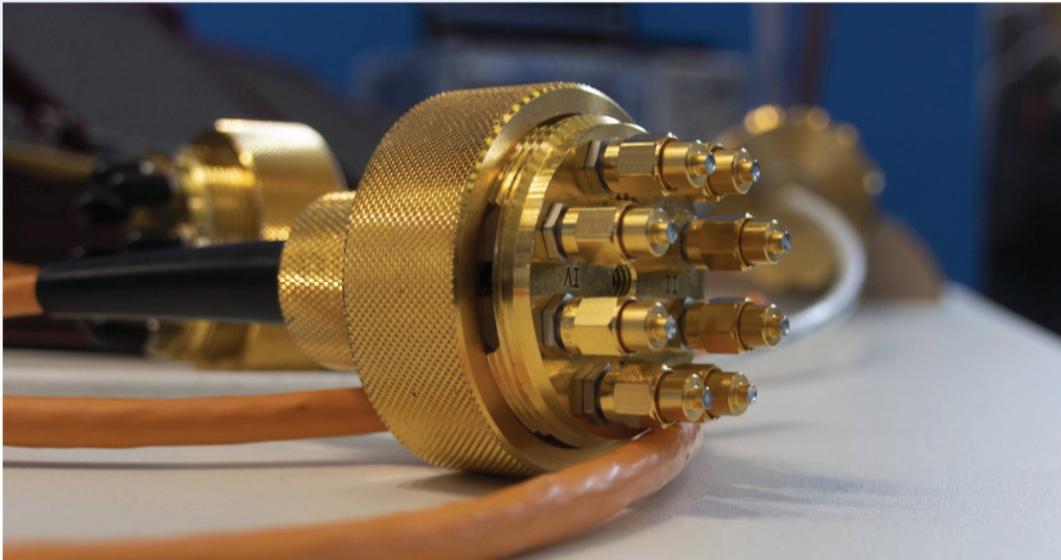


## Workshop EMV Messtechnik

### 13. Anwenderkongress Steckverbinder 2019 EMV von Kabeln & Steckern mit dem Triaxialverfahren



13. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg, Juli 2019

B. Mund, bda connectivity, [bernhard.mund@bda-c.com](mailto:bernhard.mund@bda-c.com), T. Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.com](mailto:thomas.schmid@rosenberger.com) 1

## Inhalt

- EMV Einführung
  - Begriffe und Definitionen, Systemtests, Übersicht
  - Emmission- und Immisionsprüfungen
- Triaxialverfahren
  - Kopplungswiderstand & Schirmdämpfung
  - EMV von Steckern & Assemblies
- Kopplungsdämpfung symmetrischer Kabel und Stecker
- Kopplungsdämpfung ungeschirmter symmetrischer Kabel
- Triaxiale Zelle
- Diskussion

13. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg, Juli 2019

B. Mund, bda connectivity, [bernhard.mund@bda-c.com](mailto:bernhard.mund@bda-c.com), T. Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.com](mailto:thomas.schmid@rosenberger.com) 2

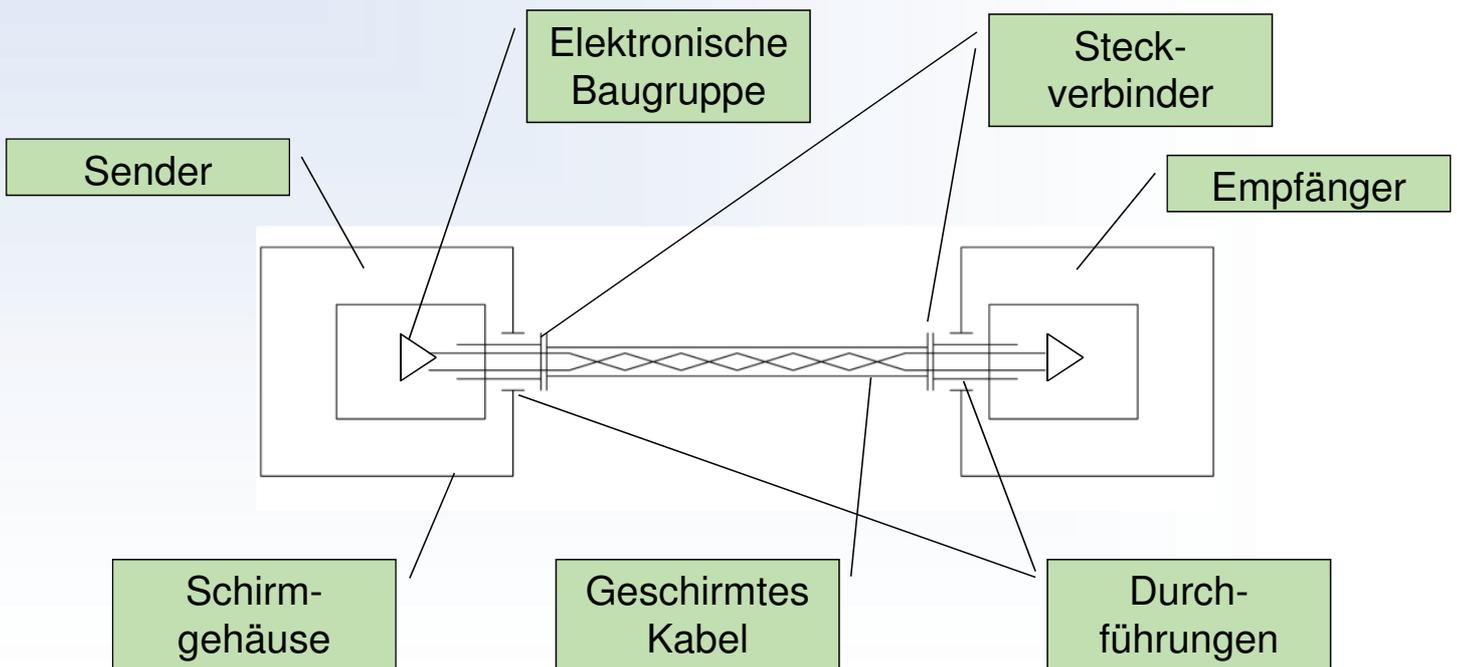
# EMV, Definition

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

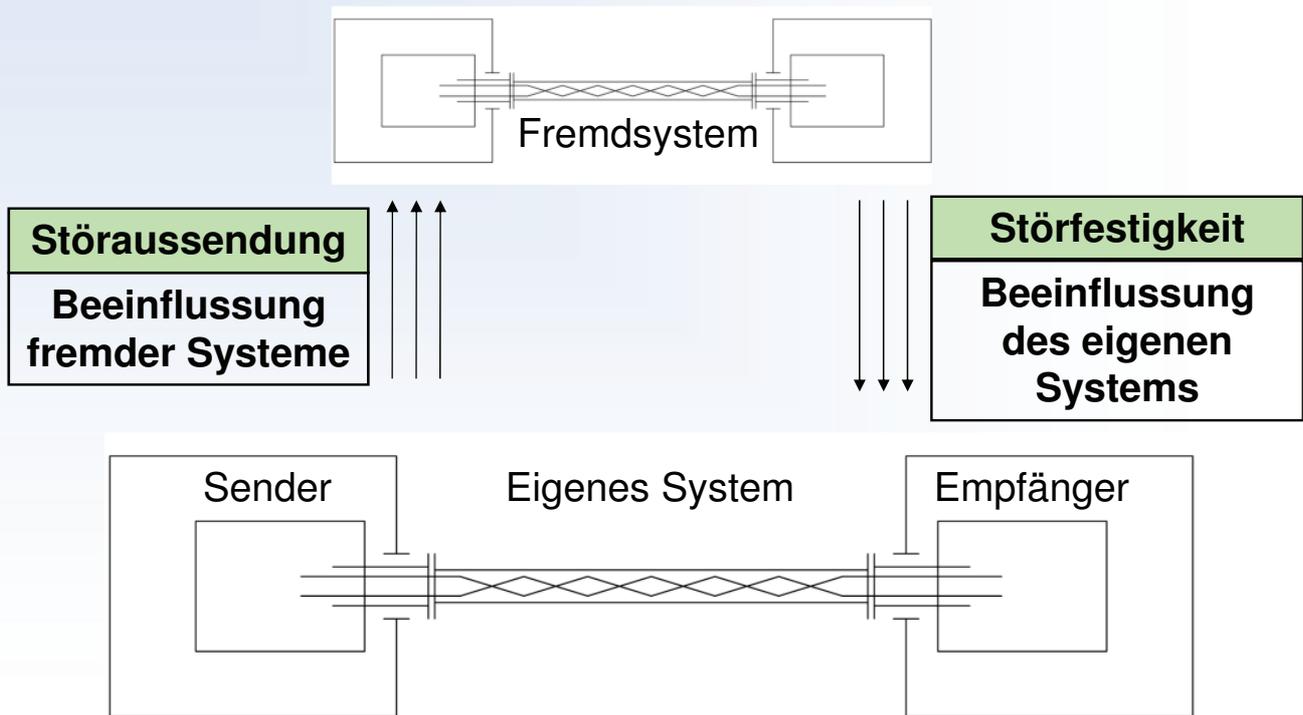
**Definition nach VDE 0870:**

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

# Beispiel: Übertragungssystem



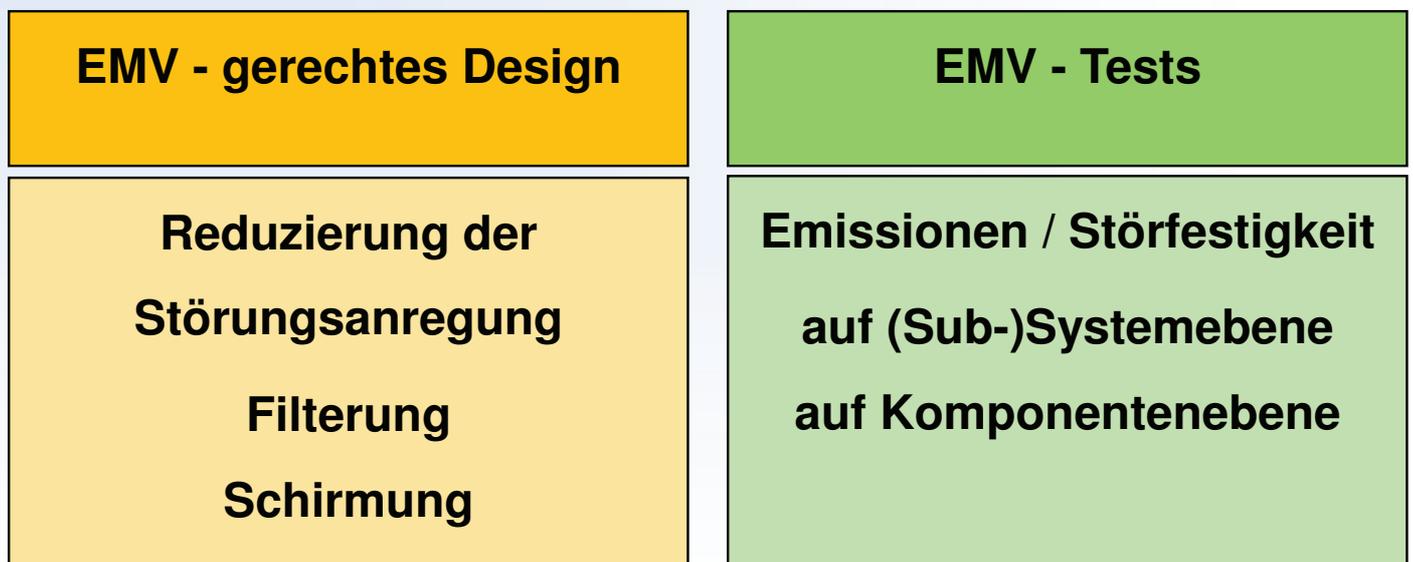
## Störaussendung / Störfestigkeit



13. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg, Juli 2019

B. Mund, bda connectivity, [bernhard.mund@bda-c.com](mailto:bernhard.mund@bda-c.com), T. Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.com](mailto:thomas.schmid@rosenberger.com) 5

## Sicherstellung der EMV



13. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg, Juli 2019

B. Mund, bda connectivity, [bernhard.mund@bda-c.com](mailto:bernhard.mund@bda-c.com), T. Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.com](mailto:thomas.schmid@rosenberger.com) 6

# Beispiele für EMV-Tests auf (Sub-)Systemebene

**Emissionsprüfungen  
(Störaussendung)**

z.B. CISPR 25

- Antenne
- Stripline
- ...

