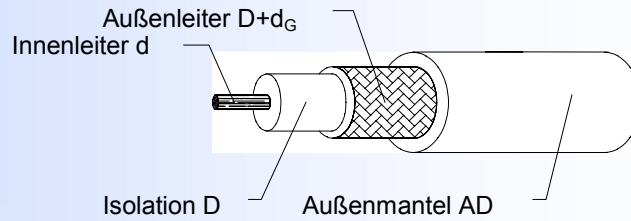


Technik, EMV & Brandverhalten von CATV-Kabeln



6. Berliner Techniktage, 21./22. März 2013

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedeas.com

Produktportfolio HF-Kabel / Antennenkabel



bedea = Alles aus einer Hand

bedea = Alles "made in Germany"



6. Berliner Techniktage, 21./22. März 2013

Bernhard Mund, bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Herbornerstrasse 100, 35614 Asslar, Germany, bmund@bedea.com, www.bedeas.com

Technik, EMV & Brandverhalten von CATV-Kabeln



- Autor: **Bernhard Mund**,
 - ◆ *Rundfunk&Fernsehtechniker, Radio Brand Marburg, 1971*
 - ◆ *Dipl.-Ing. Nachrichten- & Mikroprozessortechnik, FH Giessen, 1984*
- bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Asslar, *Mitarbeiter seit 1985*
 - ◆ *bedea* Hersteller von Kommunikationskabeln, (**CATV-Kabel**)
- Zuständigkeiten:
 - ◆ HF- und EMV-Messtechnik, Normung
 - ◆ **Normung:**
 - ◆ Obmann des VDE/DKE UK 412.3, Koaxialkabel,
 - ◆ Sekretär des CENELEC SC 46XA, Coaxial cables
 - ◆ Sekretär des IEC SC 46A, Coaxial cables

Übersicht



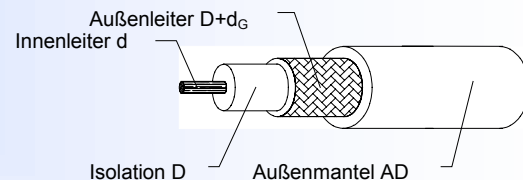
- Charakteristische Kennwerte von CATV-Kabeln
 - ◆ Wellenwiderstand, Dämpfung, Rückflussdämpfung
 - ◆ Verlegevorschriften, Zugbelastung und Biegeradien
 - ◆ Betriebsdaten von Koaxialkabeln
- Normen für CATV-Kabel
 - ◆ CATV-Kabel bis 6 GHz
- EMV von CATV-Kabeln
 - ◆ Anschluss-Schnüre
 - ◆ BK-Komponenten
- Brandverhalten von CATV-Kabeln
- Diskussion



Wellenwiderstand

- Der **Wellenwiderstand** Z als charakteristische Größe eines HF-Koaxialkabels ergibt sich aus dem Verhältnis der Durchmesser von Außenleiter zu Innenleiter (D/d) sowie aus der Dielektrizitätskonstanten ϵ_r des Isolationsmaterials. Für Frequenzen > 10 MHz gilt:

$$Z = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_r}} \cdot \ln\left(\frac{D}{d}\right) \quad \text{Ohm}$$



- Eng mit dem Wellenwiderstand verknüpft ist die längenbezogene **Kapazität** C' des Kabels:

$$C' = \frac{55,6 \cdot \epsilon_r}{\ln(D/d)} \quad \text{pF/m (picoFarad/Meter)}$$

- Als Isolationsmaterial kommt vorwiegend **Polyethylen (PE)** mit einer Dielektrizitätskonstanten ϵ_r von 2,28 sowie (**physikalisch**) **geschäumtes Polyethylen (CELL-PE)** mit einem ϵ_r im Bereich von 1,35 bis 1,5 zum Einsatz.

Rückflusdämpfung

- Auf seinem Weg durch das Koaxialkabel mit dem Wellenwiderstand Z_0 erfährt ein Signal an jeder Stelle, an der der Wellenwiderstand vom Nennwert abweicht (Z_L) eine **Reflexion** r

$$r = \frac{Z_0 - Z_L}{Z_0 + Z_L}$$

- Der Eingangsreflexionsfaktor R eines Koaxialkabels ist die Summe aller Einzelreflexionen r im Kabel. Die **Rückflußdämpfung** a_r ist der logarithmische Wert des Eingangsreflexionsfaktors R .

