

Das Mess-System CoMeT

Im Rahmen steigender elektromagnetischer Störungen aller Art kommt der Untersuchung der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) elektrischer und elektronischer Systeme zunehmende Bedeutung zu.

Das System CoMeT misst nach dem bewährten international genormten Triaxialverfahren. Das Messverfahren ist gegen äußere elektromagnetische Störungen unempfindlich und schnell reproduzierbar. Der Messbereich reicht von DC bis zu 12 (18) GHz. Es erfolgt kein Abstrahlen elektromagnetischer Störungen. Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung können an Kommunikationskabeln und konfektionierten Kabeln mit einer Messvorrichtung gemessen werden. Der Schirmwirkung von HV-Leitungen für Elektromobile wird dabei mit der Triaxial-Zelle besondere Aufmerksamkeit gewidmet.

Rosenberger und bedea sind Unternehmen von Weltrang. Mit deren Namen verbinden sich zukunftsweisende Hochfrequenz-Technologien, standardisierte kundenspezifische Verbindungslösungen sowie Kabel für höchste Anwenderansprüche.

Mit den unterschiedlichen Bauformen CoMeT 40, CoMeT 90, CoMeT K und den Triaxialen Zellen in verschiedenen Größen steht eine Produktfamilie zur Messung des EMV-Verhaltens von nahezu allen Komponenten zur Verfügung.

CoMeT Zubehör

Für das CoMeT-System steht umfangreiches Zubehör zur Verfügung. Das Zubehör ist in der Zubehörliste beschrieben, http://www.bedea.com/html_d/mt-comet.html

Inhalt

Normen	3
Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung	4
IEC 62153-4-3 und IEC 62153-4-4	
Kopplungsdämpfung IEC 62153-4-9	5
Grenzfrequenzen	6
Mechanischer Aufbau CoMeT 40	7
Lieferumfang CoMeT 40	8
CoMeT 90	9
Rohr im Rohr	10
Triaxiale Zelle IEC 62153-4-15	11
Messen von Durchführungen IEC 62153-4-10	13
Steuer- und Auswertesoftware WinCoMeT	14



Das Mess-System CoMeT ist ein modulares System zur Messung der Schirmwirkung bzw. der EMV von geschirmten Kabeln, Steckern und Komponenten nach dem Triaxialverfahren. Die einzelnen Prüfverfahren sind in der Reihe IEC 62153-4-x genormt.

Tabelle 1, Prüfverfahren für metallische Kommunikationskabel – Prüfverfahren mit triaxialer Prüfeinrichtung CoMeT

IEC 62153-4-X	Prüfverfahren für metallische Kommunikationskabel – Elektromagnetisches Verhalten (EMV)
IEC/TR 62153-4-1Ed.3	Einführung in elektromagnetische Messungen der Schirmwirkung
IEC 62153-4-3Ed.2	Kopplungswiderstand - Triaxialverfahren
IEC 62153-4-4Ed.2	Geschirmtes Messverfahren zur Messung der Schirmdämpfung „a _S “ bis zu und über 3GHz
IEC 62153-4-7	Messverfahren zur Messung des Kopplungswiderstandes und der Schirmdämpfung oder der Kopplungsdämpfung - Rohr-im-Rohr-Verfahren
IEC 62153-4-9	Kopplungsdämpfung geschirmter symmetrischer Kabel - Triaxialverfahren
IEC 62153-4-10	Geschirmtes Messverfahren zur Messung der Schirmwirkung von Durchführungen und elektromagnetischen Dichtungen
IEC 62153-4-15	Prüfverfahren zur Messung von Kopplungswiderstand und der Schirmdämpfung oder der Kopplungsdämpfung mit der Triaxialen Zelle
IEC 62153-4-16	Technischer Bericht über die Beziehung zwischen Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung (in Beratung)
EN 50289-1-6	Kommunikationskabel - Spezifikationen für Prüfverfahren - Teil 1-6: Elektrische Prüfverfahren; Elektromagnetisches Verhalten

Von diesen Normen sind zahlreiche regionale und nationale Normen sowie Normen anderer Organisationen abgeleitet

Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung, IEC 62153-4-3 und IEC 62153-4-4

Beurteilung der Schirmwirkung

Zur Beurteilung der Schirmwirkung von Kabelschirmen koaxialer und symmetrischer Kabel gilt (in Abhängigkeit von der Länge des Prüflings) im unteren Frequenzbereich bis ca. 100 MHz der Kopplungswiderstand sowie im oberen Frequenzbereich ab ca. 30 MHz die Schirmdämpfung.