**Immunitätsprüfungen  
(Störfestigkeit)**

z.B. ISO 11452

- Antenne
- Bulk Current Injection
- Stripline
- ...

# Emissionsmessung mit Antenne

**Messempfänger**      **Prüfling**

**Bikonische Antenne  
30-200MHz**

**Absorber-  
raum**

**Kabelbaum**

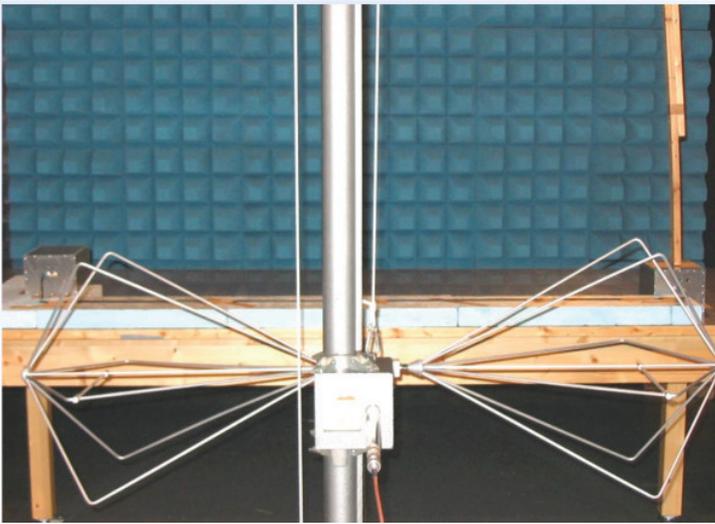
**Log per. Ant  
200-1000MHz**

**Stab Antenne  
< 30MHz**

Vertical polarisation

# Emissionsmessung mit Antenne

## Messung nach CISPR 25



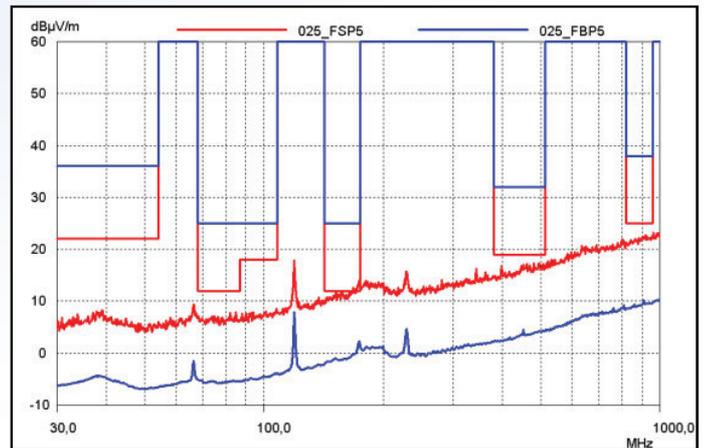
Breitbandmessung erfordert Antennenwechsel

Spitzenwert-Messung (PEAK):

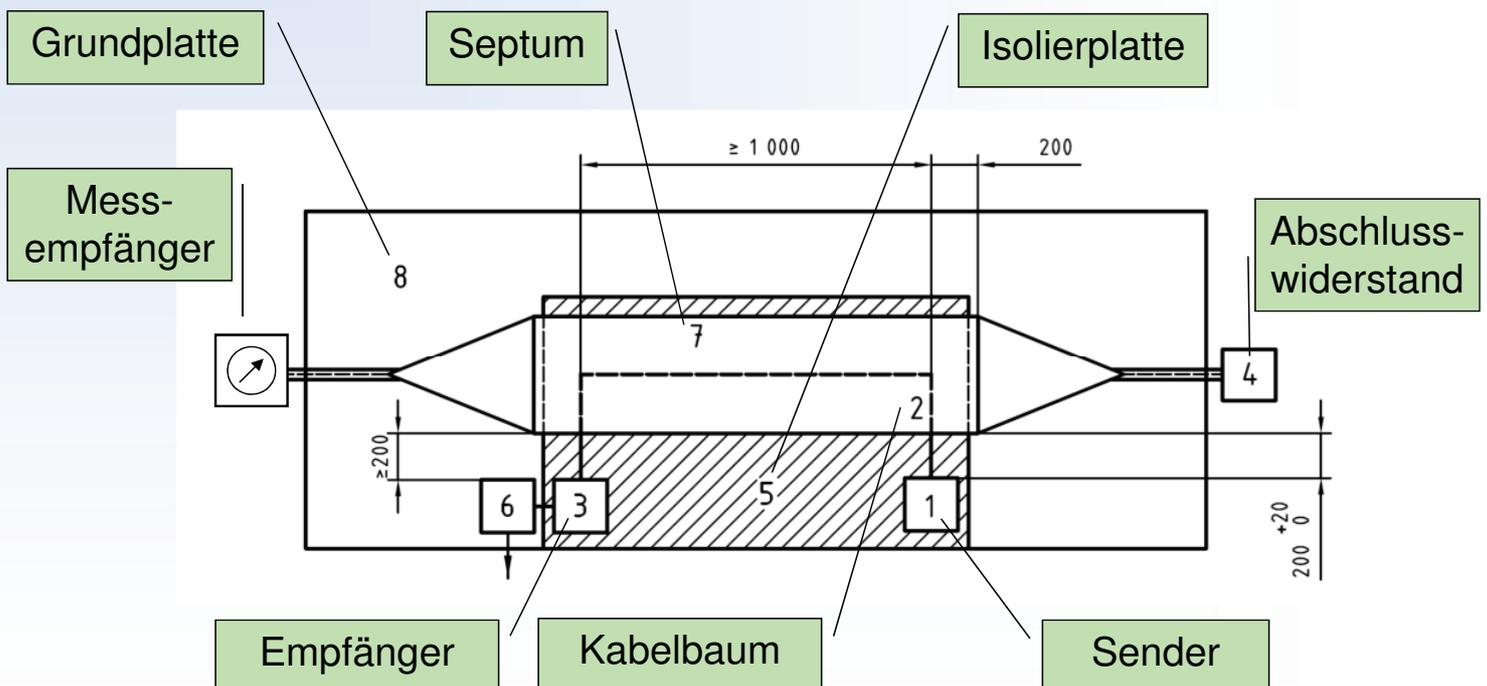
rote Kurve (blaues Limit)

Mittelwert-Messung (AVERAGE):

blaue Kurve (rotes Limit)



# Stripline - Test



## Emissionsmessung mit Stripline

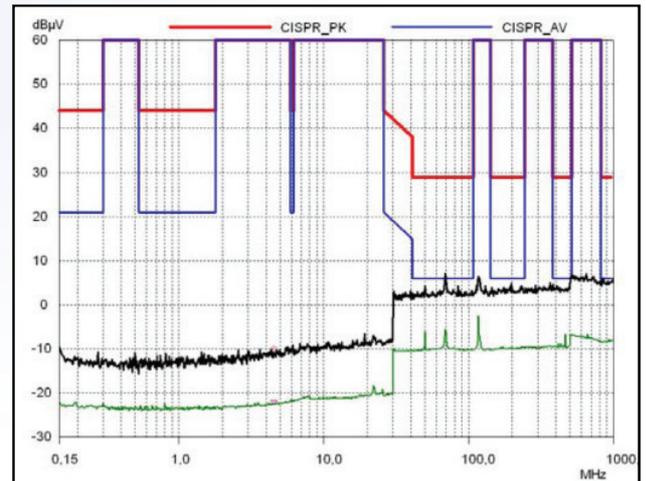
### Messung nach CISPR 25



Stripline im Absorberraum  
Schirmkabine reicht aus

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

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



## Störfestigkeitsprüfungen

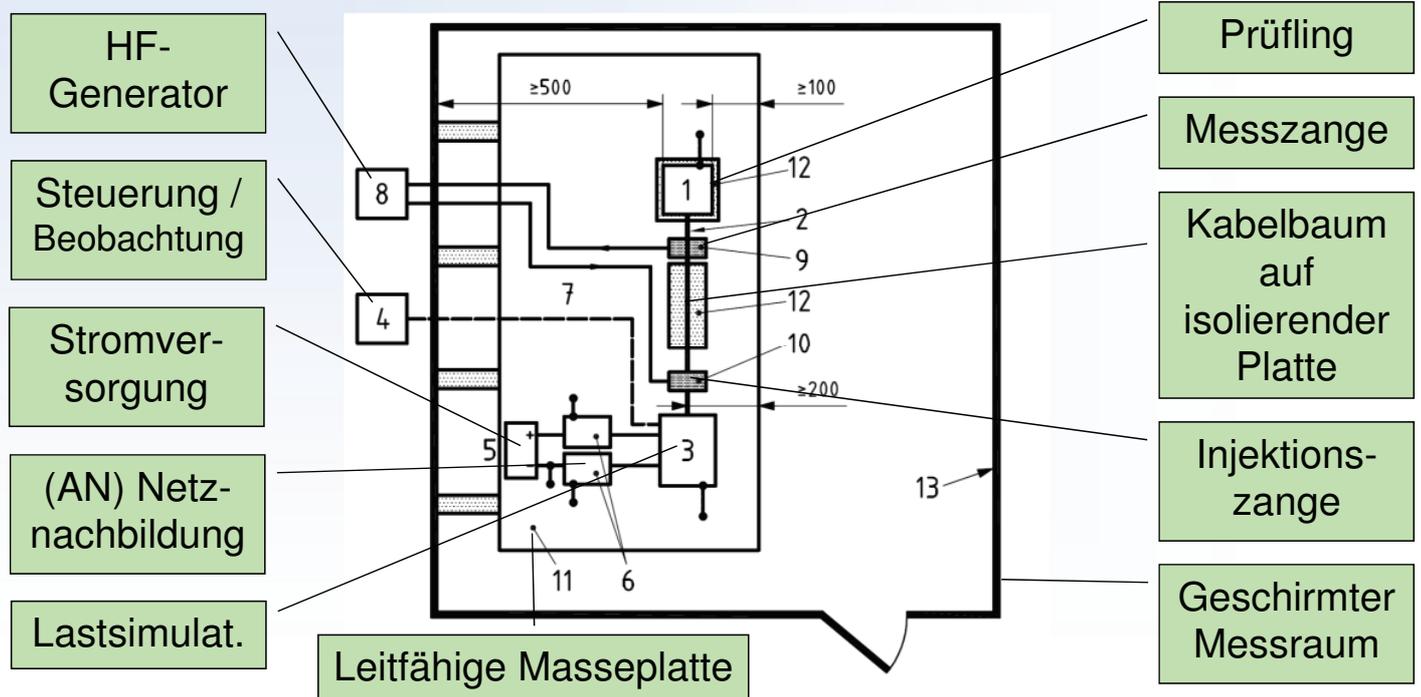
Der Prüfling wird einem EM-Feld mit spezifizierter  
Feldstärke ausgesetzt:

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

Einprägen eines Störstromes spezifizierter Stärke:

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

## Bulk Current Injection (BCI) Test



13. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg, Juli 2019

B. Mund, bda connectivity, [bernhard.mund@bda-c.com](mailto:bernhard.mund@bda-c.com), T. Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.com](mailto:thomas.schmid@rosenberger.com) 13

