

## EMV von Steckverbindern und Verbindungskabeln

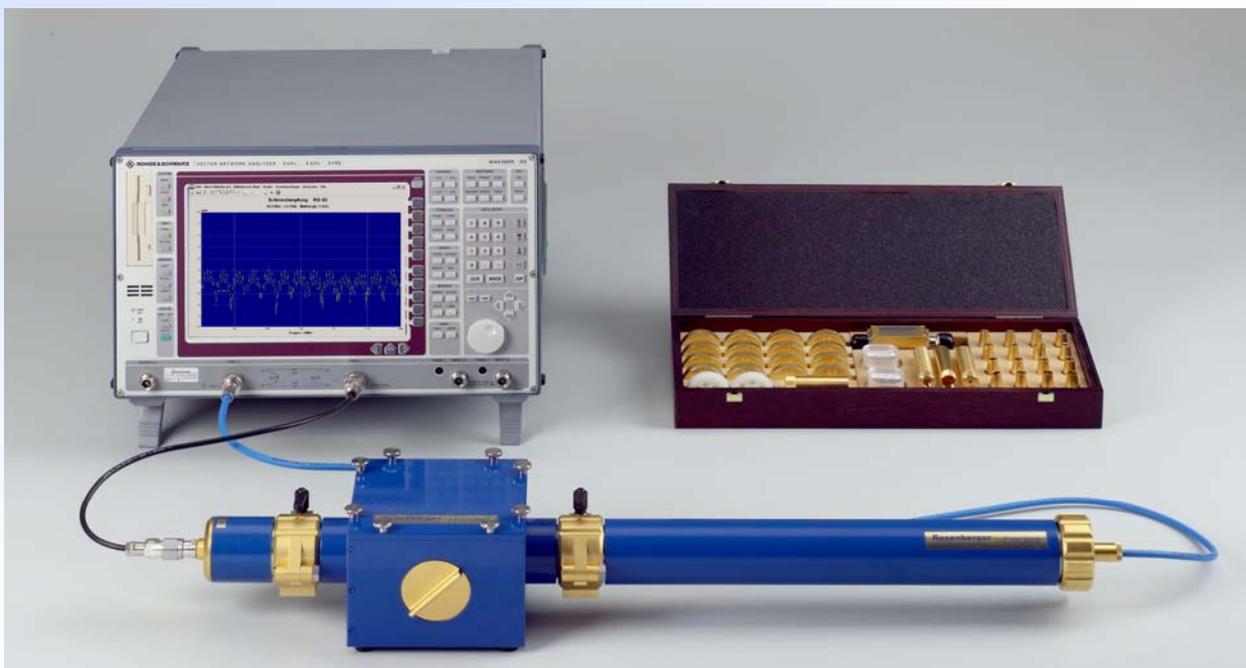


4. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2010

Bernhard Mund, [bedea](http://www.bedeade.com) Berkenhoff & Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, D-35614 Asslar, [bmund@bedeade.com](mailto:bmund@bedeade.com), [www.bedeade.com](http://www.bedeade.com)

1

## EMV von Steckverbindern und Verbindungskabeln



4. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2010

Bernhard Mund, [bedea](http://www.bedeade.com) Berkenhoff & Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, D-35614 Asslar, [bmund@bedeade.com](mailto:bmund@bedeade.com), [www.bedeade.com](http://www.bedeade.com)

2

## EMV von Steckverbindern und Verbindungskabeln

- Autor: **Bernhard Mund**,
  - ◆ *Rundfunk&Fernsehtechniker, Radio Brand Marburg, 1968 -1971*
  - ◆ *Dipl.-Ing. Nachrichten- & Mikroprozessortechnik, FH Giessen, 1984*
- **bedea** Berkenhoff&Drebes GmbH, Asslar, *Mitarbeiter seit 1985*
  - ◆ **bedea** Hersteller von Kommunikationskabeln, (**CATV-Kabel**)



### ■ Zuständigkeiten:

- ◆ Leiter Entwicklung sowie HF- & EMV-Messungen
- ◆ **Normung:**
- ◆ Obmann des VDE/DKE UK 412.3, Koaxialkabel,
- ◆ Sekretär des CENELEC SC 46XA, Coaxial cables
- ◆ Sekretär des IEC SC 46A, Coaxial cables

4. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2010

Bernhard Mund, **bedea** Berkenhoff & Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, D-35614 Asslar, bmund@bedea.com, www.bedea.com

3

## Übersicht

- **Physikalische Grundlagen der Schirmung**
  - ◆ Definitionen, elektrische Länge,
  - ◆ Kopplungsübertragungsfunktion
- **Messverfahren**
  - ◆ Zangenverfahren,
  - ◆ Speisedrahtverfahren
  - ◆ Triaxialverfahren
    - Kopplungswiderstand mit Anpassung
    - Kopplungswiderstand mit Kurzschluss
- **Umrechnung Kopplungswiderstand in Schirmdämpfung**
- **Besondere Probleme bei der Messung von Steckern**
- **Diskussion**

4. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2010

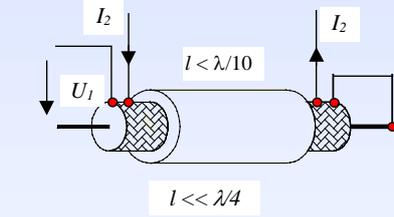
Bernhard Mund, **bedea** Berkenhoff & Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, D-35614 Asslar, bmund@bedea.com, www.bedea.com

