durchgangsdämpfung Primärseite (Kurzschluss)	< 0,2 dB
Durchgangsdämpfung Sekundärseite (back to back)	< 0,8 dB



Das Anlegefeld verbindet die beiden 50-Ohm Ausgänge des Generators mit dem symmetrischen Paar .

Schirmwirkung bzw. Kopplungs-dämpfung von symmetrischen Datenkabeln bis 2 GHz

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

Viertor Netzwerk

Die Definition der Streumatrix ist problemlos auf beliebige N-Tore erweiterbar

Für ein Viertor mit zwei Ein- und Ausgangstoren ergibt sich in Matrixschreibweise folgende Gleichung:

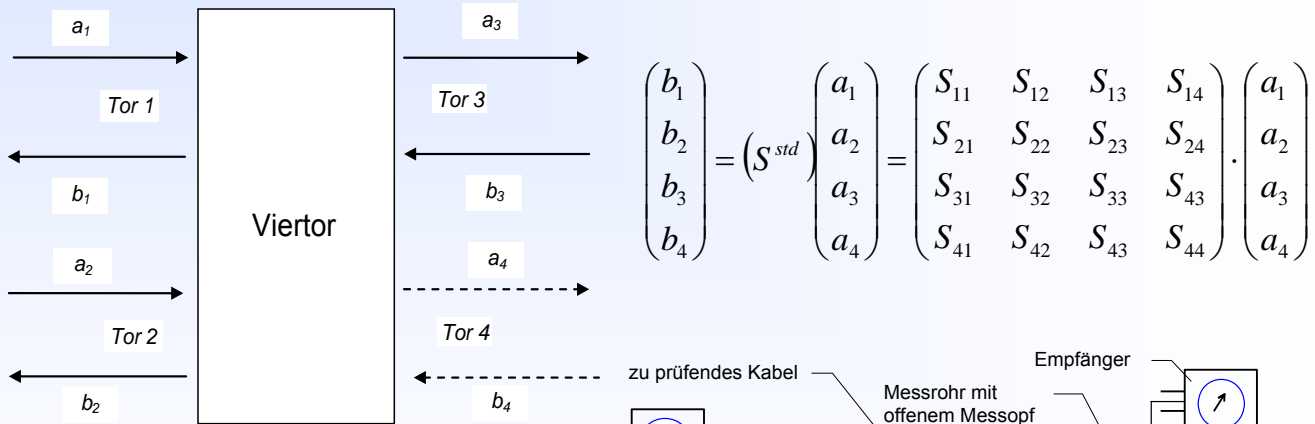
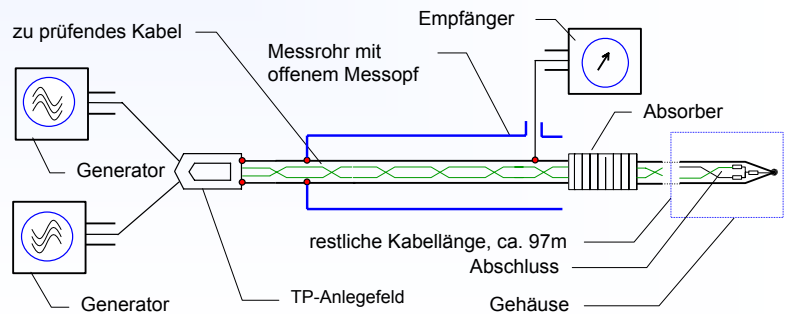


Bild 3: Viertor Netzwerk

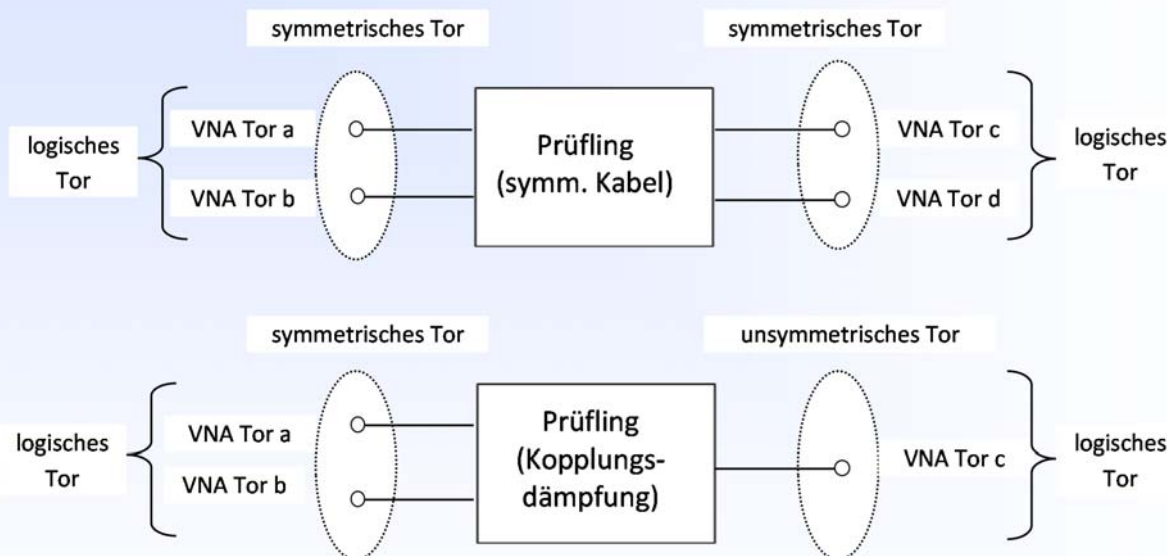
bei der Messung der Kopplungsdämpfung mit "virtuellem Balun" bzw. "mixed mode" wird über Tor 1 und Tor 2 eingespeist, und an Tor 3 gemessen, Tor 4 bleibt frei.