$$a_r = 20 \cdot \log(R) \quad (\text{dB})$$

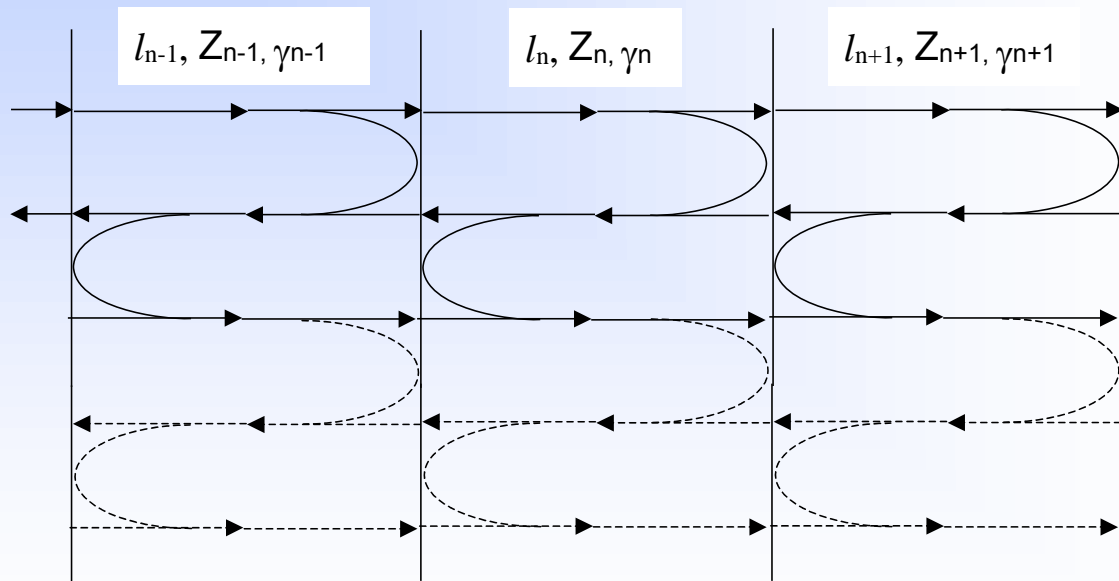
- Die Beziehung der Rückflußdämpfung zum **Stehwellenverhältnis** s ist gegeben durch:

$$s = \frac{(1 + R)}{(1 - R)}$$

- bei **Kurzschluss** oder **offenem** Ende des Kabels ergibt sich eine **Totalreflexion**. Offene Kabelenden bzw. Enddosen müssen daher mit einem Widerstand abgeschlossen werden

$$r = +1 \text{ oder } -1$$

periodische Störstellen

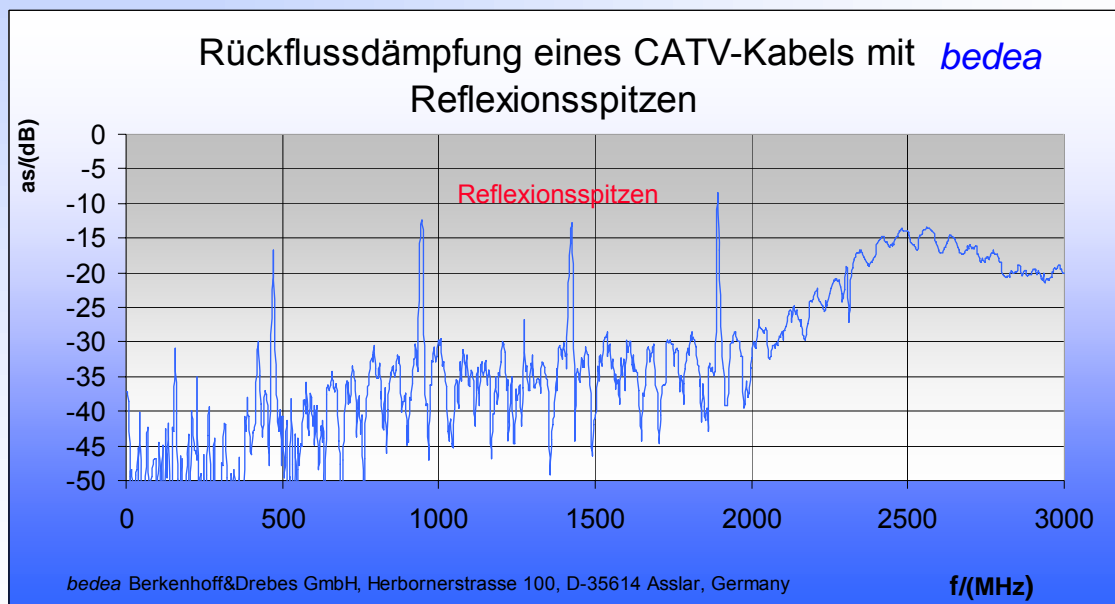


6. Berliner Techniktage, 21./22. März 2013

7

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

Rückflussdämpfung



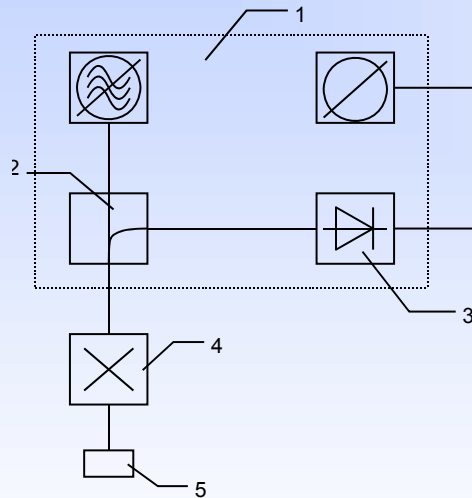
Die Grenzwerte der Rückflussdämpfung sind in EN 50117-2-1 bis -2-5 festgelegt

