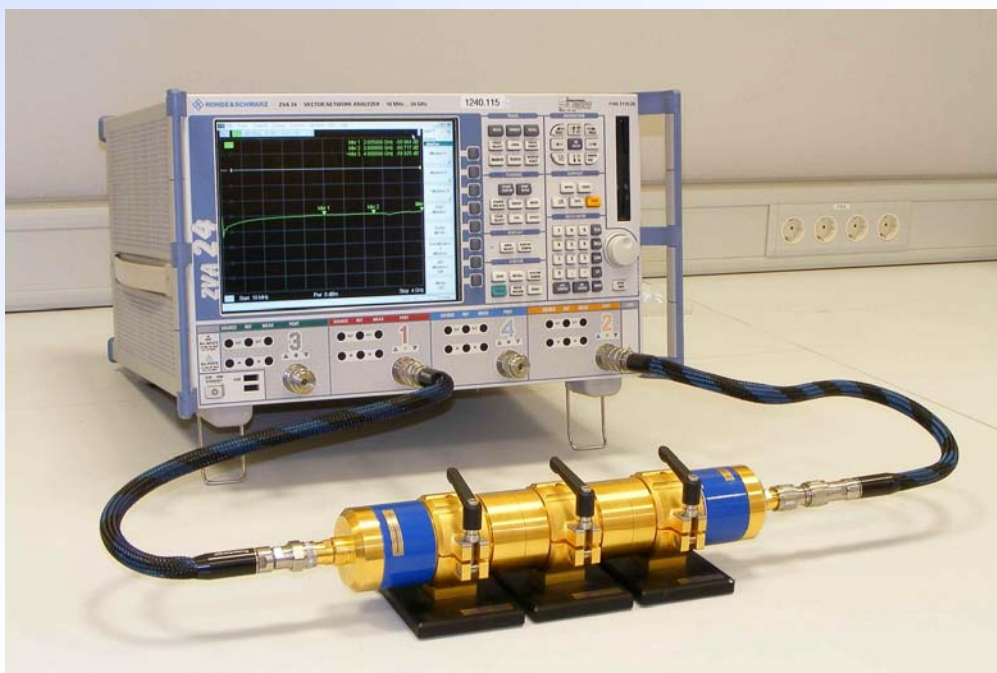


Schirmwirkung von Steckverbindern und Durchführungen



3. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2009

Bernhard Mund, *bedea*, bmund@bedea.com, Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, Thomas.schmid@rosenberger.de 1

Mess-System CoMeT



3. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2009

Bernhard Mund, *bedea*, bmund@bedea.com, Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, Thomas.schmid@rosenberger.de 2

Autoren

- **Bernhard Mund, *bedea* Berkenhoff & Drebes GmbH, Asslar**
 - ◆ *Rundfunk&Fernsehtechniker, Radio Brand Marburg, 1971*
 - ◆ *Dipl.-Ing. Nachrichten- & Mikroprozessortechnik, FH Giessen, 1984*
 - ◆ Leiter Entwicklung HF- & EMV-Messungen,
 - ◆ Obmann des UK 412.3, Koaxialkabel,
 - ◆ Sekretär des IEC SC 46A und des CENELEC SC 46XA, Coaxial cables
- **Thomas Schmid, *Rosenberger* HF-Technik, Tittmoning**
 - ◆ *Fernmeldehandwerker, Deutsche Bundespost; Traunstein 1988*
 - ◆ *Dipl.-Ing. (FH) Nachrichtentechnik, Fachhochschule München 1995*
 - ◆ Entwicklung von HF-Steckern und Komponenten, HF-& EMV-Messtechn.
 - ◆ Mitarbeiter UK 412.3, Koaxialkabel,
 - ◆ Mitarbeiter IEC TC 46 WG 5 Screening eff. & WG 6 Intermodulation

3. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2009

Bernhard Mund, *bedea*, bmund@bedea.com, Thomas Schmid, *Rosenberger* Hochfrequenztechnik, Thomas.schmid@rosenberger.de 3

Übersicht

- **Physikalische Grundlagen der Schirmung**
 - ◆ Definitionen, elektrische Länge
 - ◆ Kopplungsübertragungsfunktion
- **Messen der Schirmwirkung von Kabeln und Steckern**
 - ◆ Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung
 - ◆ Kopplungsdämpfung
- **Messen von Durchführungen und HF-Dichtungen**
 - ◆ Messverfahren und Ersatzschaltbild
 - ◆ Vorbereiten der Prüflinge
 - ◆ Messergebnisse
- **Diskussion**

3. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2009

Bernhard Mund, *bedea*, bmund@bedea.com, Thomas Schmid, *Rosenberger* Hochfrequenztechnik, Thomas.schmid@rosenberger.de 4

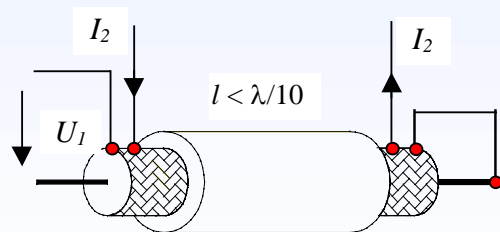
Definitionen, elektrische Länge

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:

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

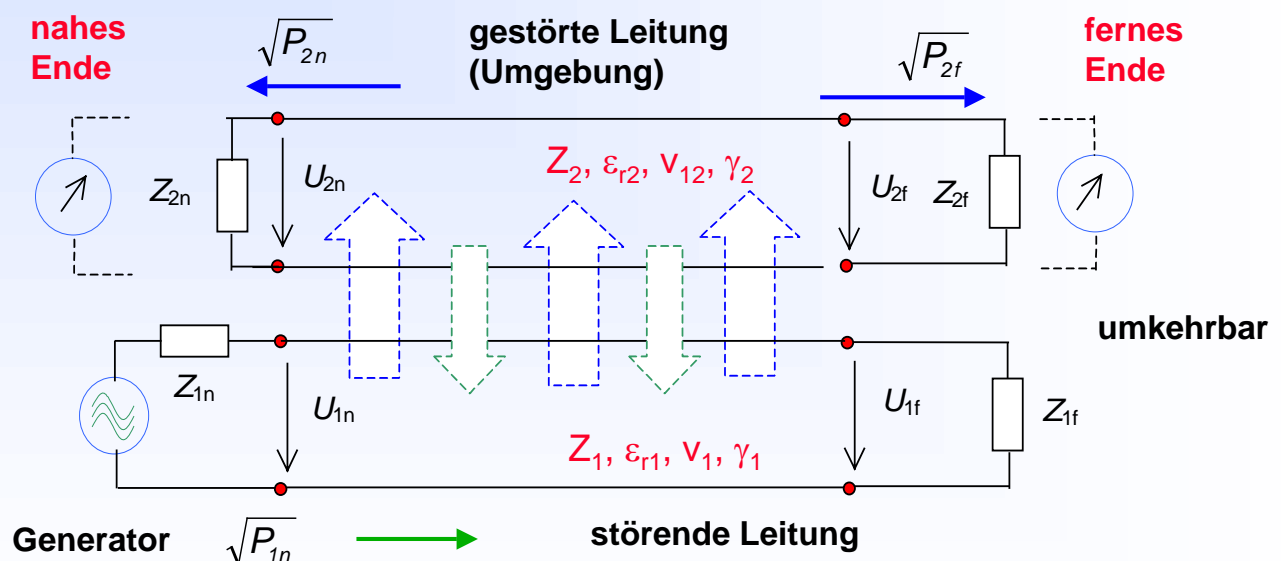
(EN 50289-1-6)