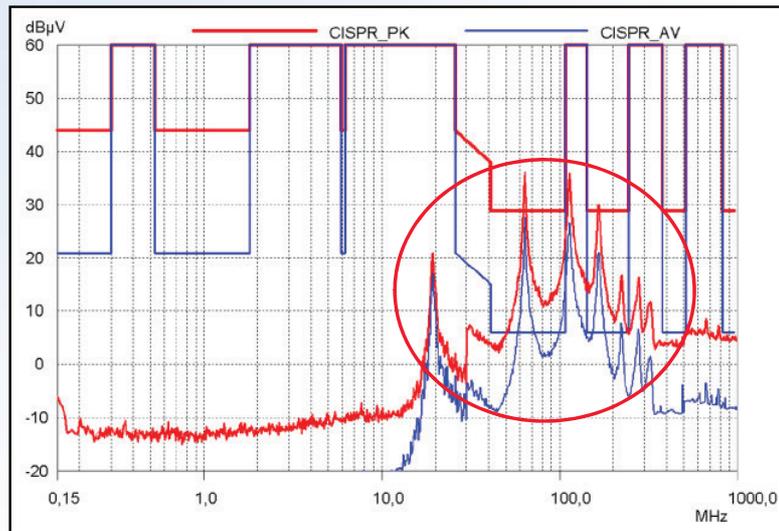
## Zusammenfassung EMV-Systemtest

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

13. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg, Juli 2019

B. Mund, bda connectivity, [bernhard.mund@bda-c.com](mailto:bernhard.mund@bda-c.com), T. Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.com](mailto:thomas.schmid@rosenberger.com) 14

# Was tun wenn die Limits überschritten werden?

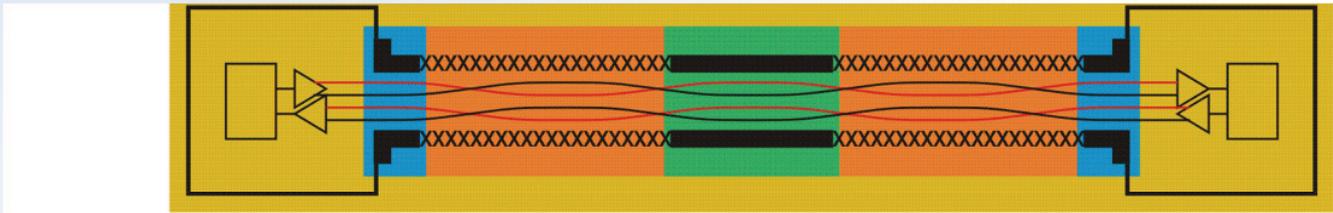


=> Messung der Einzelkomponenten des Systems !!!

# Testfunktionsschema für passive Komponenten

<b>Beeinflussungsmodell</b>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 60px; margin: auto;">Stör Quelle</div> <span style="font-size: 24px;">→</span>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 60px; margin: auto;">Kopplungs- pfad</div> <span style="font-size: 24px;">→</span>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 60px; margin: auto;">Stör Senke</div>
<b>Überführung</b>	Standardisierte Quelle	Kopplungs- widerstand, Schirm- dämpfung	Standardisierte Last
<b>Testaufbau</b>	Generator (NWA Port 1)	Transmissionsfaktor (S-Parameter S21)	Empfänger (NWA Port 2)

# Komponententest mit Kopplungsmessrohr



Component Tests

IEC 62153-4-4

Kabel

IEC 62153-4-7

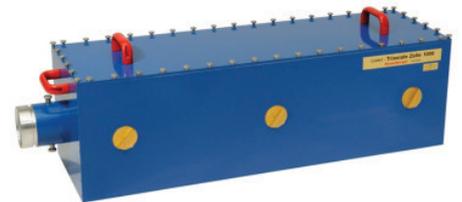
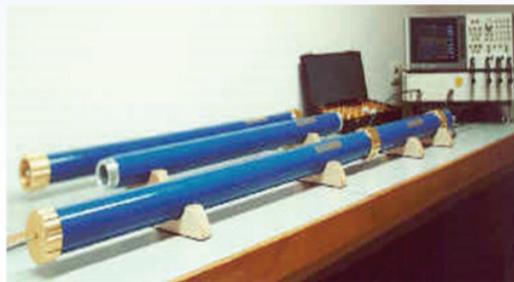
Steckverbinder

IEC 62153-4-10

Durchführungen

## CoMeT

Coupling  
Measuring  
Tube



13. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg, Juli 2019

B. Mund, bda connectivity, [bernhard.mund@bda-c.com](mailto:bernhard.mund@bda-c.com), T. Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.com](mailto:thomas.schmid@rosenberger.com) 17

# Mess-System CoMeT



Test set-up CoMeT

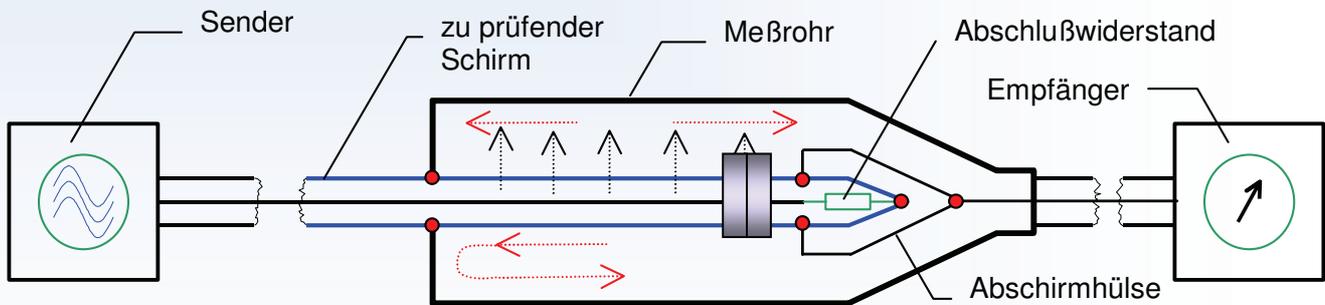
13. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg, Juli 2019

B. Mund, bda connectivity, [bernhard.mund@bda-c.com](mailto:bernhard.mund@bda-c.com), T. Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.com](mailto:thomas.schmid@rosenberger.com) 18

## Messen mit dem Triaxial-Verfahren, Prinzip

### Kopplungswiderstand & Schirmdämpfung

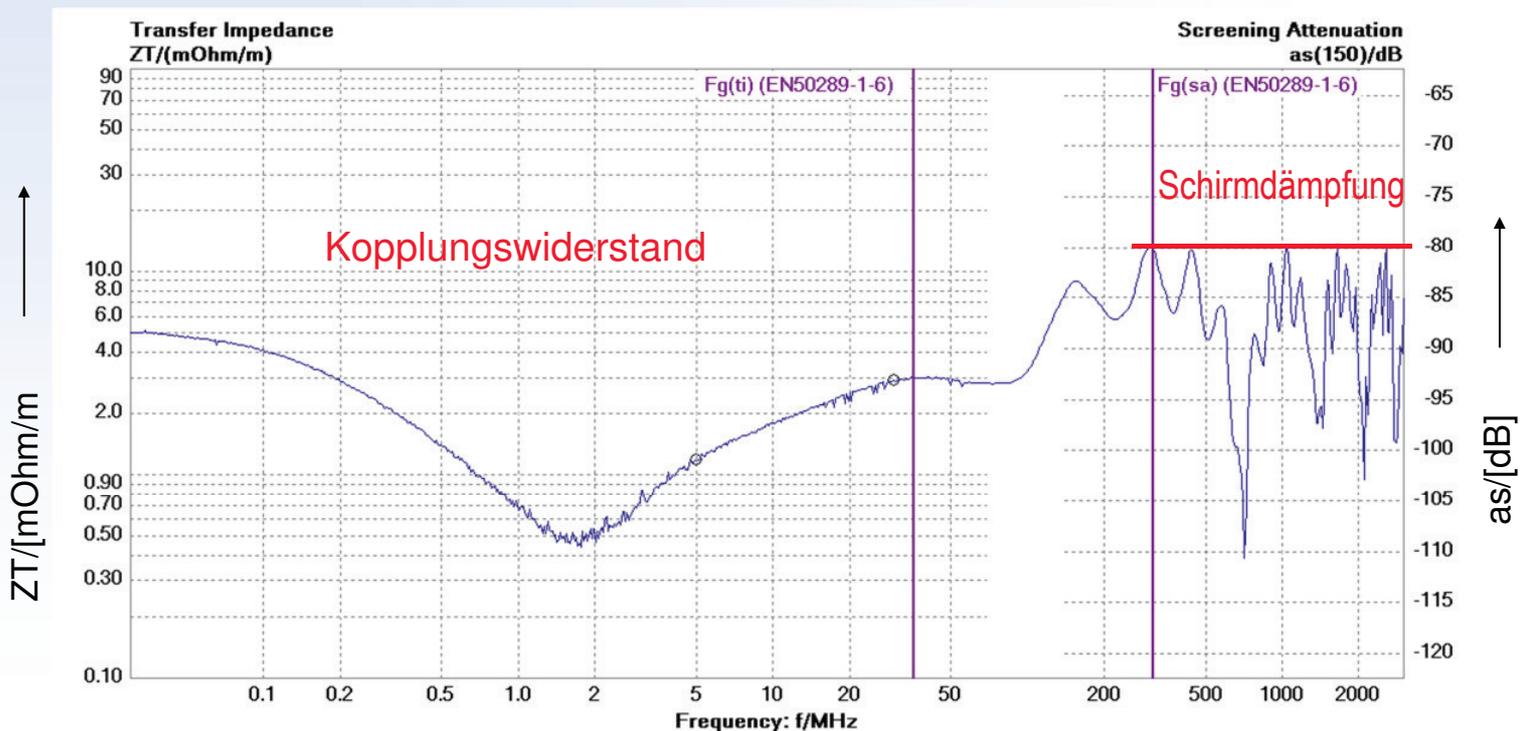
DC bis über 9 GHz mit einem Messaufbau



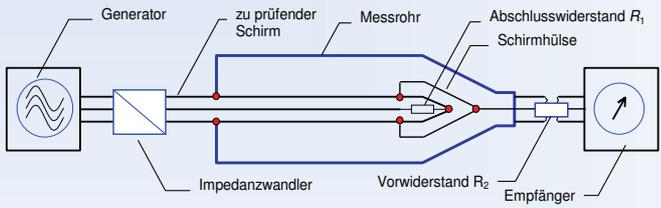
IEC 62153-4-3 & /-4-4Ed2 - Kopplungswiderstand, Schirmdämpfung, Triaxialverfahren

IEC 62153-4-7Ed2 - Kopplungswiderstand & Schirmdämpfung von Steckern und von konfektionierten Kabeln – Rohr in Rohr Verfahren

## Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung



# Änderungen der IEC 62153-4-3, Kopplungswiderstand

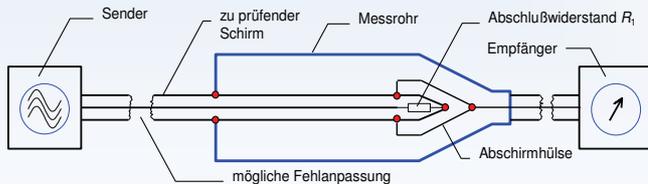


**Verfahren A:** Angepasster innerer Kreis mit Dämpfungswiderstand  $R_2$

matched – matched – short

$$Z_T = \frac{R_1(Z_0 + R_2)}{Z_0 \cdot L_c} \cdot 10$$

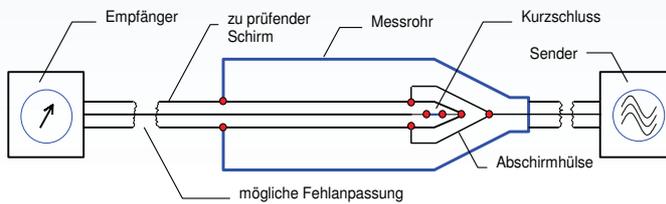
$$\left\{ \frac{a_{\text{meas}} - a_{\text{cal}} - \left( a_{\text{pad}} + 10 \log_{10} \left( \frac{Z_0}{Z_{\text{CUT}}} \right) \right)}{20} \right\}$$