6. Berliner Techniktage, 21./22. März 2013

8

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

Messen der Rückflussdämpfung



- 1 Netzwerkanalysator
- 2 Richtkoppler oder Brücke
- 3 Demodulator
- 4 Prüfling
- 5 Abschlußwiderstand

Anzahl der Messpunkte
≥ 20.000 pro Messung !

$$r = \frac{Z_0 - Z_L}{Z_0 + Z_L} \quad a_r = 20 \cdot \log(1/r) \quad (\text{dB})$$

Die **Rückflussdämpfung** ist ein Mass für die **Gleichmässigkeit** des Wellenwiderstandes und stellt damit das wesentliche (fertigungstechnische) **Qualitätsmerkmal** eines Koaxialkabels dar !

Grenzwerte der Rückflussdämpfung

EN 50117-2-3	EN 50117-2-1/-2-2/-2-4/-2-5
RL = 26 dB min. von 5 MHz bis 30 MHz RL = 26 dB min. von 30 MHz bis 470 MHz RL = 23 dB min. von 470 MHz bis 1 000 MHz	Für Kabel mit $\alpha \leq 18$ dB/100 m bei 800 MHz RL = 23 dB min. von 5 MHz bis 30 MHz RL = 23 dB min. von 30 MHz bis 470 MHz RL = 20 dB min. von 470 MHz bis 1 000 MHz RL = 18 dB min. von 1 000 MHz bis 2 000 MHz RL = 16 dB min. von 2 000 MHz bis 3 000 MHz (α ist die Leitungsdämpfung)

Messungenauigkeit:

Im Falle digitaler Signalverarbeitung hängt die **Messungenauigkeit**, $\Delta_{ar,f}$ von der Schrittweite Δ_f im gemessenen Frequenzbereich ab. Die Frequenzabstände im gemessenen Frequenzber. sind abhängig von der Frequenz und müssen mit folgender Gleichung übereinstimmen:

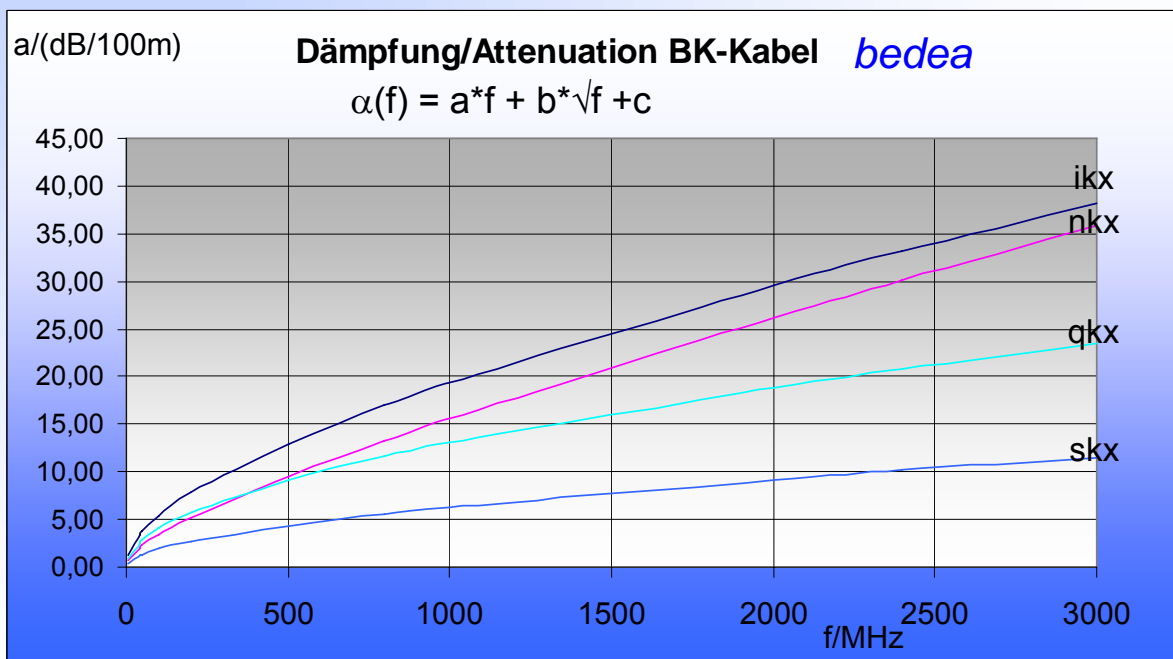
$$\Delta_f \leq 1.4 \cdot \frac{300 \cdot v_r}{868.6 \cdot \pi} \cdot a(f) \cdot \sqrt{10^{\frac{\Delta_{ar,f}}{10}} - 1} \quad \text{bedea misst mit 20.000 Messpunkten !!}$$

