

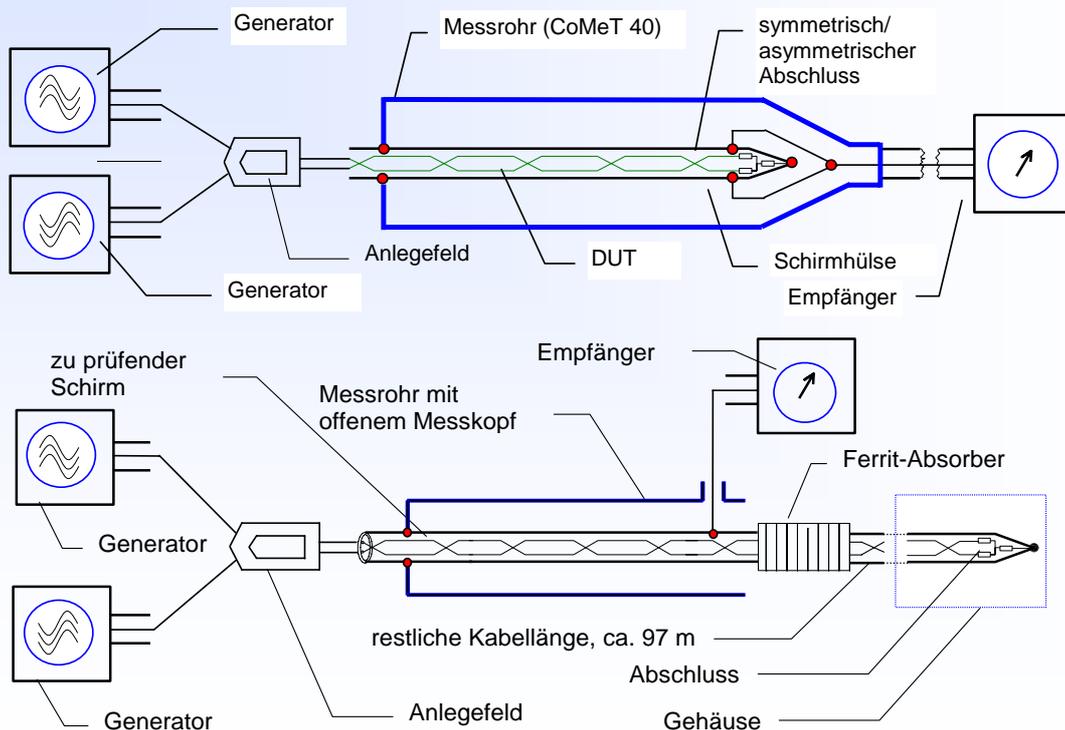
Kopplungs-dämpfung bis 2 GHz mit virtuellem Balun



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

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herborner Strasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bede.com, Messen der Kopplungs-dämpfung bis 2 GHz mit virtuellem Balun - Co-Autoren: Ahmad Hamadeh, bedea, Dr. Christian Pfeiler, Draka-Comteq 1

Kopplungs-dämpfung bis 2 GHz mit virtuellem Balun



Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herborner Strasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bede.com, Messen der Kopplungs-dämpfung bis 2 GHz mit virtuellem Balun - Co-Autoren: Ahmad Hamadeh, bedea, Dr. Christian Pfeiler, Draka-Comteq 2

Übersicht

- Physikalische Grundlagen der Schirmung
 - ◆ Kopplungswiderstand, Unsymmetrie, Kopplungsdämpfung
- Mischmoden S-Parameter (virtueller Symmetrieübertrager)
- Auswahl von Absorbern
- Kopplungsdämpfung
 - ◆ Zangenverfahren, IEC 62153-4-5
 - ◆ Triaxialverfahren, IEC 62153-4-9
 - ◆ Messungen
- Diskussion

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herborner Strasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedeas.com,
Messen der Kopplungsdämpfung bis 2 GHz mit virtuellem Balun - Co-Autoren: Ahmad Hamadeh, bedea, Dr. Christian Pfeiler, Draka-Comteq 3

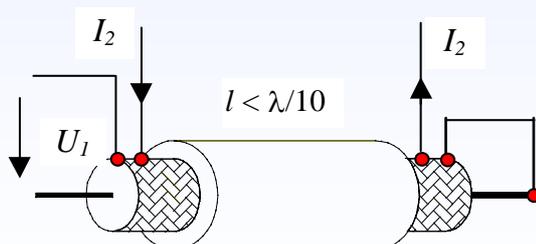
Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung

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**



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

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

Wellenlänge

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

elektrisch lang:

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

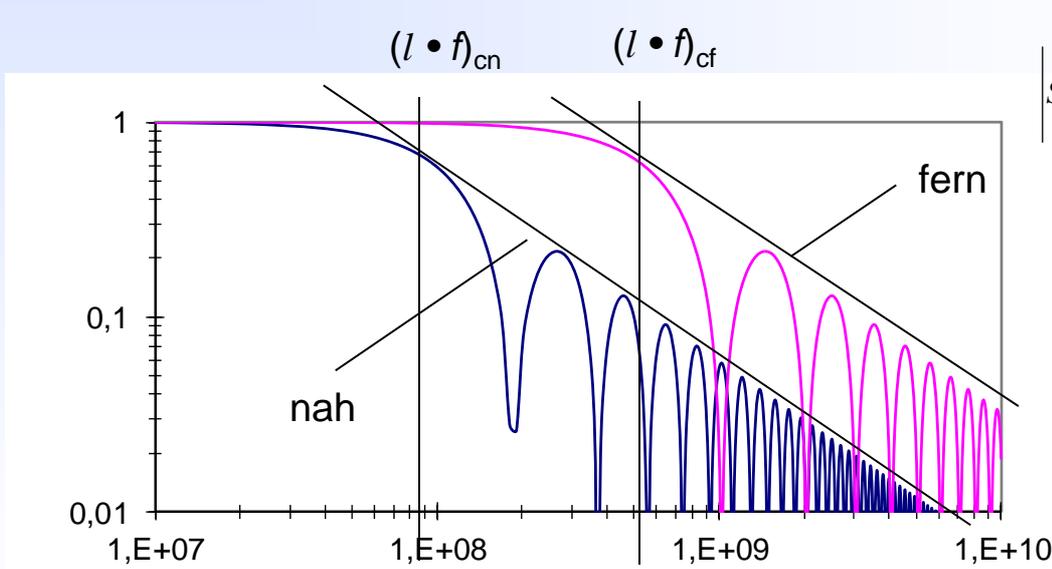
elektrisch kurz:

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

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

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herborner Strasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedeas.com,
Messen der Kopplungsdämpfung bis 2 GHz mit virtuellem Balun - Co-Autoren: Ahmad Hamadeh, bedea, Dr. Christian Pfeiler, Draka-Comteq 4

Summenfunktion S_{nf}



$$\left| S_{nf} \right| = \frac{\left| 2 \sin\left(\frac{(\beta_1 \pm \beta_2)L_c}{2}\right) \right|}{(\beta_1 \pm \beta_2) \cdot L_c}$$

$$\approx \sin x/x$$

β beinhaltet die the Phasenkonstante des inneren und des äußeren Kreises

Tiefe Frequenzen:

$$\left| S_{nf} \right| \rightarrow 1$$

Hohe Frequenzen:

$$\left| S_{nf} \right| \rightarrow \frac{2}{(\beta_1 \pm \beta_2) \cdot l}$$

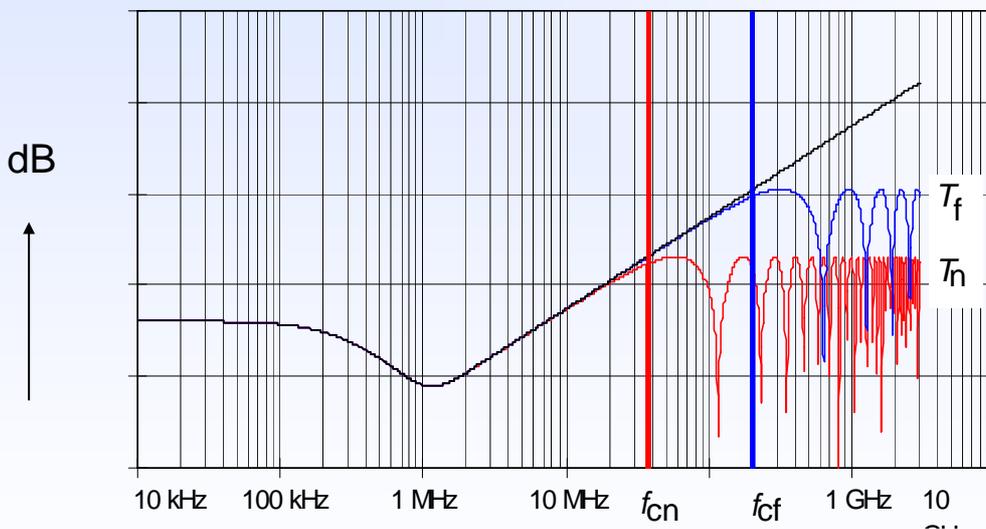
eingeführt von Halme/Szentkuti 1988, [8]