**Verfahren B:** Innerer Kreis mit Abschlusswiderstand und äußerer Kreis ohne  $R_2$

mismatched – matched – short

$$Z_T = \frac{R_1 + Z_0}{2 \cdot L_c} \cdot 10^{-\left\{ \frac{a_{\text{meas}} - a_{\text{cal}}}{20} \right\}}$$



**Verfahren C:** (Fehlangepasst)-Kurzschluss- Kurzschluss ohne Dämpfungswiderstand

mismatched – short – short

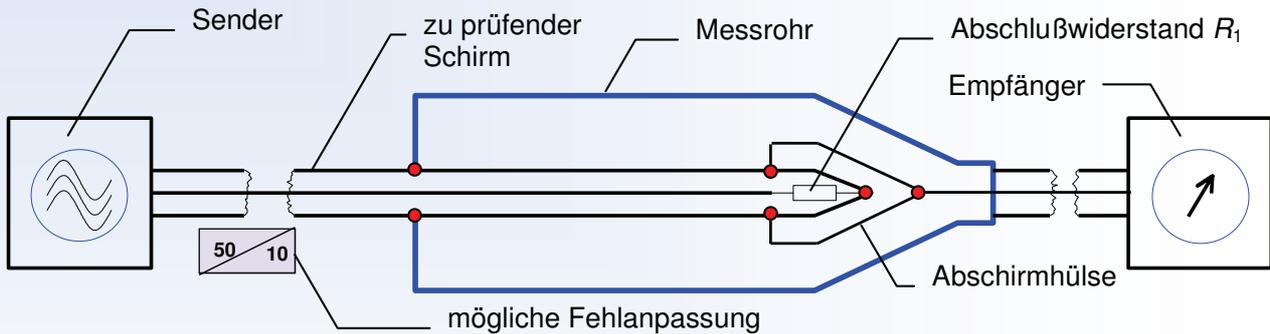
$$Z_T = \frac{Z_0}{2 \cdot L_c} \cdot 10^{-\left\{ \frac{a_{\text{meas}} - a_{\text{cal}}}{20} \right\}}$$

# WinCoMeT-Software

Länge Rohr in Rohr

Verfahren A, bzw. B oder C auswählen

## Änderungen der IEC 62153-4-4, Schirmdämpfung



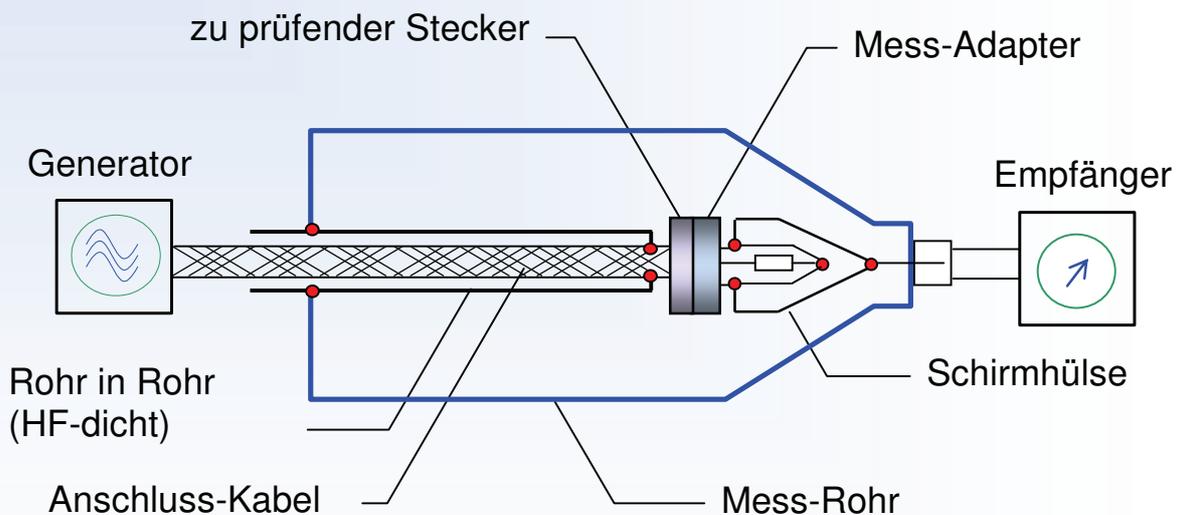
Innerer Kreis mit Abschlusswiderstand  $R_1 = Z_1$  und äußerer Kreis ohne Dämpfungswiderstand

$$a_s = 10 \cdot \log_{10} \left| \frac{P_1}{P_{r,max}} \right| = 10 \cdot \log_{10} \left| \frac{P_1}{P_{2,max}} \cdot \frac{2 \cdot Z_S}{Z_1} \right| = Env \left\{ -20 \cdot \log_{10} |S_{21}| + 10 \cdot \log_{10} |1 - r^2| + 10 \cdot \log_{10} \left| \frac{300\Omega}{Z_1} \right| \right\}$$

Der Term  $|1 - r^2|$  stellt hier die Reflexionsdämpfung durch die Fehlanpassung zwischen Generator und Prüfling dar. Bei einer Fehlanpassung von 50 Ohm Generatorwiderstand auf z.B. 10 Ohm Wellenwiderstand des Prüflings ergibt sich damit ein Korrekturwert von ca. 2,5 dB !

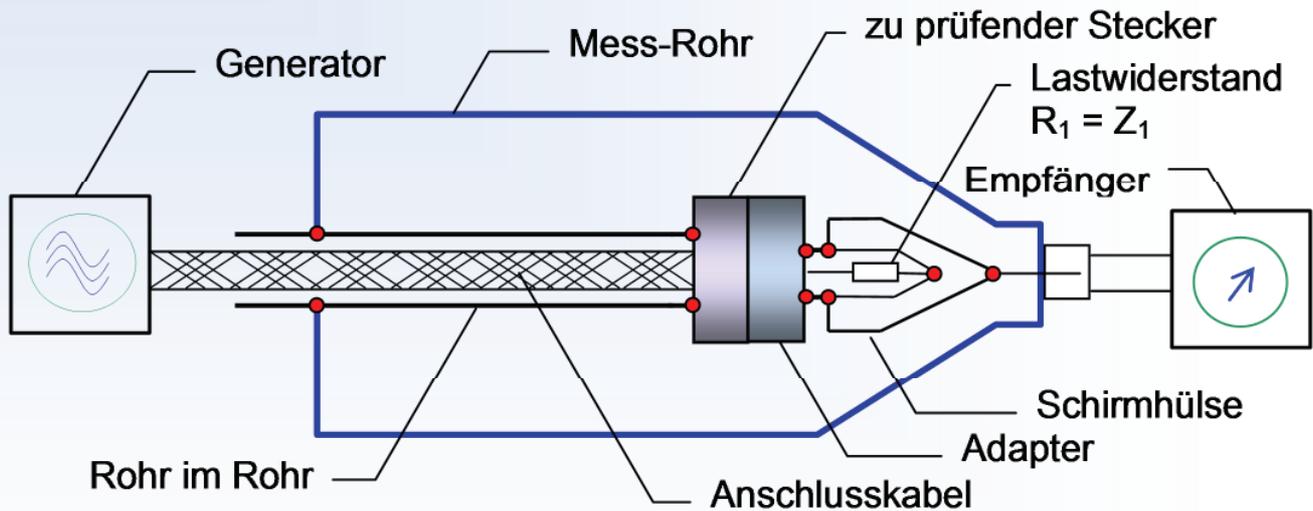
Reflexionskoeffizient  $r = \left( \frac{Z_0 - Z_1}{Z_0 + Z_1} \right)$

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



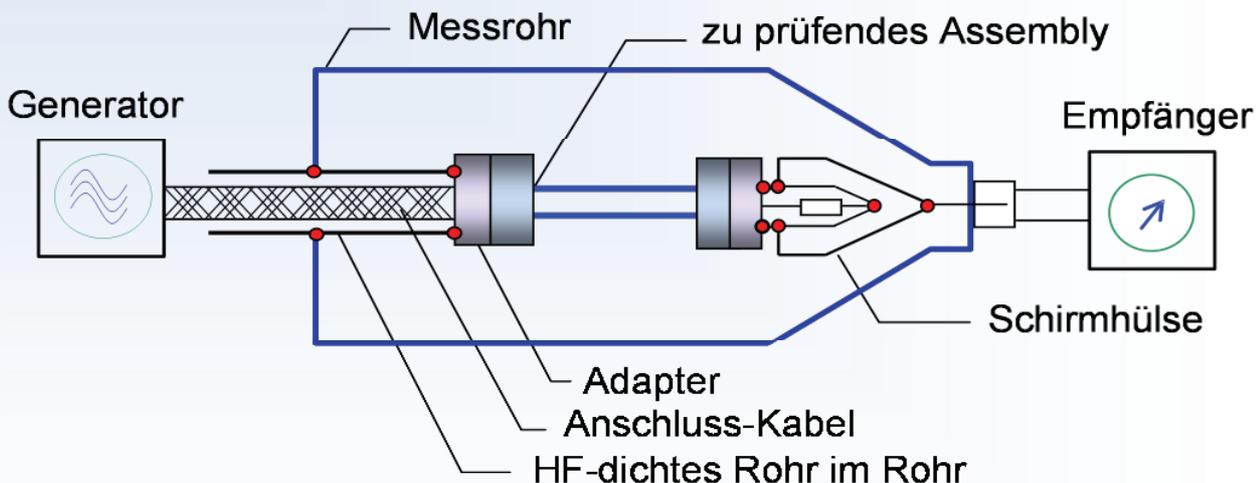
Rohr im Rohr"-Verfahren IEC 62153-4-7Ed2, Kopplungswiderstand, Schirmdämpfung und Kopplungsdämpfung von Steckern und Assemblies

## IEC 62153-4-7Ed2, Rohr in Rohr-Verfahren, Amendment 1



Stecker direkt mit dem Rohr im Rohr bzw. mit dem Adapter verbunden !  
IEC 62153-4-7Ed2, Tube in tube procedure, Amendment 1

## Messung von konfektionierten Kabeln

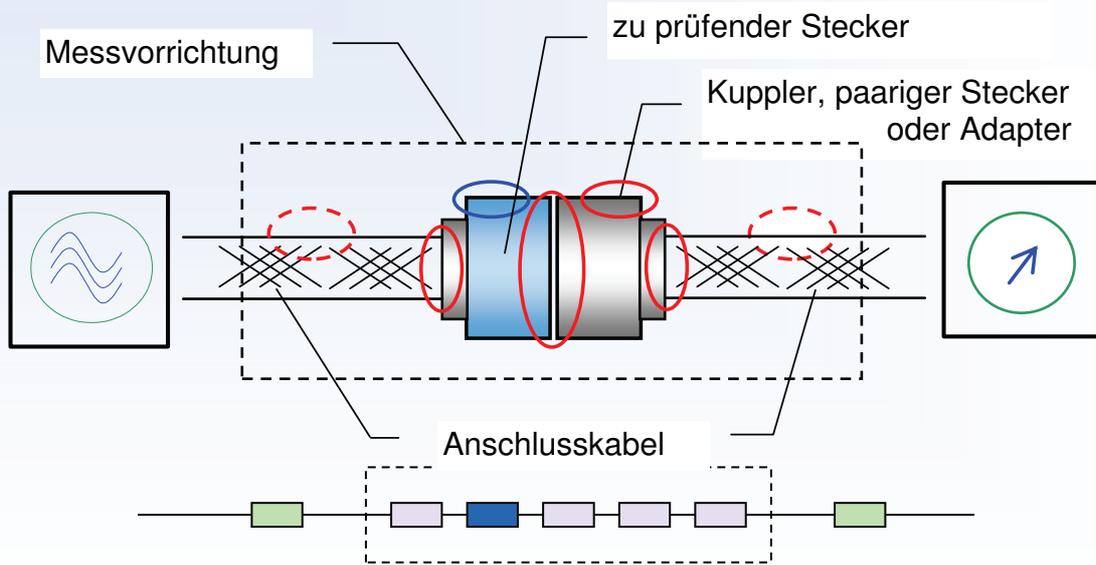


Adapter ist direkt mit dem "Rohr im Rohr" verbunden

IEC 62153-4-7Ed2, Tube in tube test procedure (connectors & assemblies)

## Allgemeine Messprobleme bei Steckern

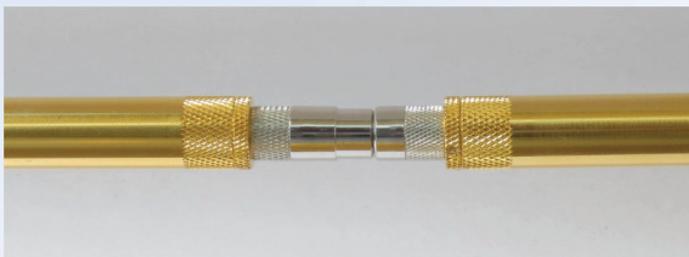
Stecker können nur in gestecktem Zustand gemessen werden !