Die Schirmdämpfung a_S ist definiert als das logarithmische Verhältnis von eingespeister Leistung P_1 zu abgestrahlter Leistung P_2 .

Schirmdämpfung: $a_S = 10 \log (P_1/P_2)$

Der Kopplungswiderstand R_K [mΩ/m] ist definiert als der Quotient der in den inneren Kreis bzw. in das Kabel induzierten Spannung U_1 zum Strom I_2 des Außenkreises, bezogen auf die Längeneinheit, (siehe EN 50289-1-6 bzw. IEC 62153-4-3).

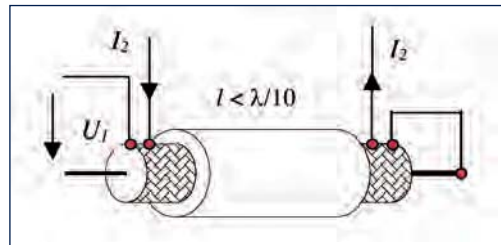


Bild 1:
Definition des Kopplungswiderstandes

Die Kopplungsübertragungsfunktion $T_{n,f}$ stellt den Zusammenhang zwischen Kopplungswiderstand R_K und Schirmdämpfung a_S eines Kabelschirms dar. Im unteren Frequenzbereich bis zu den Grenzfrequenzen $f_{cn,f}$ kann der Kopplungswiderstand R_K gemessen werden. Oberhalb dieser Grenzfrequenzen $f_{cn,f}$ im Bereich der Wellenausbreitung gilt die Schirmdämpfung a_S als Maß für die Schirmwirkung eines Kabelschirms. Die Grenzfrequenzen $f_{cn,f}$ können durch Variation der Rohrlänge bzw. der Länge des Prüflings nach oben und nach unten verschoben werden.

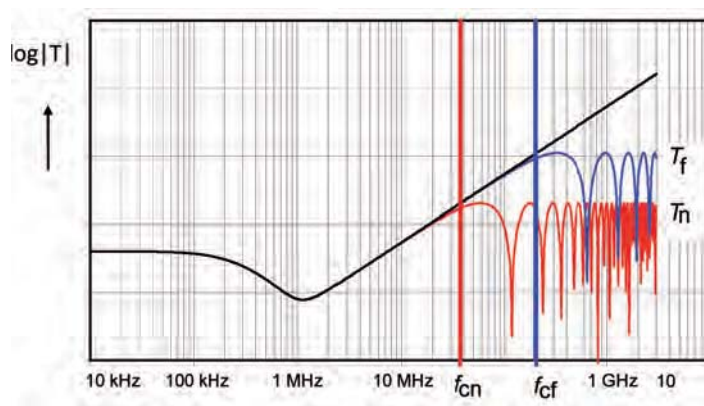


Bild 2:
Gerechnete Kopplungsübertragungsfunktion $T_{n,f}$ eines Geflechtsschirms

Bisher waren zur Messung von Schirmdämpfung und Kopplungswiderstand zwei Messaufbauten erforderlich, z.B. Kopplungsmessrohr und Absorberzangen.

Mit dem Mess-System CoMeT kann sowohl der Kopplungswiderstand R_K im unteren Frequenzbereich bzw. bei elektrisch kurzen Prüflingen bis ca. 50 MHz als auch die Schirmdämpfung a_S im oberen Frequenzbereich bis zu Frequenzen > 12 GHz gemessen werden. Weiterhin kann die Kopplungsdämpfung symmetrischer Kabel bestimmt werden.

Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung werden mit dem Messaufbau nach Bild 3 gemessen.

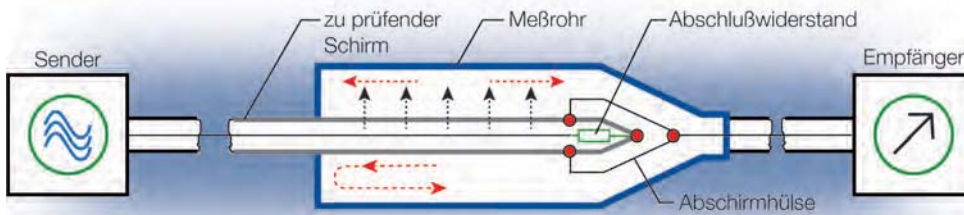


Bild 3: Prinzipieller Aufbau zur Messung von Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung

Kopplungsdämpfung, IEC 62153-4-9

Die Messung der Kopplungsdämpfung symmetrischer Kabel im Messrohr erfolgt im Prinzip in gleicher Weise wie die Messung der Schirmdämpfung, allerdings muss der Prüfling mit einem differentiellen Signal gespeist werden.