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herborner Strasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bede.com, Messen der Kopplungsdämpfung bis 2 GHz mit virtuellem Balun - Co-Autoren: Ahmad Hamadeh, bedea, Dr. Christian Pfeiler, Draka-Comteq 5

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
 $\epsilon_{r1} = 2,3$
 $\epsilon_{r2} = 1,0$
 $Z_F = 0$

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

Kopplungswiderstand

Schirmdämpfung & Kopplungsdämpfung

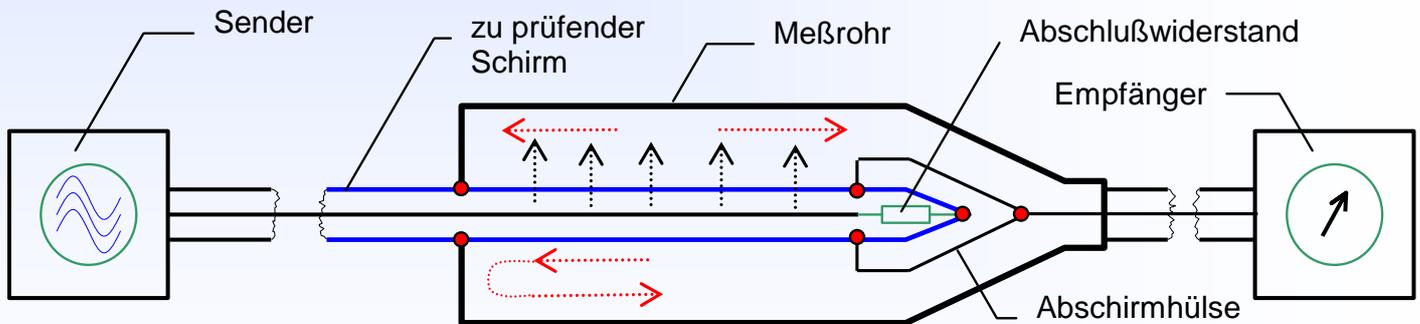
Frequenz

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herborner Strasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bede.com, Messen der Kopplungsdämpfung bis 2 GHz mit virtuellem Balun - Co-Autoren: Ahmad Hamadeh, bedea, Dr. Christian Pfeiler, Draka-Comteq 6

Triaxial-Verfahren, Prinzip

Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung

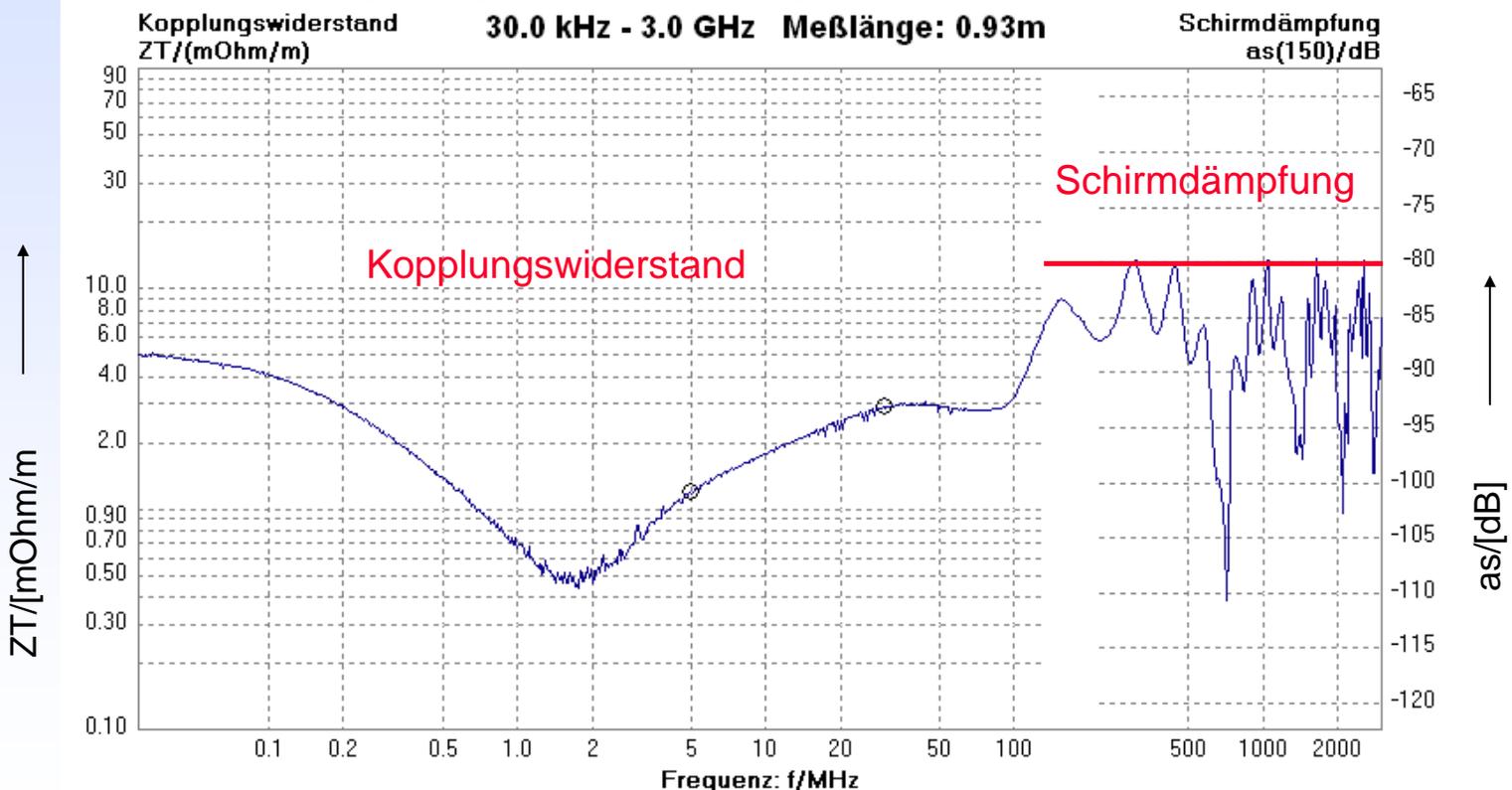
DC bis über 12 GHz mit einem Messaufbau



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

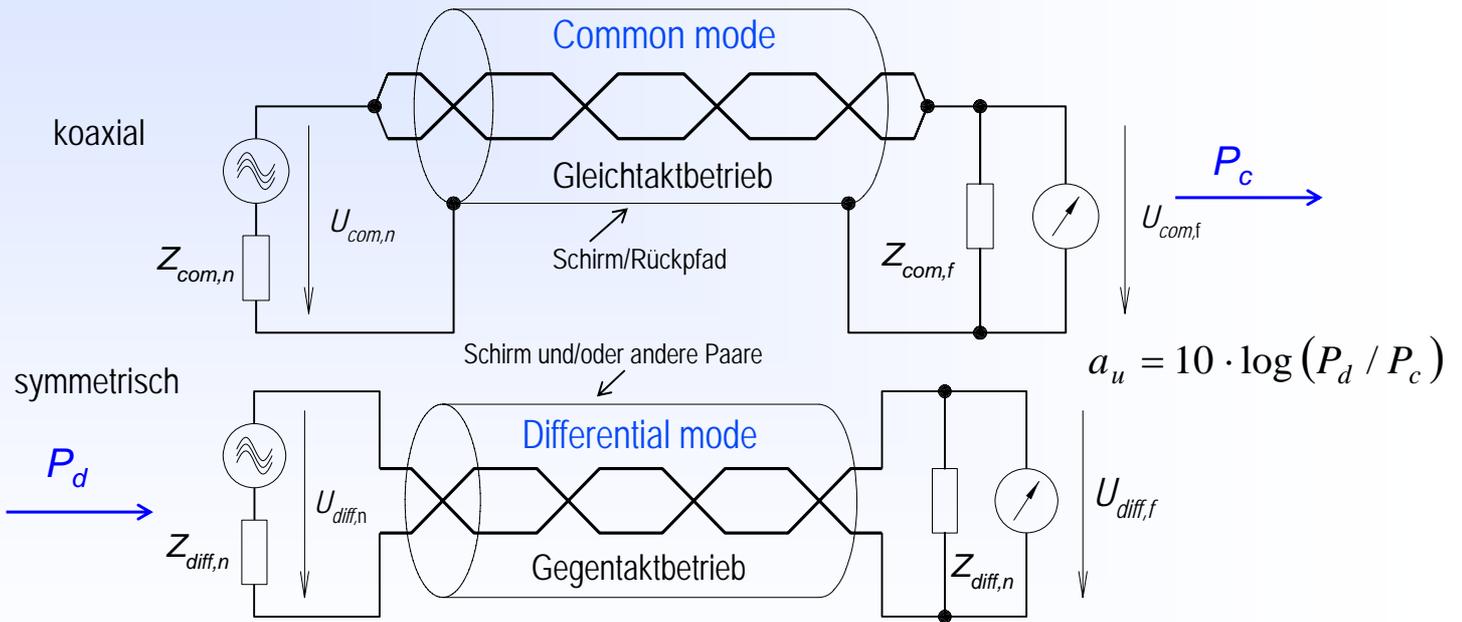
Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herborner Strasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bede.com, Messen der Kopplungsdämpfung bis 2 GHz mit virtuellem Balun - Co-Autoren: Ahmad Hamadeh, bedea, Dr. Christian Pfeiler, Draka-Comteq 7