Schirmwirkung bzw. Kopplungsdämpfung von symmetrischen Datenkabeln bis 2 GHz

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herborner Strasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bede.com, 17

Physikalische und logische VNA-Tore



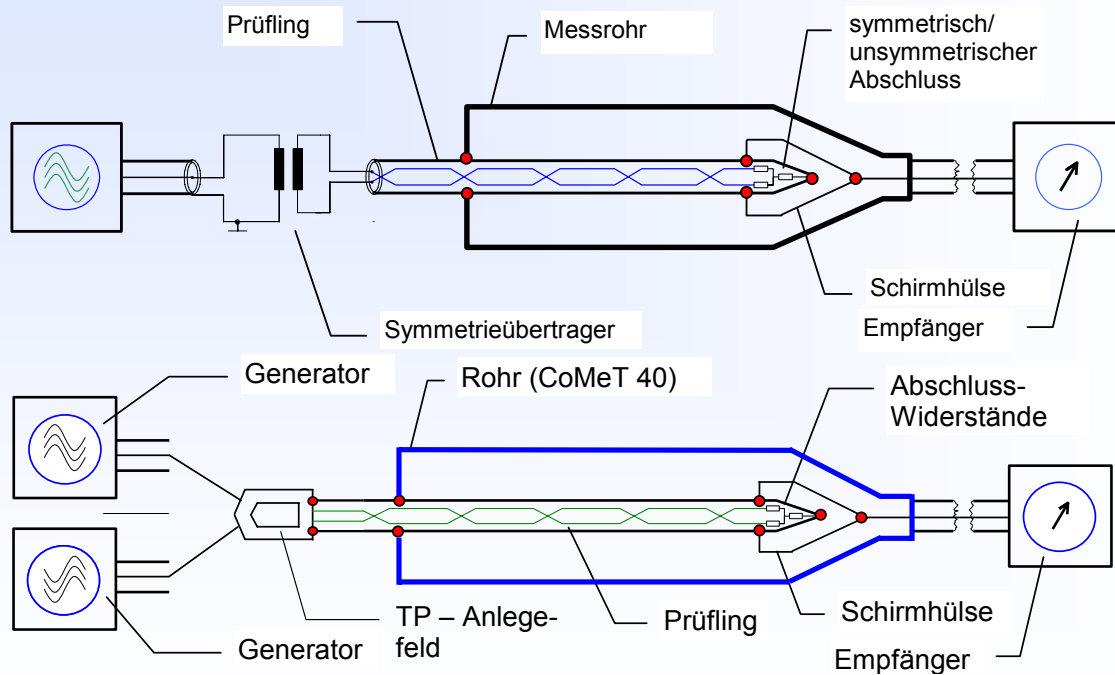
Für die Messung symmetrischer Zweitore (Kabel) werden bei einem Mehrtor-VNA die physikalischen Tore des Netzwerkanalysators (50 Ohm Tore) zu logischen Toren zusammengefasst (oberes Bild).

Bei der Messung der Kopplungsdämpfung mit "virtuellem Balun" bzw. "mixed mode" wird über Tor 1 und Tor 2 eingespeist und an Tor 3 gemessen (Sigle ended), Tor 4 bleibt frei, (unteres Bild).

Schirmwirkung bzw. Kopplungsdämpfung von symmetrischen Datenkabeln bis 2 GHz

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herborner Strasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bede.com, 18