wobei $a(f)$ die Dämpfung des Kabels am gemessenen Frequenzpunkt in dB/100m, $\Delta_{ar,f}$ die maximale Ungenauigkeit der Messung und v_r die nominelle Ausbreitungsgeschwindigkeit des Kabels darstellt. Wenn in der entsprechenden Bauartspezifikation nicht anders angegeben, muss die Messungenauigkeit $\Delta_{ar,f} \leq 1$ dB betragen.

Dämpfung

- Auf dem Übertragungsweg durch das Kabel erfahren die hochfrequenten Signale eine Abschwächung, die mit zunehmender Kabellänge sowie mit steigender Frequenz ansteigt.
- Diese sogenannte **Kabeldämpfung** ergibt sich aus den Drahtwiderständen von Innen- und Außenleiter sowie aus Verlusten im Dielektrikum des Isolationsmaterials.
- Wegen des **Skineffektes**, d.h. wegen der Stromverdrängung nach außen im Leiter bei höheren Frequenzen und wegen zunehmender Verluste im Dielektrikum steigt die Kabeldämpfung mit steigender Frequenz an.
- Um die Dämpfungswerte einzelner Kabelstücke sowie die Dämpfungswerte von Bauteilen einfach addieren zu können, wird die Dämpfung von Kabeln im logarithmischen Maßstab in **Dezibel (dB)** pro Länge, d.h. im allgemeinen in **dB/100m**, angegeben.
- Dämpfung von f_2 bei gegebener f_1 (Näherung):
$$\frac{a_1}{a_2} = \sqrt{\frac{f_1}{f_2}} \quad (a/\text{dB}, f/\text{MHz})$$

Dämpfungskurve



DIN 18015-1 Abs. 7.4, Rohr und Verteilnetz



- Kabel und Leitungen müssen auswechselbar und gegen Beschädigung geschützt verlegt werden,
- sie dürfen (**unter Beachtung von DIN EN 50174-2 Abs. 6.5**) in Schächten zusammen mit Starkstromkabeln bis 1000 V verlegt werden. **EMV und Sicherheit !**
- Eine Verlegung direkt in Putz ist nicht zulässig.
- Die Auswahl von Kabeln und Leitungen ist in Bezug auf äußere Einflüsse (z. B. mechanisch, thermisch, chemisch) zu treffen. Die Umgebungstemperatur der Leitung darf im Regelfall + 55 °C nicht überschreiten, dies ist insbesondere bei der Verlegung in **Heizungskanälen** oder -schächten und Dachräumen zu beachten.
- ... sind mindestens 2 **Leerrohre** zwischen oberstem Geschoss (Dachgeschoss) und unterstem Geschoss (Kellergeschoss) mit einem Innendurchmesser von je mindestens 30 mm vorzusehen, für die Wohnungszuführung solche mit mindestens 23 mm.
- Für die Montage von Antennensteckdosen sind **60 mm** tiefe Unterputz-Geräteabzweigdosen zu verwenden.

Betriebsdaten von Koaxkabeln (IEC 60096-0-1)



Minimaler Biegeradius von Koaxialkabeln	5 x Aussendurchmesser für Einmalverlegung im Haus 10 x Aussendurchmesser für einmalige Außenverlegung bzw. Biegen unter Zugbelastung und mehrfaches Biegen
Minimale zulässige Temperatur bei der Verlegung	-15 °C Dielektrikum PE, Mantel PVC, Güte 1 -40 °C Dielektrikum PE, Mantel PVC, Güte 2 -55 °C Dielektrikum PE, Mantel FEP oder PTFE Vorsichtige Verlegung ohne Schocks empfohlen.
maximale Zugbelastung	50 N pro mm² Kupfer (Innen- und Aussenleiter), wird vom Hersteller angegeben