Kopplungsübertragungsfunktion RG 214



Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herborner Strasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bede.com, Messen der Kopplungsdämpfung bis 2 GHz mit virtuellem Balun - Co-Autoren: Ahmad Hamadeh, bedea, Dr. Christian Pfeiler, Draka-Comteq 8

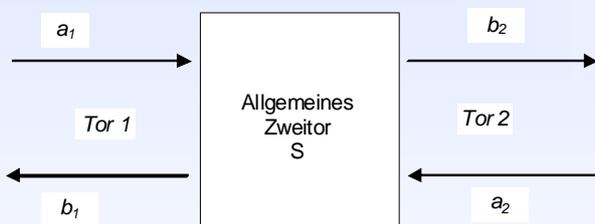
Gegentakt- und Gleichtaktbetrieb



Die Unsymmetriedämpfung a_u eines Kabels beschreibt im logarithmischen Maß, wie viel Leistung vom Gegentaktssystem in das Gleichtaktssystem (oder umgekehrt) überkoppelt. Sie ist das logarithmische Verhältnis von eingespeister Leistung im Gegentaktbetrieb P_d zu der in den Gleichtaktbetrieb übergekoppelten Leistung P_c .

Zweitor bzw. Vierpol Netzwerk

Das Übertragungsverhalten von Vierpolen bzw. Zweitoren wie z. B. Koaxialkabeln kann durch deren Streuparameter (S-Parameter) beschrieben werden.

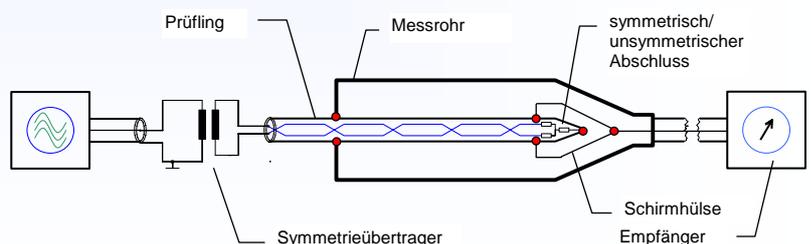


in Matrixschreibweise ergibt sich:

$$\begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \end{pmatrix} = (S) \cdot \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \end{pmatrix}$$

Bild 2: Allgemeines Zweitor

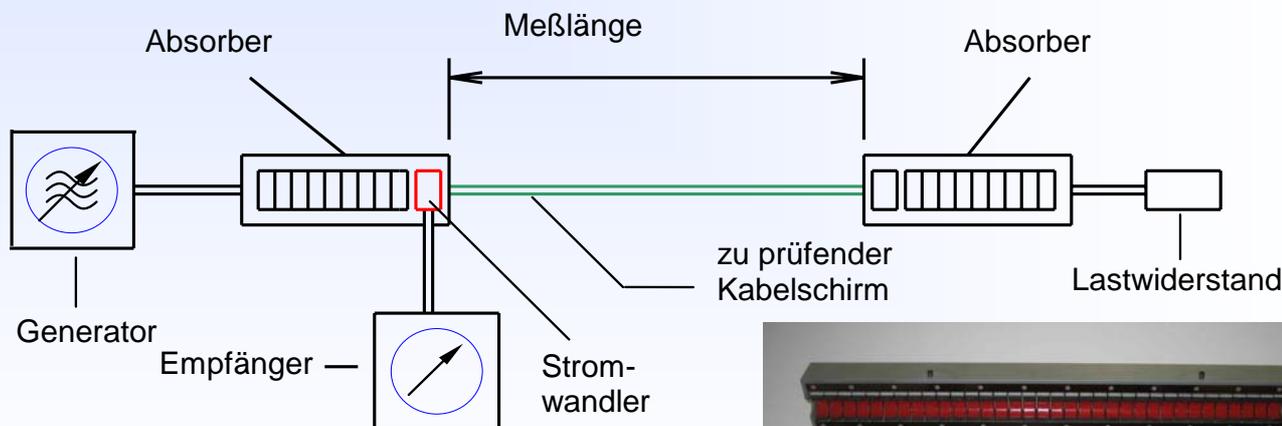
die Messung von Kopplungs-widerstand und von Schirmdämpfung oder von Kopplungsdämpfung ist im Prinzip eine S21 Messung, d.h. es werden zwei Tore benötigt



Schirm- oder Kopplungsdämpfung mit Absorberzangen

Schirmdämpfung oder Kopplungsdämpfung

von (30) MHz bis 1000 MHz **MDS 21** von 500 MHz bis 2500 MHz **MDS 22**

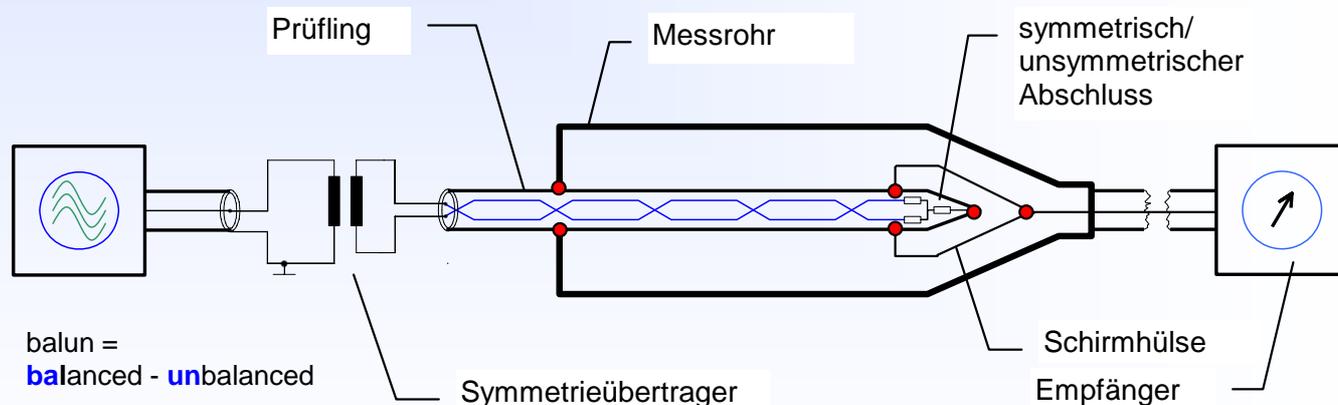


IEC 62153-4-5 bzw. EN 50289-1-6

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herborner Strasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedea.com, Messen der Kopplungsdämpfung bis 2 GHz mit virtuellem Balun - Co-Autoren: Ahmad Hamadeh, bedea, Dr. Christian Pfeiler, Draka-Comteq 11

Kopplungsdämpfung mit Symmetrieübertrager (Balun)

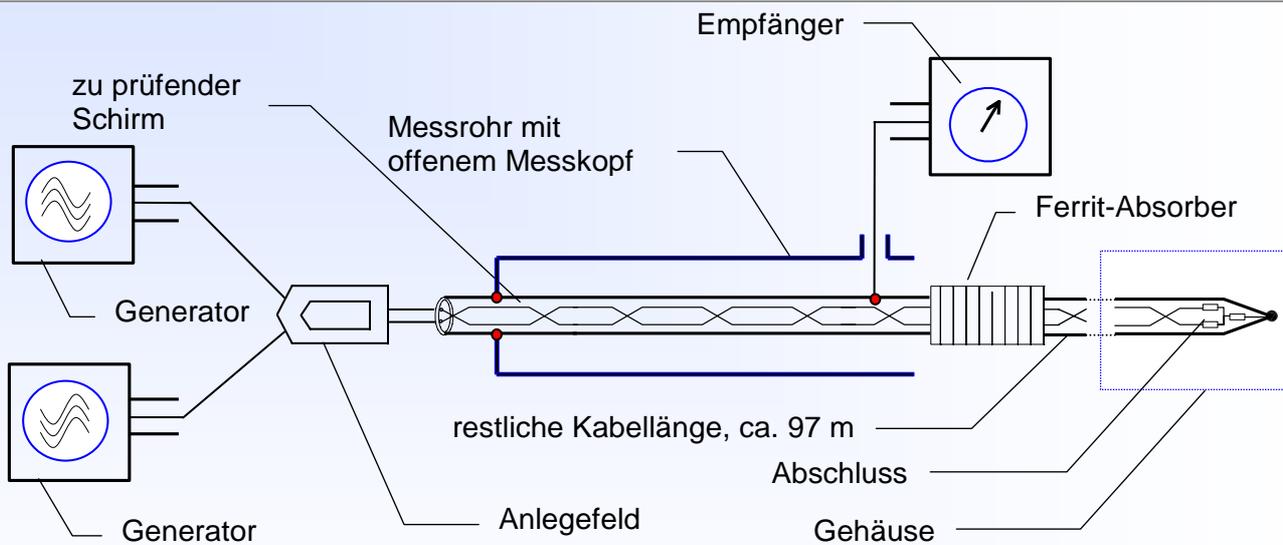
Die **Kopplungsdämpfung** ist die **Überlagerung** aus der **Unsymmetriedämpfung** des Paares und der **Schirmdämpfung** des Schirmes



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.