4

## Definitionen, elektrische Länge

tiefe Frequenzen: **Kopplungswiderstand**

hohe Frequenzen: **Schirmdämpfung**

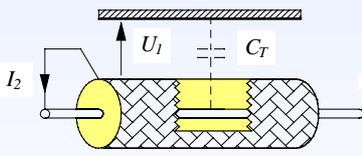


$$Z_T = \frac{U_1}{I_2}$$

[mΩ/m]

$$a_s = 10 \cdot \log(P_1 / P_2) = 20 \cdot \log(U_1 / U_2)$$

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



$$Y_T = \frac{I_2}{U_1 \cdot l}$$

[pF/m]

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

$$Z_{TE} = Z_F + Z_T$$

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

**elektrisch lang:**

**elektrisch kurz:**

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

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

(EN 50289-1-6)

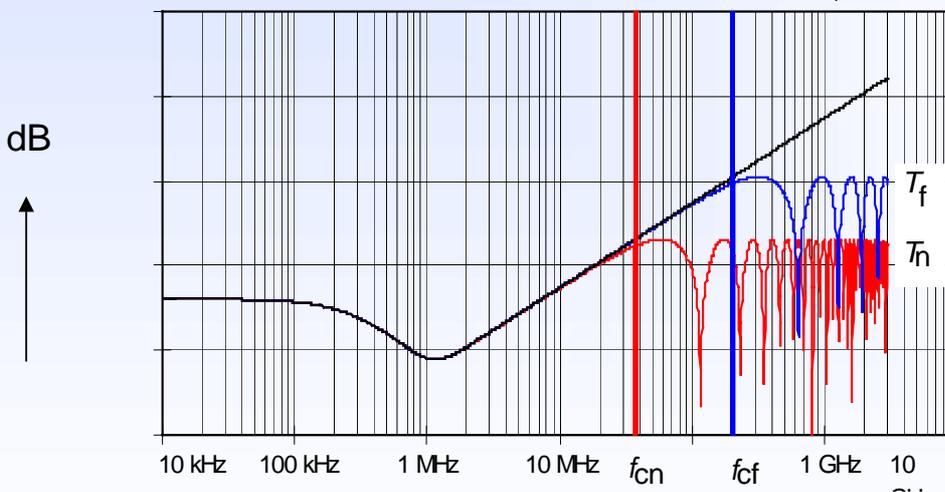
4. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2010

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff & Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, D-35614 Asslar, bmund@bedea.com, www.bedeaa.com

## gerechnete Kopplungsübertragungsfunktion $T_{nf}$

Frequenzverlauf von  $a_s$  und  $Z_T$

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



n = nahes Ende  
f = fernes Ende

L = 1 m

$\epsilon_{r1} = 2,3$

$\epsilon_{r2} = 1,0$

$Z_F = 0$

→  
Frequenz

**Kopplungswiderstand**

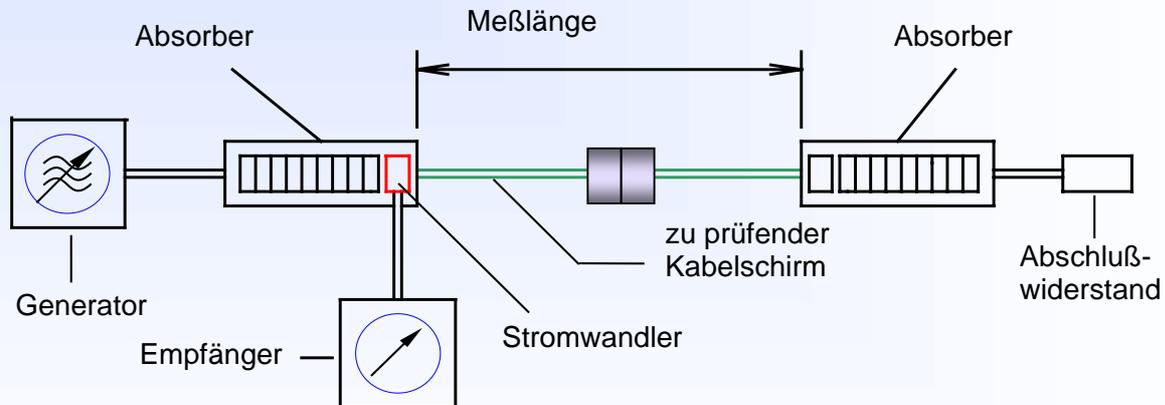
**Schirmdämpfung**

4. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2010

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff & Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, D-35614 Asslar, bmund@bedea.com, www.bedeaa.com

## 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

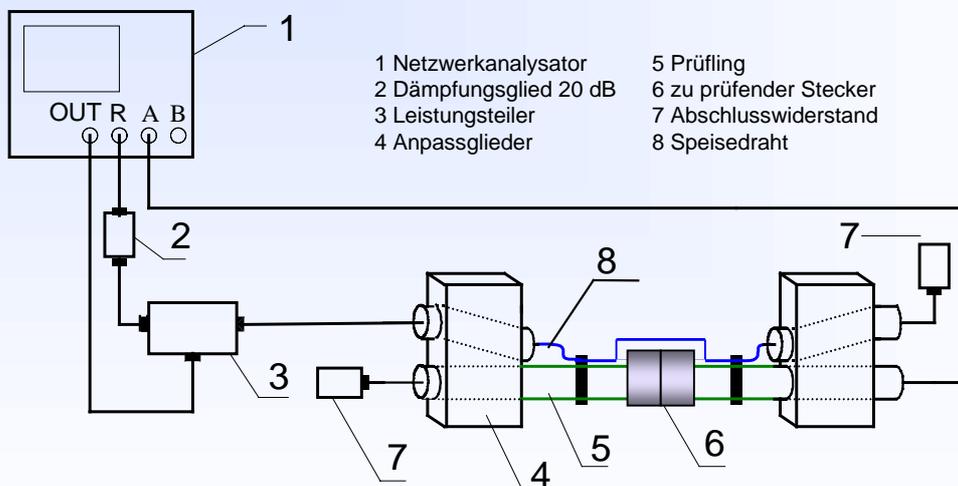
4. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2010