Vergleich: Balun mit virtuellem Balun

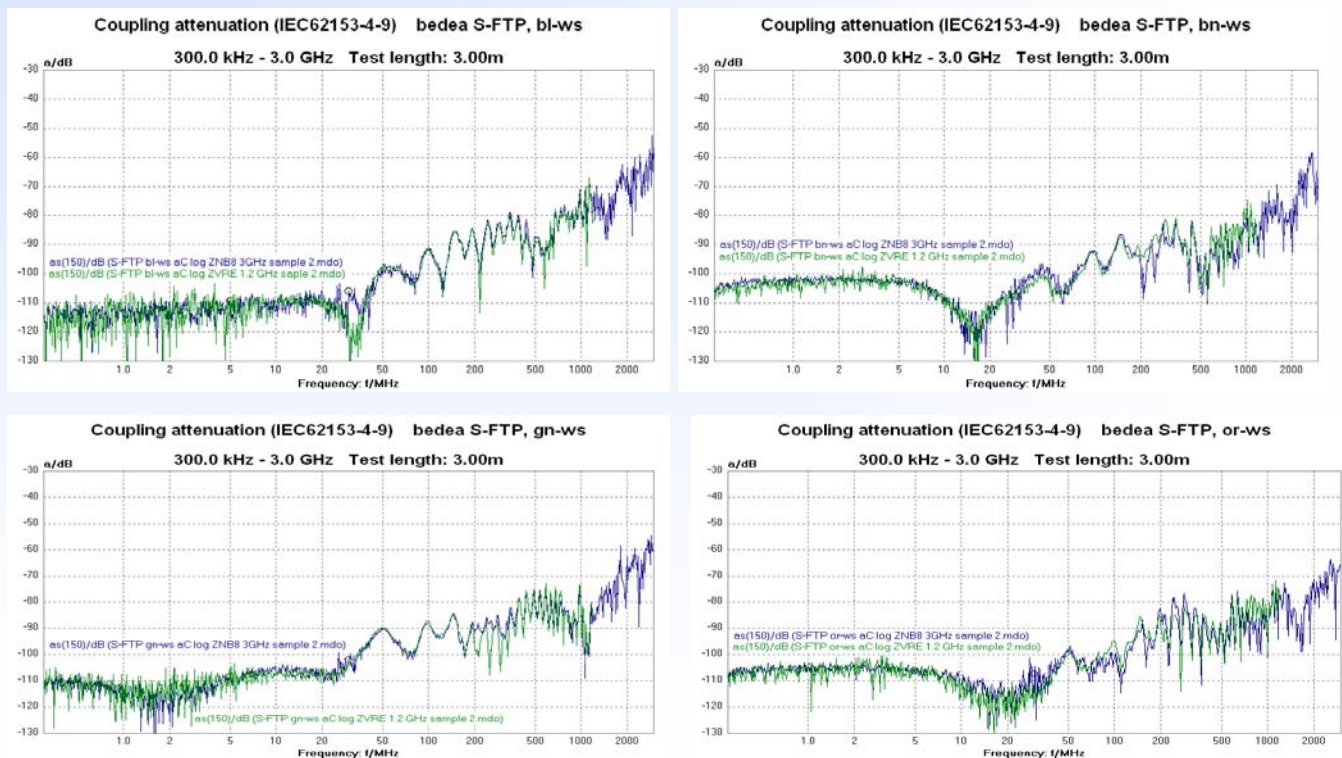


Messen der Kopplungsdämpfung mit Symmetrieübertrager und mit virtuellem Balun mit Standard-Messkopf

Schirmwirkung bzw. Kopplungsdämpfung von symmetrischen Datenkabeln bis 2 GHz

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herborner Strasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bede.com, 19

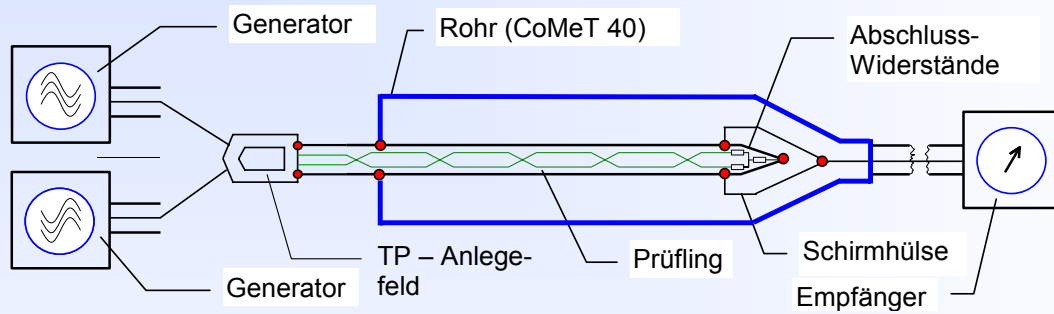
Vergleich: Balun mit virtuellem Balun, S-FTP Kabel



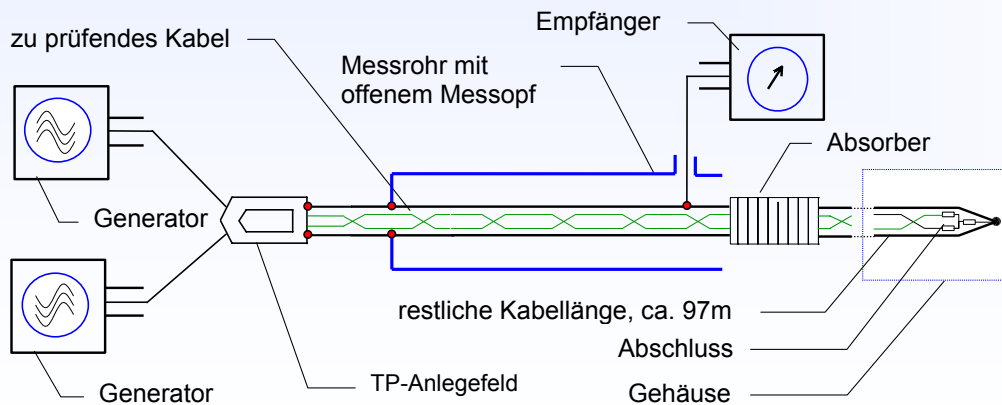
Schirmwirkung bzw. Kopplungsdämpfung von symmetrischen Datenkabeln bis 2 GHz

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herborner Strasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bede.com, 20

Kopplungs-dämpfung, Standard oder offener Messkopf ?