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herborner Strasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedea.com, Messen der Kopplungsdämpfung bis 2 GHz mit virtuellem Balun - Co-Autoren: Ahmad Hamadeh, bedea, Dr. Christian Pfeiler, Draka-Comteq 12

Kopplungsdämpfung mit "virtuellem Balun"



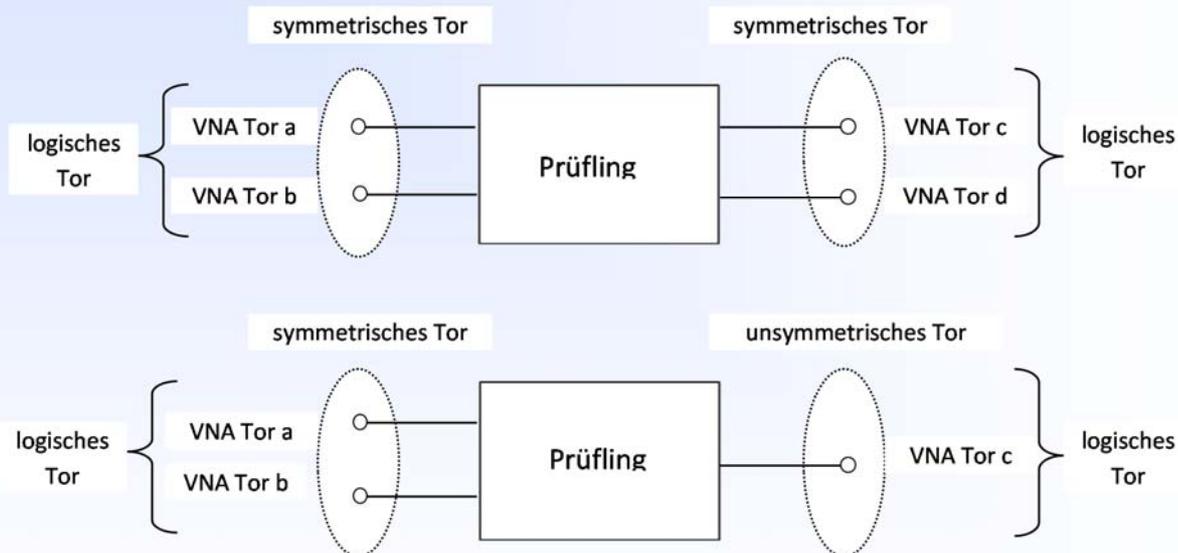
Handelsübliche Symmetrieübertrager sind nur bis ca. 1,2 GHz verfügbar.

Alternativ kann ein symmetrisches Signal auch mit einem vektoriellen Netzwerkanalysator (VNA) mit zwei Generatoren erzeugt werden, wobei ein Generator um 180° phasenverschoben arbeitet.

Eine weitere Alternative ist die Messung mit einem Mehrtor-VNA (Generatoren werden umgeschaltet)

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herborner Strasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bede.com, Messen der Kopplungsdämpfung bis 2 GHz mit virtuellem Balun - Co-Autoren: Ahmad Hamadeh, bedea, Dr. Christian Pfeiler, Draka-Comteq 13

Physikalische und logische VNA-Tore



Für die Messung symmetrischer Zweitore (Kabel) werden bei einem Mehrtor-VNA die physikalischen Tore des Netzwerkanalysators 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, Tor 4 bleibt frei, (unteres Bild).

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herborner Strasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bede.com, Messen der Kopplungsdämpfung bis 2 GHz mit virtuellem Balun - Co-Autoren: Ahmad Hamadeh, bedea, Dr. Christian Pfeiler, Draka-Comteq 14

Viertor Netzwerk

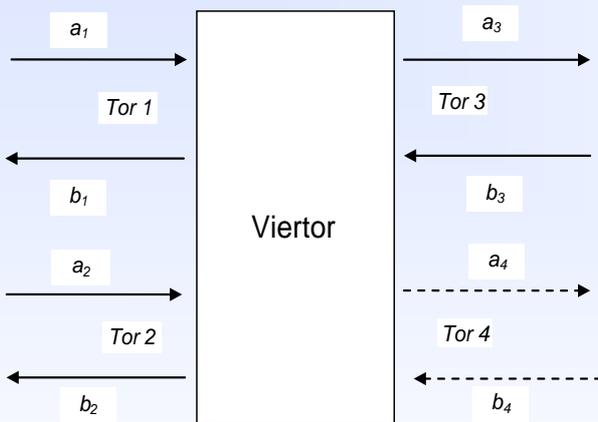
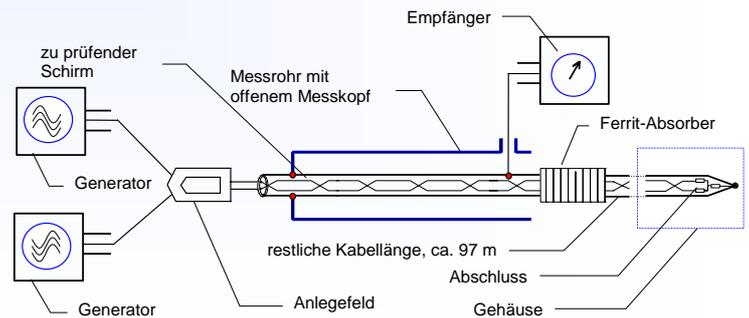


Bild 3: Viertor Netzwerk

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 .

in Matrix Schreibweise ergibt sich:

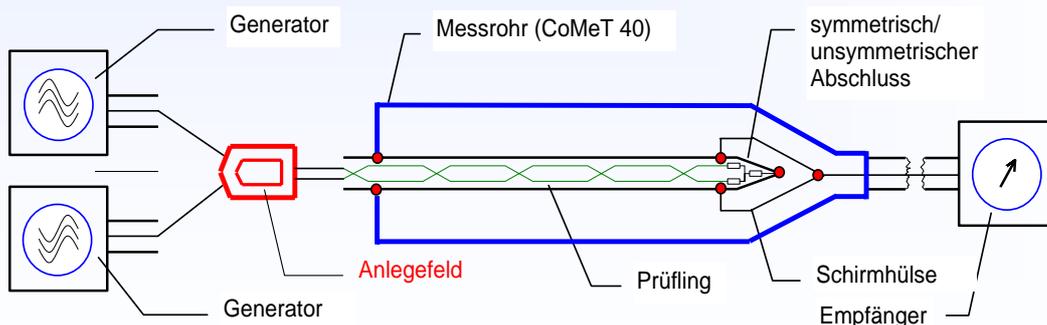
$$\begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \end{pmatrix} = (S^{std}) \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} & S_{14} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} & S_{24} \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} & S_{43} \\ S_{41} & S_{42} & S_{43} & S_{44} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{pmatrix}$$