Angaben des Herstellers in den entsprechenden Datenblättern beachten

Normen für CATV-Kabel, EN 50117

DIN EN 50117-1	Koaxialkabel, Fachgrundspezifikation	2003-01
	Rahmenspezifikation für CATV-Kabel:	
DIN EN 50117-2-1	Hausinstallationskabel von 5 MHz bis 1000 MHz	2006-03
DIN EN 50117-2-2	Hausanschlusskabel von 5 MHz bis 1000 MHz	2005-08
DIN EN 50117-2-3	Verteiler & Linienkabel von 5 MHz bis 1000 MHz	2005-08
DIN EN 50117-2-4	Hausinstallationskabel von 5 MHz bis 3000 MHz	2005-08
DIN EN 50117-2-5	Hausanschlusskabel von 5 MHz bis 3000 MHz	2005-08
DIN EN 50117-4-1	Kabel für RuK-Verkabelung nach EN 50173 – Hausinstallationskabel im Bereich von 5 bis 3 000 MHz	2008-08
prEN 50117-4-2	CATV Kabel bis 6 GHz für Kabelverteilnetze	2013-03

In den Normen der Reihe 50117-2-x sind u.a. die Grenzwerte für die Rückflusdämpfung und die Schirmungsklassen für CATV-Kabel festgelegt,

EN 50117-2-1 bis -2-5 und EN 50117-4-1 werden bei CENELEC SC 46XA überarbeitet

prEN 50117-4-2, CATV-Kabel bis 6 GHz

IEC/EN 60728-1-1, 6.6

Verschiedene Heim-Netzwerke (HNI3 Case D)

IEC/EN 60728-1-1, 6.6.6: Main characteristics of coaxial cables

In-home coaxial cables are defined by EN 50117 where the main parameters are given; the loss per 100m of cables can be 19 dB at 800 MHz, about 36 dB at 2 483 MHz and 62 dB at 5 875 MHz.

On this basis the [coaxial in-home network](#) can be used (Figure 11):

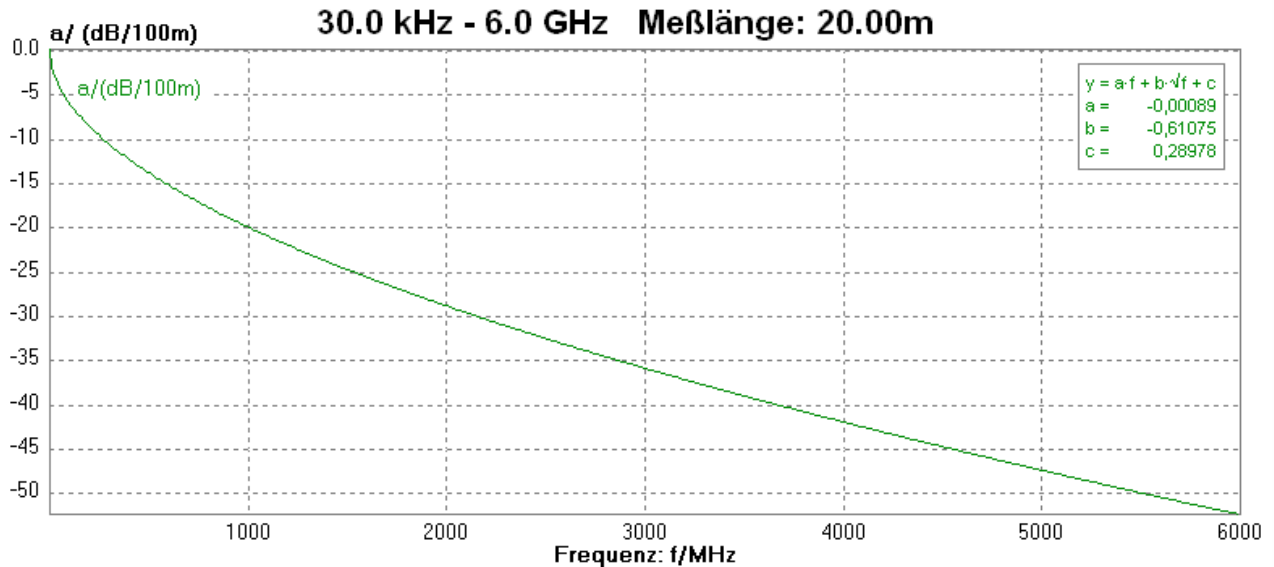
a) between a home router (WLAN base station) (located at the HD and F-connector interface) and appliances (F-connector interface) such as set top boxes or digital TV sets; in this case the [link is over the coaxial cable](#).

b) between a home router (WLAN base station) (located at the HD and F-connector interface) and microwave radiators located in selected rooms: in this case the link is in part over the coaxial network ("[the first twenty-thirty meters](#)") and in part over the air ("[the last five meters](#)") and possibly with a line of sight between the radiator and the portable IEEE 802.11 enabled appliance, connected to or included in the Terminal equipment.