Bernhard Mund, [bedea](http://www.bedea.com) Berkenhoff & Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, D-35614 Asslar, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), [www.bedea.com](http://www.bedea.com)

7

## Speisedraht-Verfahren

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



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

4. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2010

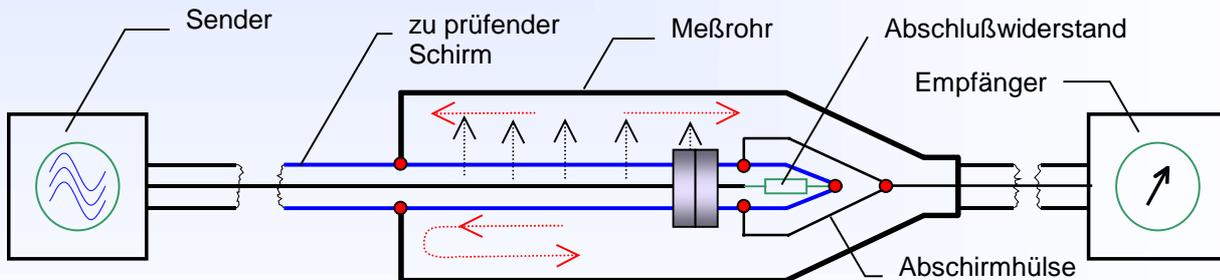
Bernhard Mund, [bedea](http://www.bedea.com) Berkenhoff & Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, D-35614 Asslar, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), [www.bedea.com](http://www.bedea.com)

8

## Messen mit dem Triaxial-Verfahren, Prinzip

### Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung

DC bis über 12 GHz mit einem Messaufbau



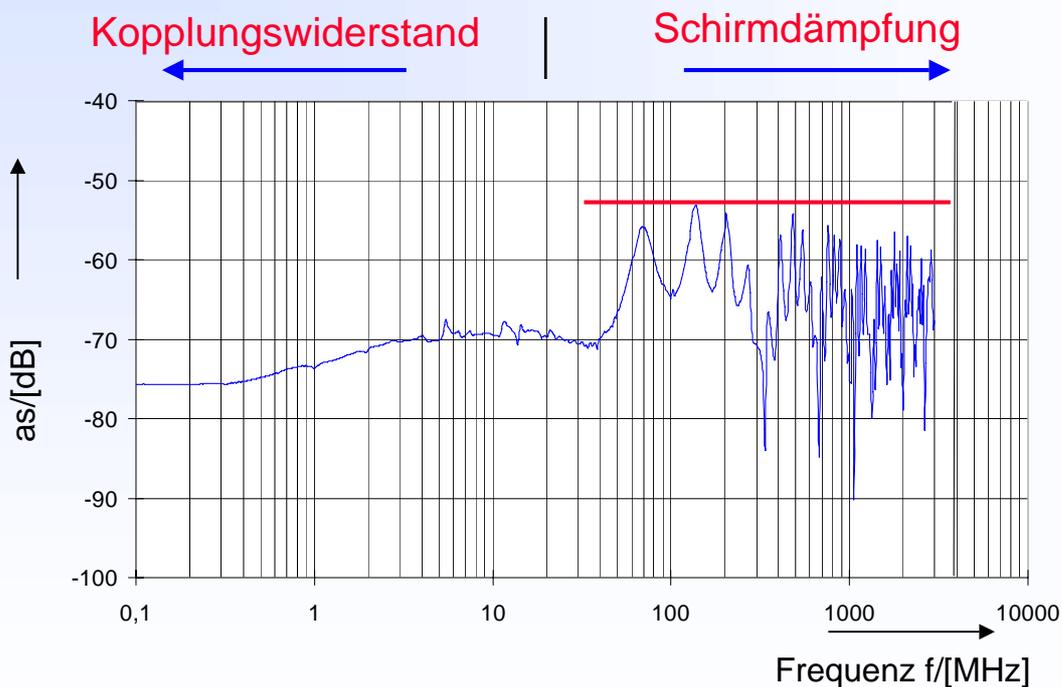
IEC 62153-4-3 Kopplungswiderstand, IEC 62153-4-3 Schirmdämpfung, EN 50289-1-6,

4. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2010

Bernhard Mund, [bedea](http://www.bedeas.com) Berkenhoff & Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, D-35614 Asslar, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), [www.bedeas.com](http://www.bedeas.com)

9

## gemessene Übertragungsfunktion RG 058



4. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2010

Bernhard Mund, [bedea](http://www.bedeas.com) Berkenhoff & Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, D-35614 Asslar, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), [www.bedeas.com](http://www.bedeas.com)

10

## Gegenüberstellung der Messverfahren

- Zangenverfahren
  - ◆ Schirmdämpfung 30 MHz bis 1 GHz
- Speisedraht-Verfahren
  - ◆ Kopplungswiderstand bis 1 GHz
- Triaxialverfahren
  - ◆ Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung
  - ◆ DC bis 12 GHz mit einem Messaufbau !

4. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2010

Bernhard Mund, [bedea](http://www.bedeas.com) Berkenhoff & Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, D-35614 Asslar, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), [www.bedeas.com](http://www.bedeas.com)

11

## Gegenüberstellung der Messverfahren

### Zangenverfahren



Schirmdämpfung 30 MHz bis 1 (2,5) GHz

### Speisedraht-Verfahren



Foto: Günther Quednau

Kopplungswiderstand bis 1 GHz

### Triaxialverfahren

Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung  
DC bis 12 GHz mit einem Messaufbau !

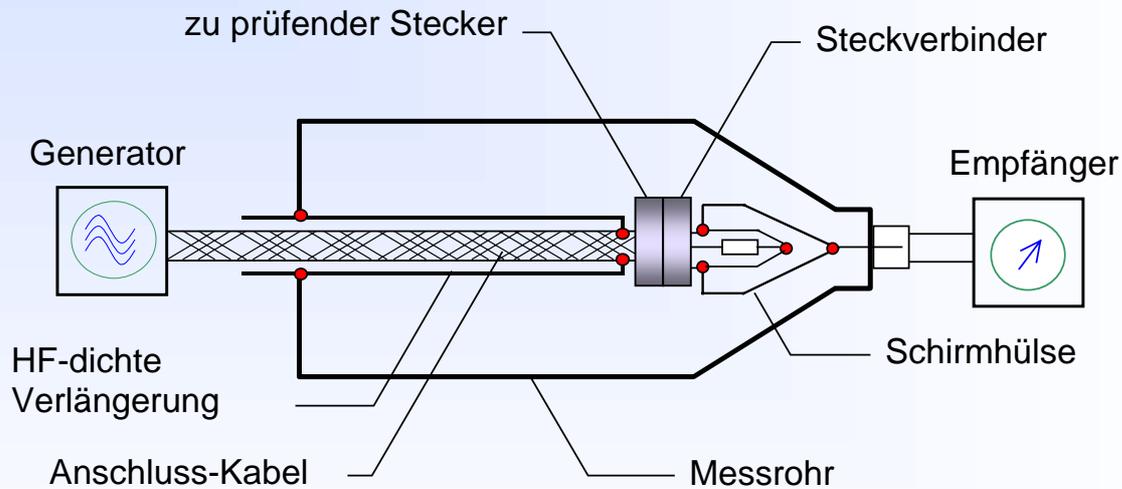


4. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2010

Bernhard Mund, [bedea](http://www.bedeas.com) Berkenhoff & Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, D-35614 Asslar, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), [www.bedeas.com](http://www.bedeas.com)

12

## Triaxialer Aufbau für Stecker mit "Rohr im Rohr"



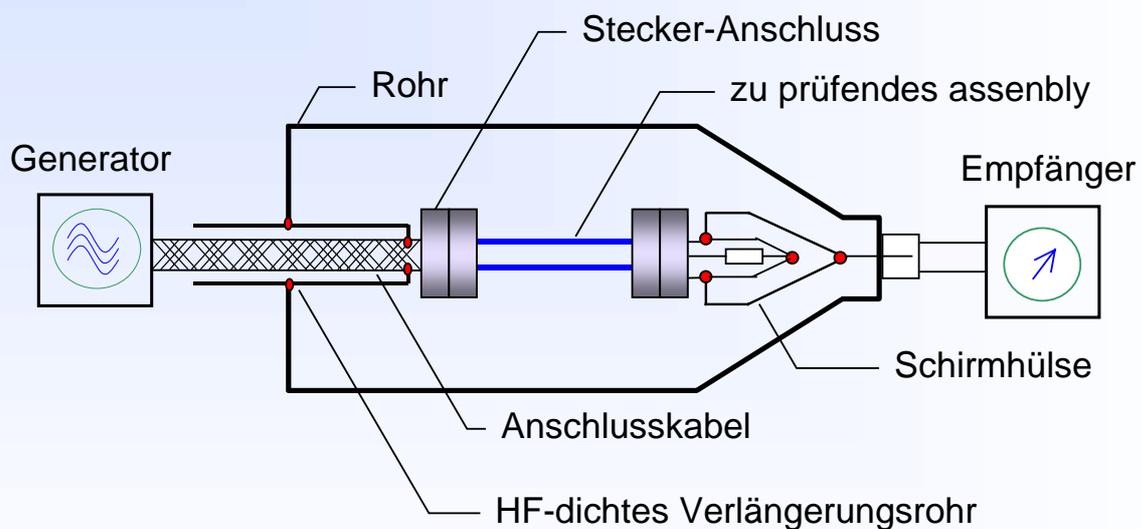
„Rohr im Rohr“-Verfahren IEC 62153-4-7, Kopplungswiderstand, Schirmdämpfung und Kopplungsdämpfung von Steckern und Assemblies

4. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2010

Bernhard Mund, [bedea](http://www.bedea.com) Berkenhoff & Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, D-35614 Asslar, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), [www.bedea.com](http://www.bedea.com)