Messung der Kopplungsdämpfung

Bis zu Frequenzen von 1 GHz kann der Prüfling über einen Symmetrieübertrager gespeist werden. Oberhalb von 1 GHz kommen Multiport-Netzwerkanalysatoren mit zwei Generatoren zum Einsatz, bei denen die Phase um 180° verschoben ist.

Am senderfernen Ende wird der Prüfling symmetrisch/asymmetrisch mit Abschlusswiderständen versehen. Auf diese Weise ist sowohl der Gegentaktbetrieb als auch der Gleichtaktbetrieb abgeschlossen.

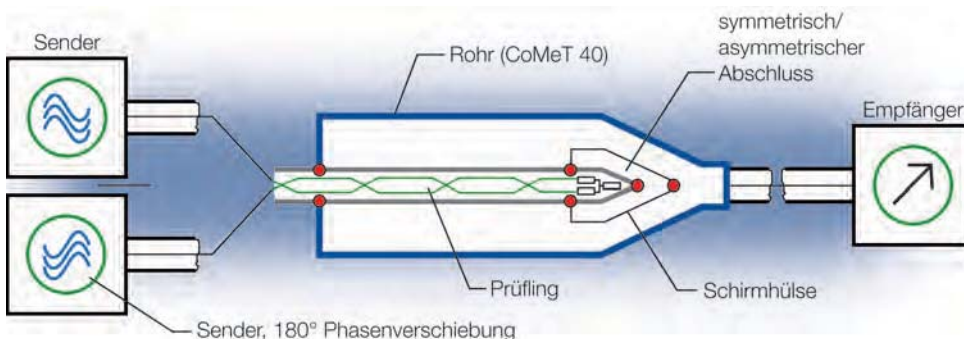


Bild 4: Messen der Kopplungsdämpfung

Vorteile des CoMeT Systems

- unempfindlich gegen äußere elektromagnetische Störungen,
- kein Abstrahlen elektromagnetischer Störungen,
- hohe Messdynamik > 125 dB, (abhängig von der Empfindlichkeit des NWA)
- gute Reproduzierbarkeit,
- einfacher Messaufbau,
- schnelles Vorbereiten des Prüflings,
- nur eine Messung erforderlich,
- Messen von Schirmdämpfung a_S , Kopplungswiderstand R_K und Kopplungsdämpfung a_C mit einem Messaufbau,
- großer Messbereich von Gleichstrom (DC) bis zu 12 GHz.

Vorteile des Systems

Grenzfrequenzen:

Die obere Grenzfrequenz zur Messung der Schirmdämpfung im Rohr ergibt sich aus der Bedingung der eindeutigen Ausbreitung von Transversal-Elektromagnetischen-Wellen (TEM-Wellen)

Die Grenzfrequenz f_g für TEM-Wellen bzw. der erste höhere Mode ergibt sich zu:

$$f_g = \frac{2 \cdot c_0}{\pi \cdot \sqrt{\epsilon_{r2}} \cdot (D_2 + d_1)}$$

hierbei ist d_1 der Außendurchmesser des Messobjektes über dem Geflecht, D_2 der Innendurchmesser des Messrohres und ϵ_{r2} die resultierende Dielektrizitätskonstante im äußeren System. Mit einem Innendurchmesser des Rohres von 40 mm ergibt sich bei einem Messobjekt mit $d_1 = 3,5$ mm über dem Schirm eine obere Grenzfrequenz des Mess-Systems von ca. 4,3 GHz.

Bei symmetrischem Messaufbau, (d.h. der Prüfling befindet sich in der Mitte des Messrohres) kann der Einfluss der höheren Moden allerdings vernachlässigt werden; durch die hochpräzise Konstruktion des Messkopfes kann daher bis zu Frequenzen von 12 GHz gemessen werden.

Die untere Grenzfrequenz zur Messung der Schirmdämpfung (elektrisch langes Messobjekt) sowie die obere Grenzfrequenz zur Messung des Kopplungswiderstandes (elektrisch kurzes Messobjekt) ergibt sich aus den Definitionen:

Elektrische Längen

elektrisch lang:

$$\frac{\lambda_0}{L} \leq 2 \cdot \left| \sqrt{\epsilon_{r1}} - \sqrt{\epsilon_{r2}} \right| \quad \text{oder} \quad f > \frac{c_0}{2 \cdot L \cdot \left| \sqrt{\epsilon_{r1}} - \sqrt{\epsilon_{r2}} \right|}$$

bzw. elektrisch kurz:

$$\frac{\lambda_0}{L} > 10 \cdot \sqrt{\epsilon_{r1}} \quad \text{oder} \quad f < \frac{c_0}{10 \cdot L \cdot \sqrt{\epsilon_{r1}}}$$

mit

L	effektive Länge im Messrohr
λ_0	Wellenlänge im Freiraum
ϵ_{r1}	Dielektrizitätskonstante des Prüflings
ϵ_{r2}	Dielektrizitätskonstante im Aussenkreis
f	Frequenz in Hz

Durch die variablen Rohrlängen können diese Frequenzen in weiten Grenzen verändert werden.