Standard Messkopf



offener Messkopf

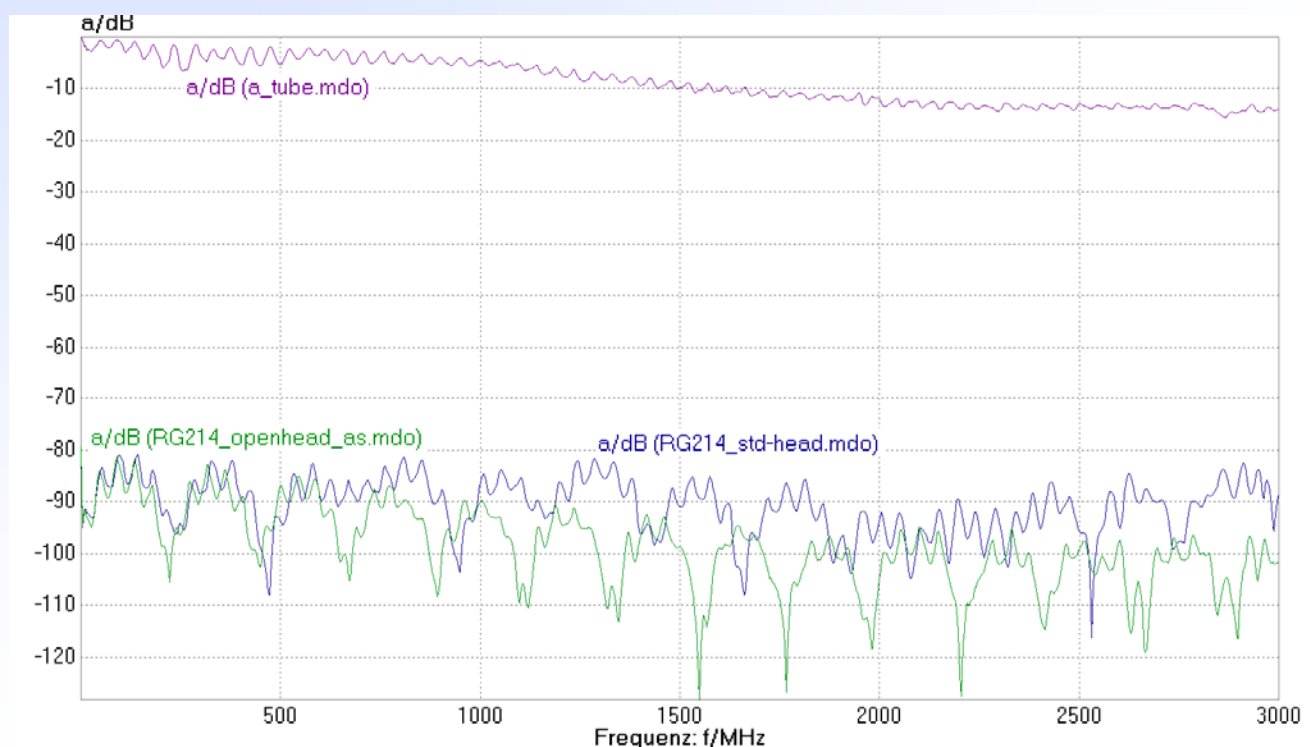


IEC 62153-4-9

Schirmwirkung bzw. Kopplungs-dämpfung von symmetrischen Datenkabeln bis 2 GHz

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

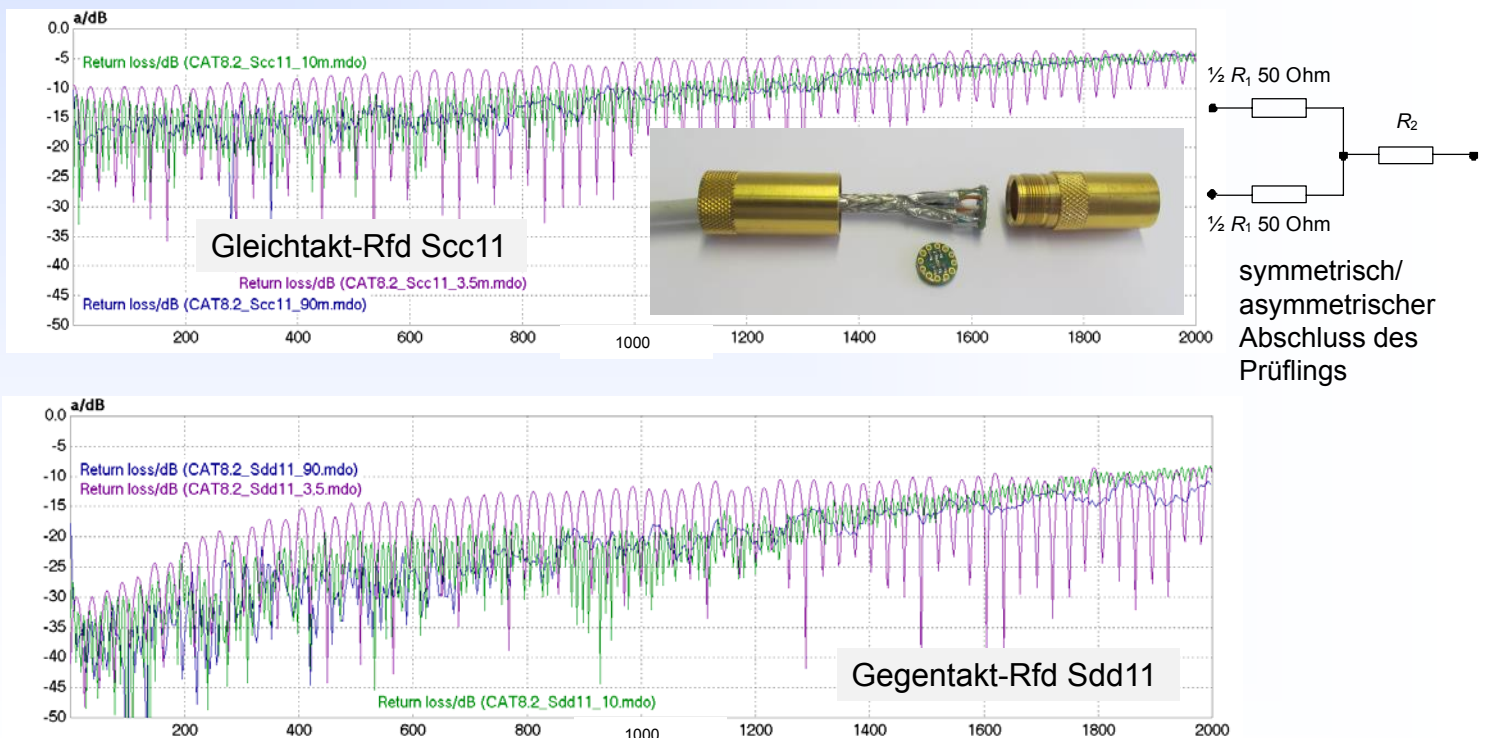
Schirmdämpfung RG 214, Standard & offener Messkopf