13

## Messen von konfektionierten Kabeln



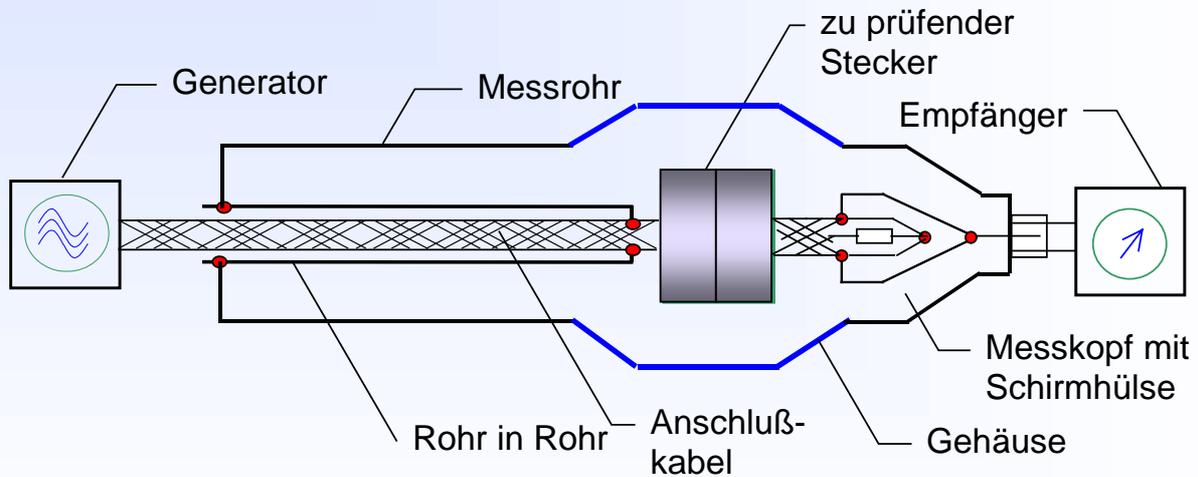
IEC 62153-4-7, "Rohr im Rohr" -Verfahren (Stecker & konfektionierte Kabel)

4. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2010

Bernhard Mund, [bedea](http://www.bedea.com) Berkenhoff & Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, D-35614 Asslar, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), [www.bedea.com](http://www.bedea.com)

14

## größere Stecker und Anschlussstechnik



IEC 62153-4-7

4. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2010

Bernhard Mund, [bedea](http://www.bedeas.com) Berkenhoff & Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, D-35614 Asslar, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), [www.bedeas.com](http://www.bedeas.com)

15

## Triaxialverfahren mit Gehäuse und Rohr im Rohr

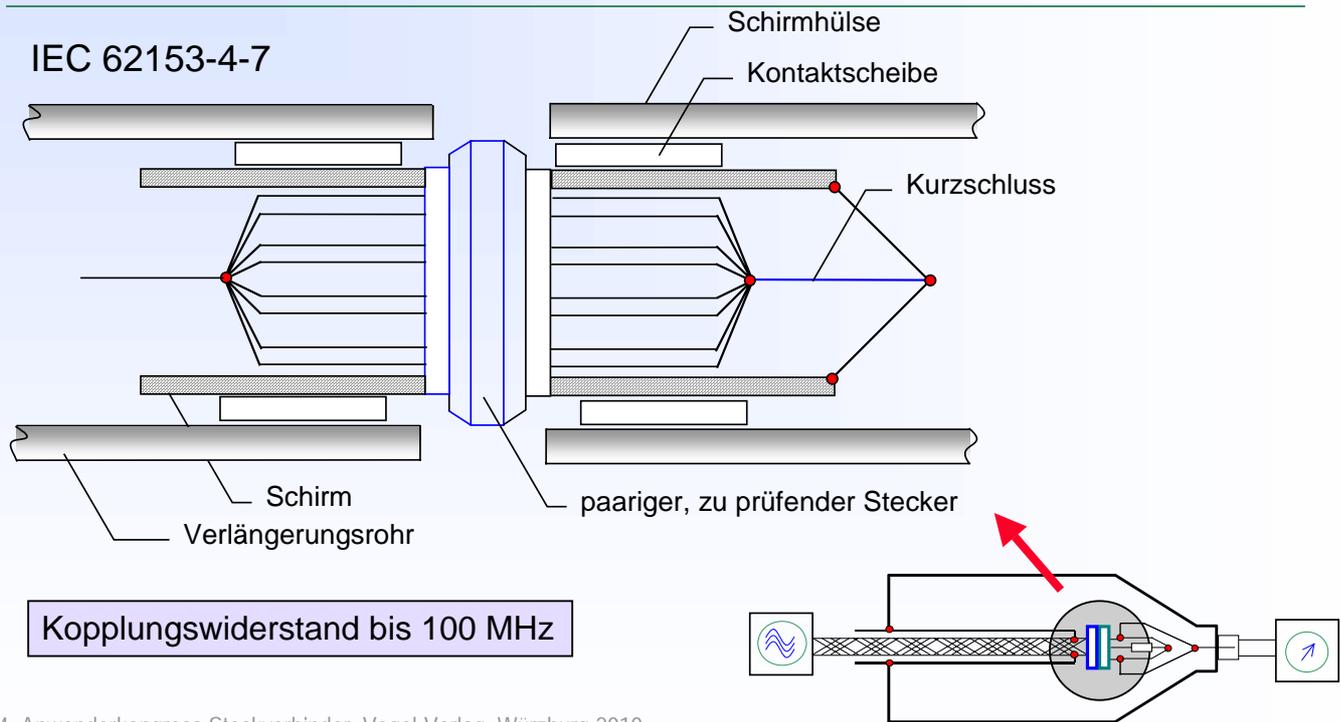


4. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2010

Bernhard Mund, [bedea](http://www.bedeas.com) Berkenhoff & Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, D-35614 Asslar, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), [www.bedeas.com](http://www.bedeas.com)