Mechanischer Aufbau CoMeT 40

Die Messeinrichtung CoMeT 40 besteht aus einem Rohr von 0,5 m sowie aus 3 Rohren von 1 m, welche in gewünschter Länge mit Klemmbügeln HF-dicht zusammengebaut werden können; sowie aus dem Messkopf mit Schirmhülse.

Die Schirmhülse dient zur Aufnahme des Abschlusswiderstandes des Prüflings sowie für die Kontaktierung des Schirms im Rohr. Der speziell konstruierte Messkopf dient zur Aufnahme der Schirmhülse sowie zur Anpassung des Rohres an den 50-Ohm Eingangswiderstand des Empfängers.

Außer dem Anlöten des Abschlusswiderstandes zwischen Innenleiter und Schirm des Prüflings sind bei der Vorbereitung des Prüflings sowie bei der Montage des Prüflings im Messrohr keine weiteren Lötarbeiten erforderlich. Am Prüfling ist lediglich am Anfang sowie im Bereich des Rohrausgangs der Mantel zu entfernen.

Am Rohrausgang wird der Schirm mit Spannblenden oder Halbschalen mit Konus kontaktiert.

Das erforderliche Zubehör zum Anschliessen von Kabelschirmen im Durchmesserbereich von 2,3 mm bis 9,8 mm ist in geeigneten Abstufungen im Lieferumfang enthalten.

Durch dieses Zubehör können Kabelschirme bis zu 9,8 mm Durchmesser problemlos montiert werden.

Alle Teile sind in einem stabilen, versandfähigen Transportkoffer untergebracht. Der robuste Transportkoffer erlaubt auch das Verschicken der Messeinrichtung per Post, Bahn oder Flugzeug.

Einfache Vorbereitung des Prüflings



Bild 5: CoMeT 40-Komponenten

Lieferumfang CoMeT 40

- Angepasster Spezialmesskopf mit Abschirmhülse für Abschlusswiderstand;
- Aufnahme für Kabelschirme im Durchmesserbereich von 2,3 bis 9,8 mm,
- Spannblenden für Anschluss am nahen Ende im Durchmesserbereich für Kabelschirme von 2,3mm bis 9,8mm,
- Messrohr aus Längen von 0,5m und drei Rohre 1 m, über Rohr-Klemmbügel zu montieren,
- erforderliche Verschraubungen,
- Stabiler Transportkoffer zur Aufnahme von Messrohr und Zubehör.

**Große Auswahl
an Zubehör**



Bild 6: Messeinrichtung CoMeT 40, Lieferumfang (Ebene 1)



Bild 7: Messeinrichtung CoMeT 40, Lieferumfang (Ebene 2)

CoMeT 90

Für Kabel größeren Durchmessers, z.B. geschirmte Energiekabel, ist ein größeres Messrohr verfügbar. Gemäß den mechanischen und elektrischen Prinzipien des CoMeT 40 können hiermit Kabel mit Schirmdurchmessern von 7,8 mm bis zu 22 mm gemessen werden. Die Rohrlänge von 0,45 m (aktive Länge 0,3 m) erlaubt Messungen des Kopplungswiderstandes bis ca. 100 MHz.



*Bild 8:
Messeinrichtung
CoMeT 90,
Lieferumfang
Koffer 1 von 2*



*Bild 9:
Messeinrichtung
CoMeT 90,
Lieferumfang
Koffer 2 von 2*

Die Messeinrichtung CoMeT 90 ist modular aus drei Teillängen konfigurierbar und ermöglicht die Messung an Kabellängen von 0,3 m, 0,5 m und 1,0 m.

Die Schirmhülse dient zur Aufnahme des Abschlusswiderstandes des Prüflings sowie für die Kontaktierung des Schirms im Rohr. Der speziell konstruierte Messkopf, an den die Schirmhülse über ein Schnellgewinde adaptiert wird, dient zur Aufnahme der Schirmhülse sowie zur Anpassung des Rohres an den 50-Ohm Eingangswiderstand des Empfängers.

Die Vorbereitung des Prüflings erfolgt analog zur Beschreibung beim CoMeT 40 jedoch für den Durchmesserbereich von 7,8 bis 22,0 mm.