Schirmwirkung bzw. Kopplungs-dämpfung von symmetrischen Datenkabeln bis 2 GHz

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

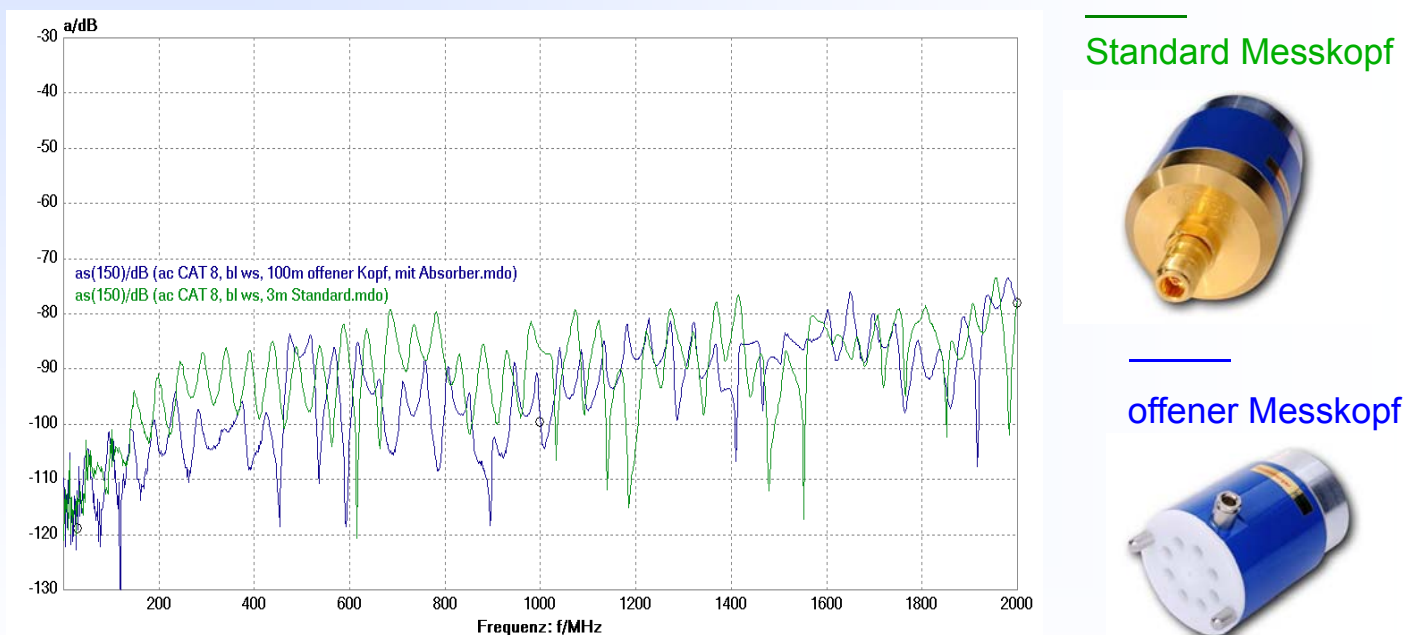
Rückflussdämpfung an verschiedenen Längen, PCB 50/50/25



Schirmwirkung bzw. Kopplungsdämpfung von symmetrischen Datenkabeln bis 2 GHz

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

Kopplungsdämpfung mit Triaxialverfahren

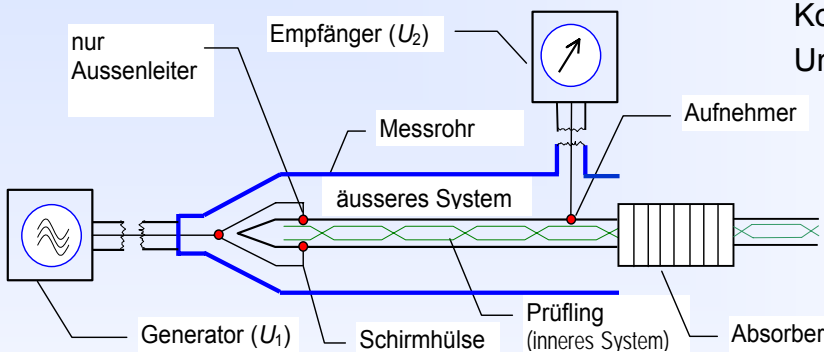


Kopplungsdämpfung offenem Messkopf und Standardmesskopf an einem Cat8.2 Kabel; die Maximalwerte bei hohen Frequenzen liegen nahe beieinander.