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

3. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2009

Bernhard Mund, bedea, bmund@bedea.com, Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, Thomas.schmid@rosenberger.de 5

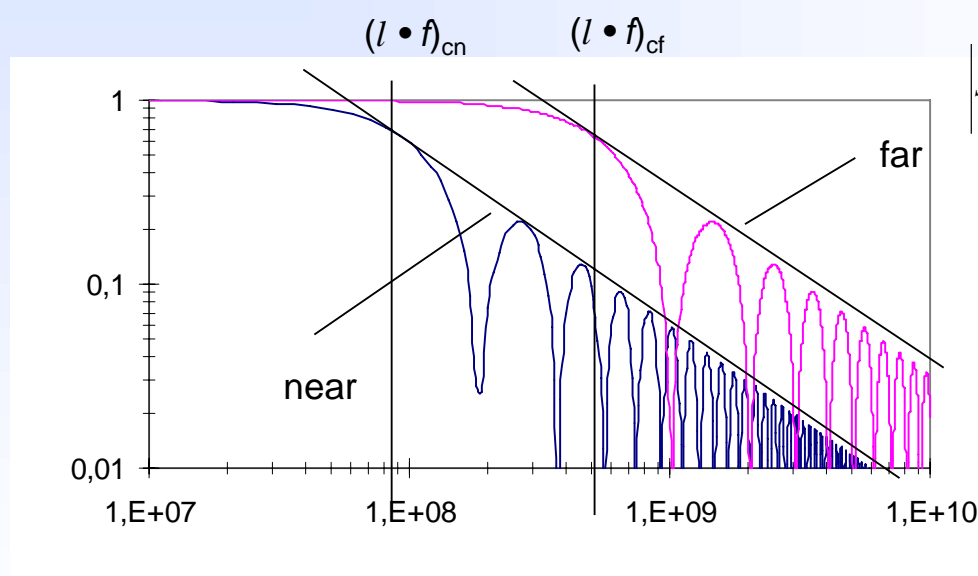
Kopplung zwischen zwei Leitungen



3. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2009

Bernhard Mund, bedea, bmund@bedea.com, Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, Thomas.schmid@rosenberger.de 6

Summenfunktion S_{nf}



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

$\approx \sin x/x$

Tiefe Frequenzen

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

Hohe Frequenzen

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

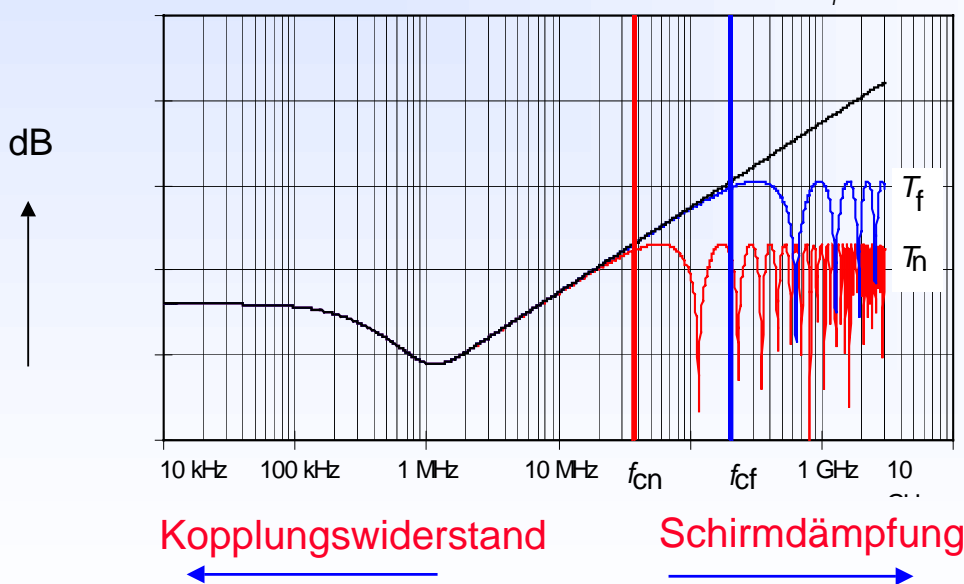
3. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2009

Bernhard Mund, bedea, bmund@bedea.com, Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, Thomas.schmid@rosenberger.de 7

gerechnete Kopplungsübertragungsfunktion T_{nf}

Frequenzverlauf von a_s und Z_T

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



n = nahes Ende

f = fernes Ende

$L = 1 \text{ m}$

$\epsilon_{r1} = 2,3$

$\epsilon_{r2} = 1,0$

$Z_F = 0$

→
Frequenz

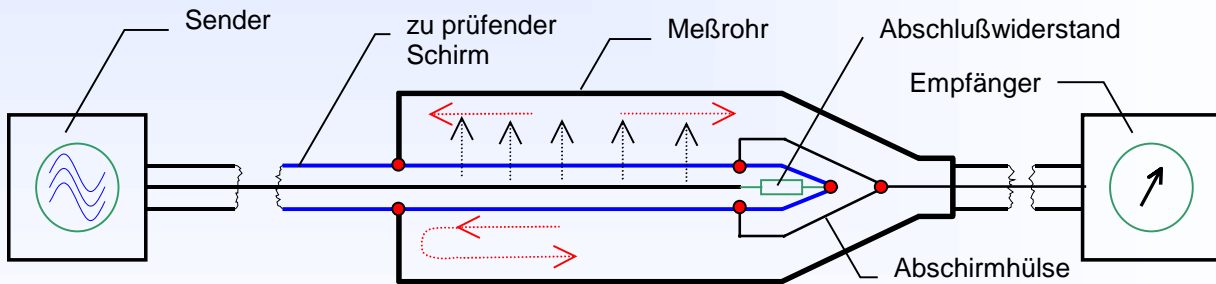
3. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2009

Bernhard Mund, bedea, bmund@bedea.com, Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, Thomas.schmid@rosenberger.de 8

