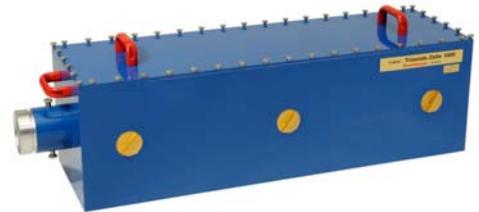


## Workshop EMV Messtechnik

### 5. Anwenderkongress Steckverbinder Messen der EMV von HV-Leitungen und Komponenten mit der **Triaxialen Zelle** und EMV von Durchführungen



**Kabel  
Steckverbinder  
Durchführungen  
EMV-Dichtungen**



5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

Bernhard Mund, *bedea*, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 1

## Autoren

- Bernhard Mund, *bedea* Berkenhoff&Drebes GmbH
  - ◆ *Rundfunk&Fernsehtechniker, Radio Brand Marburg, 1971*
  - ◆ *Dipl.-Ing. Nachrichten- & Mikroprozessortechnik, FH Giessen, 1984*
  - ◆ Leiter Entwicklung Kabel sowie HF- & EMV-Messungen,
  - ◆ Obmann des UK 412.3, Koaxialkabel,
  - ◆ Sekretär des IEC SC 46A und CENELEC SC 46XA Coaxial cable
- 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

5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

Bernhard Mund, *bedea*, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 2

## Inhalt

- EMV Einführung
  - ◆ Begriffe und Definitionen, Systemtests, Übersicht
- Kabel und Steckverbinder
  - ◆ Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung mit dem Triaxialverfahren
- Neue IEC 62153-4-3
- Triaxiale Zelle
  - ◆ Messungen Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung
- EMV von Durchführungen
  - ◆ Messungen mit dem Doppel-koaxialverfahren

5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

Bernhard Mund, *bedea*, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 3

## EMV, Definition

**Was bedeutet der Begriff "EMV"  
(Elektromagnetische Verträglichkeit) ?**

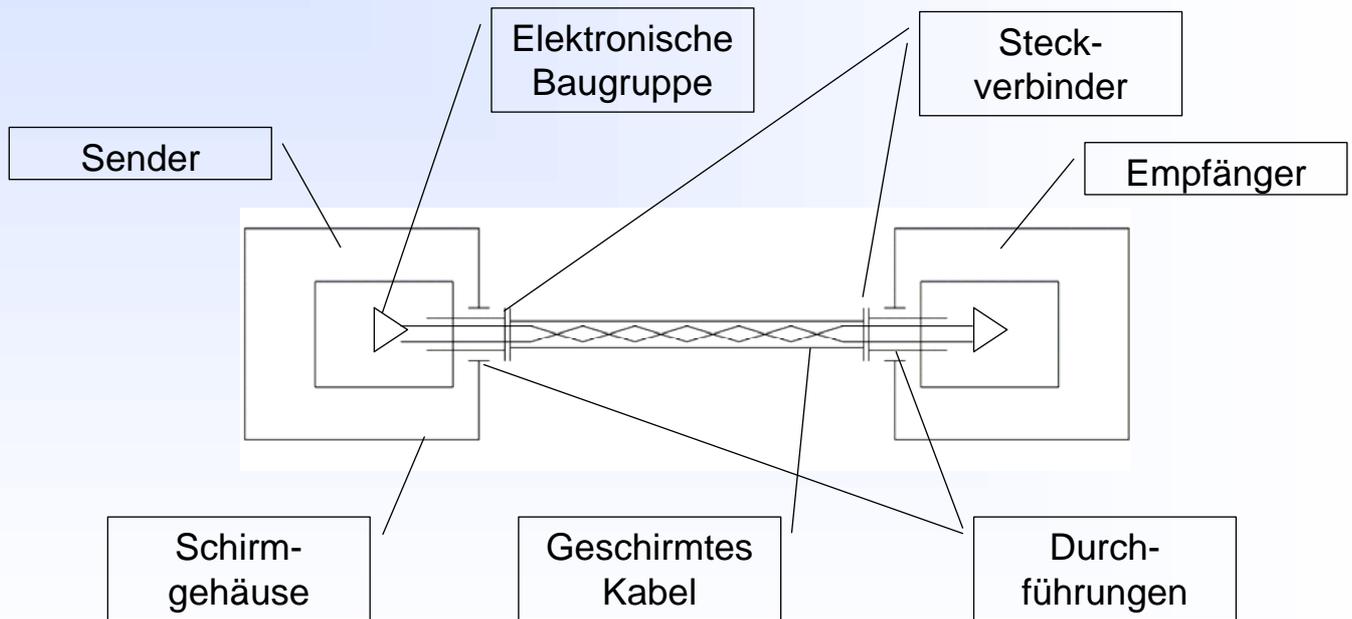
**Definition nach VDE 0870:**

**„Fähigkeit einer elektrischen Einrichtung, in ihrer elektromagnetischen Umgebung zufriedenstellend zu funktionieren, ohne diese Umgebung, zu der auch andere Einrichtungen gehören, unzulässig zu beeinflussen.“**

5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

Bernhard Mund, *bedea*, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 4

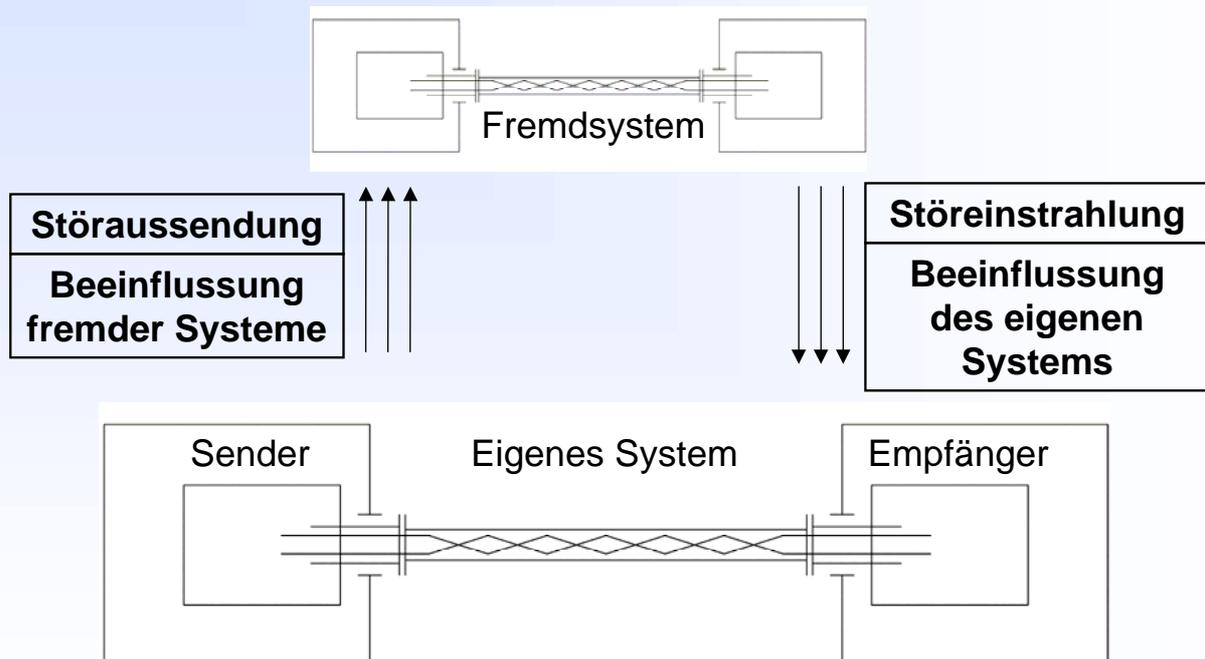
## Beispiel: Übertragungssystem



5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

Bernhard Mund, *bedea*, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 5

## Störaussendung / Störeinstrahlung



5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

Bernhard Mund, *bedea*, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 6

## Sicherstellung der EMV

### EMV-gerechtes Design

**Reduzierung der  
Störungsanregung**  
**Filterung**  
**Schirmung**

### EMV-Tests

**Emissionen / Immunität  
auf Systemebene  
auf Komponentenebene**

5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

Bernhard Mund, *bedea*, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 7

## Beispiele für EMV-Tests auf Systemebene

### Emissionsprüfungen (Störaussendung)

z.B. CISPR 25  
- Antenne  
- Stripline  
...