prEN 50117-4-2, CATV-Kabel bis 6 GHz



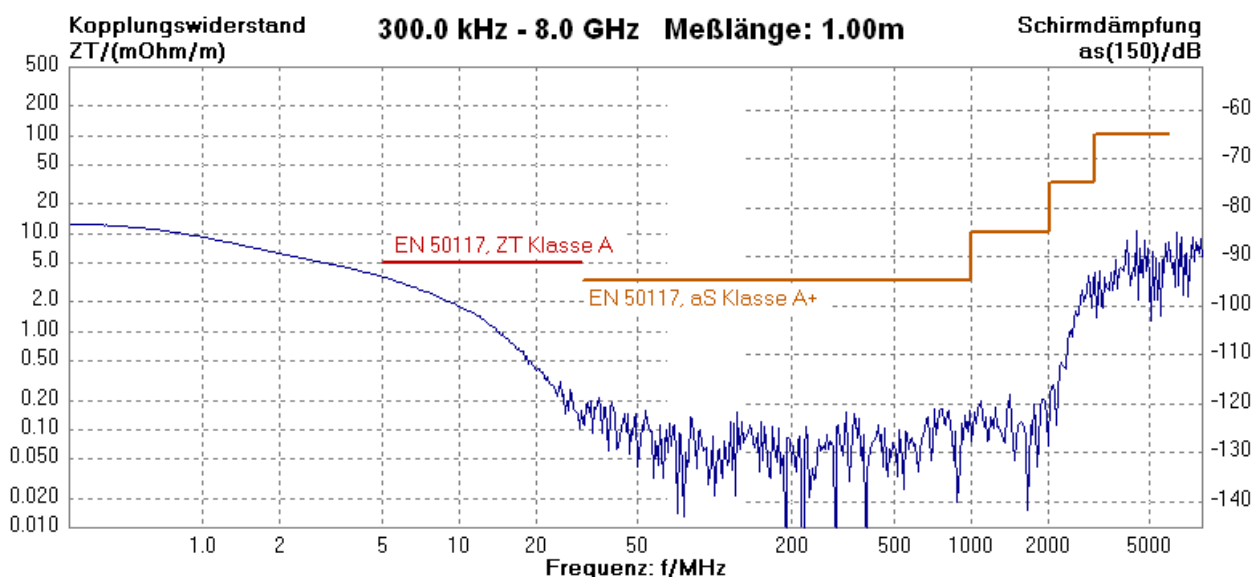
Durchgangsdämpfung (S21) Telass (R) 6 G



CATV-Kabel bis 6 GHz



Kopplungsübertragungsfunktion Telass (R) 6 G



Normen für Empfängeranschluss-Schnüre

	Konfektionierte Koaxial- und Hochfrequenz-kabel für CATV-Anwendungen	
DIN EN 60966-1, Ed.2	Teil 1: Fachgrundspezifikation für konfektionierte koaxiale HF-Kabel, Allgemeine Anforderungen und Prüfverfahren	1999-04-23, wird überarbeitet, 46/442/RM
DIN EN 60966-2-4, Ed.3	Teil 2-4: Bauartspezifikation für konfektionierte Kabel für Ton- und Fernsehroundfunkempfänger, 0 - 3000 MHz, IEC 60169-2 Steckverbinder (IEC-Stecker)	2009-01-12
DIN EN 60966-2-5, Ed.3	Teil 2-5: Bauartspezifikation für konfektionierte Kabel für Ton- und Fernsehroundfunkempfänger, 0 - 1000 MHz, IEC 60169-2 Steckverbinder (IEC-Stecker)	2009-01-12
DIN EN 60966-2-6, Ed.3	Teil 2-6: Bauartspezifikation für konfektionierte Kabel für Ton- und Fernsehroundfunkempfänger, 0 - 3000 MHz, IEC 60169-24 Steckverbinder (F-Stecker)	2009-01-12
DIN EN 60966-2-7, Ed.1	Teil 2-7: Bauartspezifikation für konfektionierte Kabel für Ton- und Fernsehroundfunkempfänger, 0 - 3000 MHz, IEC 60169-47 Steckverbinder (F-Quick-Stecker)	46/447/CD 2012-07-06

Empfänger-Anschlusskabel

- Die häufigste Fehlerquelle in Verteilanlagen ist der Anschluss von Empfänger-Anschlusskabeln mit nicht ausreichender Schirmdämpfung (**DECT-Telefone**).
- Es dürfen nur hochwertig geschirmte Anschluss-Kabel mit einer Schirmdämpfung von 85 dB (**Schirmungsklasse A**) eingesetzt werden.
- Geeignete Empfänger-Anschlusskabel sind in **DIN EN 60966-2-x** genormt.