Anlegefeld

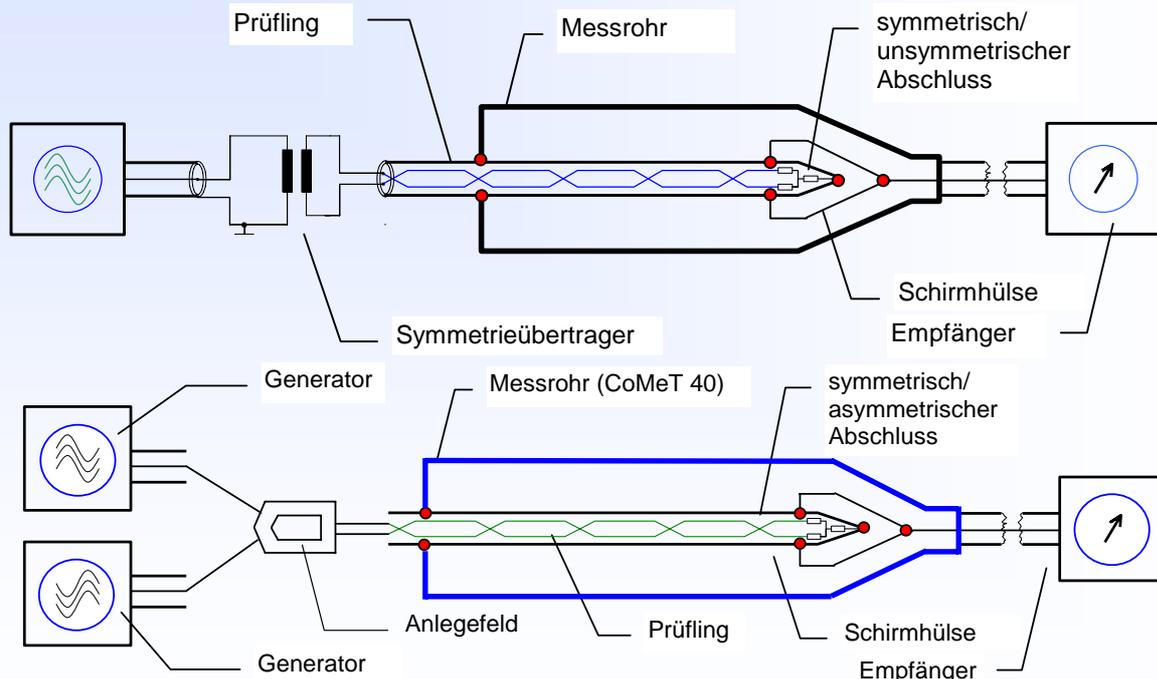


Wellenwiderstand Primärseite	2 x 50 Ohm
Wellenwiderstand Sekundärseite	1 x 100 Ohm
Unsymmetriedämpfung Sekundärseite (offen)	> 40 dB
Unsymmetriedämpfung Sekundärseite (Abschluss)	> 40 dB
Durchgangsdämpfung Primärseite (Kurzschluss)	< 0,2 dB
Durchgangsdämpfung Sekundärseite (back to back)	< 0,8 dB



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

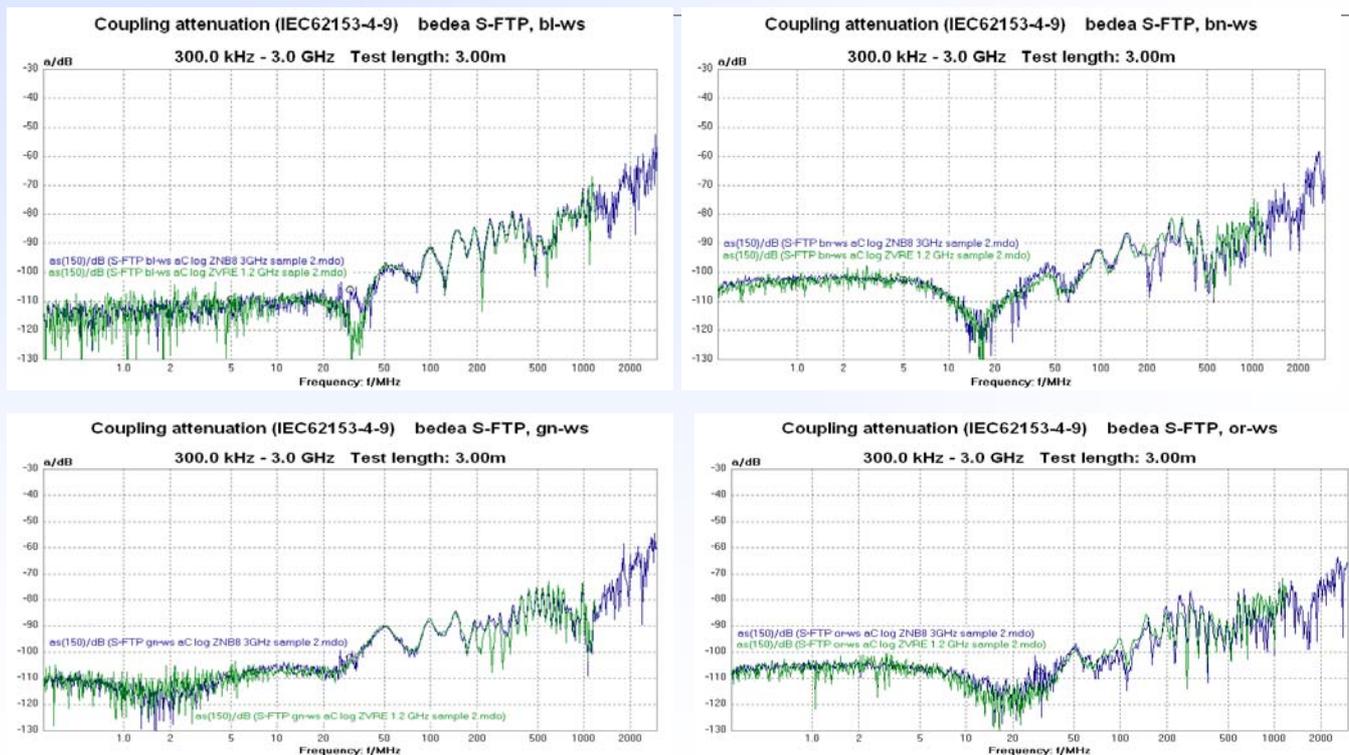
Vergleich: Balun mit virtuellem Balun



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

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herborner Strasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedea.com,
 Messen der Kopplungsdämpfung bis 2 GHz mit virtuellem Balun - Co-Autoren: Ahmad Hamadeh, bedea, Dr. Christian Pfeiler, Draka-Comteq 17

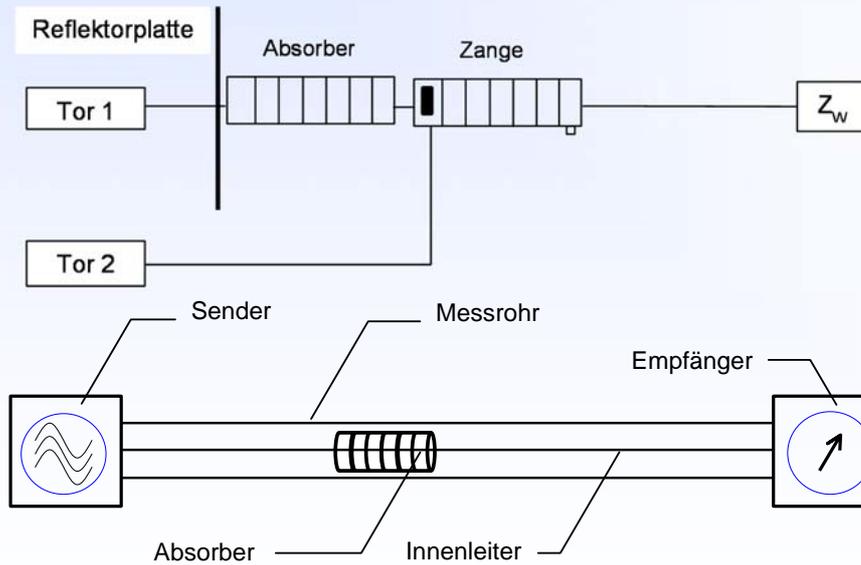
Vergleich: Balun mit virtuellem Balun, S-FTP Kabel



Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herborner Strasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedea.com,
 Messen der Kopplungsdämpfung bis 2 GHz mit virtuellem Balun - Co-Autoren: Ahmad Hamadeh, bedea, Dr. Christian Pfeiler, Draka-Comteq 18

Einfügungsdämpfung von Absorbern

Für die Messung der Kopplungsdämpfung mit offenem Messkopf sind geeignete Absorber zur Vermeidung rücklaufender Wellen und zum Abschluss des Systems erforderlich.

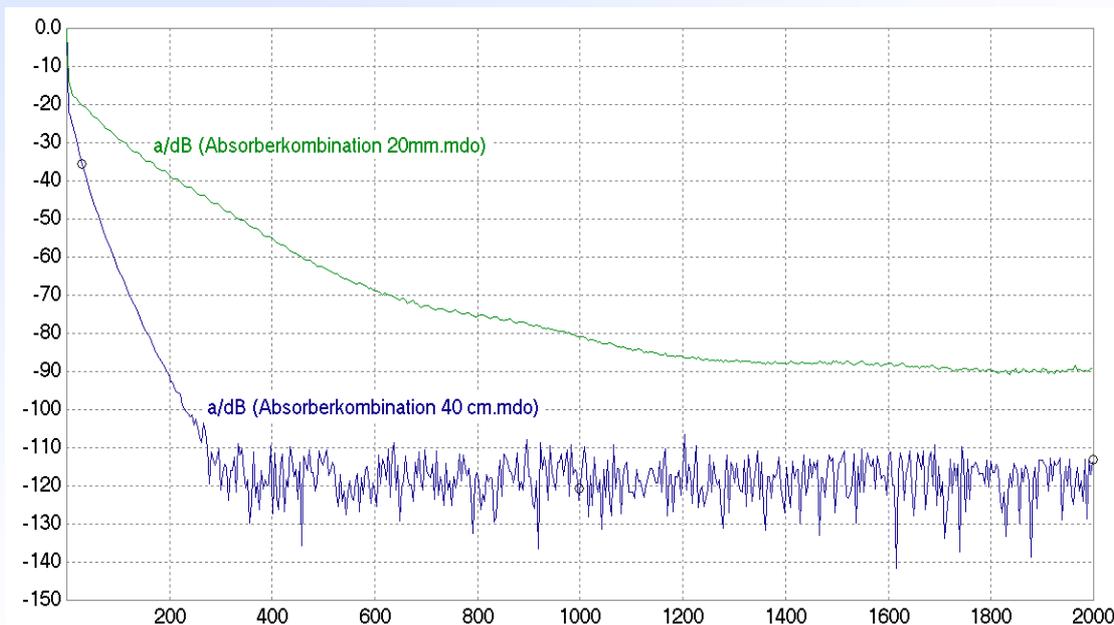


Einfügungsdämpfung von Absorbern mit Zangenverfahren nach IEC 62153-4-5

Einfügungsdämpfung von Absorbern mit Triaxialverfahren

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herborner Strasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedea.com, Messen der Kopplungsdämpfung bis 2 GHz mit virtuellem Balun - Co-Autoren: Ahmad Hamadeh, bedea, Dr. Christian Pfeiler, Draka-Comteq 19