Messen mit dem Triaxialverfahren, Prinzip

Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung

Einige kHz bis über 8 GHz mit einem Messaufbau

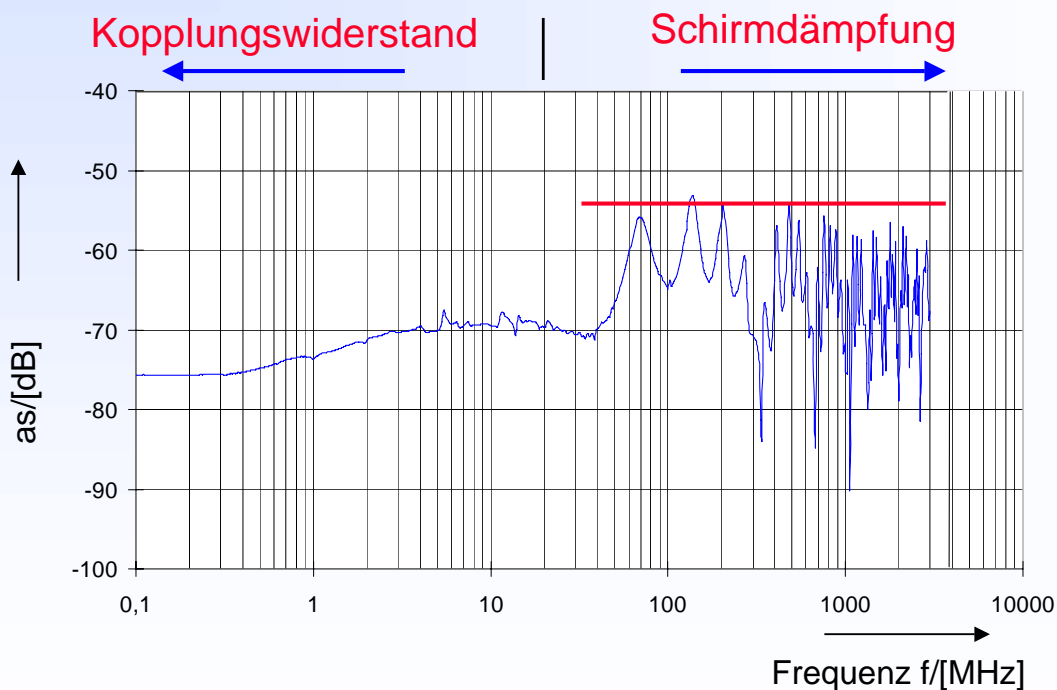


IEC 62153-4-3/-4-4 Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung,
EN 50289-1-6, Kommunikationskabel, Elektromagnetisches Verhalten

3. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2009

Bernhard Mund, bedea, bmund@bedea.com, Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, Thomas.schmid@rosenberger.de 9

gemessene Übertragungsfunktion RG 058

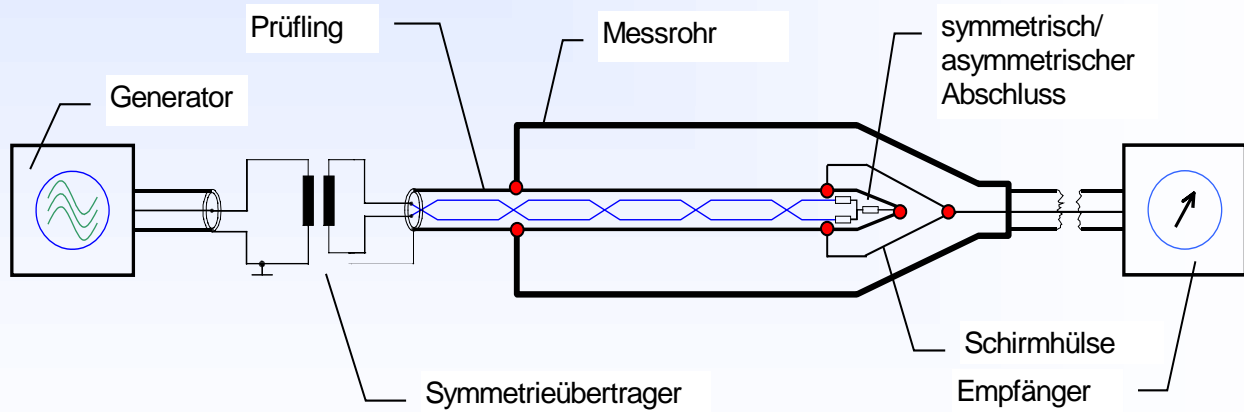


3. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2009

Bernhard Mund, bedea, bmund@bedea.com, Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, Thomas.schmid@rosenberger.de 10

Messen der Kopplungsdämpfung

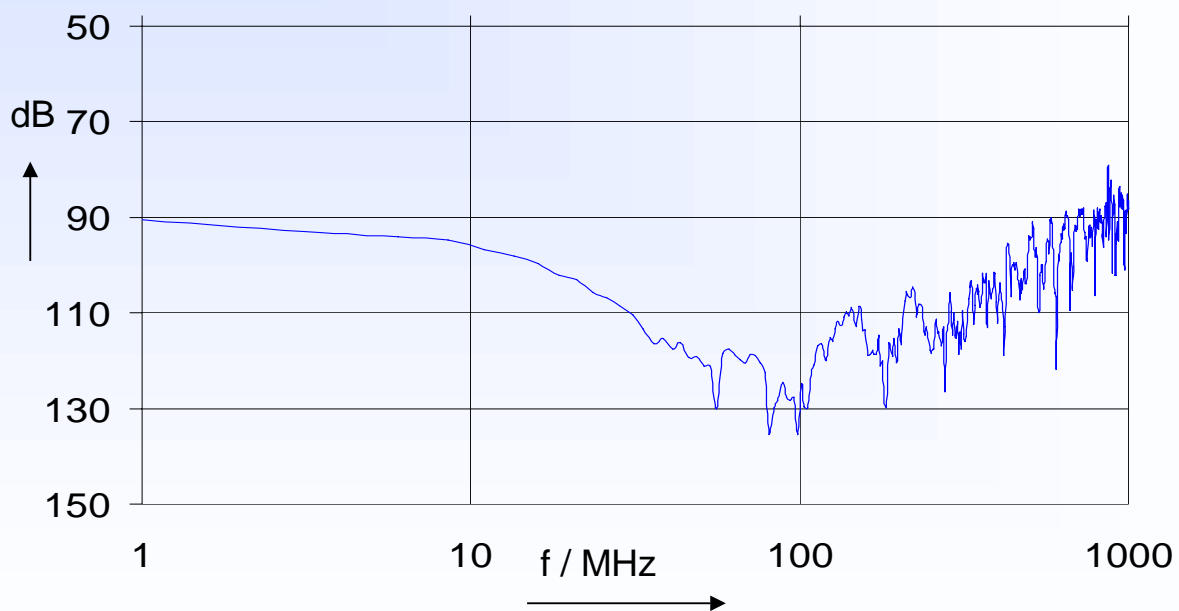
Die Kopplungsdämpfung ist die Summe aus Unsymmetriedämpfung des Paares und der Schirmdämpfung des Schirmes



3. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2009

Bernhard Mund, bedea, bmund@bedea.com, Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, Thomas.schmid@rosenberger.de 11