Am Rohrausgang wird der Schirm mit Spannblenden oder Halbschalen mit Konus kontaktiert.

Das erforderliche Zubehör zum Anschliessen von Kabelschirmen im Durchmesserbereich von 7,8 mm bis 22,0 mm ist in geeigneten Abstufungen im Lieferumfang enthalten.

Lieferumfang des CoMeT 90-Systems

Aufbau des CoMeT 90-Systems

Rohr im Rohr, IEC 62153-4-7

Das „Rohr im Rohr“-Verfahren ist eine Erweiterung der Verfahren zur Messung von Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung nach IEC 62153-4-3 und IEC 62153-4-4.

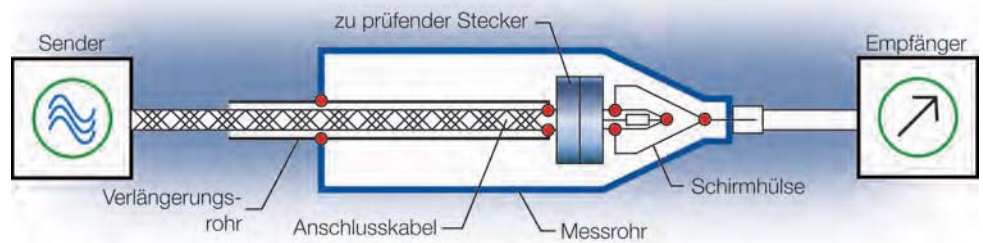


Bild 10: Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung mit „Rohr im Rohr“-Verfahren nach IEC 62153-4-7

Prüfling verlängern

Mit einem HF-dichten „Rohr im Rohr“ wird der elektrisch kurze Stecker verlängert und die Grenzfrequenz des Überganges von Kopplungswiderstand zur Schirmdämpfung zu tieferen Frequenzen hin verschoben.



Bild 11: Zubehör „Rohr im Rohr“

Durch den Zubehör-Satz „Rohr im Rohr“ wird das CoMeT 40 zu einem Mess-System für Stecker und konfektionierte Kabel.

Triaxiale Zelle, IEC 62153-4-15

Größere Stecker und Anschluss-Schnüre und Komponenten passen nicht in die ursprünglich für Kommunikationskabel entwickelten Messrohre des CoMeT-Systems.

Zur Messung der Schirmwirkung größerer Bauteile wurde daher die „Triaxiale Zelle“ entwickelt.

Die Verhältnisse des Triaxialverfahrens im Messrohr lassen sich prinzipiell auch auf rechteckige Gehäuse übertragen. Rechteckiges Gehäuse und Rohr können auch in Kombination betrieben werden. Die Schirmwirkung größerer Stecker und Anschluss-Schnüre kann somit in der „Triaxialen Zelle“ oder in einer Kombination aus Rohr und Zelle gemessen werden.

Das Gehäuse bzw. die „Triaxiale Zelle“ stellt im Prinzip einen Hohlraumresonator dar, die in Abhängigkeit von seinen Abmessungen verschiedene Resonanzfrequenzen aufweist.

EMV von CATV-Komponenten und von HV-Steckern

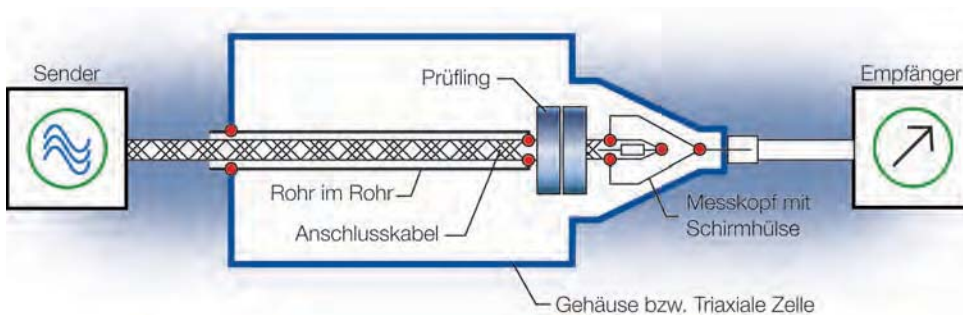


Bild 12: Triaxiale Zelle, Prinzip

Für einen leeren Hohlraum lassen sich die Resonanzfrequenzen nach folgender Gleichung berechnen. Zur Berechnung der Resonanzfrequenzen kann ein Parameter M, N oder P auf Null gesetzt werden.

Befinden sich im Innern der Zelle leitende oder potentialführende Teile, können diese die Hohlraumresonanzen verstimmen oder dämpfen.