16

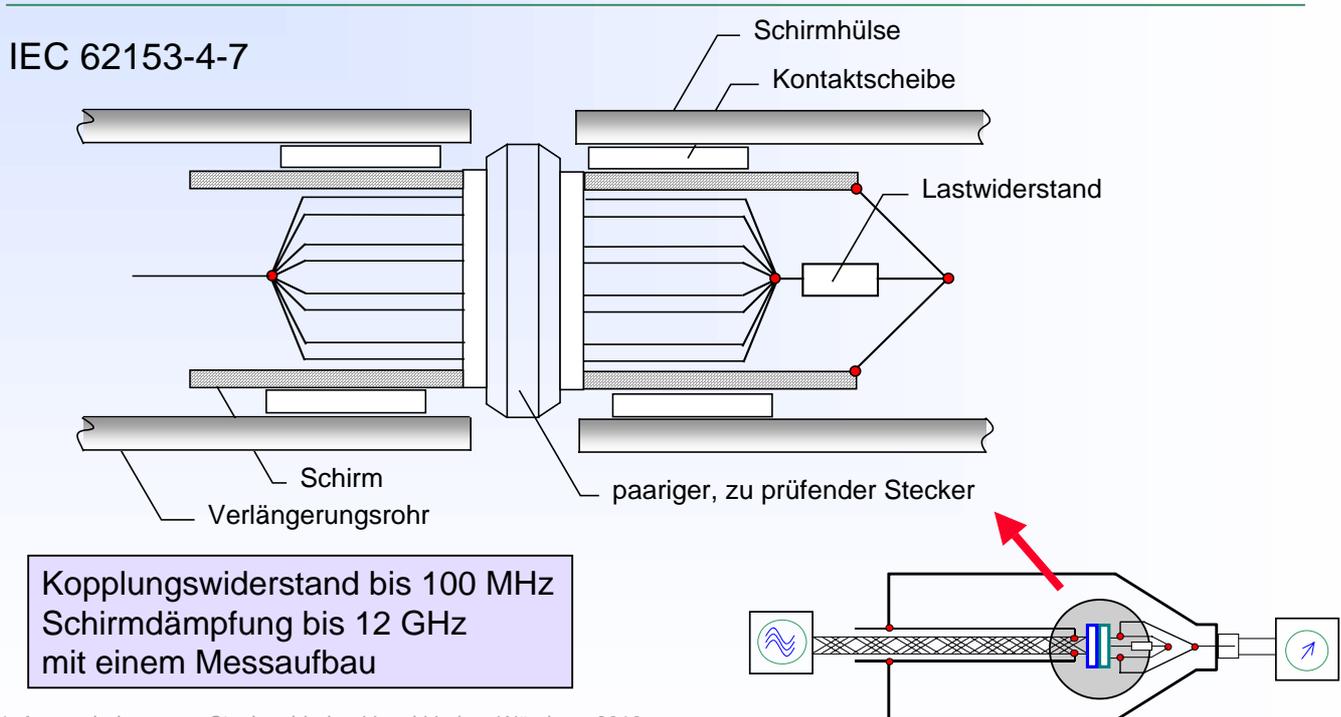
## Triaxialverfahren, Rohr im Rohr mit Kurzschluss



4. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2010

Bernhard Mund, [bedea](http://www.bedea.com) Berkenhoff & Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, D-35614 Asslar, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), [www.bedea.com](http://www.bedea.com)

## Triaxialverfahren, Rohr im Rohr mit Anpassung

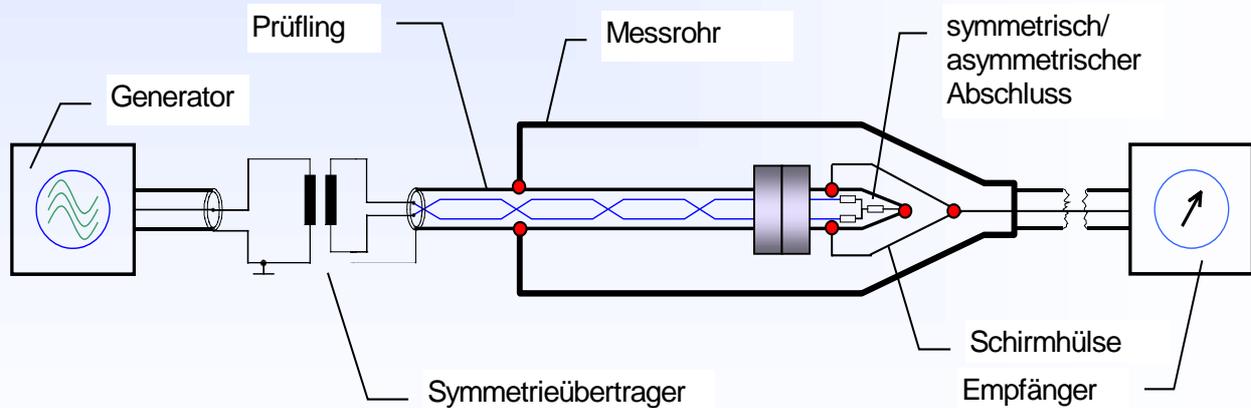


4. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2010

Bernhard Mund, [bedea](http://www.bedea.com) Berkenhoff & Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, D-35614 Asslar, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), [www.bedea.com](http://www.bedea.com)