Kopplungswiderstände addieren sich !

Übergänge sind daher von so geringer Impedanz wie möglich auszuführen.

## Mess-Adapter, IEC 61169-2 - Stecker

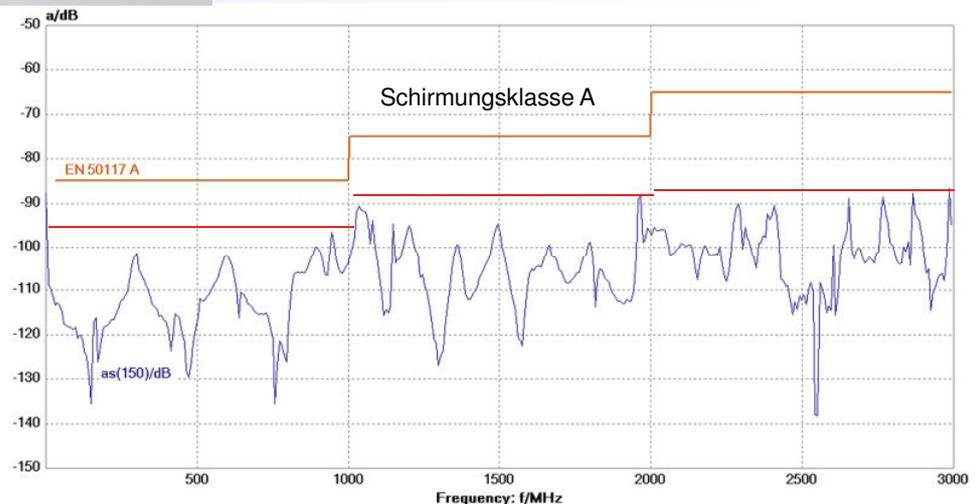


Mess-Adapter aus IEC 61169-2 - Stecker und IEC 61169-2 - Kuppler jeweils mit F- Kuppler (Gewinde) mit "Rohr im Rohr"-Verfahren

Der Mess-Adapter bestimmt die Grenze der Messempfindlichkeit

Die eingesetzten Mess-Adapter müssen im Messprotokoll angegeben werden.

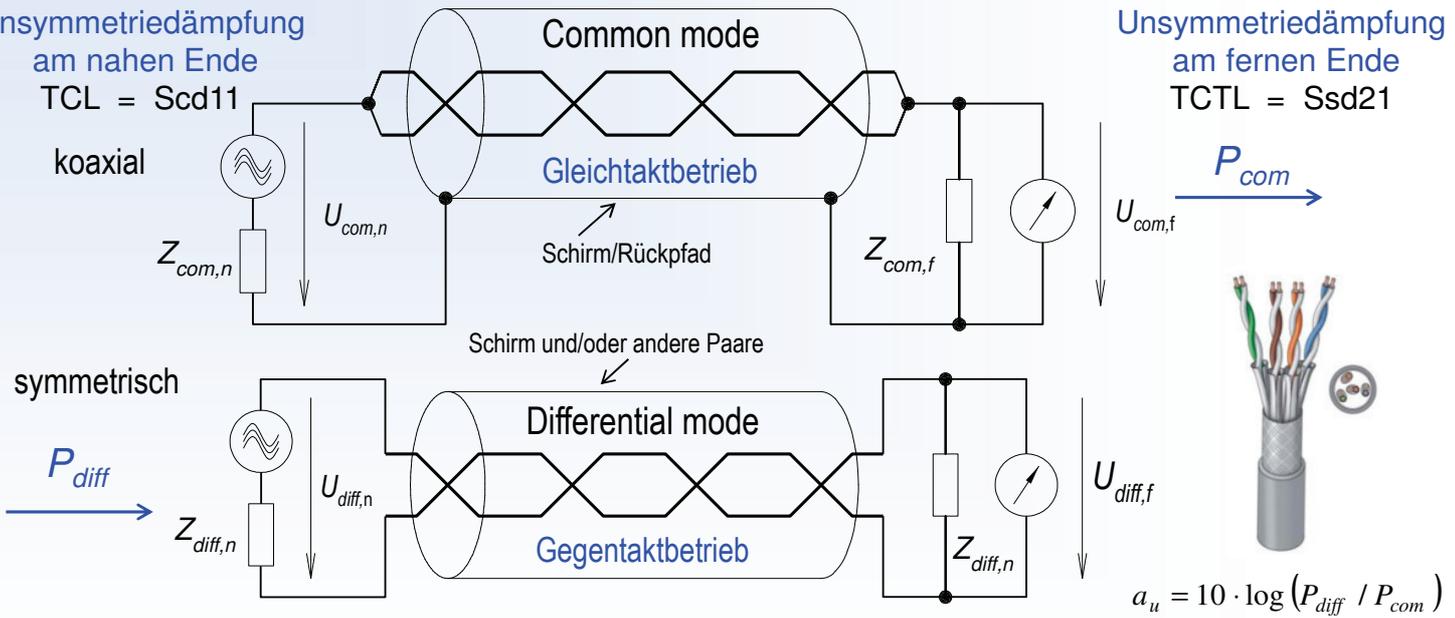
Der Abstand von der Kurve der Adapter sollte min. 10 dB betragen (es gelten nur die max-Werte !!)



## Gegentakt- und Gleichtaktbetrieb

Unsymmetriedämpfung am nahen Ende  
TCL = Scd11

Unsymmetriedämpfung am fernen Ende  
TCTL = Ssd21



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

13. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg, Juli 2019

B. Mund, bda connectivity, [bernhard.mund@bda-c.com](mailto:bernhard.mund@bda-c.com), T. Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.com](mailto:thomas.schmid@rosenberger.com) 29

## Kopplungsdämpfung symmetrischer Kabel

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

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

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

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

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

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

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

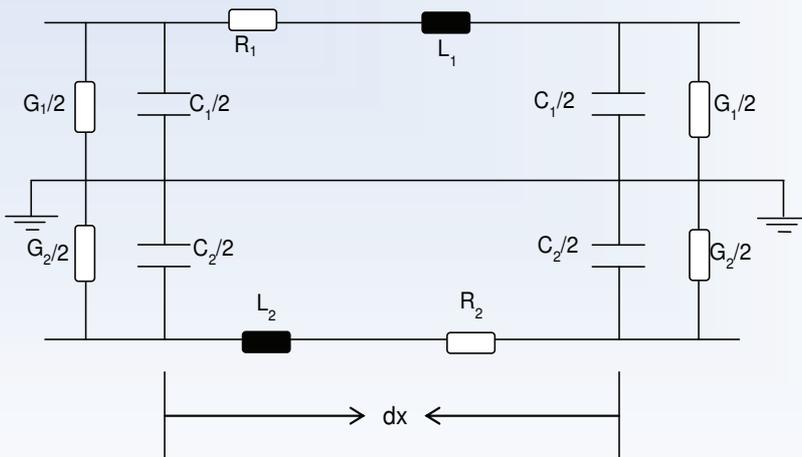
$$a_c \approx a_u + a_s \quad a_c = 10 \cdot \lg\left|\frac{P_{diff}}{P_{com}}\right| + 10 \cdot \lg\left|\frac{P_{com}}{P_{r,max}}\right| \quad a_c = 20 \cdot \lg\left|\frac{U_{diff}}{U_{2,max}}\right| + 10 \cdot \lg\left|\frac{2 \cdot Z_S}{Z_{diff}}\right| \quad (P_{com} = P_1)$$

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

13. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg, Juli 2019

B. Mund, bda connectivity, [bernhard.mund@bda-c.com](mailto:bernhard.mund@bda-c.com), T. Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.com](mailto:thomas.schmid@rosenberger.com) 30

# Berechnung der Unsymmetriedämpfung symmetrischer Paare



**Quer-Unsymmetrie**

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

**Längs-Unsymmetrie**

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

**Unsymmetrie-Kopplungsfunktion**

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

**Summenfunktion:**

Bei hohen Frequenzen nähert sich der asymptotische Wert:

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

und bei tiefen Frequenzen wird die Summenfunktion zu:

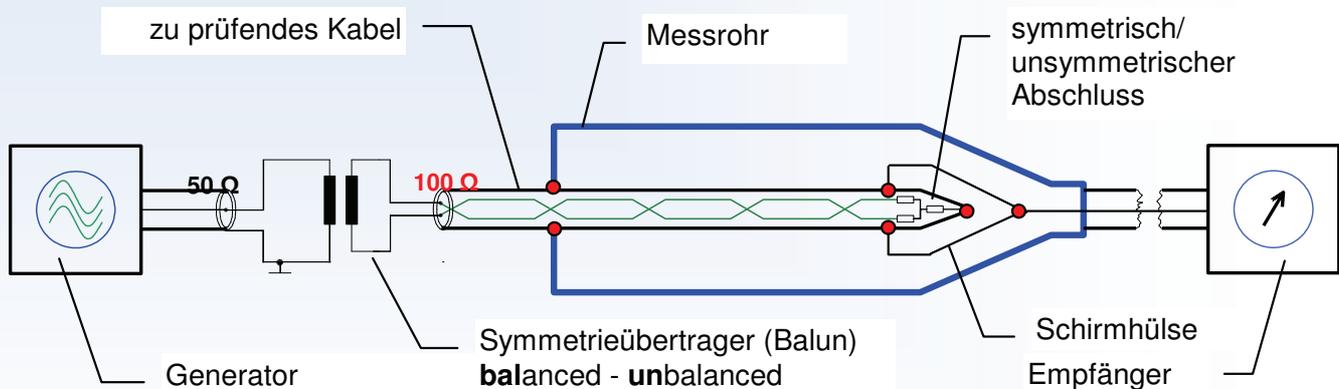
$$|S_n| \rightarrow 1$$

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

13. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg, Juli 2019

# Kopplungsdämpfung mit Triaxialverfahren & Balun

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



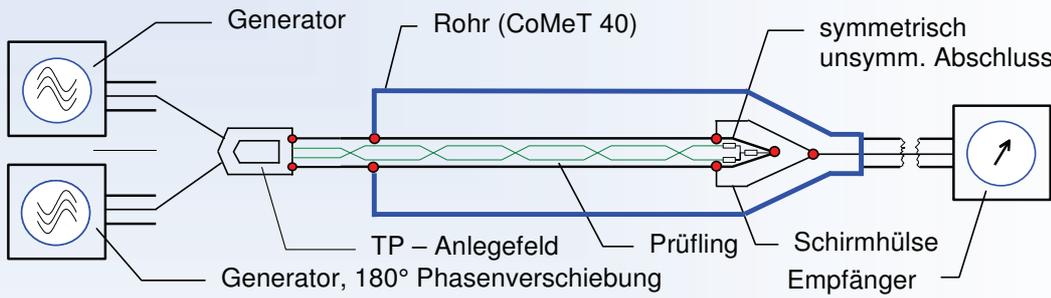
**IEC 62153-4-9Ed2**

Zur Anpassung des (unsymmetrischen) 50-Ohm Ausgangs des Generators an die 100 Ohm des symmetrischen Paares ist ein **Symmetrieübertrager** bzw. ein **Balun** erforderlich.