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

mit

M, N, P Modenzahlen (ganzzahlig, 2 von 3 > 0)

a, b, c Abmessungen der Hohlräume

c₀ Lichtgeschwindigkeit im freien Raum

Für die Zelle 1000/150 ergibt sich eine Grenzfrequenz von 1,41 GHz.



Bild 13: BK-Abzweiger in Triaxialer Zelle



Bild 14: Verschiedene Ausführungen Triaxialer Zellen

Die Triaxiale Zelle kann, je nach Durchmesser des Prüflings mit den Komponenten des CoMeT 40 oder mit den Komponenten des CoMeT 90 betrieben werden.

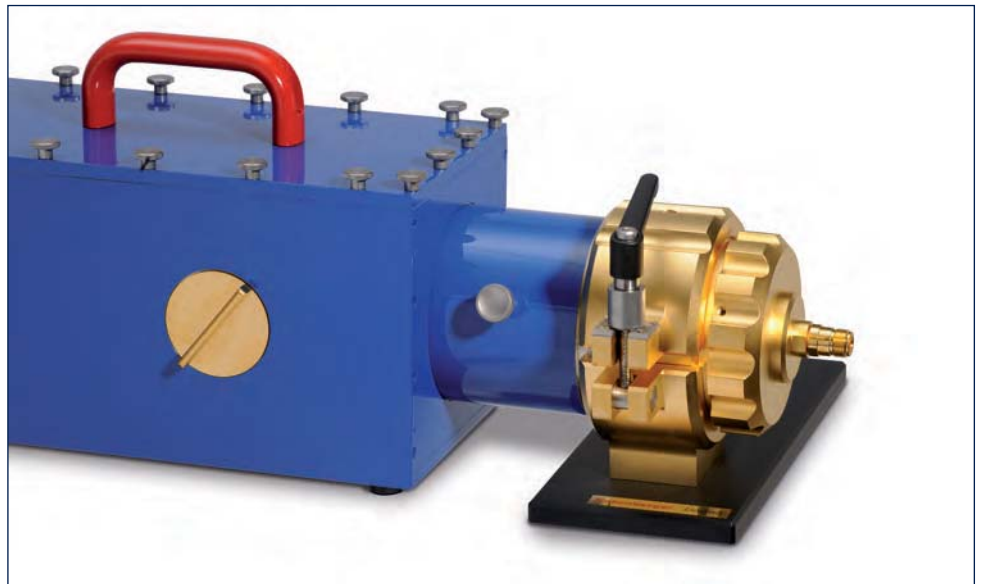
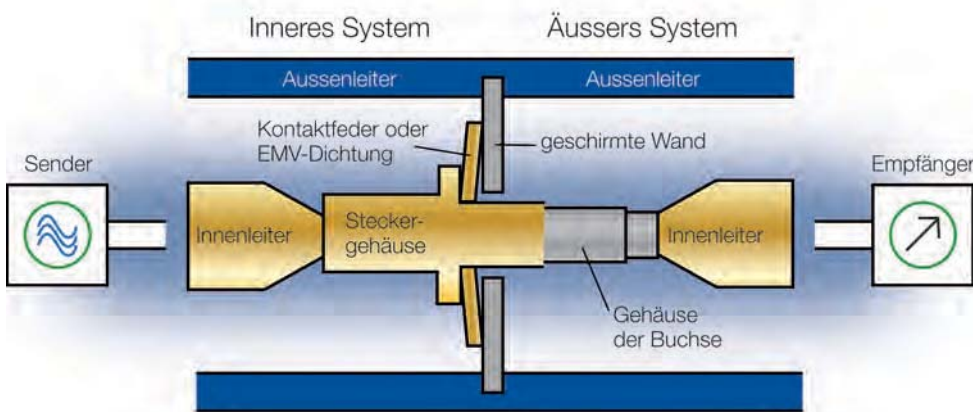


Bild 15: Triaxiale Zelle mit Messkopf

CoMeT K – Messen von Durchführungen, IEC 62153-4-10

Mit dem Mess-System CoMeT K kann der Kopplungswiderstand bzw. die Schirmdämpfung von Durchführungen und EMV-Dichtungen zuverlässig und präzise gemessen werden.

Die Prüfeinrichtung besteht aus zwei hochfrequenzdichten Koaxialsystemen, (Doppel-Koaxialsystem), die durch eine metallische, geschirmte Wand getrennt sind. Diese geschirmte Wand dient zur Aufnahme der zu prüfenden Komponente.