Schirmwirkung bzw. Kopplungsdämpfung von symmetrischen Datenkabeln bis 2 GHz

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

Vorschlag für die Überarbeitung der IEC 62153-4-9



Kopplungsdämpfung $a_c \approx$
 Unsymmetriedämpfung a_u + Schirmdämpfung a_s

$$a_c \approx a_u + a_s$$

$$a_c = 10 \cdot \lg \left| \frac{P_{\text{diff}}}{P_{\text{com}}} \right| + 10 \cdot \lg \left| \frac{P_{\text{com}}}{P_{r, \text{max}}} \right|$$

Unsymmetriedämpfung + Schirmdämpfung

Prüfeinrichtung zur Messung von a_{tube}

Die Betriebsdämpfung $a_{\text{tube}} = 20 \cdot \lg(U_1/U_2)$ des äusseren Systems (bei offenem Messkopf) ist mit der gleichen Absorberkombination wie bei der Messung der Kopplungsdämpfung zu messen.

Das Spannungsverhältnis $U_{\text{diff}}/U_{2, \text{max}}$ ist in kalibriertem Zustand der Prüfeinrichtung zu messen.

Die Kopplungsdämpfung a_c (die vergleichbar mit dem Zangenverfahren ist) wird mit dem (willkürlich bestimmten) normalisierten Wert $Z_s = 150 \Omega$ berechnet zu:

bzw. als Spannungsverhältnis und mit der Betriebsdämpfung a_{tube}

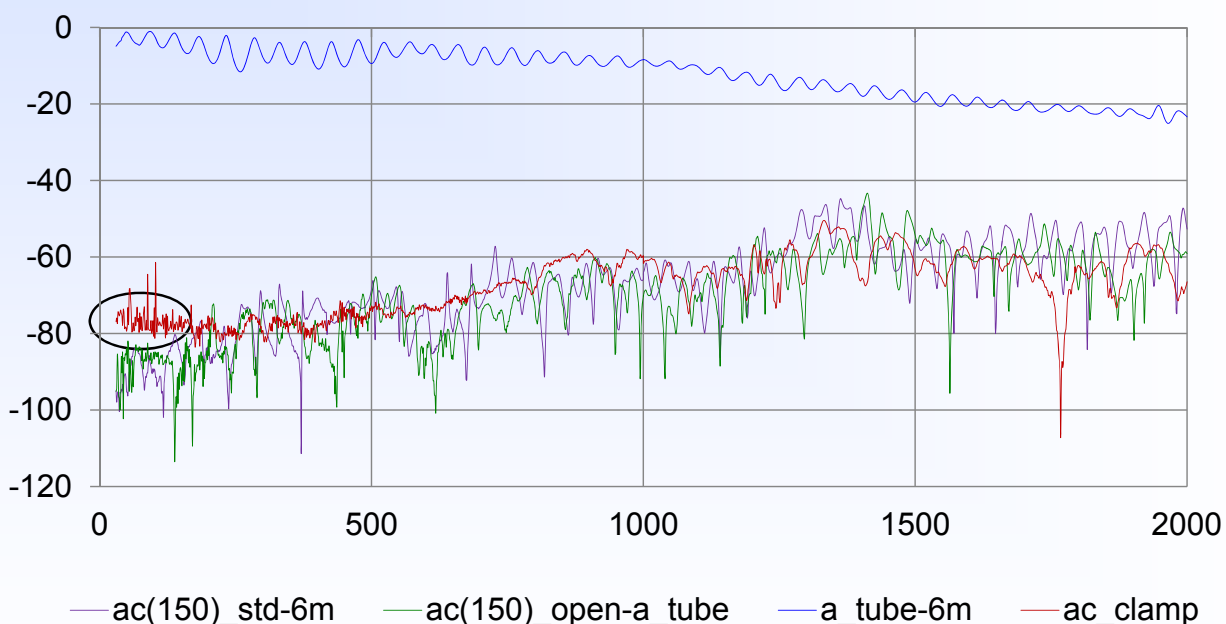
$$a_c = 20 \cdot \lg \left| \frac{U_{\text{diff}}}{U_{2, \text{max}}} \right| + 10 \cdot \lg \left[\frac{2 \cdot Z_s}{Z_{\text{diff}}} \right] - a_{\text{tube}}$$

mit $a_{\text{tube}} = 20 \cdot \lg [U_1 / U_2]$

Schirmwirkung bzw. Kopplungsdämpfung von symmetrischen Datenkabeln bis 2 GHz

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herborner Strasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bede.com, 25

Zusammenstellung der Messungen, Twinax 105 (6 m)