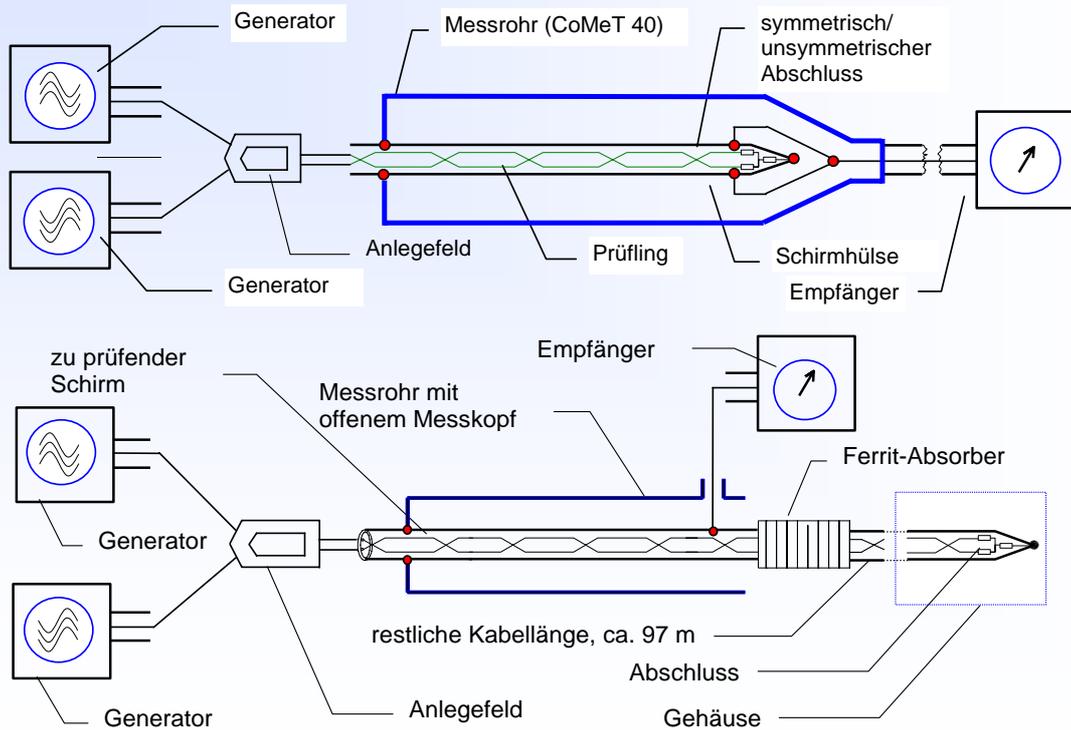
Einfügungsdämpfung von Absorbern (Triaxialverfahren)



Beste Ergebnisse werden mit einer Kombination von nanokristallinen Absorbern und Ferritabsorbern erreicht

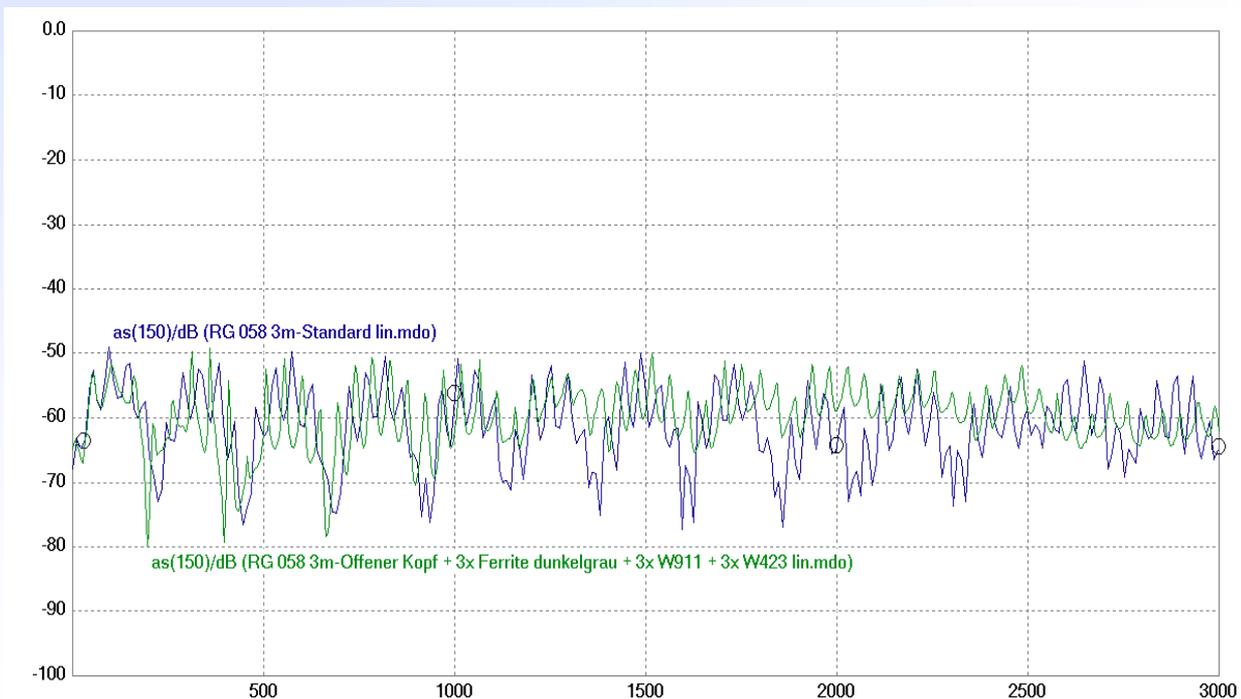
Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herborner Strasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedea.com, Messen der Kopplungsdämpfung bis 2 GHz mit virtuellem Balun - Co-Autoren: Ahmad Hamadeh, bedea, Dr. Christian Pfeiler, Draka-Comteq 20

Kopplungsdämpfung, Standard oder offener Messkopf ?



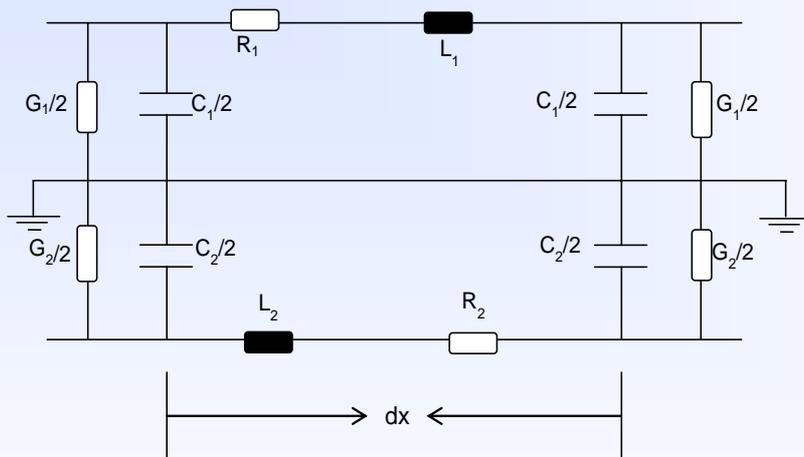
Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herborner Strasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedea.com, Messen der Kopplungsdämpfung bis 2 GHz mit virtuellem Balun - Co-Autoren: Ahmad Hamadeh, bedea, Dr. Christian Pfeiler, Draka-Comteq 21

Schirmdämpfung RG 058, Standard & offener Messkopf



Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herborner Strasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedea.com, Messen der Kopplungsdämpfung bis 2 GHz mit virtuellem Balun - Co-Autoren: Ahmad Hamadeh, bedea, Dr. Christian Pfeiler, Draka-Comteq 22