**EMV von Dichtungen
und von Durchführungen**

Bild 16: Messen von EMV-Dichtungen und Durchführungen, Prinzipdarstellung

Vorteil des Verfahrens ist der geschlossene Messaufbau, der weder Störungen von Außen aufnimmt, noch Störleistung nach Außen abgibt. Damit ist ein hoher Dynamikbereich von über 100 dB auch ohne Messkabine möglich.

**Hohe Dynamik
ohne Messkabine**

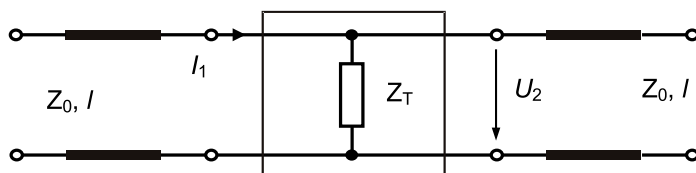


Bild 17: Messen von EMV-Dichtungen und Durchführungen, Ersatzschaltbild

Mit einem Netzwerkanalysator (NWA) wird auf die eine Seite des Prüflings ein Hochfrequenz-Signal gesendet und auf der anderen Seite das übergekoppelte Signal gemessen. Der Frequenzbereich reicht dabei von einigen kHz bis zu und über 4 GHz.



Bild 18: CoMeT K

Steuer- und Auswertesoftware WinCoMeT

Die Steuer- und Auswertesoftware WinCoMeT ist ein umfangreiches Werkzeug zur Messung aller Parameter des Triaxialverfahrens. Die Auswertung der Messungen erfolgt nach den Normen der Reihe IEC 62153 und wird ständig auf dem aktuellen Stand gehalten.

Messung, Berechnung und Darstellung der Ergebnisparameter:

- Kopplungswiderstand
- Schirmdämpfung
- Kopplungsdämpfung
- Kopplungsübertragungsfunktion

Steuern des Netzwerkanalysators und Auswertung der Messungen nach Norm IEC 62153

Zusätzlich werden für die allgemeine Messtechnik an Kommunikationskabeln optional noch die folgenden Messverfahren unterstützt:

- Transmission
- Dämpfung
- Dämpfung Leerlauf/Kurzschluss
- Rückflussdämpfung mit Darstellung von Reflexion im Längenbereich und Gating
- Wellenwiderstand Leerlauf/Kurzschluss
- Phase, Laufzeit, elektrische Länge

The screenshot shows the 'Meßparameter' (Measurement Parameters) dialog box in the WinCoMeT software. The interface is organized into several sections:

- Messung von:** A dropdown menu set to '002 Kopplungswiderstand (62153-4-3 Ed.2 draft)'. There is a small icon to the left of the dropdown.
- Prüfinformationen:** Fields for 'Prüfauftrag:' (214), 'Prüfer:' (Mund), 'Kalibrierung:' (05.02.2013 10:10:31), 'Meßaufbau:' (Triaxiale Zelle 1000/150), and 'Messung:' (11.02.2013 12:25:10). A 'Bemerkung:' field is also present.
- Prüfobjekt:** Fields for 'Artikelnummer:' (61196-9), 'Kabelart:' (koaxial), 'Kabeltyp:' (RG 214), and 'Wellenwiderst./Ohm:' (100.00).
- Meßparameter Netzwerkanalysator:** Fields for 'Startfrequenz/MHz:' (0.01), 'Anzahl Meßpunkte:' (801), 'ZF-BW/Hz:' (10.00), 'Stopfrequenz/MHz:' (3000.00), 'Meßpunktabstand:' (lin), and 'Meßleist./dBm:' (0.00). A 'Sym. Meßmethode:' field is also present.
- Meßparameter Ergebnisberechnung:** Fields for 'Meßlänge/m:' (1.00), 'Mittelung:' (0.00), 'Eps. r1:' (2.30), 'Dämpf.(P1/P2)/dB:' (0.00), 'C/pF/m:' (0.00), and 'w/c:' (0.00). A 'Marker-Frequenzen:' field is also present with an example 'z.B.:100k2.5;1002G;'. There is a small icon to the left of the dropdown.
- Zusatzparameter Kopplungswiderstand:** Radio buttons for '62153-4-3 (B: R1>0, R2=0; C: R1=0, R2)' (selected) and '62153-4-3 (A)'. Fields for 'Rgen/Ohm:' (0.00), 'R1 (Z1)/Ohm:' (0.00), 'R2/Ohm:' (0.00), 'Rp/Ohm:', and 'Rs/Ohm:'. A checkbox 'Mit Anpassungsnetzwerk (R1<->Rgen)' is also present.
- Darstellung Frequenz/Mhz:** Fields for 'Von:' (0.01), 'bis:' (3000.00), and 'lin'. A small icon is to the left of the dropdown.
- Darstellung Amplitude:** Fields for 'Von:' (auto), 'bis:' (auto), and 'lin'. A small icon is to the left of the dropdown.