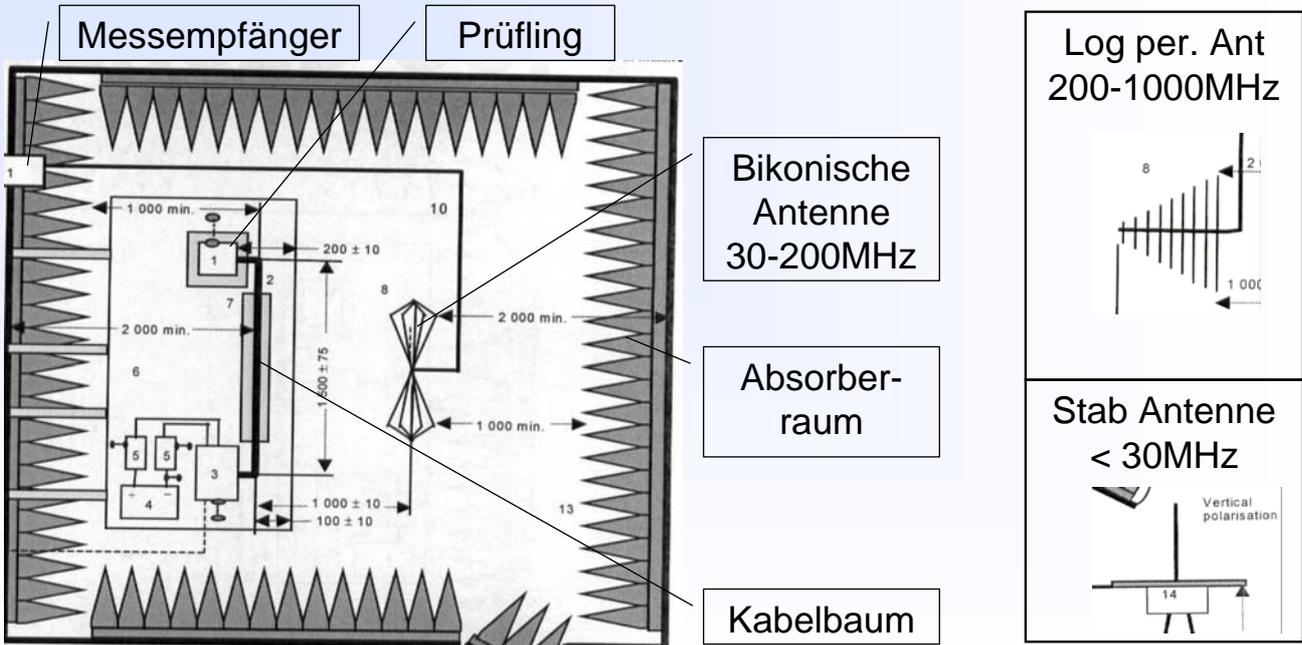
### Immunitätsprüfungen (Störfestigkeit)

z.B. ISO 11452  
- Antenne  
- Bulk Current Injection  
- Stripline  
...

5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

Bernhard Mund, *bedea*, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 8

## Emmissionsmessung mit Antenne

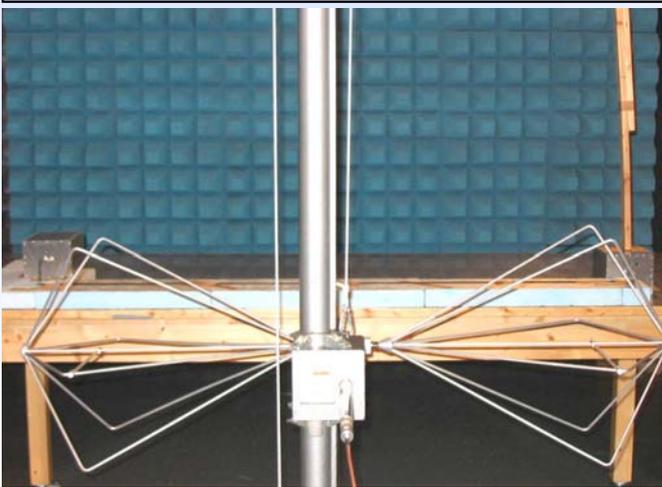


5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

Bernhard Mund, *bedea*, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 9

## Emissionsmessung mit Antenne

### Messung nach CISPR 25



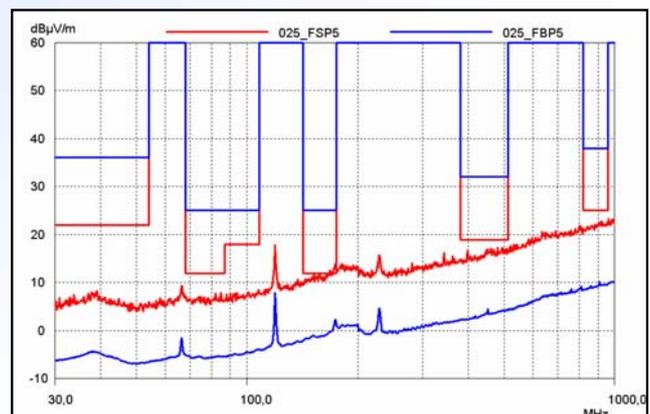
Breitbandmessung erfordert Antennenwechsel

Spitzenwert-Messung (PEAK):

rote Kurve (blaues Limit)

Mittelwert-Messung (AVERAGE):

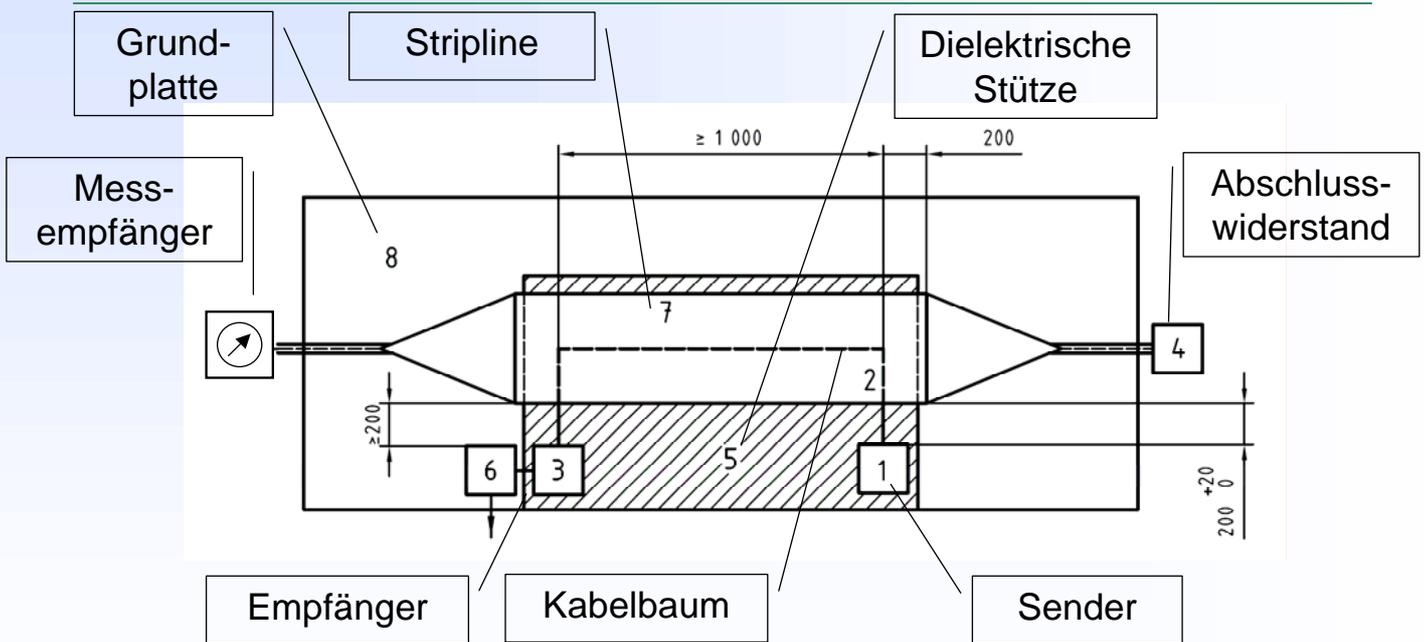
blaue Kurve (rotes Limit)



5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

Bernhard Mund, *bedea*, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 10

### Stripline-Test



5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

Bernhard Mund, bedea, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 11

### Emissionsmessung mit Stripline

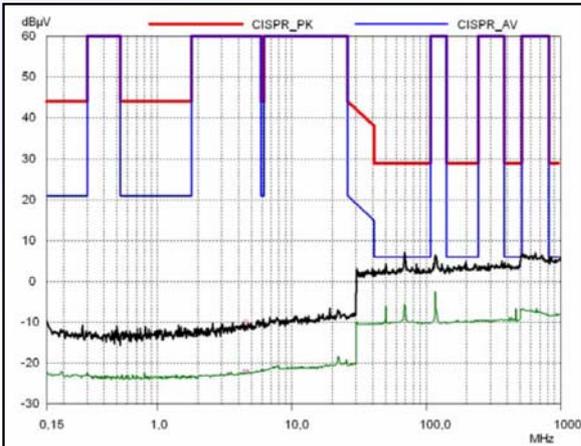
#### Messung nach CISPR 25



Stripline im Absorberraum  
Schirmkabine reicht aus

Spitzenwert-Messung (PEAK):  
schwarze Kurve (rotes Limit)

Mittelwert-Messung (AVERAGE):  
grüne Kurve (blaues Limit)



5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

Bernhard Mund, bedea, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 12

## Immunitätsprüfungen

Der Prüfling wird einem EM-Feld mit bekannter Feldstärke ausgesetzt:

- z.B. ISO 11452-2: Antenne
- z.B. ISO 11452-5: Stripline

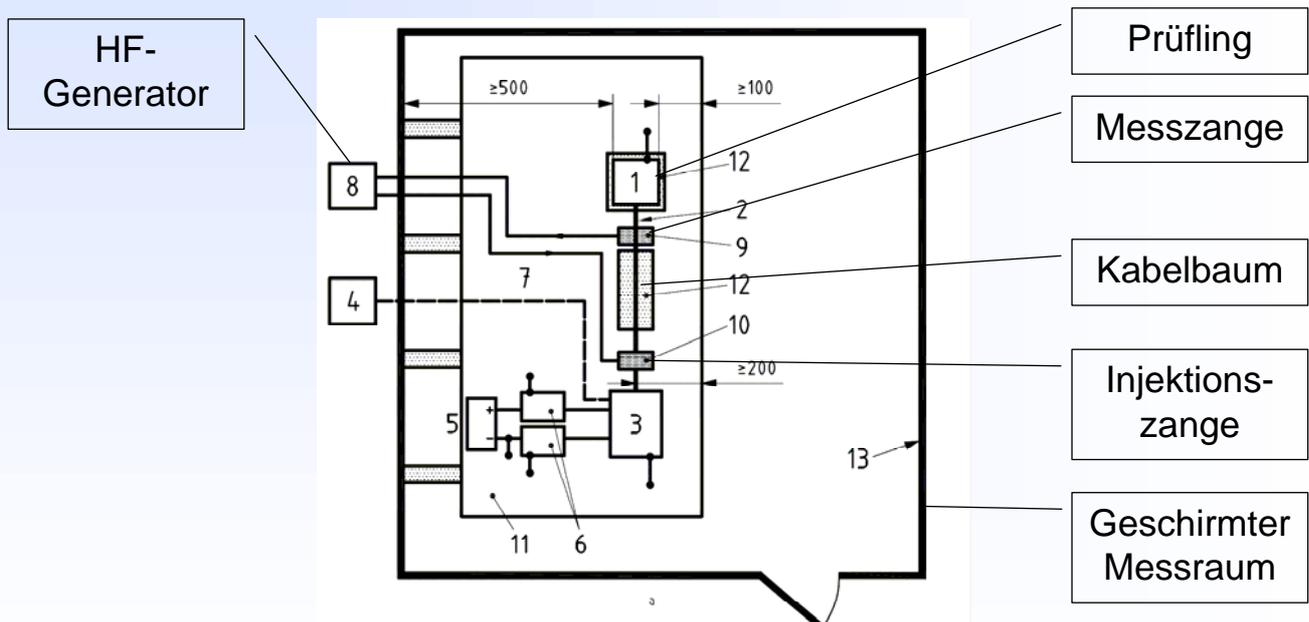
Einprägen eines Störstromes bekannter Stärke:

- z.B. ISO 11452-4: Bulk Current Injection

5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

Bernhard Mund, *bedea*, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 13

## Bulk Current Injection Test



5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

Bernhard Mund, *bedea*, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 14

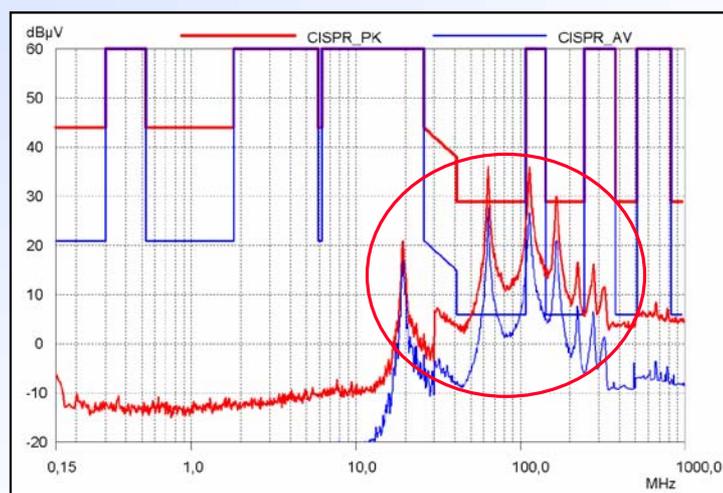
## Zusammenfassung EMV-Systemtest

- Geschirmte Kammer bzw. Absorberraum
- Ergebnisse abhängig vom Messaufbau
- Funktionierende Systeme erforderlich
- Hoher Aufwand

5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

Bernhard Mund, *bedea*, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 15

## Was tun wenn die Limits überschritten werden?



→ Messung der Einzelkomponenten des Systems !!!

5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

Bernhard Mund, *bedea*, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 16

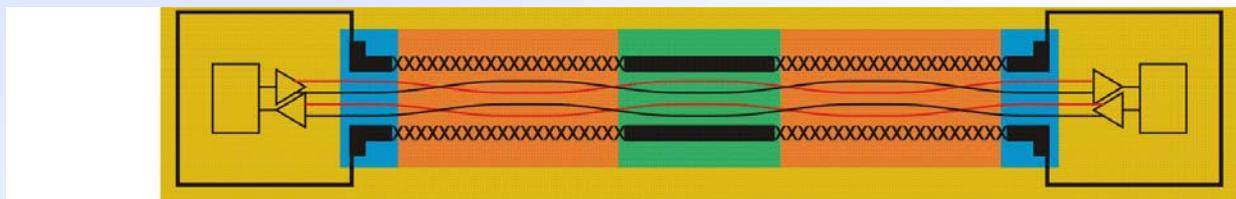
## Funktionsschema der Komponententests

<b>Beeinflussungsmodell</b>	
<b>Überführung</b>	Standardisierte Umgebung      Transmissions-faktor      Standardisierte Umgebung
<b>Testaufbau</b>	Generator z.B. NWA Port1      Kopplungs-widerstand, Schirm-dämpfung      Empfänger z.B. NWA Port2

5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

Bernhard Mund, *bedea*, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 17

## Komponententest mit Kopplungsmessrohr



Component Tests

**IEC 62153-4-4**

Kabel

**IEC 62153-4-7**

Steckverbinder

**IEC 62153-4-10**

Durchführungen

**CoMeT**

**Coupling  
Measuring  
Tube**



5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

Bernhard Mund, *bedea*, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 18

## Mess-System CoMeT



5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

Bernhard Mund, *bedea*, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 19

## Messen der Schirmwirkung mit der Triaxialen Zelle

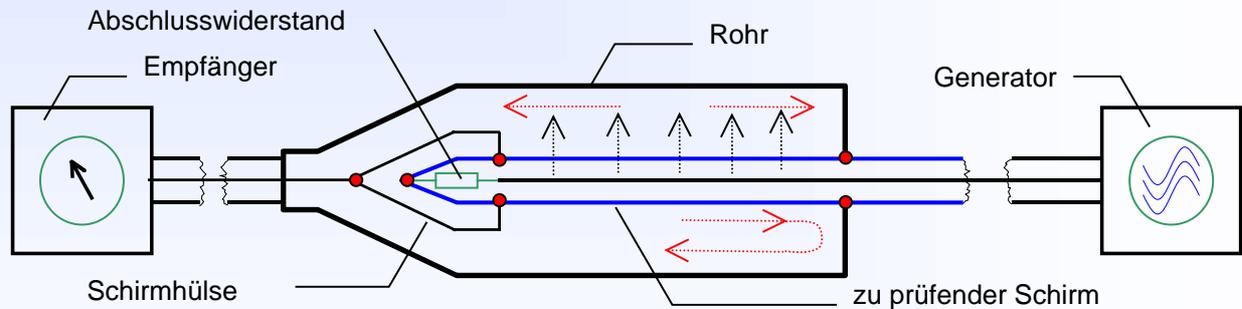


5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

Bernhard Mund, *bedea*, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 20

## Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung

Triaxialverfahren, **Kopplungswiderstand & Schirmdämpfung**  
 DC bis über 8 (12) GHz mit einem Messaufbau !

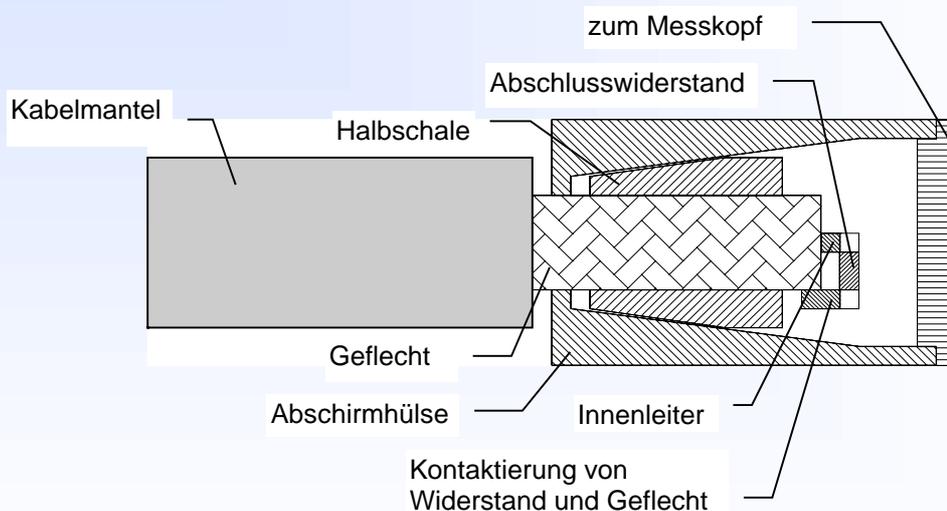


IEC 62153-4-3/-4-4/-4-7 Kopplungswiderstand & Schirmdämpfung, Triaxialverfahren  
 DIN EN 50289-1-6, Kommunikationskabel, Elektromagnetisches Verhalten