Berechnung der Unsymmetriedämpfung symmetrischer Paare



Längs-Unsymmetrie T_A

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

Quer-Unsymmetrie L_A

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

Unsymmetrie-Kopplungsfunktion

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

Summenfunktion:

Bei hohen Frequenzen nähert sich der asymptotische Wert:

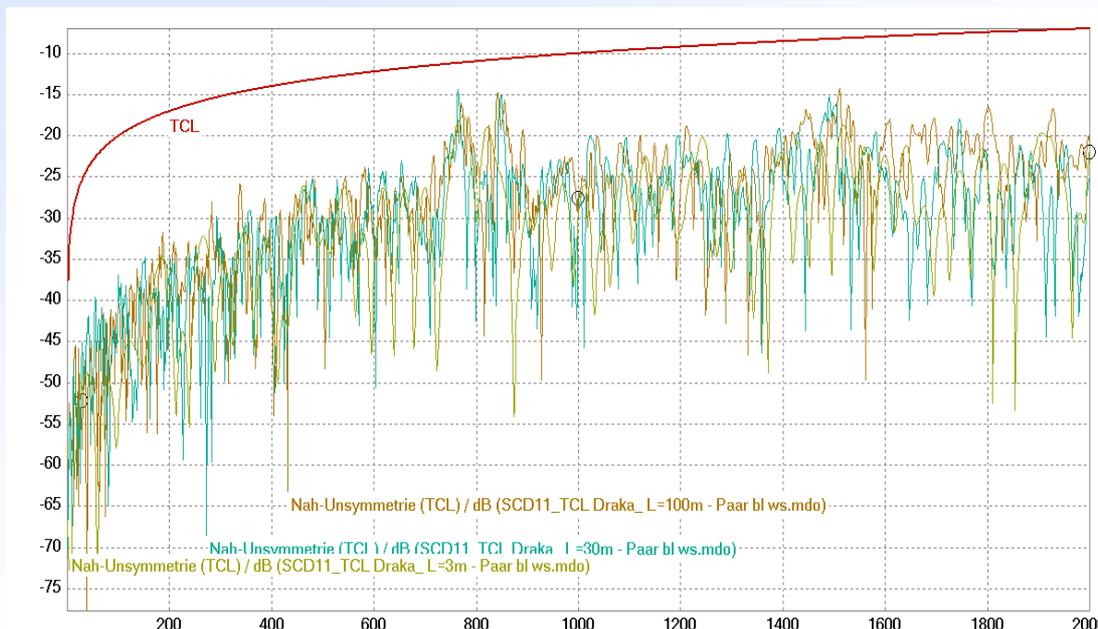
$$S_n = \frac{2}{(\beta_{diff} \pm \beta_{com}) \cdot l}$$

und bei tiefen Frequenzen wird die Summenfunktion zu: $|S_n| \rightarrow 1$

setzt man die Summenfunktion 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 nach IEC 62153-4-9 mit offenem Messkopf und einer Messlänge von 100m gemessen.

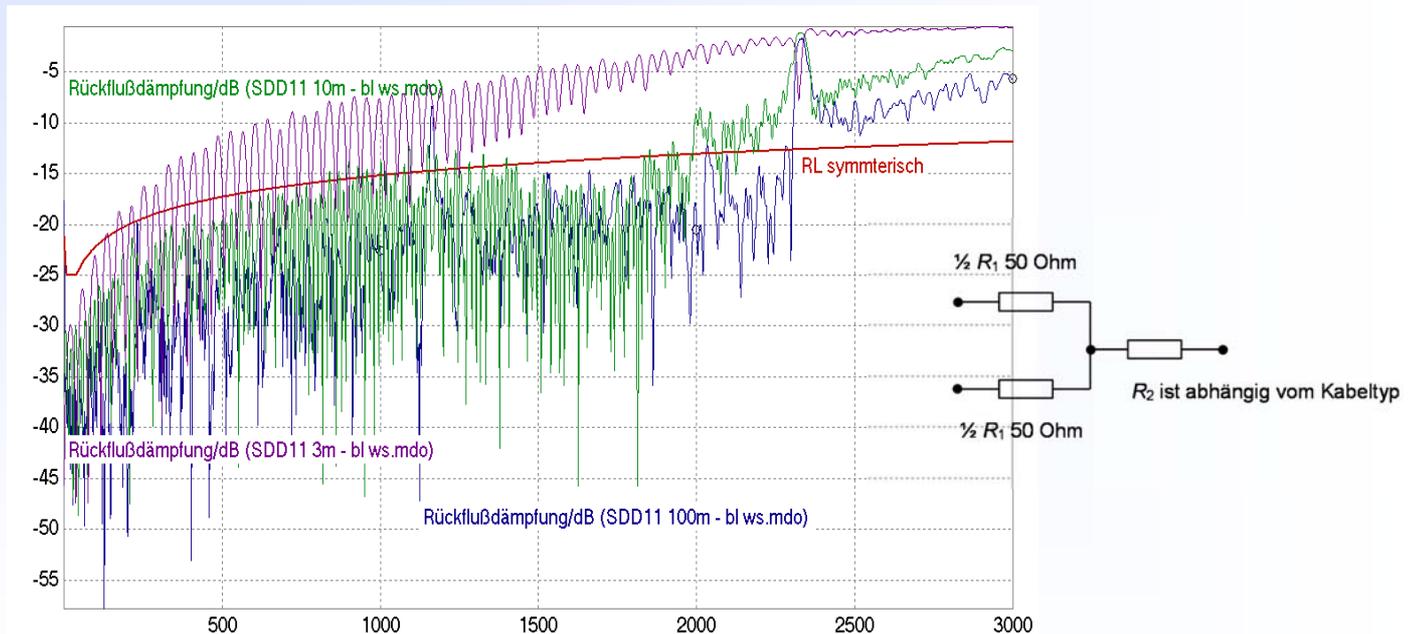
Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herborner Strasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedeaa.com, Messen der Kopplungsdämpfung bis 2 GHz mit virtuellem Balun - Co-Autoren: Ahmad Hamadeh, bedea, Dr. Christian Pfeiler, Draka-Comteq 23

Unsymmetrie bei verschiedenen Längen



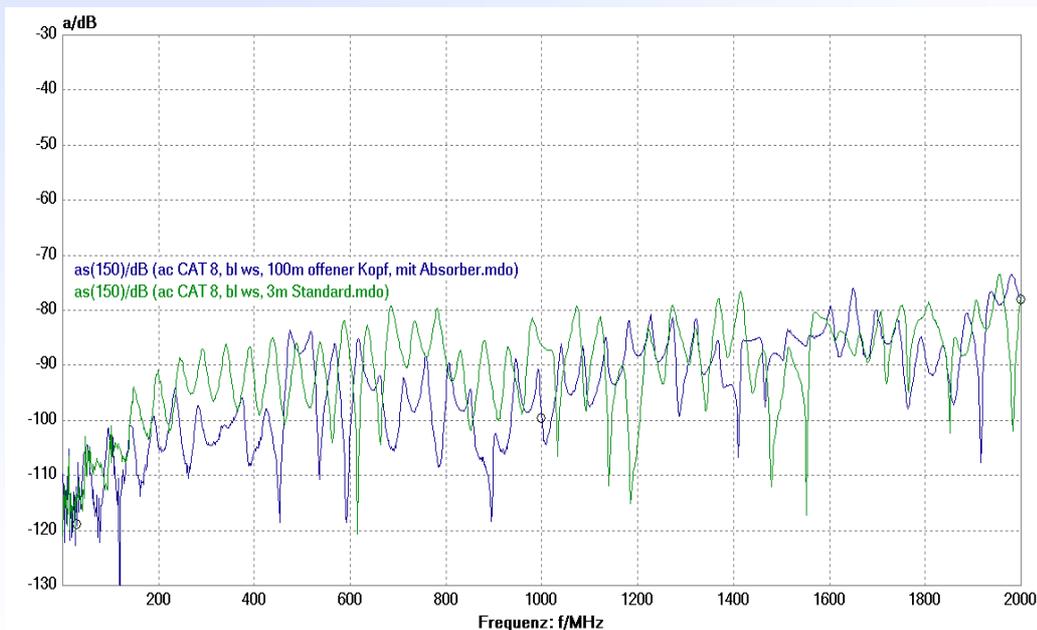
Nah-Unsymmetriedämpfung eines S/STP-Kabels bei unterschiedlichen Längen

Rückflussdämpfung bei verschiedenen Längen



Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herborner Strasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedea.com, Messen der Kopplungsdämpfung bis 2 GHz mit virtuellem Balun - Co-Autoren: Ahmad Hamadeh, bedea, Dr. Christian Pfeiler, Draka-Comteq 25