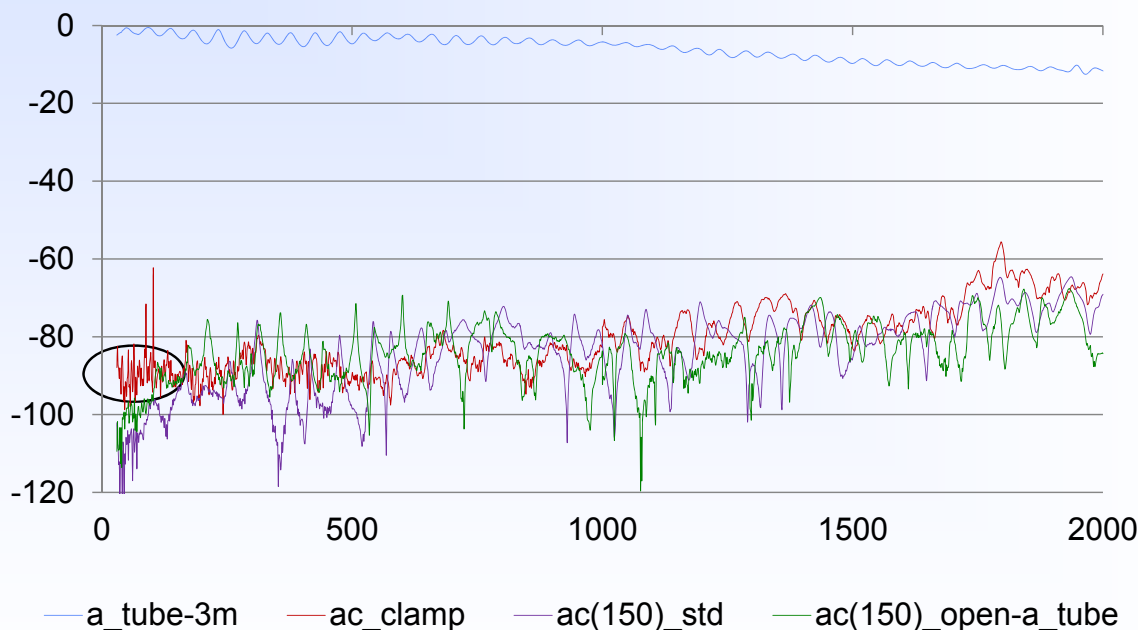


Absorberzangen, offener Messkopf und Standardmesskopf an einem Twinax 105

Schirmwirkung bzw. Kopplungsdämpfung von symmetrischen Datenkabeln bis 2 GHz

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herborner Strasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bede.com, 26

Zusammenstellung der Messungen, Cat 7A



Absorberzangen, offener Messkopf und Standardmesskopf an einem Cat 7A Kabel

Schirmwirkung bzw. Kopplungsdämpfung von symmetrischen Datenkabeln bis 2 GHz

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

Zusammenfassung

- Mit dem **Triaxialverfahren** kann mit einem Messaufbau der Kopplungswiderstand, die Schirmdämpfung und die **Kopplungsdämpfung** gemessen werden.
- Zur Messung der **Kopplungsdämpfung** bis zu und über 2 GHz eignet sich das Verfahren mit "virtuellem Balun" bzw. das Mischmoden oder mixed – mode Verfahren.
- Das Triaxialverfahren mit Standard- und mit offenem Messkopf wurde diskutiert.
- Die Längenabhängigkeit der **Unsymmetriedämpfung** ist so gering, dass das Triaxialverfahren mit Standard Messkopf zur Messung der **Kopplungsdämpfung** bis 2 GHz eingesetzt werden kann.
- Allerdings ist die **Rückflussdämpfung** zu beachten, sie sollte besser als 10 dB sein.
- Unter Berücksichtigung der beschriebenen Randbedingungen können vergleichbare Ergebnisse vom Triaxialverfahren mit offenem Messkopf und dem Standardmesskopf sowie auch vom Zangenverfahren erwartet werden.
- Die Norm IEC 62153-4-9, **Kopplungsdämpfung** mit Triaxialverfahren wird um das Mischmoden- bzw. das "Mixed – mode" – Verfahren erweitert
- Weitere Info: www.bede.com, Messtechnik, weitere Fragen: bmund@bedea.com

Schirmwirkung bzw. Kopplungsdämpfung von symmetrischen Datenkabeln bis 2 GHz

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

Literatur

- [1] Yangawa, K.; Cross, J.: Modal decomposition (non-balun) measurement technique: error analysis and application to UTP/STP characterisation to 500 MHz; Proceedings of the IWCS 1995
- [2] Thomas Hähner, Bernhard Mund: EMV-Verhalten symmetrischer Kabel – EMC Journal 4/1997
- [3] Thomas Hähner, Bernhard Mund: Test methods for screening and balance of communications cables; Proceedings of EMC Zurich, 1999, pp. 533-538
- [4] Christian Pfeiler et al.: Analysis of Balance Parameters of Cables for High Data Rate Digital Communications, Proceedings of the 62nd IWCS Conference, Charlotte, USA, Nov. 2013
- [5] Thomas Hähner, Bernhard Mund: Balunless Measurement of Coupling Attenuation of Balanced Cables & Components, Wire and Cable Technology International, July 2013
- [6] Lauri Halme, Bernhard Mund: EMC of Cables Connectors and Components with Triaxial test set-up, Proceedings of the 62nd IWCS Conference, Charlotte, US, Nov. 2013
- [7] Bernhard Mund: EMV von Kabeln, Steckern und Komponenten mit dem Triaxialverfahren, EMV-Messe Düsseldorf – 11. bis 13. März 2014
- [8] Alexander Schmidt, Messtechnische Charakterisierung der Schirmwirkung von Kabeln, Steckern und Komponenten, Diplomarbeit, bedea Berkenhoff & Drebes GmbH, Asslar, September 2015
- [9] Bernhard Mund, Christian Pfeiler: Balunless measurement of coupling attenuation of screened balanced cables up to 2 GHz, Proceedings of the 64rd IWCS Conference, Atlanta, GA, USA, Oktober 2015