5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

Bernhard Mund, *bedea*, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 21

## Abschlusswiderstand und Schirmhülse

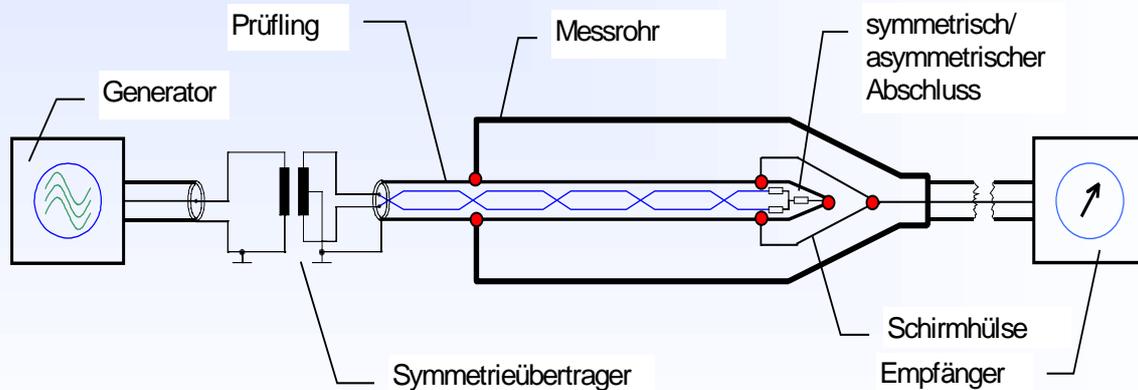


5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

Bernhard Mund, *bedea*, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 22

## Messen der Kopplungsdämpfung

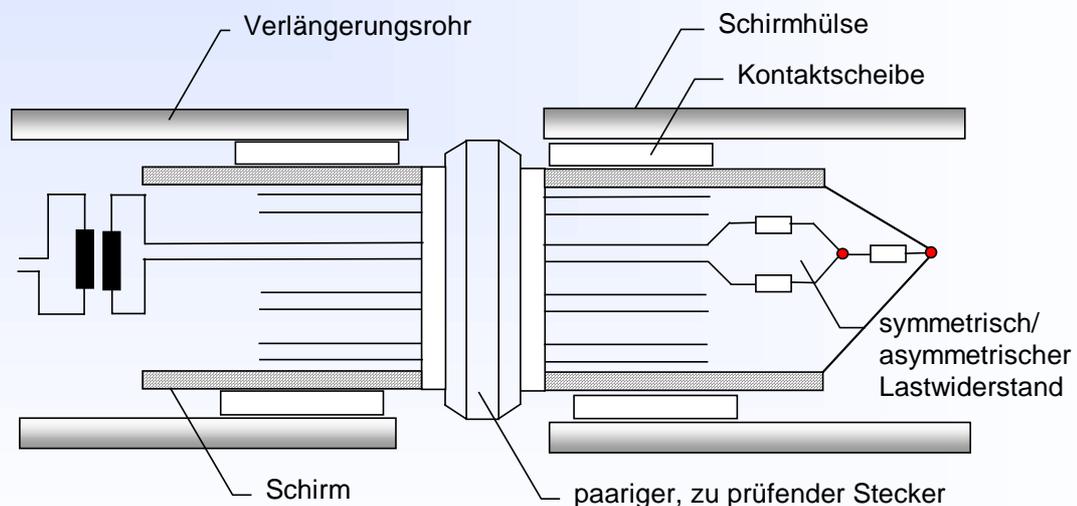
Die Kopplungsdämpfung ist die Summe aus Unsymmetriedämpfung des Paares und der Schirmdämpfung des Schirmes



5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

Bernhard Mund, bedea, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 23

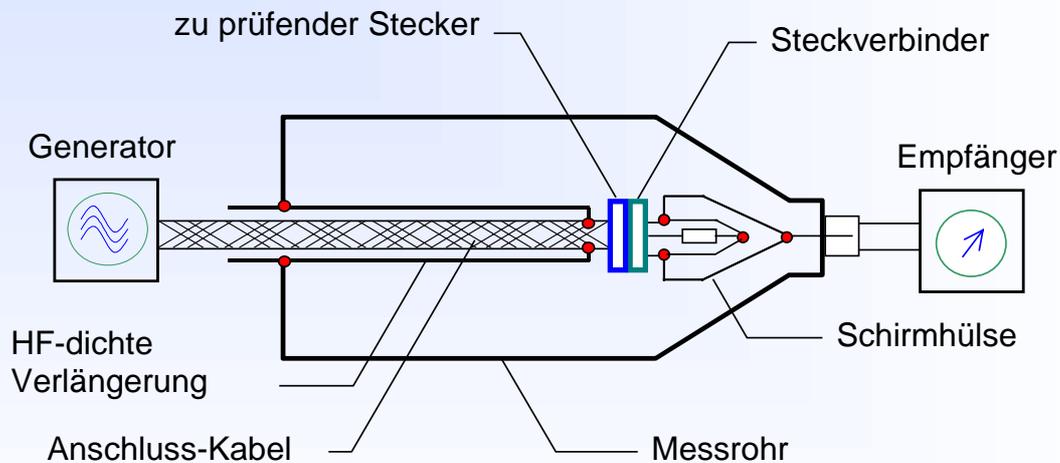
## Symmetrischer Prüfling, Kopplungsdämpfung



5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

Bernhard Mund, bedea, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 24

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

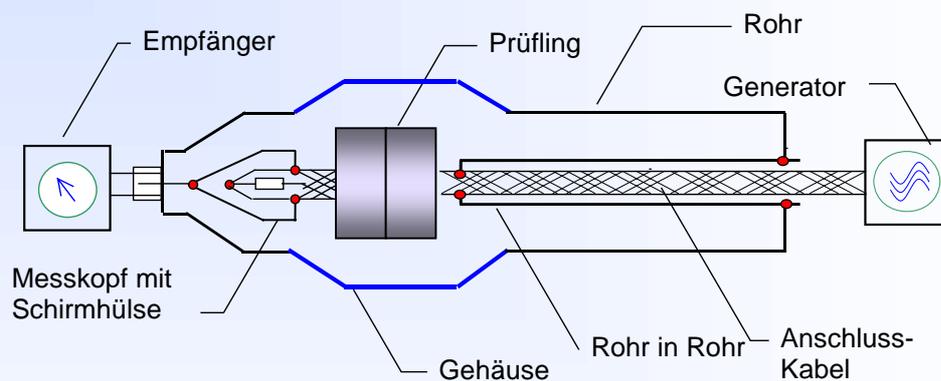


„Rohr in Rohr“-Verfahren zur Messung der Schirmwirkung von Steckern

5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

Bernhard Mund, *bedea*, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 25

## Prinzip der Triaxialen Zelle mit "Rohr in Rohr"



**IEC 62153-4-7,**  
**“Tube in tube” - procedure**  
**(Connectors and**  
**assemblies)**  
**with „Triaxial Cell“ is under**  
**consideration at IEC TC**  
**46/WG 5**

5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

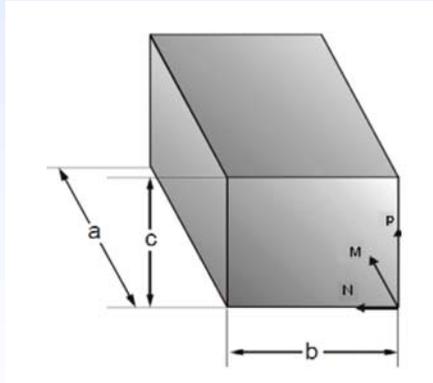
Bernhard Mund, *bedea*, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 26

## Resonanzen bzw. höhere Moden der Kavität

Resonanzfrequenzen:

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

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



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

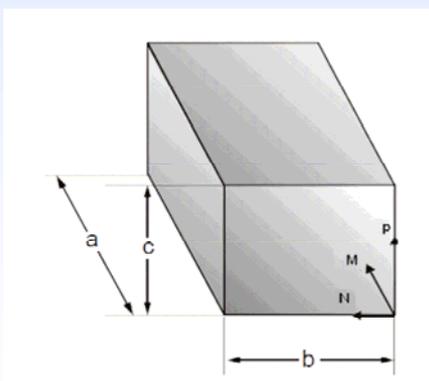
## Resonanzen bzw. höhere Moden der Kavität

Resonanzfrequenzen:

**750-er Zelle**

**1000-er Zelle**

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



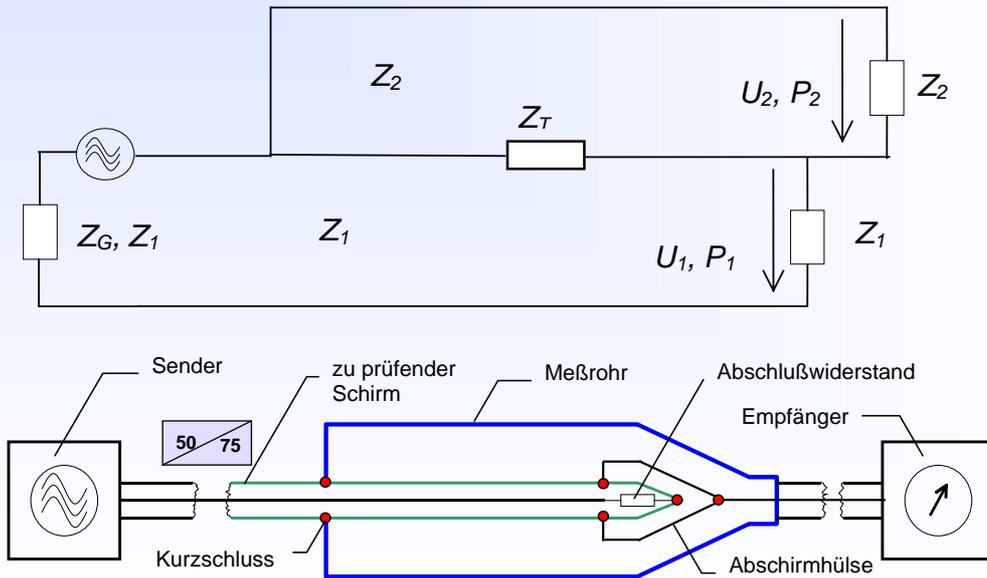
a b c  
750 250 250

a b c  
1000 300 300

m	n	p	f/GHz	m	n	p	f/GHz
1	1	1	0,87	1	1	1	0,72
1	2	0	1,22	1	2	0	1,01
0	2	1	1,34	0	2	1	1,12
1	2	1	1,36	1	2	1	1,13
2	2	0	1,26	2	2	0	1,04
0	1	2	1,34	0	1	2	1,12
1	1	2	1,36	1	1	2	1,13
2	2	1	1,40	2	2	1	1,16
0	2	2	1,70	0	2	2	1,41
1	2	2	1,71	1	2	2	1,42
2	3	0	1,84	2	3	0	1,53