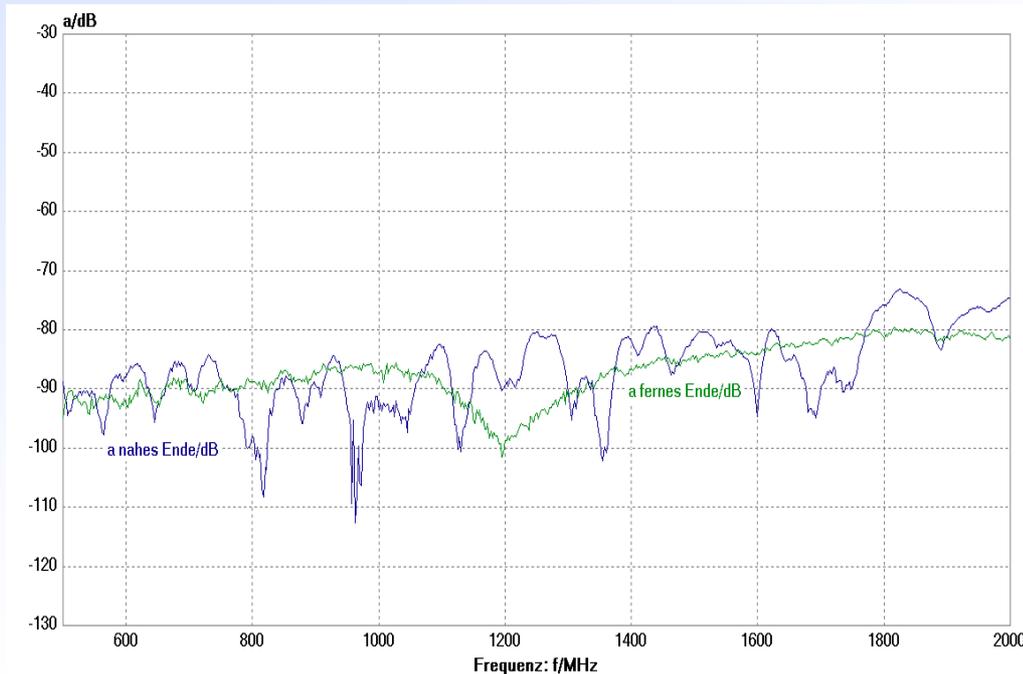
Kopplungsdämpfung mit Triaxialverfahren



offener Messkopf und Standardmesskopf an einem Cat8.2 Kabel

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herborner Strasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedea.com, Messen der Kopplungsdämpfung bis 2 GHz mit virtuellem Balun - Co-Autoren: Ahmad Hamadeh, bedea, Dr. Christian Pfeiler, Draka-Comteq 26

Kopplungsdämpfung mit Absorberzange MDS 22



Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herborner Strasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedeas.com, Messen der Kopplungsdämpfung bis 2 GHz mit virtuellem Balun - Co-Autoren: Ahmad Hamadeh, bedea, Dr. Christian Pfeiler, Draka-Comteq 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 "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, (elektrisch lang).
- Allerdings ist der Einfluss der **Rückflussdämpfung** zu beachten, sie sollte besser als 10 dB sein.
- Die vorgestellten Messungen zeigen, dass unter Berücksichtigung der beschriebenen Randbedingungen vergleichbare Ergebnisse vom Triaxialverfahren mit offenem Messkopf und dem Standardmesskopf sowie auch vom Zangenverfahren erwartet werden können.
- Weitere Info: www.bedeas.com, Messtechnik, 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	2013-10	published
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	46/494/CD
62153-4-15	Test method for measuring transfer impedance and screening attenuation - or coupling attenuation with Triaxial Cell	2014-06	46/510/CDV
62153-4-16	Relationship between surface transfer impedance and screening attenuation, Conversion a_s and Z_T	2014-06	46/511/DTR

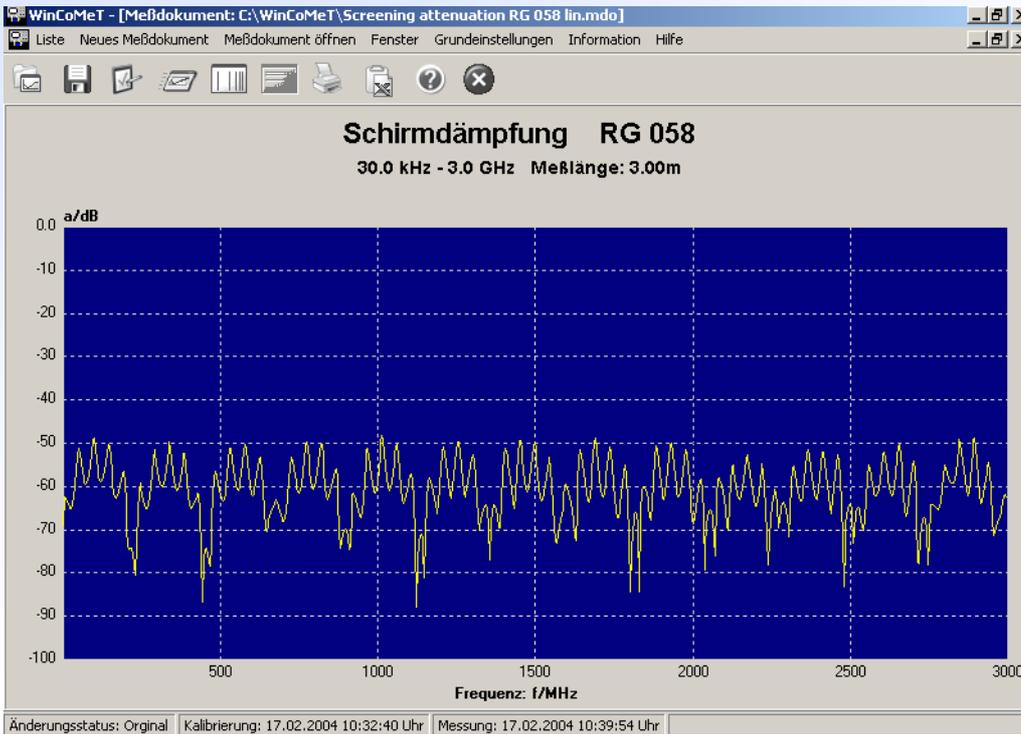
Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herborner Strasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bede.com, Messen der Kopplungsdämpfung bis 2 GHz mit virtuellem Balun - Co-Autoren: Ahmad Hamadeh, bedea, Dr. Christian Pfeiler, Draka-Comteq 29

Literatur

- [1] 46C/1001/CD - IEC 61156-9 Ed. 1.0: Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications - Part 9: Cables for horizontal floor wiring with transmission characteristics up to 2 GHz - Sectional specification
- [2] 46C/1002/CD - IEC 61156-10 Ed. 1.0: Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications - Part 10: Cables for work area wiring with transmission characteristics up to 2 GHz - Sectional specification
- [3] ISO/IEC TR 11801-99-1 Ed. 1.0: INFORMATION TECHNOLOGY - Guidance for balanced cabling in support of at least 40 Gbit/s data transmission
- [4] IEC 62153-4-9, Metallic communication cable test methods - Part 4-9: Electromagnetic compatibility (EMC) - Coupling attenuation of screened balanced cables, triaxial method
- [5] IEC 62153-4-5, Metallic communication cables test methods - Part 4-5: Electromagnetic compatibility (EMC) - Coupling or screening attenuation - Absorbing clamp method"
- [6] IEC 62153-4-4, Metallic communication cable test methods - Part 4-3: Electromagnetic compatibility (EMC) - Surface transfer impedance - Triaxial method
- [7] Thomas Hähner, Bernhard Mund – EMV-Verhalten symmetrischer Kabel – EMC Journal 4/1997
- [8] 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; pp. 127-133
- [9] Christian Pfeiler u.a., Analysis of Balance Parameters of Cables for High Data Rate Digital Communications, Proceedings of the 62nd IWCS Conference, Charlotte, US, Nov. 2013
- [10] Thomas Hähner & Bernhard Mund, Balunless Measurement of Coupling Attenuation of Balanced Cables & Components, Wire and Cable Technology International, July 2013
- [11] Thomas Hähner, Messung der Übertragungseigenschaften symmetrischer Kabel bis in den GHz Frequenzbereich, Technische Akademie Esslingen [TAE], 15. Oktober 2013
- [12] Thomas Hähner, Bernhard Mund – Test methods for screening and balance of communications cables; Proceedings of EMC Zurich, 1999, pp. 533-538
- [13] Lauri Halme, Bernhard Mund: Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel, Anwenderforum Elektrische Kabel, Technische Akademie Esslingen [TAE], 15. Oktober 2013

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herborner Strasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bede.com, Messen der Kopplungsdämpfung bis 2 GHz mit virtuellem Balun - Co-Autoren: Ahmad Hamadeh, bedea, Dr. Christian Pfeiler, Draka-Comteq 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**

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herborner Strasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedea.com, Messen der Kopplungsdämpfung bis 2 GHz mit virtuellem Balun - Co-Autoren: Ahmad Hamadeh, bedea, Dr. Christian Pfeiler, Draka-Comteq 31

Danke fürs Zuhören

???



www.bedea.com
bmund@bedea.com