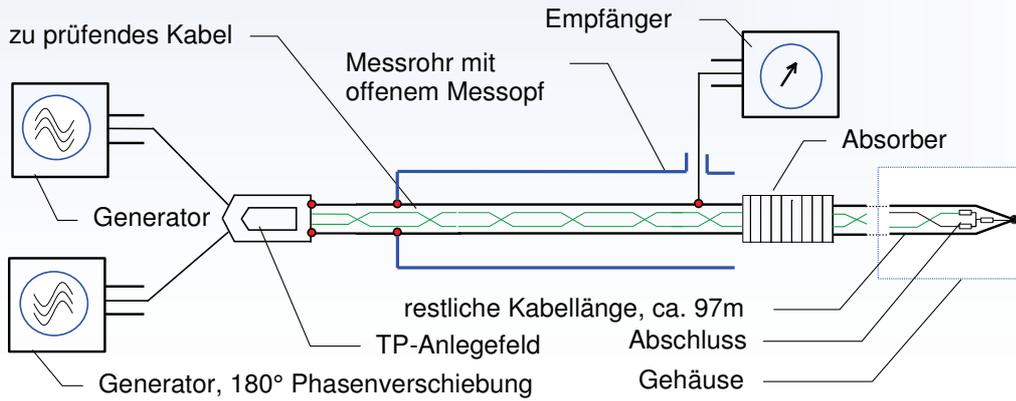
Handelsübliche Symmetrieübertrager sind allerdings nur bis ca. **1,2 GHz** verfügbar. (Mittelanzapfung)

13. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg, Juli 2019

## Kopplungs­dämpfung bis 2 GHz mit virtuellem Balun



Standard Messkopf



offener Messkopf

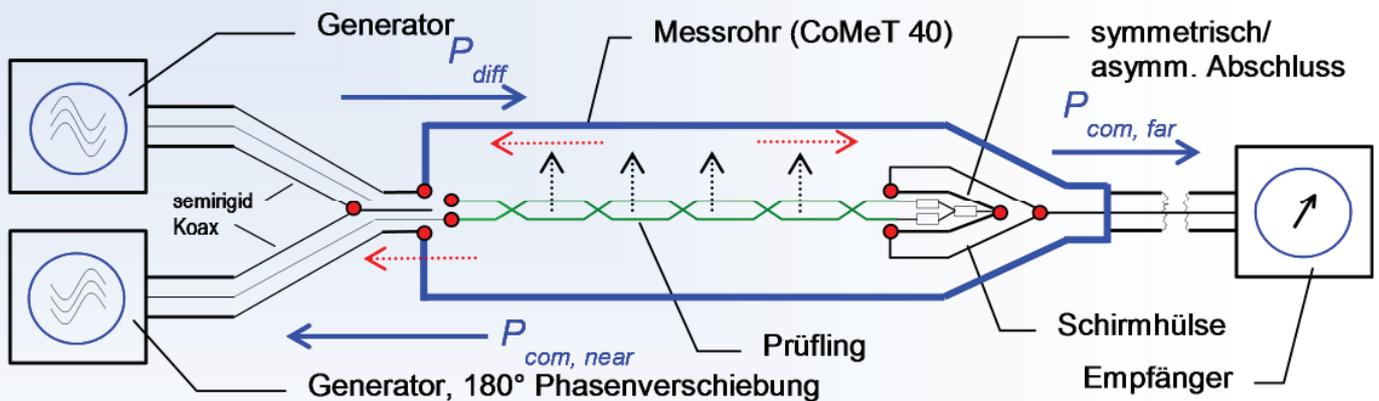


IEC 62153-4-9Ed2

13. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg, Juli 2019

B. Mund, bda connectivity, [bernhard.mund@bda-c.com](mailto:bernhard.mund@bda-c.com), T. Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.com](mailto:thomas.schmid@rosenberger.com) 33

## Ungeschirmte Paare mit Triaxialverfahren - Prinzip



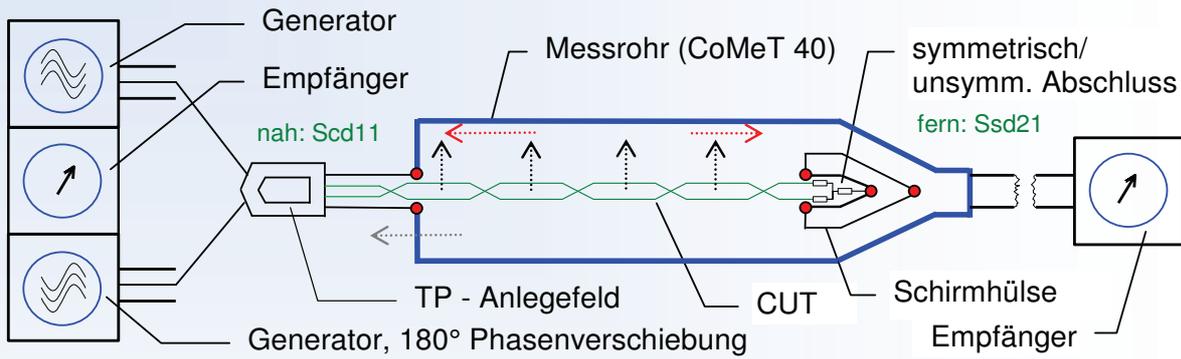
Diese Darstellung zeigt den prinzipiellen Messaufbau zur Messung der Kopplungs­dämpfung **ungeschirmter symmetrischer Paare**. Das Signal kann z.B. über zwei koaxiale semi rigid Kabel gleicher Länge in den Prüfling eingespeist werden. Die Schirme der semi rigid Kabel sind mit dem Messrohr verbunden. Durch die Konversion vom Gegentakt- in den Gleichtaktbetrieb breitet sich im Messrohr eine Welle in beide Richtungen aus.

Da am ungeschirmten Paar kein Schirm vorhanden ist, gibt es am nahen Ende auch keinen Kurzschluss und damit auch keine Totalreflexion; **die Kopplung kann jetzt an beiden Enden gemessen werden.**

13. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg, Juli 2019

B. Mund, bda connectivity, [bernhard.mund@bda-c.com](mailto:bernhard.mund@bda-c.com), T. Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.com](mailto:thomas.schmid@rosenberger.com) 34

## Kopplungs­dämpfung ungeschirmter Paare

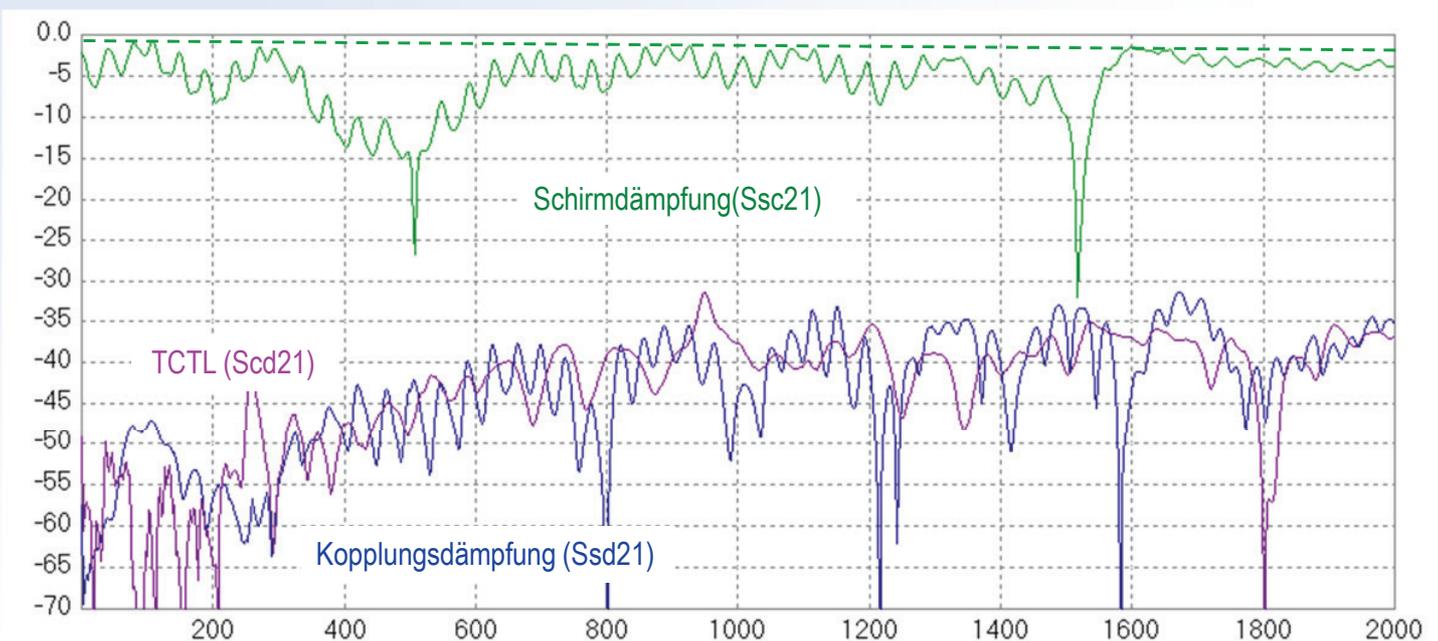


TP-Anlegefeld



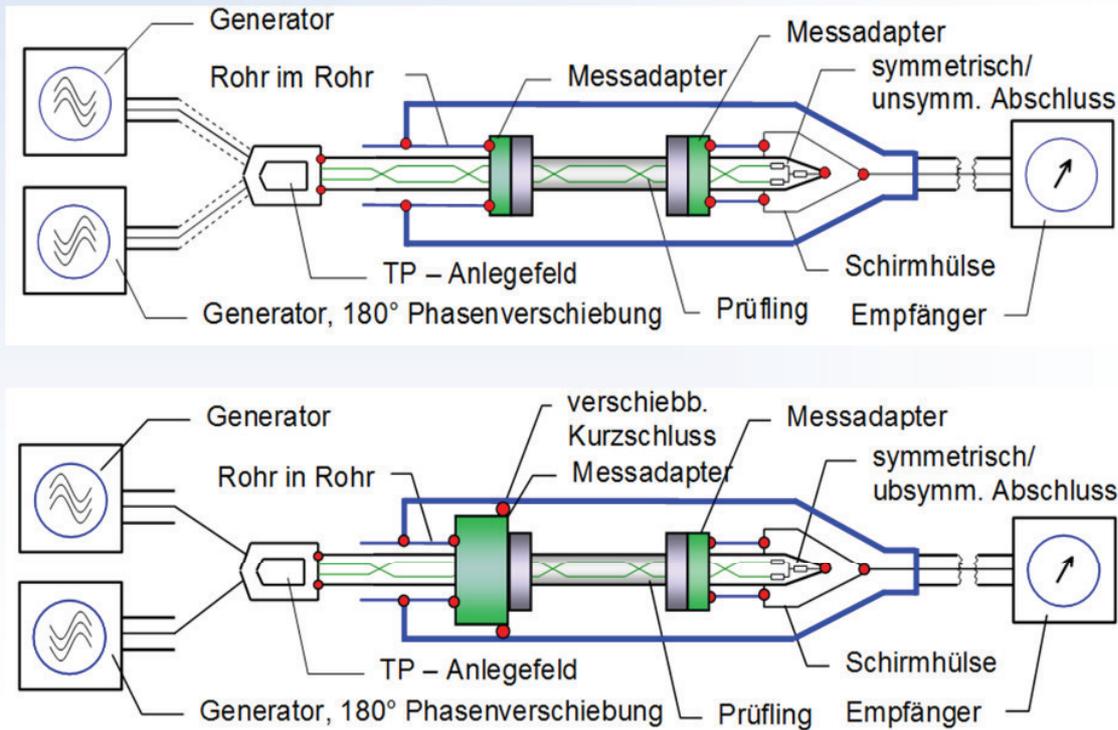
HF-dichte Verbindung zum Messrohr

## Schirm- und Kopplungs­dämpfung ungeschirmter Paare, fernes Ende



Die Schirmdämpfung eines ungeschirmten symmetrischen Paares ist nahezu null !  
Die Kopplungs­dämpfung entspricht nahezu der Unsymmetriedämpfung (TCTL) am fernen Ende