## Messen mit Fehlanpassung (Thomas Schmid)

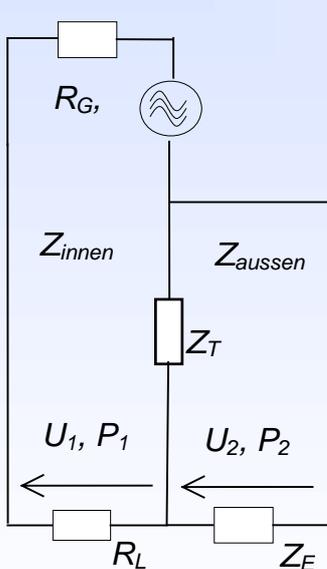
Überarbeitung der IEC 62153-4-3, Kopplungswiderstand, Triaxialverfahren



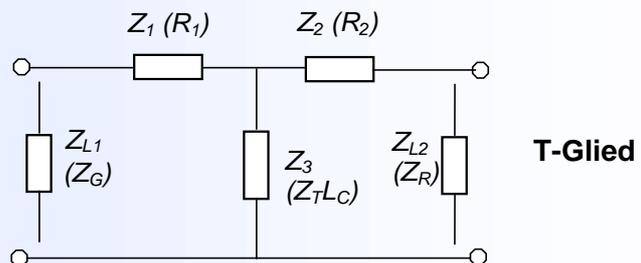
5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

Bernhard Mund, bedea, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 29

## Ersatzbilder für Triaxialverfahren



$$Z_T = R_T + j\omega M_T$$



- $R_1$  = Abschlusswiderstand des inneren Kreises
- $R_2$  = Abschlusswiderstand des inneren Kreises
- $Z_T$  = Kopplungswiderstand des Prüflings
- $Z_G$  = Generator-Widerstand
- $Z_R$  = Empfänger-Widerstand
- $L_C$  = Kopplungslänge

$$S_{21} = Z_T L_C \cdot \frac{2 \cdot \sqrt{Z_R \cdot Z_G}}{(R_1 + Z_G) \cdot (R_2 + Z_R)}$$

IEC 62153-4-3, Ed2:  
(vereinfacht,  $Z_T \ll Z_G Z_R$ )

$$Z_T = \frac{(R_1 + Z_G) \cdot (R_2 + Z_R)}{2 \cdot \sqrt{Z_R \cdot Z_G}} \cdot \frac{S_{21}}{L_C}$$

gemessen

5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

Bernhard Mund, bedea, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 30

### S-Parameter für T-Glied

Ausführliche Herleitung von  $S_{21}$  bzw.  $Z_T$  aus T-Glied

$$S = \begin{bmatrix} 1 - \frac{2(Z_2 + Z_3 + Z_{L2})Z_{L1}}{Z_1 Z_2 + Z_1 Z_3 + Z_1 Z_{L2} + Z_3 Z_2 + Z_3 Z_{L2} + Z_{L1} Z_2 + Z_{L1} Z_3 + Z_{L1} Z_{L2}} & \frac{2\sqrt{Z_{L1}} Z_3 \sqrt{Z_{L2}}}{\text{Nenner}} \\ \frac{2\sqrt{Z_{L1}} Z_3 \sqrt{Z_{L2}}}{\text{Nenner}} & 1 - \frac{2(Z_1 + Z_3 + Z_{L1})Z_{L2}}{\text{Nenner}} \end{bmatrix}$$

Quelle: Heuermann Hochfrequenztechnik, S. 295

$S_{21}$

$$S_{21} = 2 \cdot \frac{\sqrt{Z_{L1}} \cdot Z_3 \cdot \sqrt{Z_{L2}}}{Z_1 \cdot Z_2 + Z_1 \cdot Z_3 + Z_1 \cdot Z_{L2} + Z_3 \cdot Z_2 + Z_3 \cdot Z_{L2} + Z_{L1} \cdot Z_2 + Z_{L1} \cdot Z_3 + Z_{L1} \cdot Z_{L2}}$$

$$Z_3(Z_1, Z_2, Z_{L1}, Z_{L2}, S_{21}) := S_{21} \cdot \frac{Z_1 \cdot (Z_2 + Z_{L2}) + Z_{L1} \cdot (Z_2 + Z_{L2})}{(-S_{21}) \cdot (Z_1 + Z_2 + Z_{L2} + Z_{L1}) + 2 \cdot \sqrt{Z_{L1}} \cdot Z_{L2}}$$

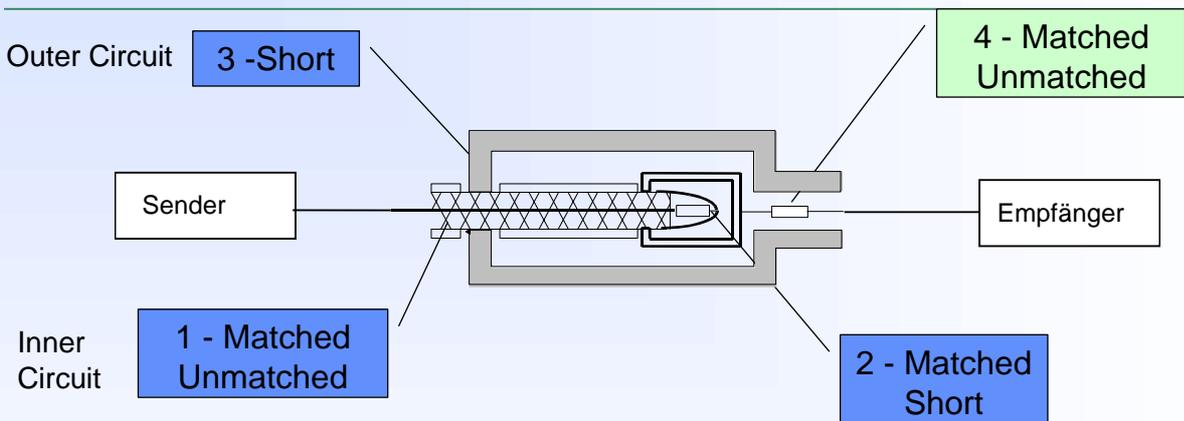
$Z_3 = Z_T$

gilt für tiefe Frequenzen und für beliebige Lasten

5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

Bernhard Mund, bedea, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 31

### Matching Conditions



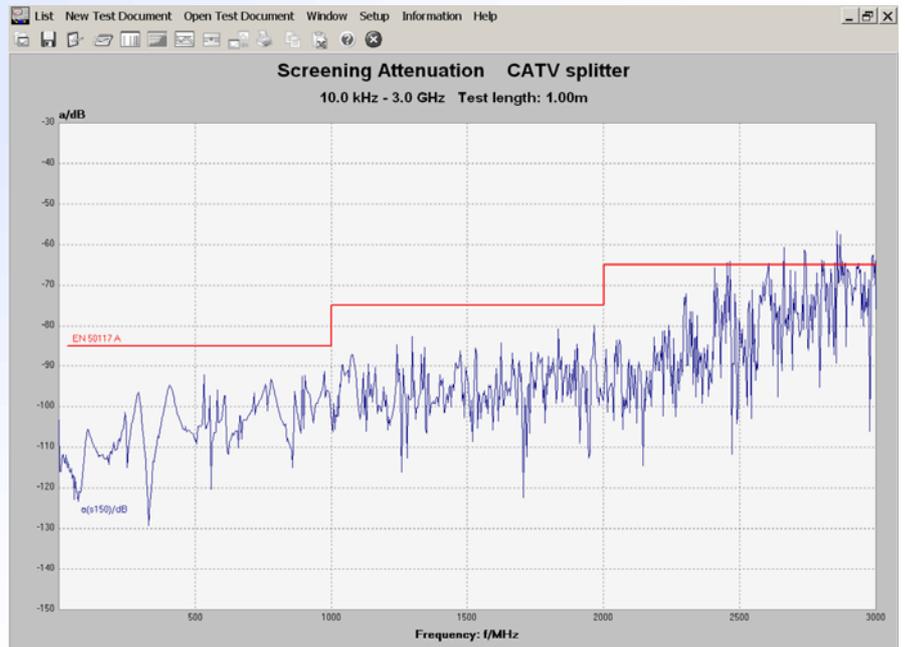
Unmatched-Short-Short  
 Matched-Short-Short  
 Unmatched-Matched-Short  
 Matched-Matched-Short

1 = Generator- Prüfling, (ggf. mit Anpassglied)  
 2 = Prüfling (senderfernes Ende)  
 3 = Aussenleiter Prüfling -Rohr (Kurzschluss)  
 4 = Vorwiderstand (optional)