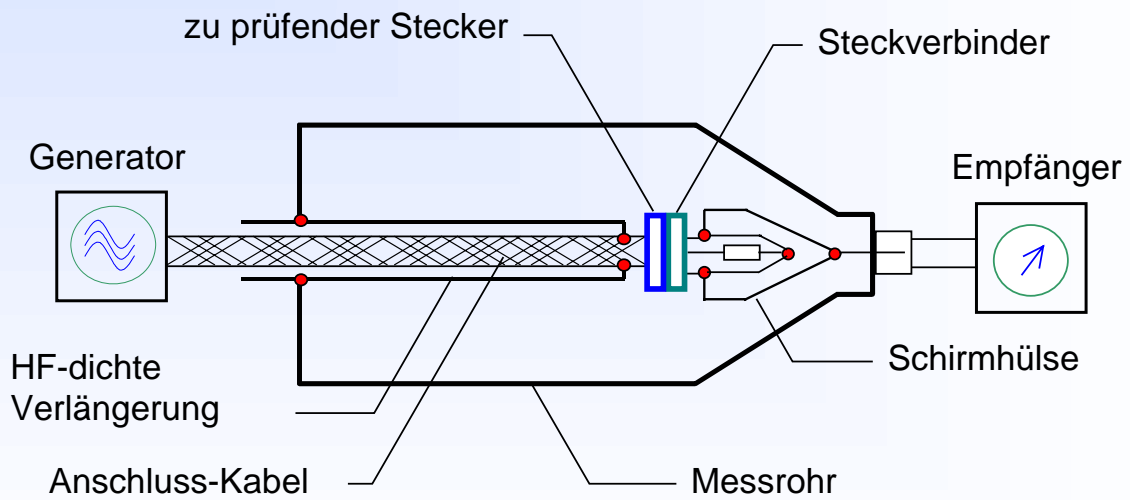
Kopplungsdämpfung eines CAT 6 Kabels, S/FTP, log scale, Triaxial set up



3. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2009

Bernhard Mund, bedea, bmund@bedea.com, Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, Thomas.schmid@rosenberger.de 12

Triaxialer Aufbau für Stecker mit "Rohr im Rohr"

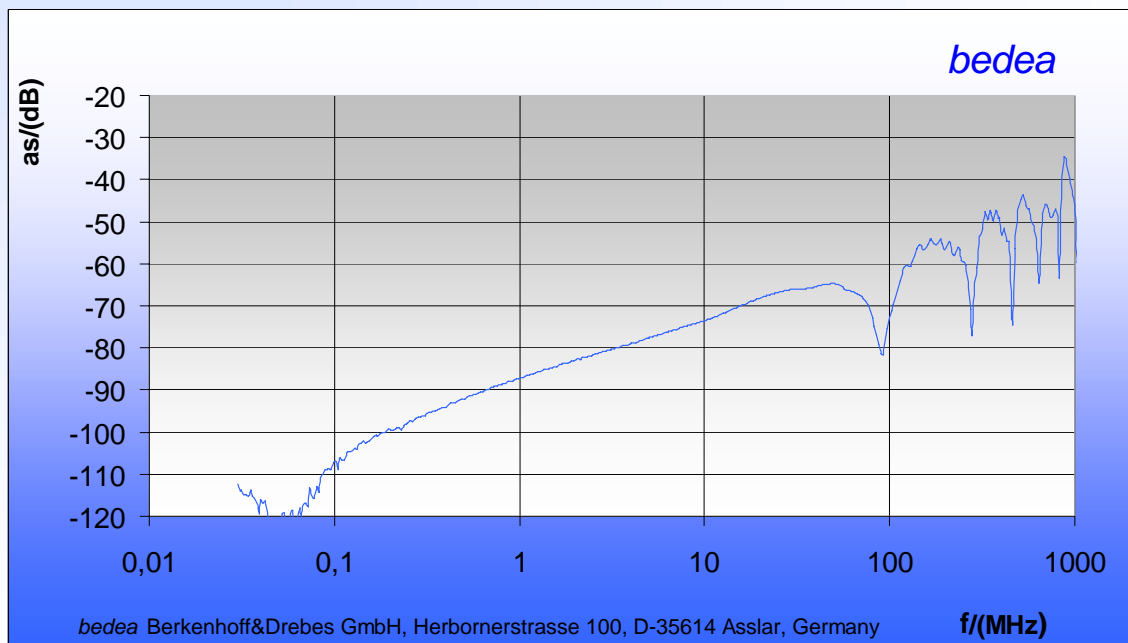


„Rohr im Rohr“-Verfahren zur Messung der Schirmwirkung von Steckern

3. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2009

Bernhard Mund, bedea, bmund@bedea.com, Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, Thomas.schmid@rosenberger.de 13

Kopplungsdämpfung, Nexans GG 45

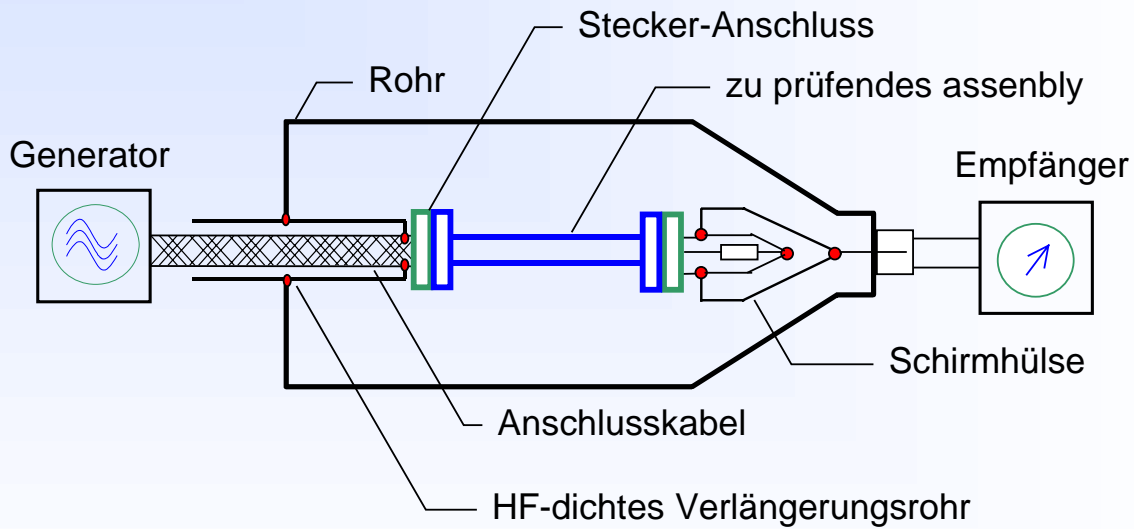


bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, D-35614 Asslar, Germany

3. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2009

Bernhard Mund, bedea, bmund@bedea.com, Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, Thomas.schmid@rosenberger.de 14