Schirmwirkung bzw. Kopplungsdämpfung von symmetrischen Datenkabeln bis 2 GHz

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herborner Strasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bede.com, 29

Internationale Normen für Triaxialverfahren, IEC 62153-4-n

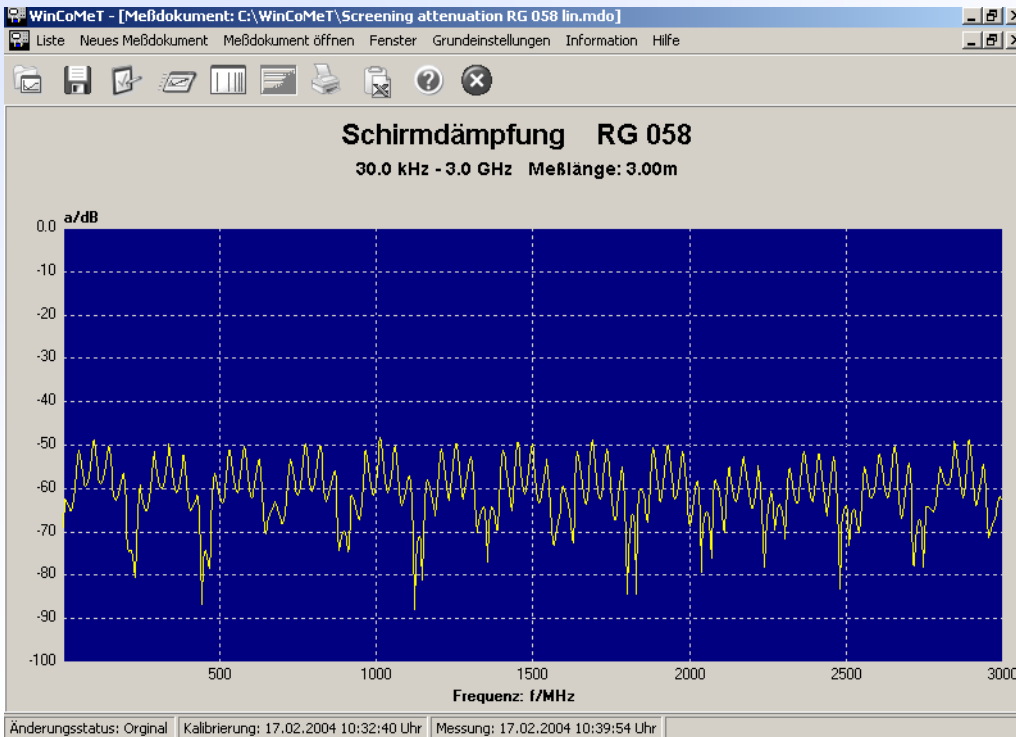
	Prüfverfahren für metallische Kommunikationskabel - Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)	
TR 62153-4-1 Ed.3	Einführung in die elektromagnetischen Messungen der Schirmwirkung	2014-01-22
IEC 62153-4-3 Ed.2	Kopplungswiderstand - Triaxialverfahren	2013-10-22
IEC 62153-4-4 Ed.2	Prüfverfahren zur Messung der Schirmdämpfung a_S bis zu und über 3 GHz- Triaxialverfahren	2015-04-29
IEC 62153-4-7 Ed.2	Prüfverfahren zur Messung des Kopplungswiderstandes Z_T und der Schirmdämpfung a_S oder der Kopplungsdämpfung a_C von Steckern und konfektionierten Kabeln bis zu und über 3 GHz - Rohr-im-Rohr-Verfahren	2015-12-09
IEC 62153-4-9	Kopplungsdämpfung geschirmter symmetrischer Kabel - Triaxialverfahren	2008-03-18
IEC 62153-4-10 Ed.2	Geschirmtes Messverfahren zur Messung der Schirmwirkung von Durchführungen und elektromagnetischen Dichtungen	2015-11-04
IEC 62153-4-15	Prüfverfahren zur Messung von Kopplungswiderstand und der Schirmdämpfung oder der Kopplungsdämpfung mit der Triaxialen Zelle	2015-12-04
IEC 62153-4-16	Erweiterung des Frequenzbereiches zu höheren Frequenzen für den Kopplungswiderstand und zu niedrigeren Frequenzen für die Schirmdämpfung bei Messungen mit dem Triaxialverfahren	46/575/CDV

EN 50289-1-6, (Kopplungswiderstand Triaxial und Speisedraht & Schirmdämpfung, Triaxial und Zange) wird zurückgezogen

Schirmwirkung bzw. Kopplungsdämpfung von symmetrischen Datenkabeln bis 2 GHz

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herborner Strasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bede.com, 30

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-Funktion
- **mixed-mode Messungen mit Multiport VNA**

Schirmwirkung bzw. Kopplungsdämpfung von symmetrischen Datenkabeln bis 2 GHz

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herborner Strasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedeas.com, 31

Danke fürs Zuhören

???



www.bedeas.com
bmund@bedea.com