5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

Bernhard Mund, bedea, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 32

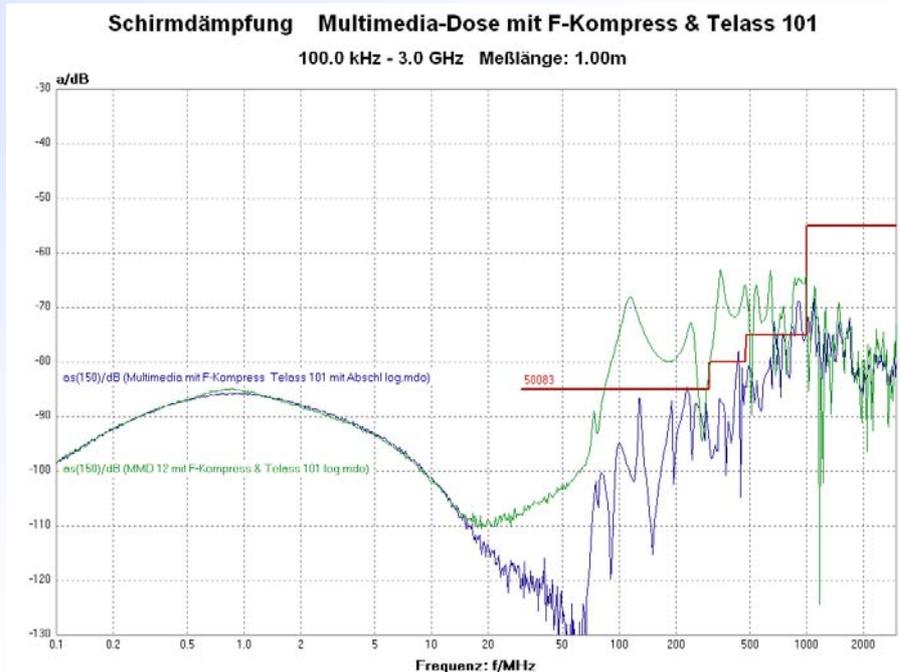
## CATV Leistungsteiler mit Triaxialer Zelle



5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

Bernhard Mund, *bedea*, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 33

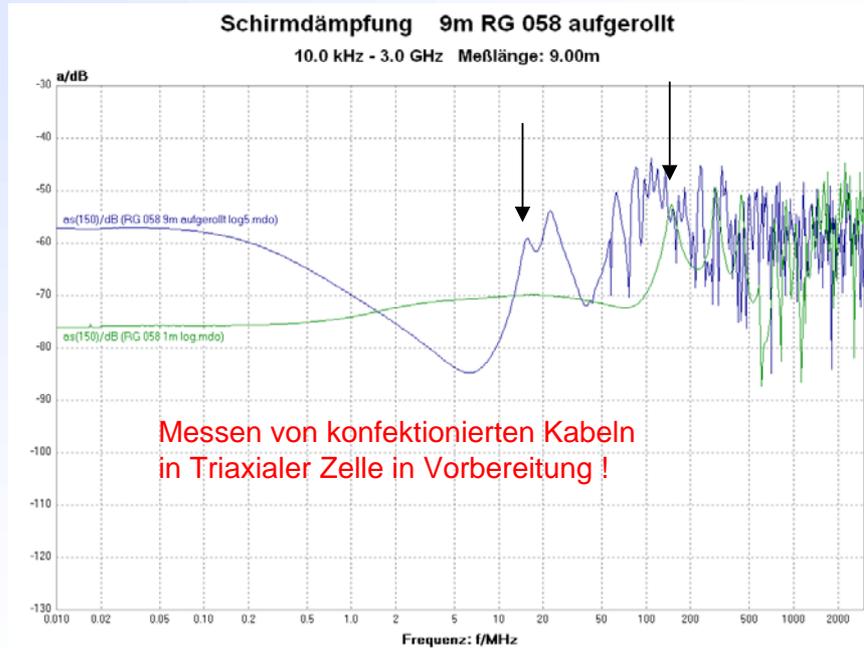
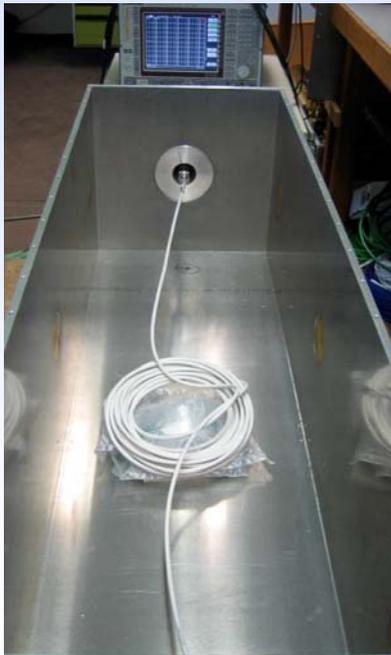
## Multimedia-Dose mit & ohne Abschluss an den Ausgängen



5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

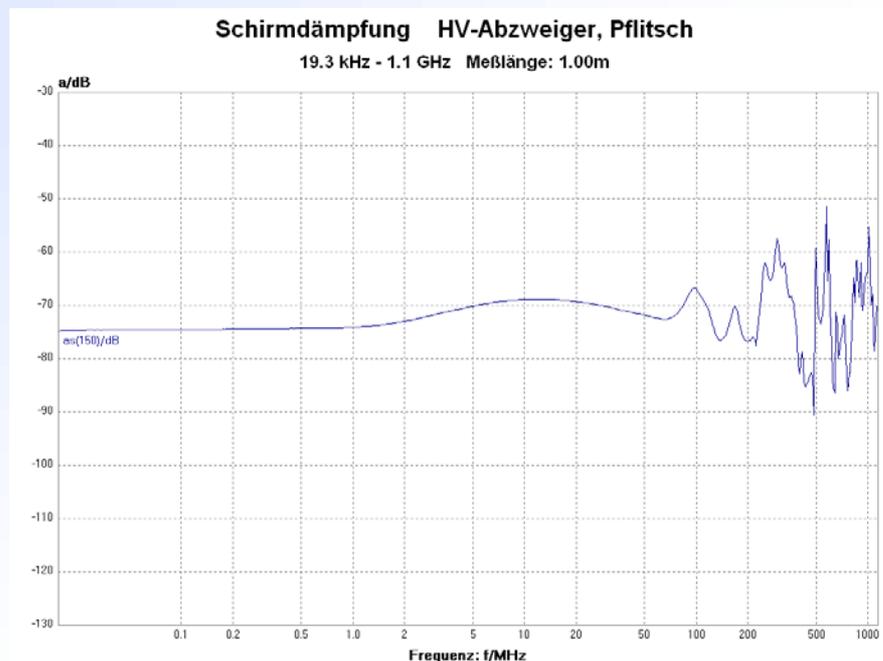
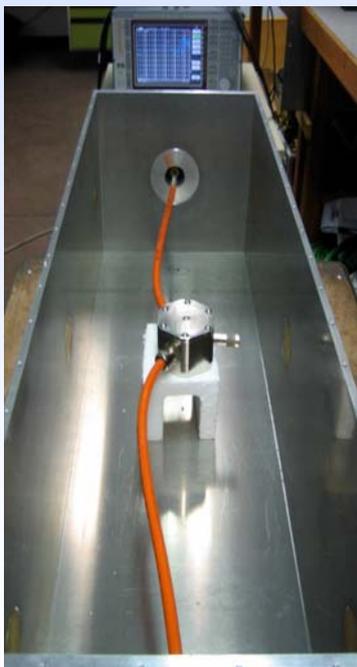
Bernhard Mund, *bedea*, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 34

## Messen der Schirmwirkung von konfektionierten Kabeln



5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011 Erweiterung der IEC 62153-4-7 in Vorbereitung  
Bernhard Mund, *bedea*, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 35

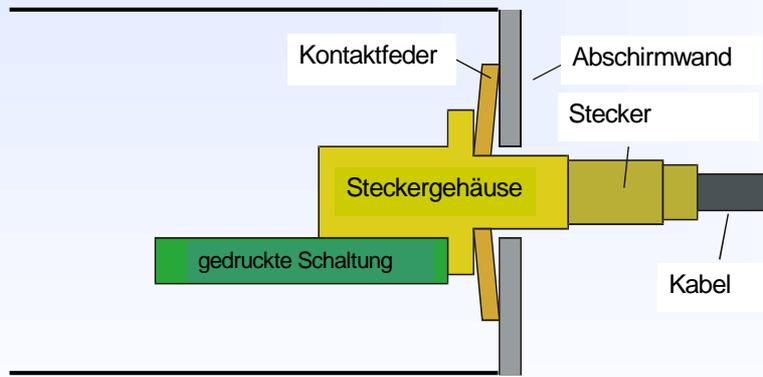
## Abzweiger für HV-Leitung (Pflitsch)



5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011  
Bernhard Mund, *bedea*, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 36