Messen von konfektionierten Kabeln

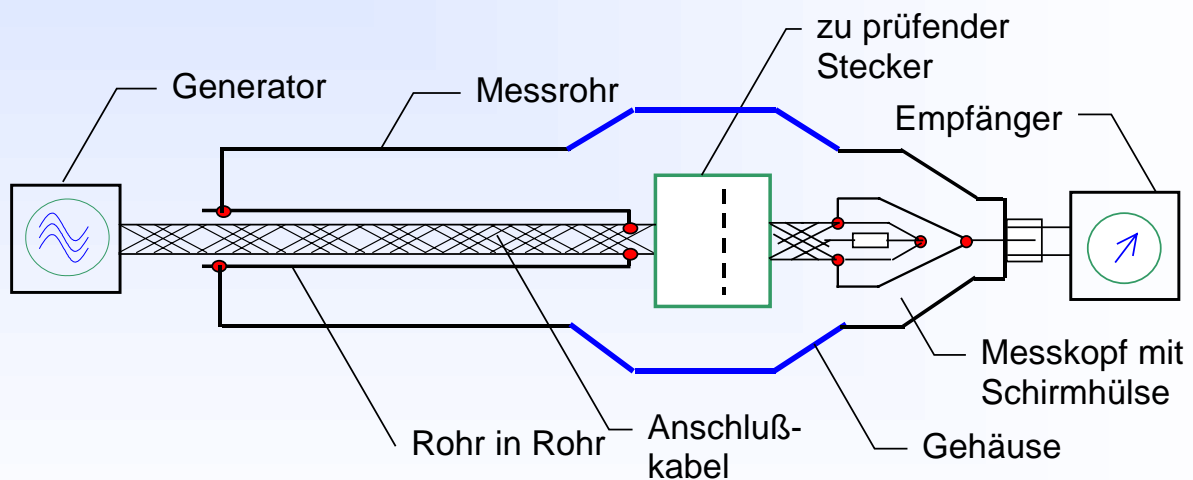


IEC 62153-4-7, "Rohr im Rohr" -Verfahren (Stecker & konfektionierte Kabel)

3. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2009

Bernhard Mund, *bedea*, bmund@bedea.com, Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, Thomas.schmid@rosenberger.de 15

Prüfeinrichtung für größere Stecker und Anschlussstechnik



Das Verfahren ist in Beratung bei IEC TC46/WG 5

3. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2009

Bernhard Mund, *bedea*, bmund@bedea.com, Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, Thomas.schmid@rosenberger.de 16

Mess-System CoMeT mit Gehäuse

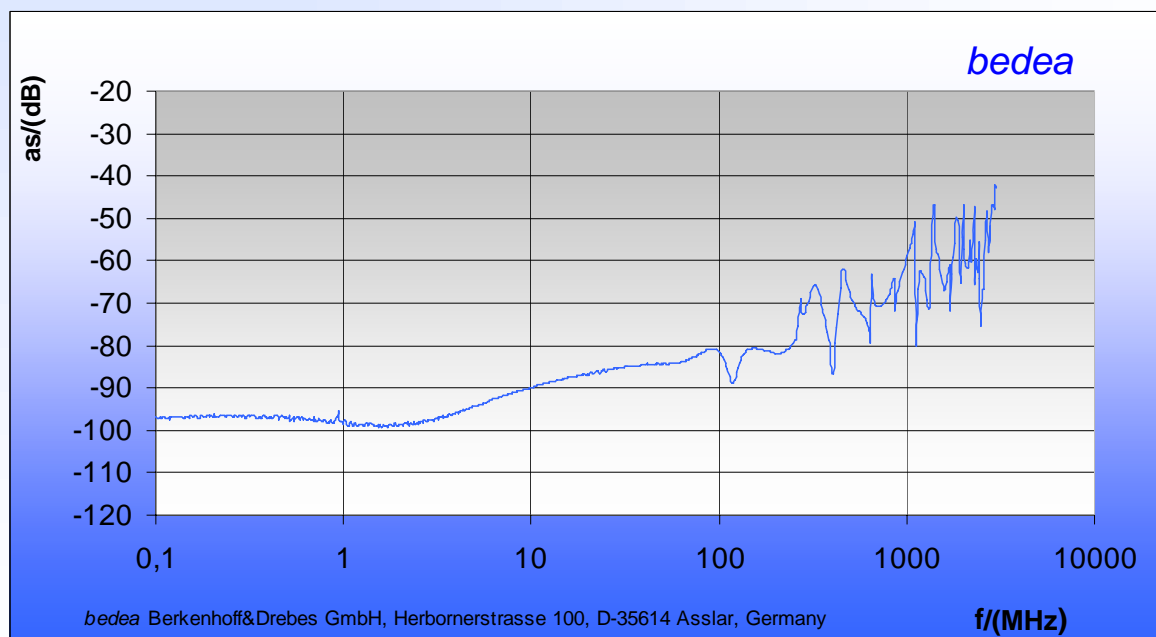


CATV -Anschlußdose mit Rohr im Rohr

3. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2009

Bernhard Mund, *bedea*, bmund@bedea.com, Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, Thomas.schmid@rosenberger.de 17

CATV Wanddose mit Gehäuse



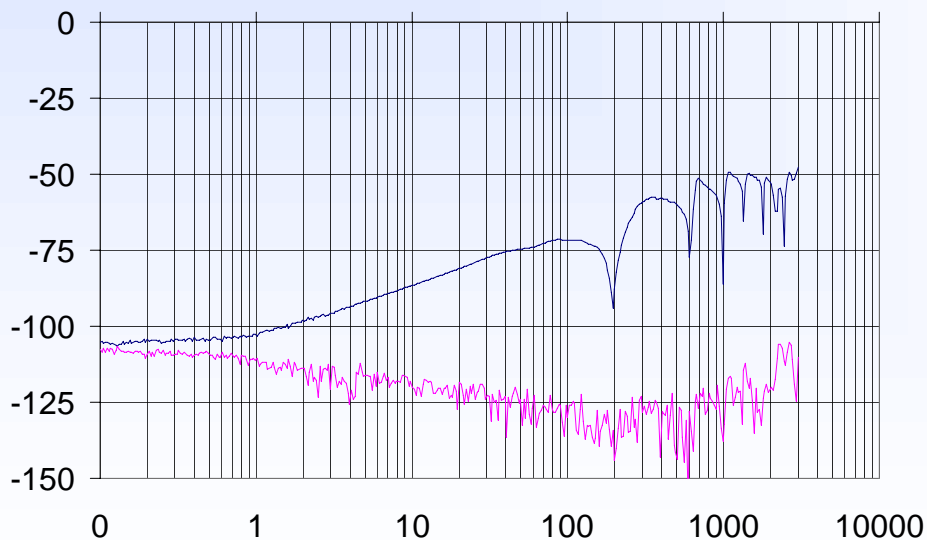
3. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2009

Bernhard Mund, *bedea*, bmund@bedea.com, Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, Thomas.schmid@rosenberger.de 18

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

Telass 110 mit F-Stecker

Gleiches Kabel mit Loch, 3 mm



3. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2009

Bernhard Mund, *bedea*, bmund@bedea.com, Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, Thomas.schmid@rosenberger.de 19