## Messen der Kopplungsdämpfung

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



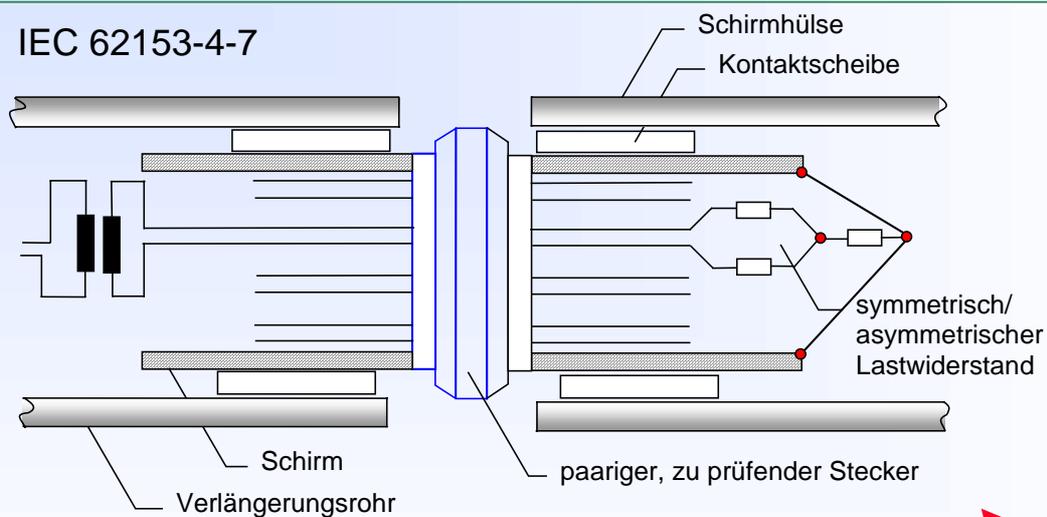
4. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2010

Bernhard Mund, [bedea](http://www.bedeas.com) Berkenhoff & Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, D-35614 Asslar, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), [www.bedeas.com](http://www.bedeas.com)

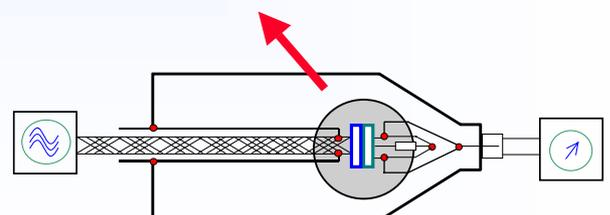
19

## Triaxialverfahren, Rohr im Rohr mit symm/asymm

IEC 62153-4-7



Kopplungswiderstand bis 100 MHz  
Kopplungs­dämpfung bis 3 GHz  
Schirmdämpfung bis 12 GHz



4. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2010

Bernhard Mund, [bedea](http://www.bedeas.com) Berkenhoff & Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, D-35614 Asslar, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), [www.bedeas.com](http://www.bedeas.com)

20

# Umrechnung von Kopplungswiderstand in Schirmdämpfung

Allgemein:

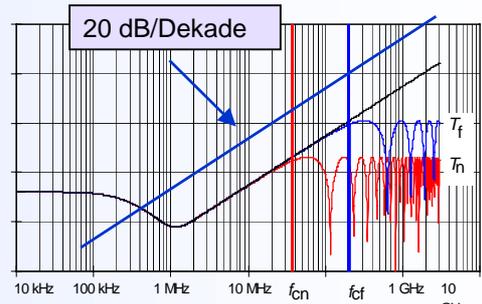
$$a_s = 20 \cdot \log_{10} \left| \frac{\sqrt{Z_1 \cdot Z_2}}{Z_T \cdot l} \right|$$

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



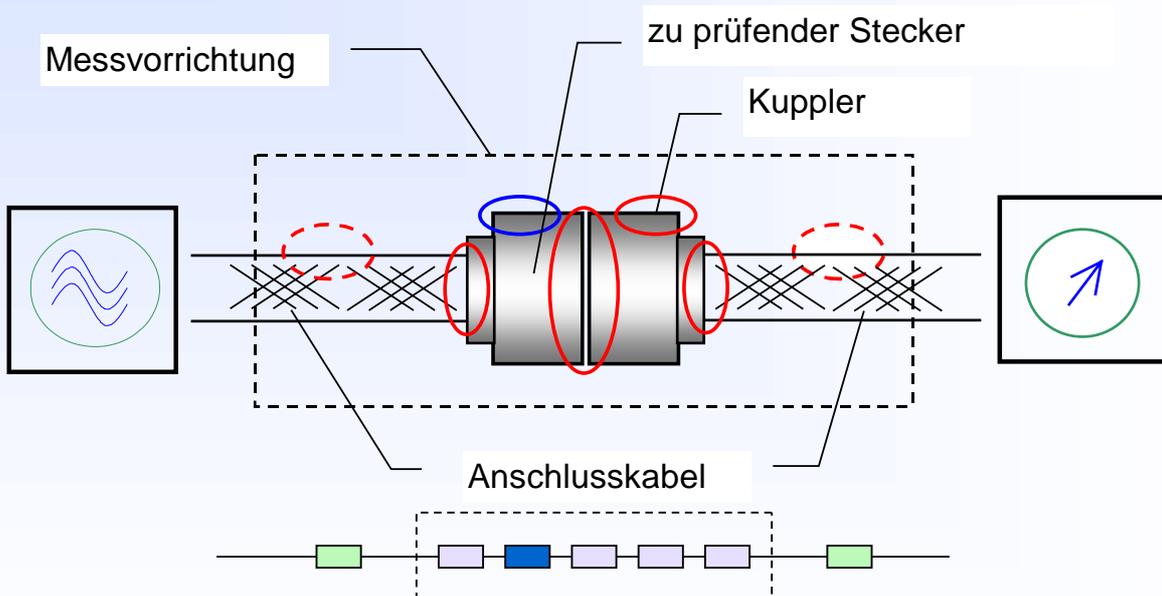
Kopplungswiderstand    Schirmdämpfung

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

4. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2010

Bernhard Mund, [bedea](http://www.bedea.com) Berkenhoff & Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, D-35614 Asslar, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), [www.bedea.com](http://www.bedea.com)

# Allgemeine Messprobleme bei Steckern



**Kopplungswiderstände addieren sich !**

4. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2010

Bernhard Mund, [bedea](http://www.bedea.com) Berkenhoff & Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, D-35614 Asslar, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), [www.bedea.com](http://www.bedea.com)

## 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.
- 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 100 kHz bis 12 GHz mit einem Meßaufbau sowie die Kopplungsdämpfung symmetrischer Kabel und Stecker gemessen werden.
- Zusätzlich kann die Kopplungsdämpfung symmetrischer Kabel und Stecker gemessen werden.

4. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2010

Bernhard Mund, [bedea](http://www.bedeas.com) Berkenhoff & Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, D-35614 Asslar, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), [www.bedeas.com](http://www.bedeas.com)

23

## Zusammenfassung 2

- Mit dem Triaxialverfahren kann kann der Kopplungswiderstand (je nach Frequenzbereich) mit oder ohne Anpassung gemessen werden.
- Das Triaxialverfahren ist für Kabel in **IEC 62153** und in **EN 50289-1-6**, und für Stecker in **IEC 62153-4-7** genormt
- Während die EMV-Messtechnik für Kabel seit längerer Zeit eingeführt und bewährt ist,
- bestehen bei der Messung von Steckern noch zahlreiche Fragen,
- besonders bezüglich der Anschlusskabel/Anschlusstechnik des Prüflings, der Anpassung und des Einflusses gesteckter Stecker.
  
- Weitere Informationen: [www.bedeas.com](http://www.bedeas.com), Messtechnik
- Ansprechpartner für weitere Fragen:
- [Thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:Thomas.schmid@rosenberger.de), [rdamm@bedea.com](mailto:rdamm@bedea.com), [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com)

4. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2010

Bernhard Mund, [bedea](http://www.bedeas.com) Berkenhoff & Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, D-35614 Asslar, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), [www.bedeas.com](http://www.bedeas.com)

24

## Internationale Normen für Triaxialverfahren

<b>IEC TR 62153-4-1</b>	Introduction to EMC measurements	2007-11
<b>IEC 62153-4-3</b>	Surface transfer impedance - Triaxial method	2006-03
<b>IEC 62153-4-4</b>	Shielded screening attenuation, test method for measuring of the screening attenuation "a <sub>s</sub> " up to and above 3 GHz	2006-05
<b>IEC 62153-4-7</b>	Shielded screening attenuation, test method for measuring the Transfer impedance Z <sub>T</sub> and the screening attenuation a <sub>s</sub> of RF-Connectors up to and above 3 GHz; Tube in Tube method	2006-04
<b>IEC 62153-4-9</b> <b>IEC/PAS 62338 Ed1</b>	Coupling attenuation, triaxial method	2008-03
<b>IEC 62153-4-10</b>	Shielded screening attenuation test method for measuring the Screening Effectiveness of Feedtroughs and Electromagnetic Gaskets	2009-05
<b>EN 50289-1-6</b>	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

4. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2010

Bernhard Mund, [bedea](http://www.bedeade.com) Berkenhoff & Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, D-35614 Asslar, [bmund@bedeade.com](mailto:bmund@bedeade.com), [www.bedeade.com](http://www.bedeade.com)

25

## Literatur

- [1] Bernhard Mund, Thomas Schmid: Messen der Schirmdämpfung von Steckverbindern, Kabeldurchführungen und EMV-Dichtungen, 3. Anwenderkongress Steckverbinder 2009, Vogel Verlag, Würzburg
- [2] Bernhard Mund: EMC of Cables & Connectors & Test methods, EMC Zurich 2007
- [3] Bernhard Mund: Measuring the EMC on RF-connectors and connecting hardware, Tube in tube test procedure, IWCS (International wire & cable symposium) 2004, Philadelphia
- [4] Thomas Hähner und Bernhard Mund: Measurement of the screening effectiveness of connectors & cable assemblies: International Wroclaw Symposium on Electromagnetic Compatibility, EMC 2002
- [5] 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
- [6] 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.
- [7] Lauri Halme, Rauno Kytönen, "Background and introduction to EM screening (shielding) behaviours and measurements of coaxial and symmetrical cables, cable assemblies and connectors", IEE Colloquium on screening effectiveness measurements, Savoy Place London, 6 May 1998

4. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2010

Bernhard Mund, [bedea](http://www.bedeade.com) Berkenhoff & Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, D-35614 Asslar, [bmund@bedeade.com](mailto:bmund@bedeade.com), [www.bedeade.com](http://www.bedeade.com)

26

*Danke fürs Zuhören*



*www.bedeas.com  
bmund@bedea.com*

EMV von Steckverbindern und Verbindungskabeln

*bedea*

*bedea* Berkenhoff & Drebes GmbH, D-35614 Asslar, Germany



ca. 325 MA  
ca. 35 Mio EUR

seit 1995 selbständig durch  
Management-Buy-out

1. Ziel ist die Erhaltung  
der Arbeitsplätze !

- Hersteller von  
Kommunikationskabeln

- Monofile (Techn. Fäden)  
- Feinseile  
- Zieh- und Presswerkzeuge  
- Messtechnik

[www.bedeas.com](http://www.bedeas.com)

- Lichttechnik  
[www.bedeas.akzent.com](http://www.bedeas.akzent.com)

4. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2010

Bernhard Mund, *bedea* Berkenhoff & Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, D-35614 Asslar, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), [www.bedeas.com](http://www.bedeas.com)