# Gehäusedurchführungen

**Problem: EMV von Gehäusedurchführungen & EMV Dichtungen**



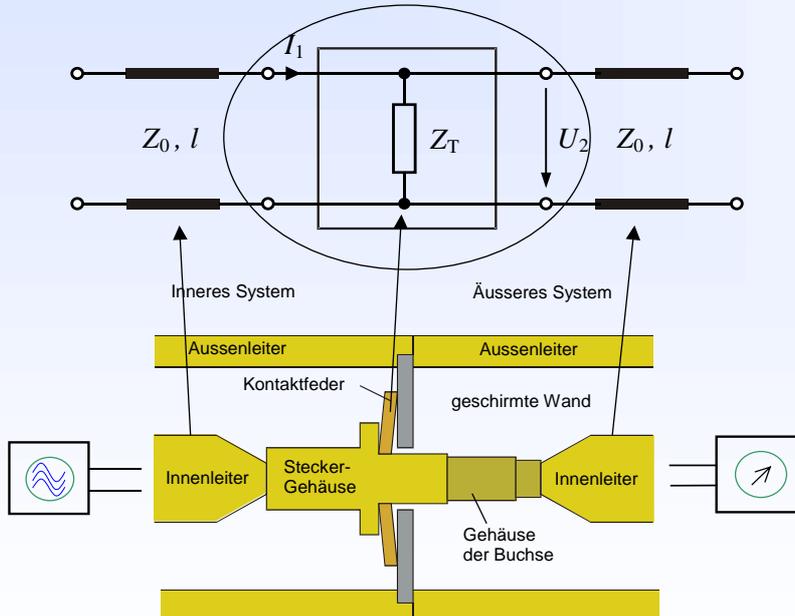
**Wie gut ist die Schirmeffizienz?**

5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

Bernhard Mund, bedea, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 37

# Kopplungswiderstand $Z_T$

**Ersatzschaltbild**



$$Z_T = \frac{U_2}{I_1}$$

**$Z_T$  ist der von der Systemimpedanz unabhängige Schirmparameter**

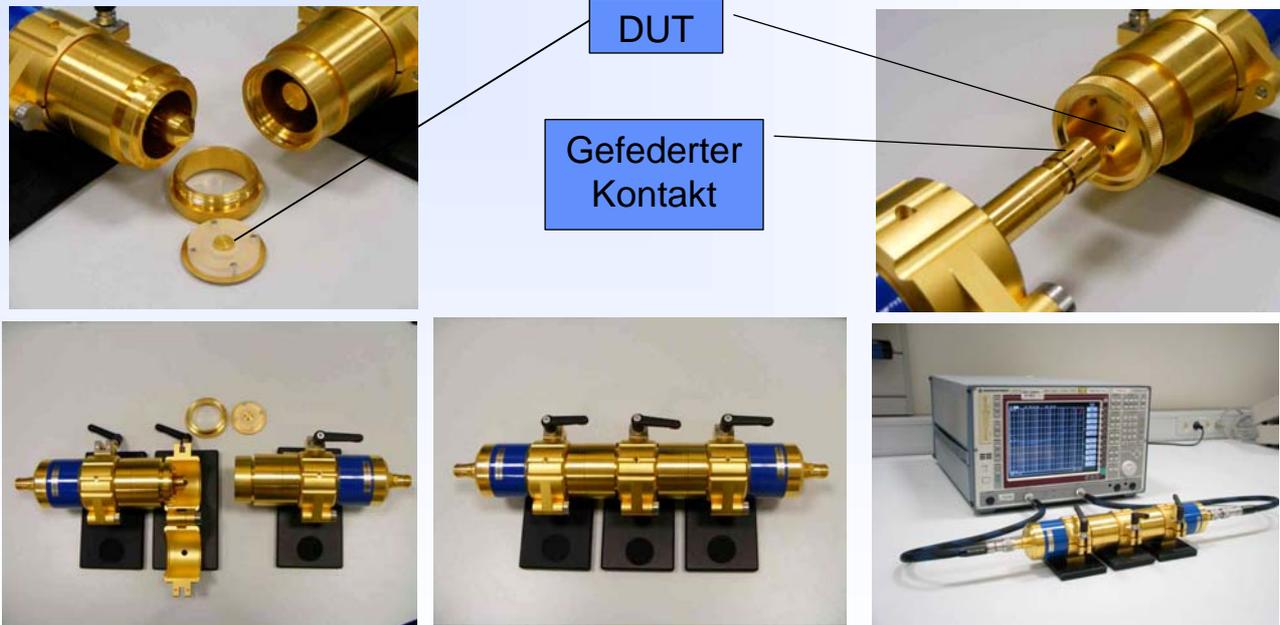
$$Z_T = \frac{U_2}{I_1} = z_T Z_0 = \frac{S_{21} Z_0}{2(1 - S_{21})}$$

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

5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

Bernhard Mund, bedea, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 38

## Testfassung



DUT

Gefederter Kontakt

5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

Bernhard Mund, *bedea*, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 39

## Beispiele für Messobjekte

### Federscheibe

O.D.=12mm,  
I.D.=10.4mm



### Federkorb

O.D.=9.7mm,  
I.D.=7.25mm



### Leitende O-Ringe

- 7.65x1.78 (Ni)
- 12.62x1.78 (Ag)



### Durchführungs kondensatoren

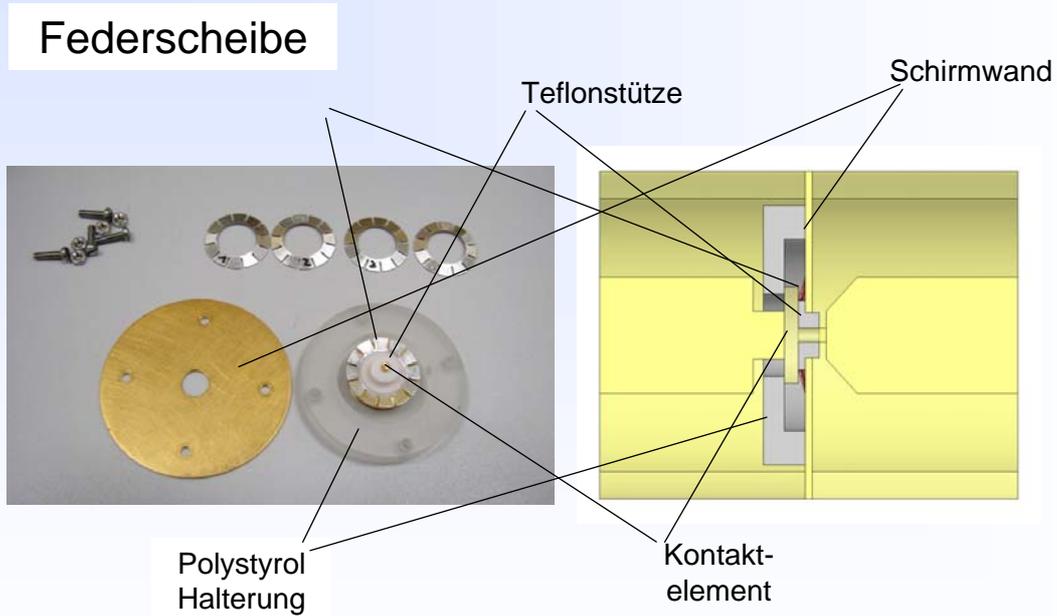
- 22pF (N750)
- 56pF (N1500)
- 2nF (2F4)
- Pi-Filter 4.5nF (2F4)



5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

Bernhard Mund, *bedea*, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 40

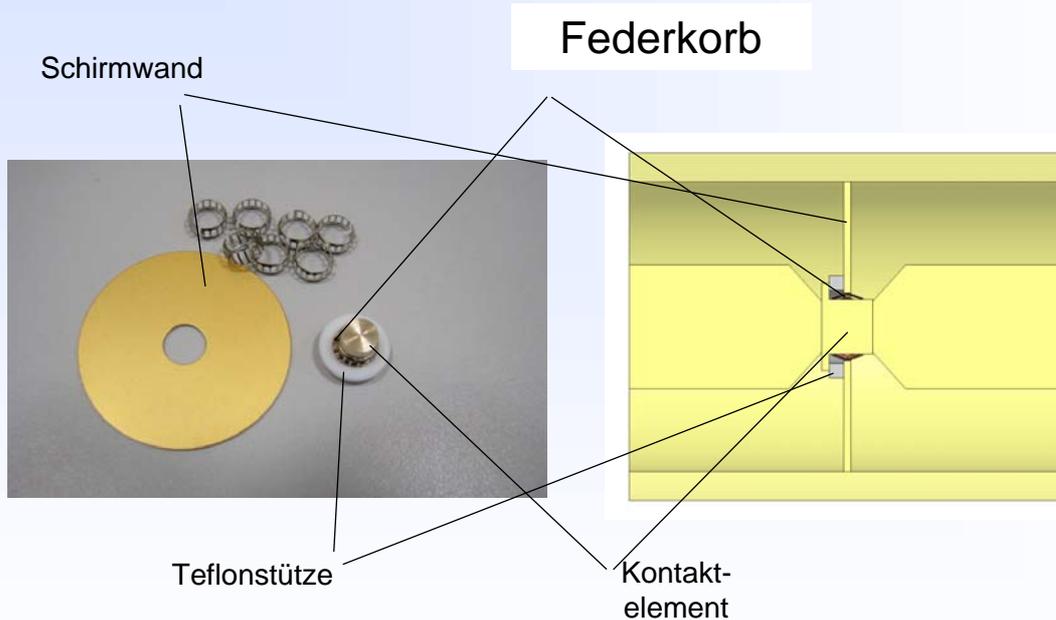
## Vorbereitung der Messobjekte: Federscheibe