## Symmetrische Stecker & Assemblies



13. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg, Juli 2019

B. Mund, bda connectivity, [bernhard.mund@bda-c.com](mailto:bernhard.mund@bda-c.com), T. Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.com](mailto:thomas.schmid@rosenberger.com) 37

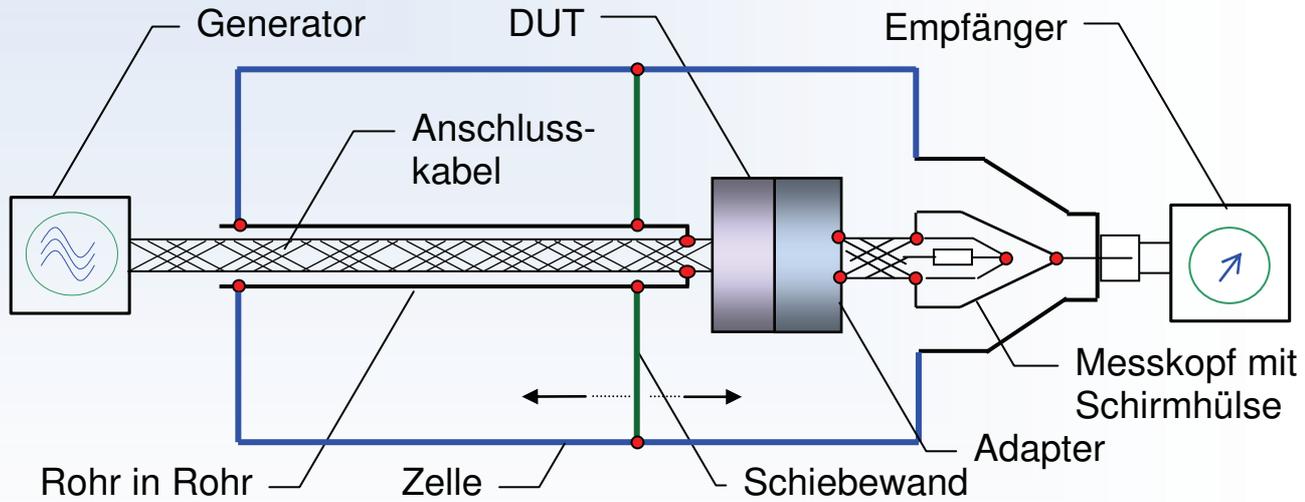
## verschiedene Triaxiale Zellen des CoMeT Systems



13. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg, Juli 2019

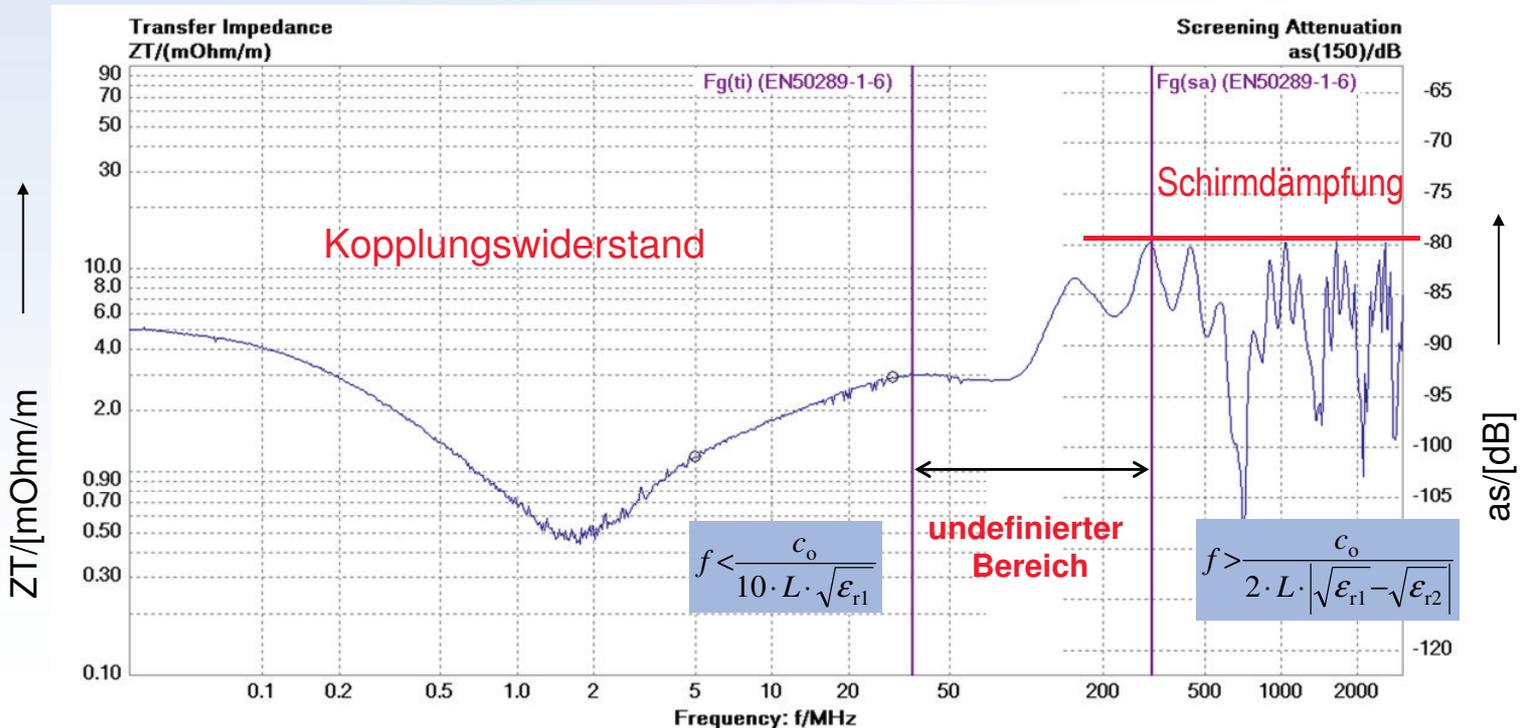
B. Mund, bda connectivity, [bernhard.mund@bda-c.com](mailto:bernhard.mund@bda-c.com), T. Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.com](mailto:thomas.schmid@rosenberger.com) 38

# Triaxiale Zelle mit Rohr in Rohr und Schiebewand

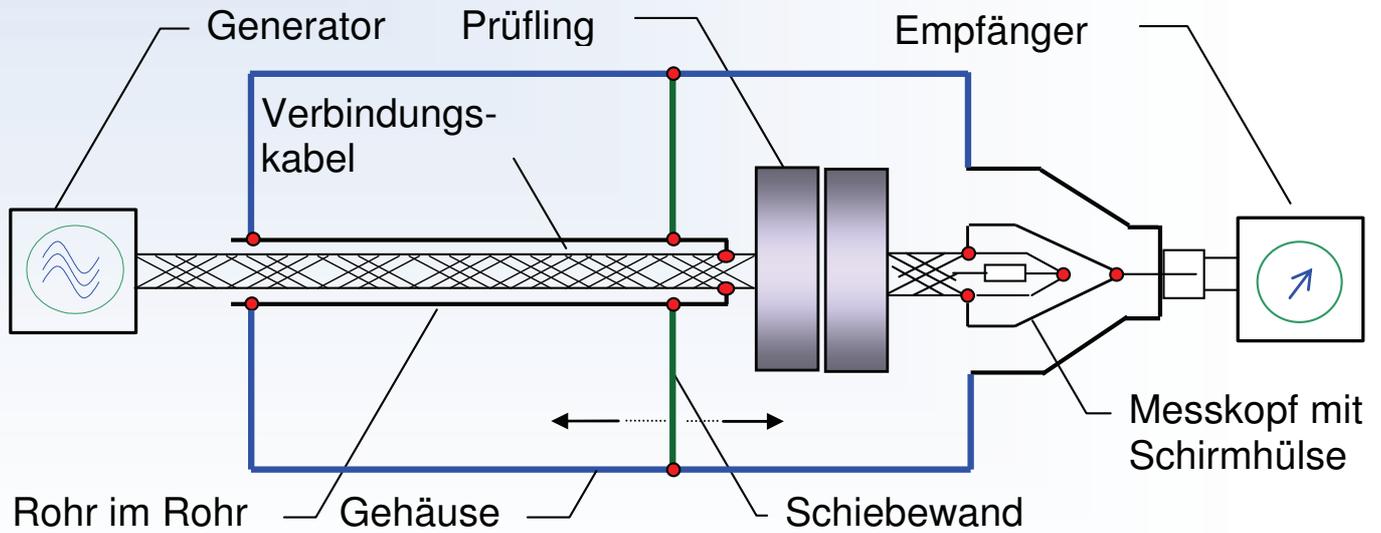


IEC 62153-4-15, Triaxiale Zelle, Anhang F

# Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung



## Triaxiale Zelle mit Rohr im Rohr und Schiebewand

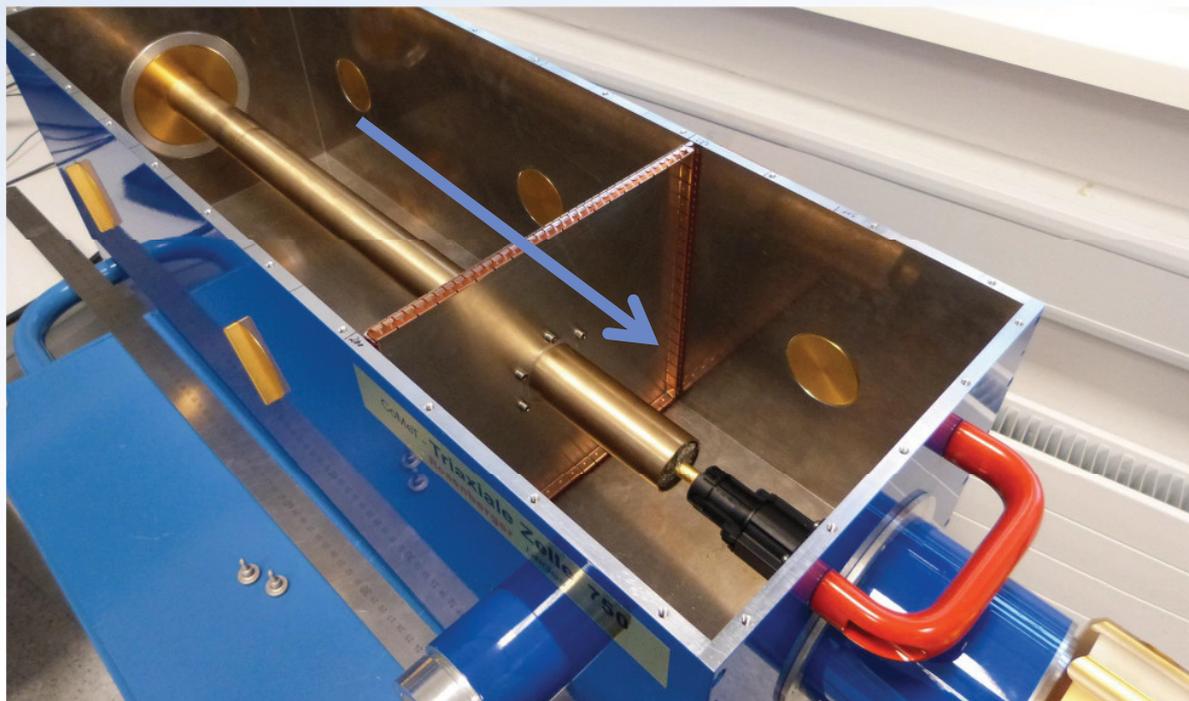


Kopplungswiderstand von HV-Steckern mit Triaxialer Zelle mit Schiebewand  
 Forumsvortrag von Thomas Schmid, Fa. Rosenberger am Do., 13. März 11.20 Uhr

13. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg, Juli 2019

B. Mund, bda connectivity, [bernhard.mund@bda-c.com](mailto:bernhard.mund@bda-c.com), T. Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.com](mailto:thomas.schmid@rosenberger.com) 41

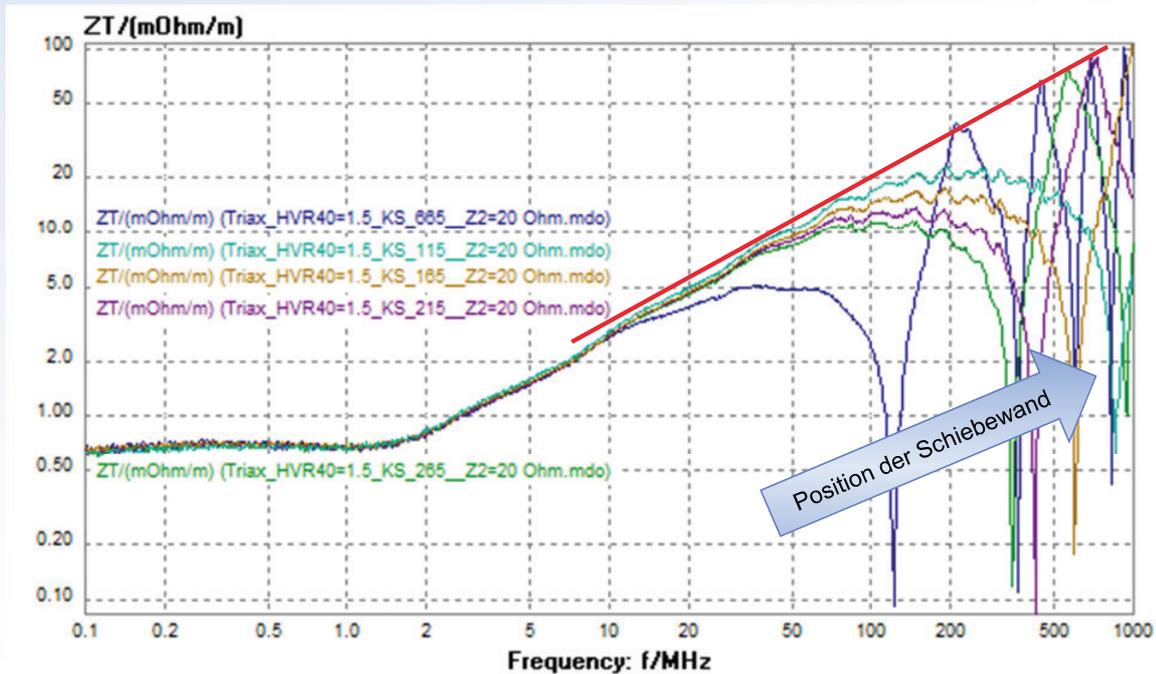
## Triaxiale Zelle mit Rohr im Rohr und Schiebewand



13. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg, Juli 2019

B. Mund, bda connectivity, [bernhard.mund@bda-c.com](mailto:bernhard.mund@bda-c.com), T. Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.com](mailto:thomas.schmid@rosenberger.com) 42

## Triaxiale Zelle mit Rohr im Rohr und Schiebewand



13. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg, Juli 2019

B. Mund, bda connectivity, [bernhard.mund@bda-c.com](mailto:bernhard.mund@bda-c.com), T. Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.com](mailto:thomas.schmid@rosenberger.com) 43

## Internationale Normen für Triaxialverfahren,

<b>TS 62153-4-1</b>	Introduction to electromagnetic (EMC) screening measurements	2014-01	<b>published</b>
<b>62153-4-3Ed2</b>	Surface transfer impedance - Triaxial method	2013-10	<b>published</b>
<b>62153-4-4Ed2</b>	Shielded screening attenuation, test method for measuring of the screening attenuation $a_S$ up to and above 3 GHz	2015-04	<b>published</b>
<b>62153-4-7Ed2</b>	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	2015-12	<b>published</b>
<b>62153-4-9Ed2</b>	Electromagnetic Compatibility (EMC) – Coupling attenuation, triaxial method	2018-04	<b>published</b>
<b>62153-4-10Ed2</b>	Shielded screening attenuation test method for measuring the Screening Effectiveness of Feedtroughs and Electromagnetic Gaskets	2015-11	<b>published</b>
<b>62153-4-15 (Ed2)</b>	Test method for measuring transfer impedance and screening attenuation - or coupling attenuation with Triaxial Cell	2015-12	46/712/CD
<b>62153-4-16</b>	Relationship between surface transfer impedance and screening attenuation, Conversion $a_S$ and $Z_T$	2016-10	<b>published</b>

13. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg, Juli 2019

B. Mund, bda connectivity, [bernhard.mund@bda-c.com](mailto:bernhard.mund@bda-c.com), T. Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.com](mailto:thomas.schmid@rosenberger.com) 44

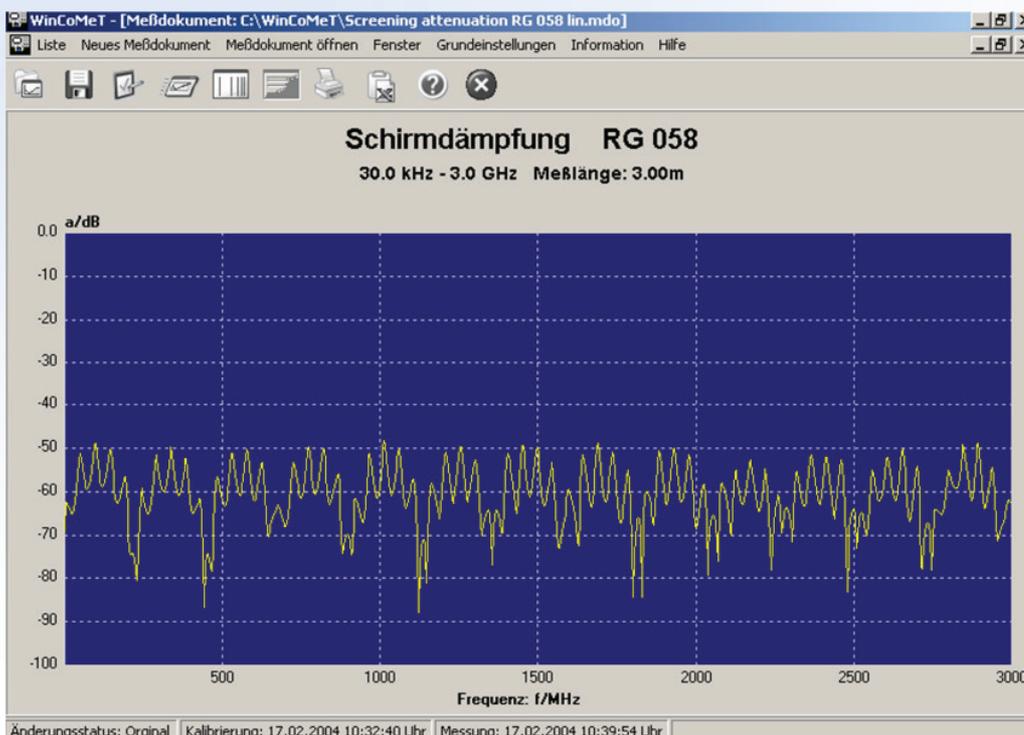
## Literatur

- [1] T. Hähner, B. Mund, & T. Schmid, History and recent trends of Triaxial test procedure, Proceedings of the 67th IWCS Conference, Providence, RI, US, October 2018
- [2] Ralf Damm, Bernhard Mund & Thomas Schmid - EMV von Steckverbindern mit Triaxialer Absorberzelle bis 3 GHz, 11. Anwenderkongress Steckverbinder 2017, Vogel Verlag, Würzburg,
- [3] Bernhard Mund & Thomas Schmid, Messgenauigkeit und Reproduzierbarkeit bei der Messung der EMV von Steckern und Kabeln mit dem Triaxialverfahren, 8. Anwenderkongress Steckverbinder 2014, Vogel Verlag, Würzburg
- [4] Lauri Halme & Bernhard Mund, Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel, Anwenderforum Elektrische Kabel, Technische Akademie Esslingen [TAE], 15. Oktober 2013
- [5] Bernhard Mund, EMV von Kabeln, Steckern und HV-Komponenten mit dem Triaxialverfahren, 7. Anwenderkongress Steckverbinder 2013, Vogel Verlag, Würzburg
- [6] Bernhard Mund & Thomas Schmid, EMC of HV-cables and Components with Triaxial Cell, Wire & Cable Technology International, January & March 2012
- [7] Bernhard Mund & Thomas Schmid, Schirmwirkung von HV-Leitungen mit der Triaxialen Zelle, 5. Anwenderkongress Steckverbinder 2011, Vogel Verlag, Würzburg
- [8] Bernhard Mund & Thomas Schmid: Messen der Schirmdämpfung von Steckverbindern, Kabeldurchführungen und EMV-Dichtungen, 3. Anwenderkongress Steckverbinder 2009, Vogel Verlag, Würzburg
- [9] IEC TR 62153-4-1 Metallic Communication Cable Test Methods – Part 4-1: Introduction to Electromagnetic (EMC) Test Methods

13. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg, Juli 2019

B. Mund, bda connectivity, [bernhard.mund@bda-c.com](mailto:bernhard.mund@bda-c.com), T. Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.com](mailto:thomas.schmid@rosenberger.com) 45

## Steuer- & Auswerte-Software *WinCoMeT*



- Steuerung des Netzwerkanalysators

- Auswertung der Messergebnisse
- Dokumentation

- Export der Daten nach MS-Excel
- Ausgabe auf Drucker

- **Vollversion** zur Messung der Übertragungsparameter von Kommunikationskabeln
- einschliesslich FFT und Gating-Funktion

13. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg, Juli 2019

B. Mund, bda connectivity, [bernhard.mund@bda-c.com](mailto:bernhard.mund@bda-c.com), T. Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.com](mailto:thomas.schmid@rosenberger.com) 46

## Autoren

- Bernhard Mund, **bda connectivity** GmbH
  - *Rundfunk&Fernsehtechniker, Radio Brand Marburg, 1971*
  - *Dipl.-Ing. Nachrichten- & Mikroprozessortechnik, FH Giessen, 1984*
  - HF- & EMV-Messungen, Normung -
  - Obmann des UK 412.3, Koaxialkabel,
  - Sekretär des IEC SC 46A und 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, Leiter EMV-Labor
  - Mitarbeiter und Deutscher Sprecher UK 412.3, Koaxialkabel
- Beide Autoren sind u.a. Mitarbeiter der IEC TC 46 WG 5, Schirmwirkung

13. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel-Verlag, Würzburg, Juli 2019

B. Mund, bda connectivity, [bernhard.mund@bda-c.com](mailto:bernhard.mund@bda-c.com), T. Schmid, Rosenberger Hochfrequenztechnik, [thomas.schmid@rosenberger.com](mailto:thomas.schmid@rosenberger.com) 47

*Danke fürs Zuhören*



???



[www.bda-c.com](http://www.bda-c.com)

[bernhard.mund@bda-c.com](mailto:bernhard.mund@bda-c.com)