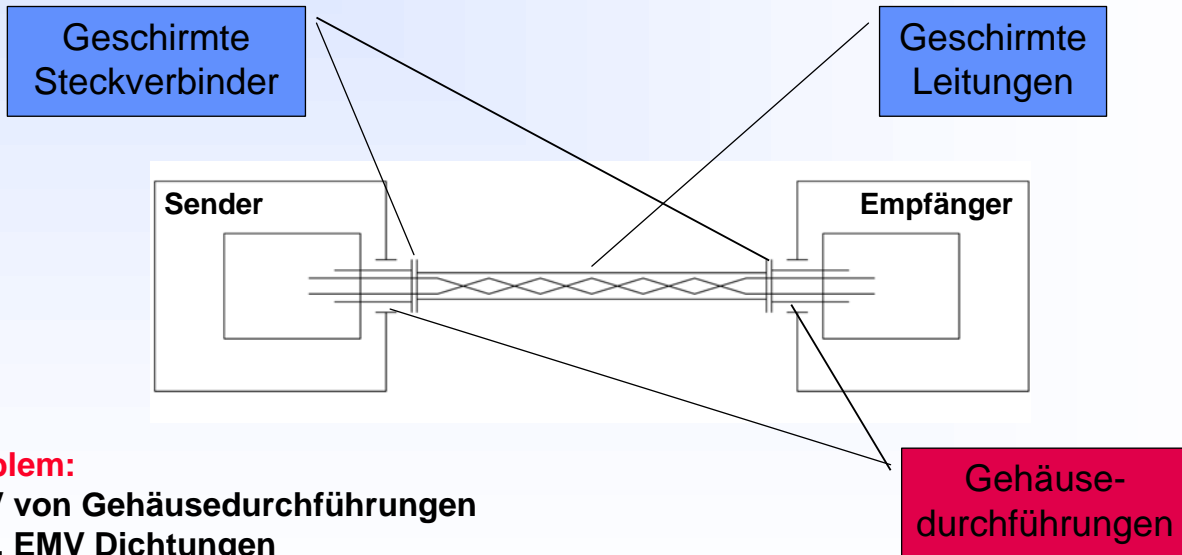
CoMeT

Coupling Measuring Tube



bmund@bedea.com
www.bedea.com

Datenübertragungssystem



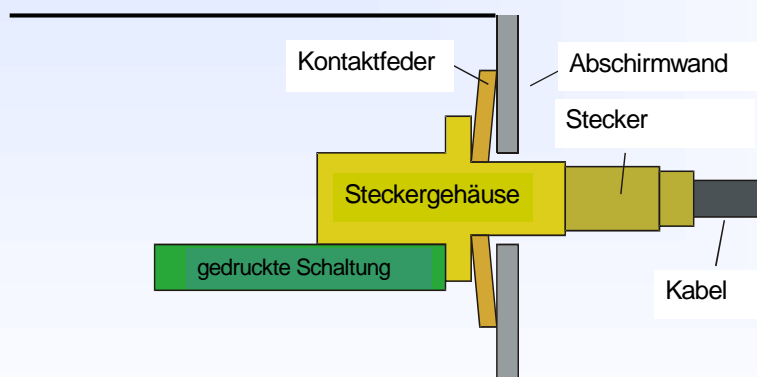
Problem:
EMV von Gehäusedurchführungen
bzw. EMV Dichtungen

3. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2009

Bernhard Mund, *bedea*, bmund@bedea.com, Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, Thomas.schmid@rosenberger.de 21

Gehäusedurchführungen

Problem: EMV von Gehäusedurchführungen & EMV Dichtungen

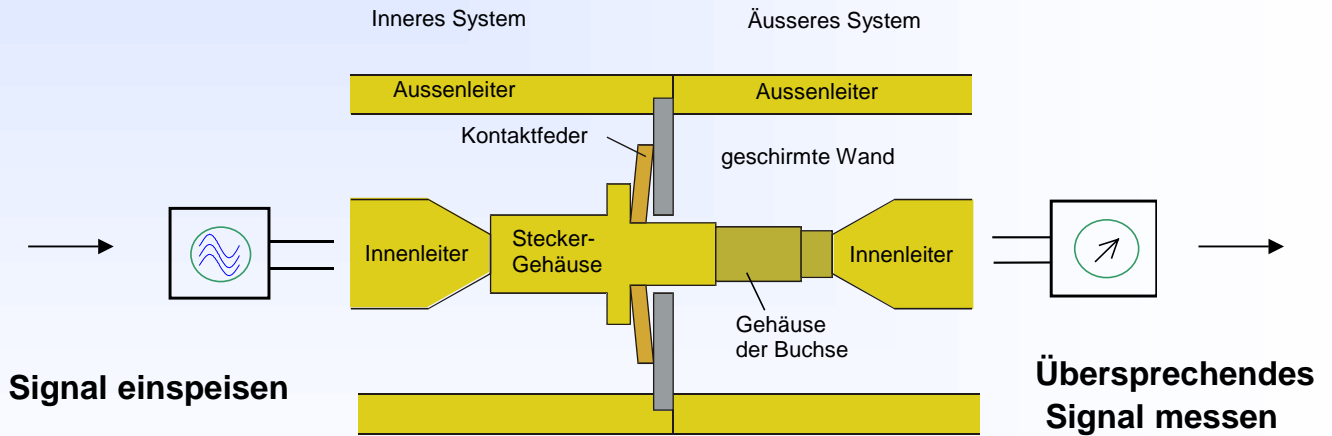


Wie gut ist die Schirmeffizienz?

3. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2009

Bernhard Mund, *bedea*, bmund@bedea.com, Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, Thomas.schmid@rosenberger.de 22

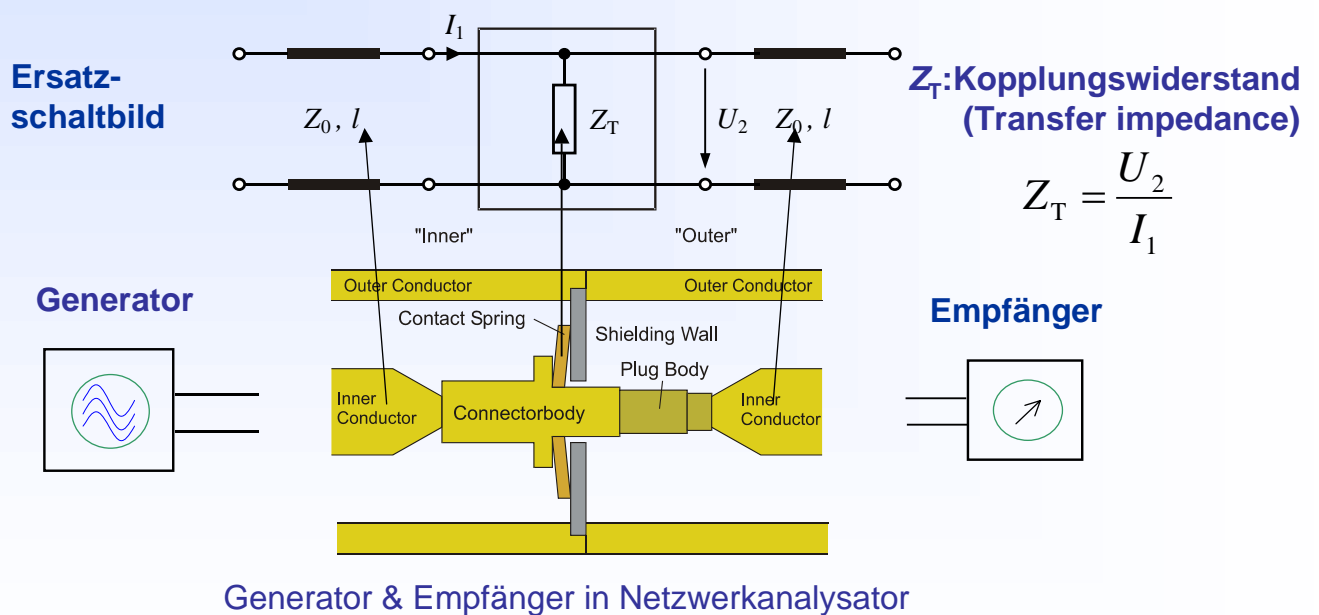
EMV von Durchführungen und HF-Dichtungen



3. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2009

Bernhard Mund, bedea, bmund@bedea.com, Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, Thomas.schmid@rosenberger.de 23

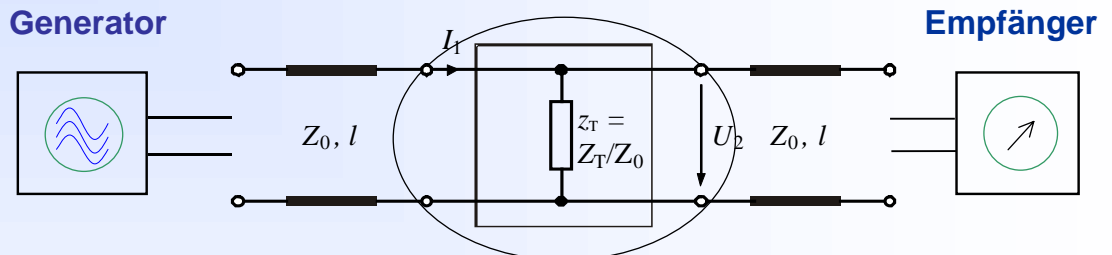
Ersatzschaltbild Durchführungsmessung



3. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2009

Bernhard Mund, bedea, bmund@bedea.com, Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, Thomas.schmid@rosenberger.de 24

Messung und Berechnung der Transfer Impedanz



S-Parameter

$$S = \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & 2z_T \\ \frac{1+2z_T}{2z_T} & -1 \\ \frac{2z_T}{1+2z_T} & 1+2z_T \end{pmatrix}$$

Messung von S21 ergibt Transfer Impedanz Z_T

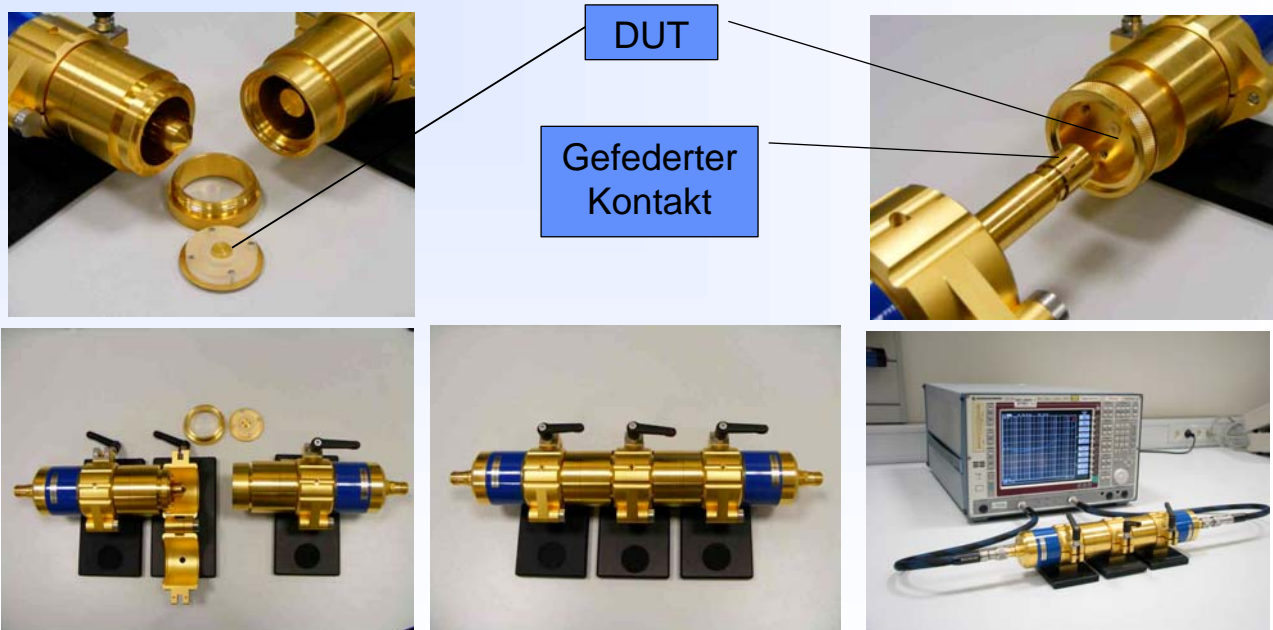
$$Z_T = \frac{U_2}{I_1} = z_T Z_0 = \frac{S_{21} Z_0}{2(1 - S_{21})}$$

$$\approx \frac{S_{21}}{2} Z_0 \quad \text{for} \quad |S_{21}| \ll 1$$

3. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2009

Bernhard Mund, bedea, bmund@bedea.com, Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, Thomas.schmid@rosenberger.de 25

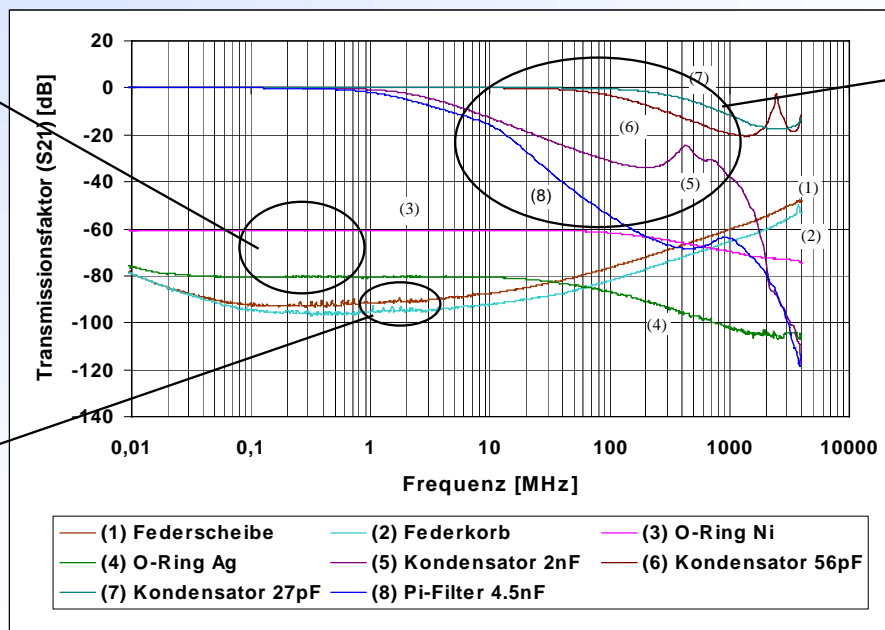
Testfassung



3. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2009

Bernhard Mund, bedea, bmund@bedea.com, Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, Thomas.schmid@rosenberger.de 26