5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

Bernhard Mund, *bedea*, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 41

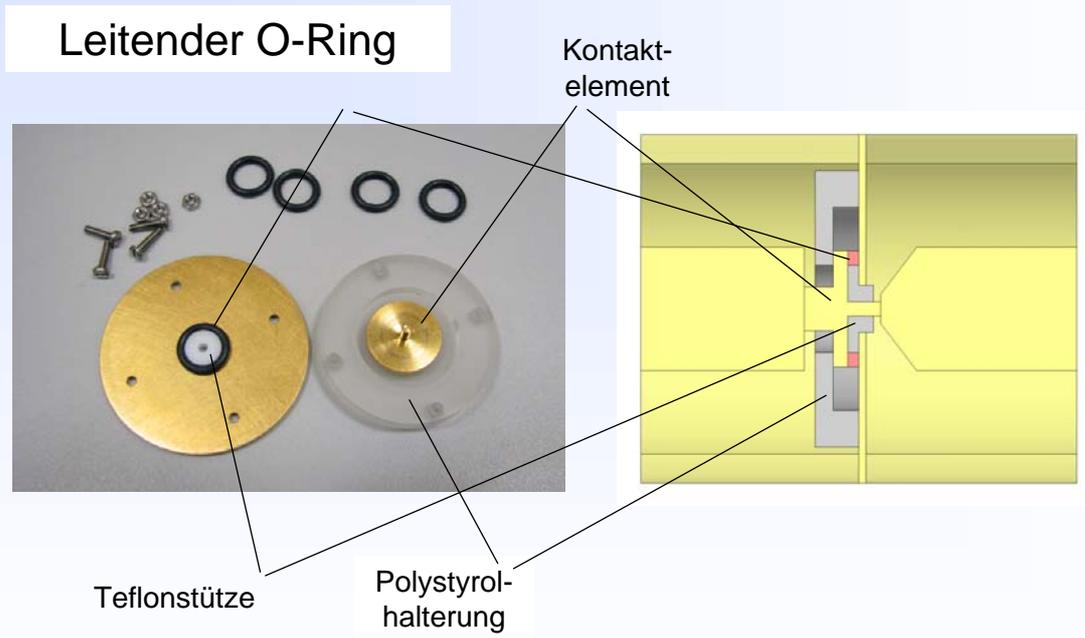
## Vorbereitung der Messobjekte: Federkorb



5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

Bernhard Mund, *bedea*, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 42

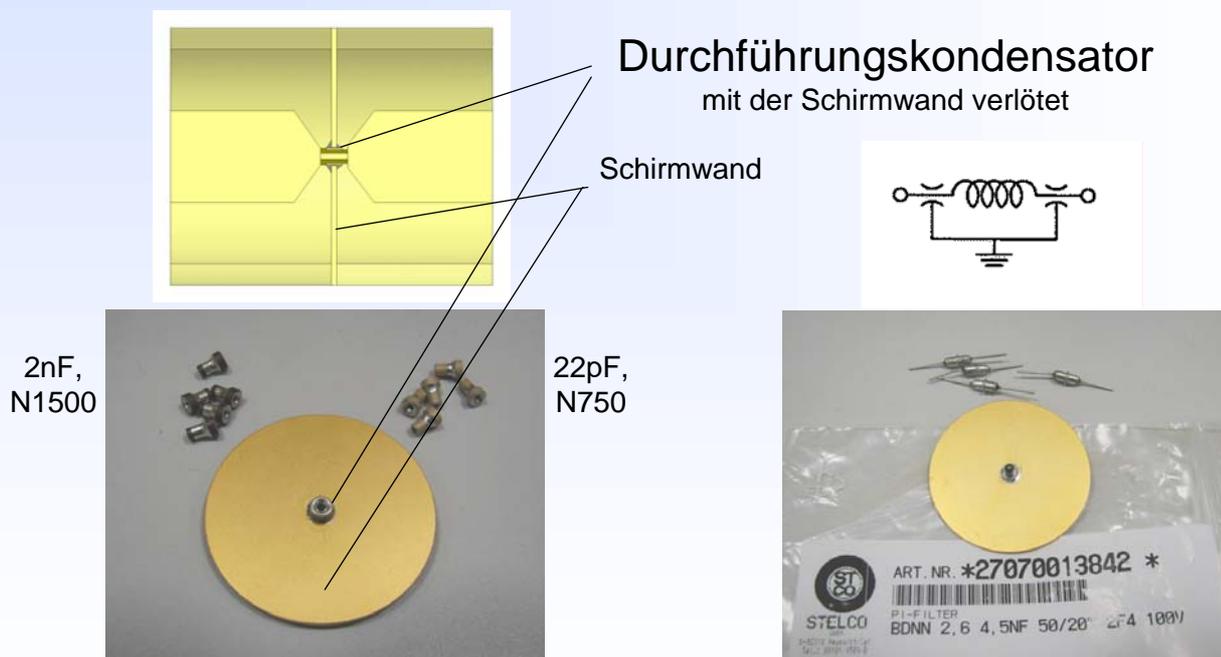
## Vorbereitung der Messobjekte: Leitender O-Ring



5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

Bernhard Mund, *bedea*, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 43

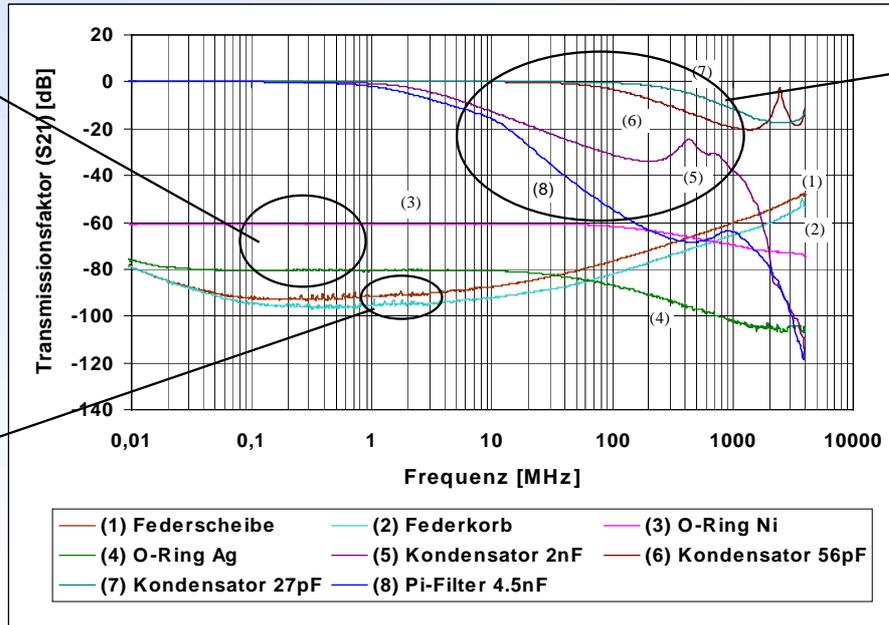
## Vorbereitung der Messobjekte: DuKo



5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

Bernhard Mund, *bedea*, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 44

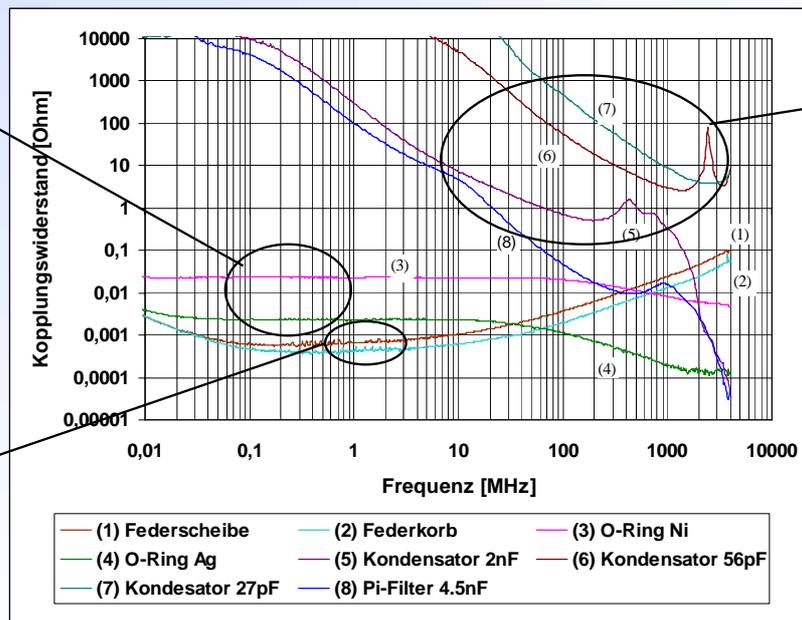
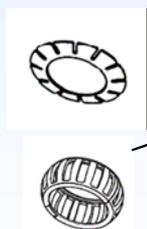
# Messergebnisse: Transmissionsfaktoren



5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

Bernhard Mund, bedea, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 45

# Messergebnisse: Kopplungswiderstände



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

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

für  $|S_{21}| \ll 1$

5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

Bernhard Mund, bedea, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 46

## Internationale Normen

<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 62153-4-4)	2002

5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

Bernhard Mund, *bedea*, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 47

## Literatur

- [1] Bernhard Mund, EMV von Steckverbindern und Verbindungskabeln, 4. Anwenderkongress Steckverbinder 2010, Vogel Verlag, Würzburg,
- [2] Bernhard Mund, Thomas Schmid: Messen der Schirmdämpfung von Steckverbindern, Kabeldurchführungen und EMV-Dichtungen, 3. Anwenderkongress Steckverbinder 2009, Vogel Verlag, Würzburg
- [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
- [8] F.M. Tesche et al: EMC Analysis Methods, Wiley, 1997
- [9] Prof. Dr. Münzner et. al., Untersuchungen und Simulation an Triaxialer Zelle, Hochschule Ulm

5. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg 2011

Bernhard Mund, *bedea*, [bmund@bedea.com](mailto:bmund@bedea.com), Thomas Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.de](mailto:thomas.schmid@rosenberger.de) 48