At the bottom, there are three buttons: 'Abbrechen' (with a red X icon), 'Grenzwertkurven definieren' (with a graph icon), and 'Meßparameter anwenden' (with a green checkmark icon).

Bild 19: Eingabe der Messparameter

Funktionsumfang der Software:

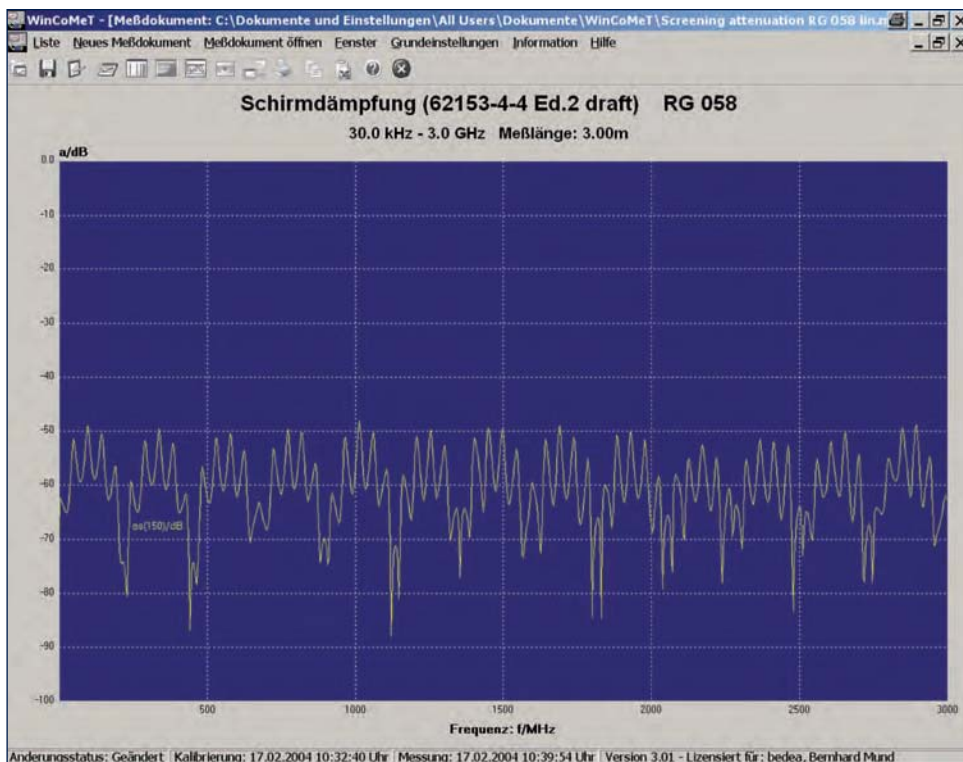
- Durchführung der Messung mit Hilfe eines Netzwerkanalysators
- Speicherung der Messparameter, und der Mess- und Kalibrierwerte
- Darstellung der Ergebnisparameter mit Zoom-Funktion in logarithmischer oder linearer Darstellung (verschiedene Messungen können in einer Grafik angezeigt werden)
- Ausdruck eines Messprotokolles
- Export der Mess- und Ergebniswerte nach MS-Excel
- Export der Grafik in die Zwischenablage
- Markerfunktion
- Frei definierbare Grenzwertkurven (inklusive MS-Excel-Import)
- Drucken der Messprotokolle auf allen installierten Druckern (MS-Windows kompatible Drucker und PDF)

Lieferumfang:

- Software in deutscher und englischer Sprache auf Datenträger,
- Deutschsprachiges Handbuch,
- Kostenfreier Telefon-Support für 12 Monate nach Auslieferung.

Systemvoraussetzungen:

- PC mit MS Windows Betriebssystem (MS-Windows XP/MS-Windows 7 / MS-Windows 8)
- National Instruments GPIB-Karte (NI488.2) oder installierte NI-VISA-Schnittstelle
- Netzwerkanalysatoren von Rohde & Schwarz und Hewlett Packard bzw. Agilent, andere auf Anfrage
- MS-Windows kompatible Drucker (PDF-Drucker für Ausgabe des Messprotokolles in PDF)
- MS-Excel für den Export der Mess- und Ergebnisdaten

**Grafische Darstellung der Messergebnisse***Bild 20: Hauptbildschirm zur Darstellung der Messergebnisse*