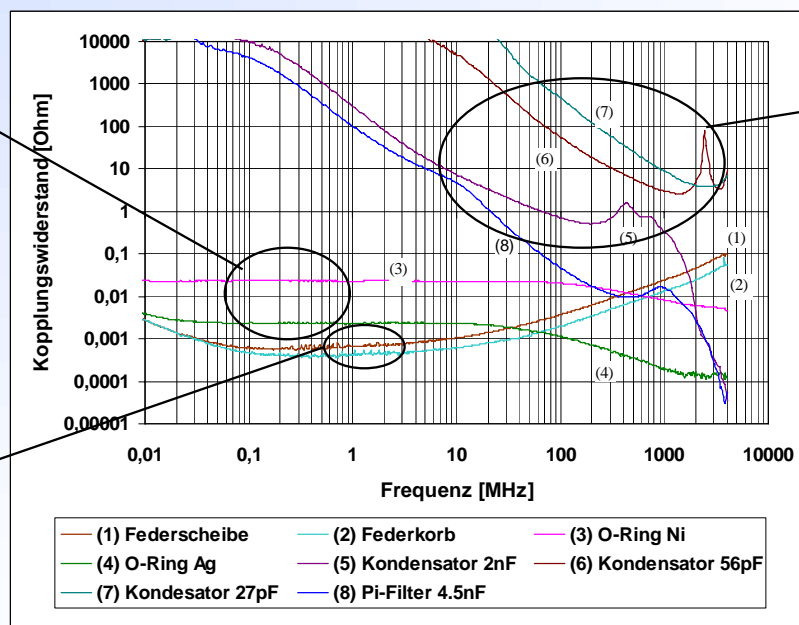
Messergebnisse Transmissionsfaktor



3. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2009

Bernhard Mund, bedea, bmund@bedea.com, Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, Thomas.schmid@rosenberger.de 27

Messergebnisse: Kopplungswiderstände



$$Z_T = \frac{S_{21} Z_0}{2(1 - S_{21})}$$

$$\approx \frac{S_{21}}{2} Z_0$$

$$\text{für } |S_{21}| \ll 1$$

3. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2009

Bernhard Mund, bedea, bmund@bedea.com, Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, Thomas.schmid@rosenberger.de 28

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 symmetrischen Kabeln und Steckern ist das Mass der Schirmwirkung die **Kopplungsdämpfung** als Summe aus Unsymmetriedämpfung des Paares und der Schirmdämpfung des Schirms.
- Im Meßsystem **CoMeT** kann sowohl der Kopplungswiderstand als auch die Schirmdämpfung von Kabeln und Steckern mit einem Meßaufbau im Frequenzbereich von 100 kHz bis über 3 GHz gemessen werden.
- Zusätzlich kann die Kopplungsdämpfung symmetrischer Kabel und Stecker gemessen werden.

3. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2009

Bernhard Mund, *bedea*, bmund@bedea.com, Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, Thomas.schmid@rosenberger.de 29

Zusammenfassung 2

- Mit dem doppelt koaxialen Meßsystem kann die Schirmwirkung von Gehäusedurchführungen gemessen werden.
- Die Schirmwirkung verschiedenster HF-Dichtmaßnahmen kann hiermit auf einfache Art und Weise verglichen werden.
- Das Triaxialverfahren ist in der Reihe IEC 62153 und in EN 50289-1-6, das Doppelkoaxial- Verfahren ist in IEC 62153-4-10 genormt.
- Weitere Informationen: www.bede.com, Messtechnik
- Ansprechpartner für weitere Fragen:
 - bmund@bedea.com, Thomas.schmid@rosenberger.de

3. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2009

Bernhard Mund, *bedea*, bmund@bedea.com, Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, Thomas.schmid@rosenberger.de 30

Internationale Normen

IEC TR 62153-4-1	Introduction to EMC measurements	2007-11
IEC 62153-4-3	Surface transfer impedance - Triaxial method	2006-03
IEC 62153-4-4	Shielded screening attenuation, test method for measuring of the screening attenuation "a _s " up to and above 3 GHz	2006-05
IEC 62153-4-7	Shielded screening attenuation, test method for measuring the Transfer impedance Z _T and the screening attenuation a _s of RF-Connectors up to and above 3 GHz; Tube in Tube method	2006-04
IEC 62153-4-9 IEC/PAS 62338 Ed1	Coupling attenuation, triaxial method	2008-03
IEC 62153-4-10	Shielded screening attenuation test method for measuring the Screening Effectiveness of Feedtroughs and Electromagnetic Gaskets	2009-05
EN 50289-1-6	Communication cables - Specifications for test methods Part 1-6: Electrical test methods -Electromagnetic performance (includes IEC 62153-4-3 and IEC 62153-4-3)	2002

3. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2009

Bernhard Mund, *bedea*, bmund@bedea.com, Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, Thomas.schmid@rosenberger.de 31

Literatur

- [1] Halme, L./Szentkuti, B.: The background for electromagnetic screening measurements of cylindrical screens. Tech. Rep. PTT(1988) Nr. 3.
- [2] L. Halme, R. Kytönen, "Background and introduction to EM screening (shielding) behaviours and measurements of coaxial and symmetrical cables, cable assemblies and connectors", Colloquium on screening effectiveness measurements, Savoy Place London, 6 May 1998, Reference No:1998/452.
- [3] O. Breitenbach, T. Hähner, B. Mund, "Screening of cables in the MHz to GHz frequency range extended application of a simple measuring method", Colloquium on screening effectiveness measurements, Savoy Place London, 6 May 1998, Reference No:1998/452.
- [4] T. Hähner, B. Mund, "Test methods for screening and balance of communication cables", 13th international Zurich EMC Symposium, February 16-18 1999
- [5] Bernhard Mund, IWCS (International wire and cable symposium) 2004-08-17, Measuring the EMC on RF-connectors and connecting hardware, Tube in tube test procedure
- [6] Thomas Schmid u.a: "Verification of Feed-through Configurations by Means of simple Test Apparatus on Component Level", Proceedings of the 20th Zurich Symposium on EMC, Zürich 2009.
- [7] IEC 62153-4-3 Transfer impedance, IEC 62153-4-4 Screening attenuation IEC 62153-4-7 Tube in tube IEC 62153-4-9, Coupling attenuation - Triaxial method, EN 50289-1-6 EMC on Communication cables,

3. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2009

Bernhard Mund, *bedea*, bmund@bedea.com, Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, Thomas.schmid@rosenberger.de 32