Drei-Länder Vergleich mit Empfänger-Anschluss-Schnüren 2012, (BNetzA)

Land	Anzahl Prüflinge	Erfüllt alle Anforderungen Schirmdämpfung/Zugbelastung/ 2te Schirmdämpfung
DE	42	11 Prüflinge, (26.2 %)
CH	22	17 Prüflinge, (72.3 %)
NL	21	08 Prüflinge, (38,1 %)
Sum	85	36 Prüflinge, (42,4 %)

Quelle: Trilateral benchmark on Ready-made connecting devices (receiver leads) 2012 (BNetzA)

Schirmungsklassen nach EN 50117



Schirmungs-Klasse	5 - 30 MHz	30 -1000 MHz	1 GHz – 2 GHz	2 GHz – 3 GHz
C	<i>50 mOhm/m</i>	<i>75 dB</i>	<i>65 dB</i>	<i>55 dB</i>
B	15 mOhm/m	75 dB	65 dB	55 dB
A	5 mOhm/m	85 dB	75 dB	65 dB
A+	2,5 mOhm/m	95 dB	85 dB	75 dB
A++	0.9 mOhm/m	105 dB	95 dB	85 dB

Die Klassen A und B gelten für CATV-Kabel nach DIN EN 50117-2-1/-2-2/-2-4 und /-2-5

Die Klasse A++ gilt für CATV-Kabel nach DIN EN 50117-2-3

Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung müssen mit dem Triaxialverfahren nach EN 50289-1-6 (**CoMeT**) gemessen werden, Absorberzangen sind wegen der zu grossen Ungenauigkeit nicht mehr zulässig.

Schirmungsklassen - EN 60966-2-x, VCR-Schnüre



	Schirmungs-Klasse	5 - 30 MHz	30 -1000 MHz	1 GHz – 2 GHz	2 GHz – 3 GHz	Klasse EN 50117
60966-2-4, bis 3 GHz, IEC-Stecker	B	15 mOhm/m	75 dB	55 dB	55 dB	(B)
	A	5 mOhm/m	85 dB	65 dB	65 dB	(A)
60966-2-5, bis 1 GHz, IEC-Stecker	B	15 mOhm/m	75 dB	-	-	B
	A	5 mOhm/m	85 dB	-	-	A
60966-2-6, bis 1 GHz, F-Stecker	B	in Beratung	85 dB	75 dB	75 dB	(A)
	A	5 mOhm/m	95 dB	85 dB	85 dB	(A+)
60966-2-7, bis 1 GHz, F-Quick	B	<i>15 mOhm/m</i>	<i>75 dB</i>	<i>65 dB</i>	<i>55 dB</i>	<i>B</i>
	A	<i>5 mOhm/m</i>	<i>85 dB</i>	<i>75 dB</i>	<i>65 dB</i>	<i>A</i>

Die Schirmungsklassen der EN 60966-2-x entsprechen nur teilweise den Klassen der EN 50117

gerechnete Kopplungsübertragungsfunktion T_{nf}

$$R_k = \frac{U_1}{I_2} \quad [\text{m}\Omega/\text{m}]$$

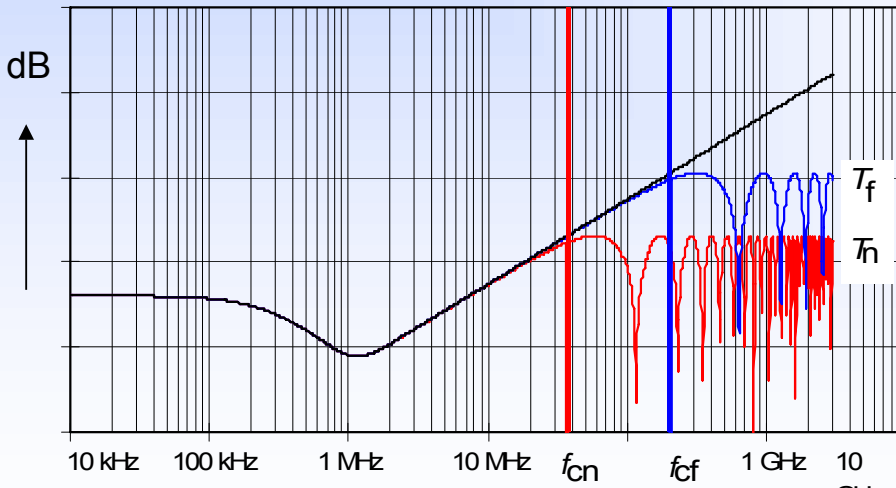
$$a_s = 10 \log (P_1/P_2) \quad [\text{dB}]$$

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

Kopplungswiderstand

Schirmdämpfung

$n =$ nahes Ende $L = 1\text{m}$
 $f =$ fernes Ende $\epsilon_{r1} = 2,3$
 $\epsilon_{r2} = 1,0$
 $Z_F = 0$



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

elektrisch lang:

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

elektrisch kurz:

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

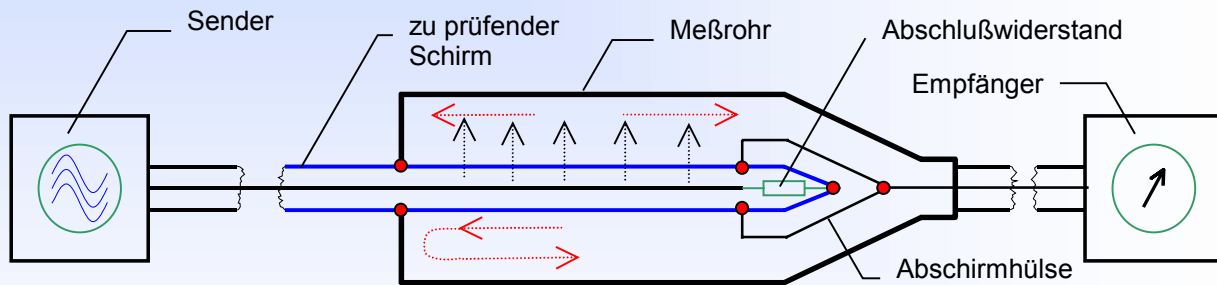
EN 50289-1-6
 IEC 62153-4-3 und -4-4

Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung

Triaxialverfahren, Kopplungswiderstand & Schirmdämpfung

Einige kHz bis über 8 (12) GHz mit einem Messaufbau

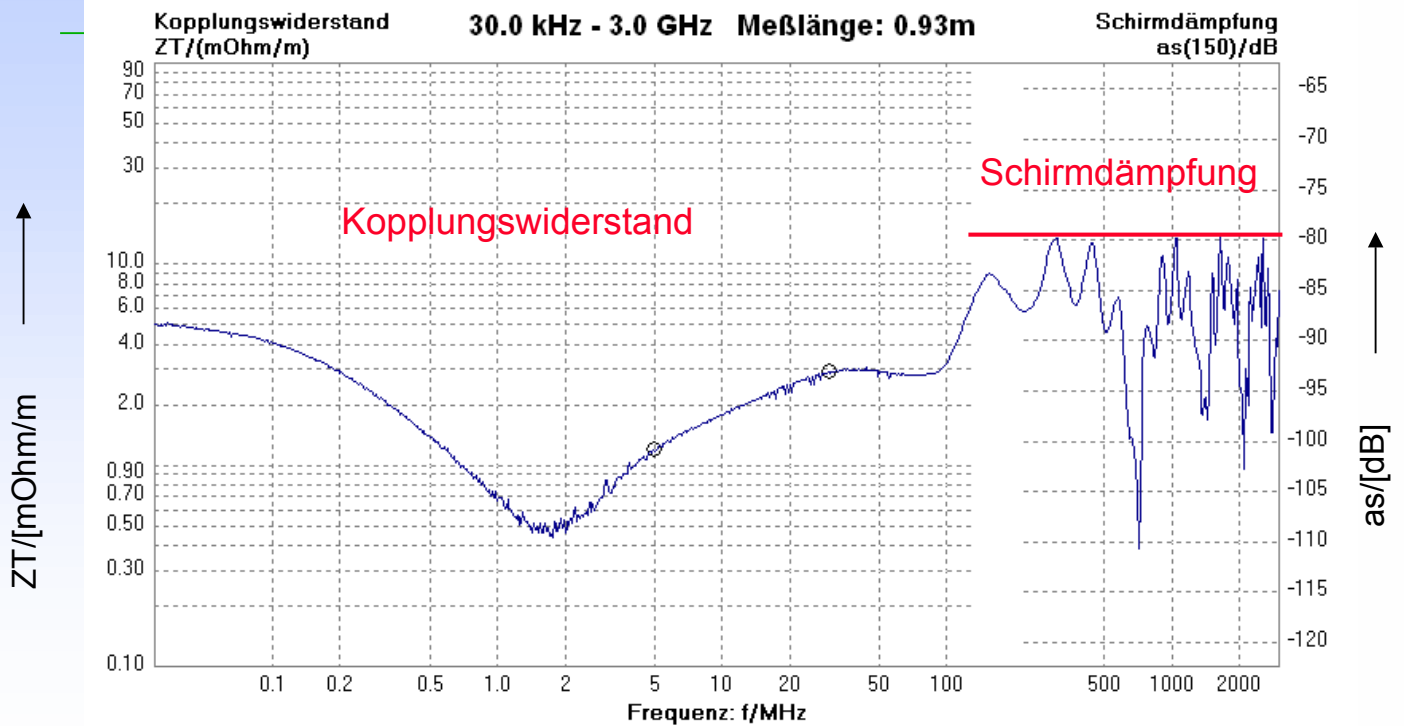
Mess-System **CoMeT**
 von **bedea** entwickelt
 und weltweit vertrieben



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

IEC 62153-4-3/-4-4 werden zurzeit bei IEC TC 46/WG 5 überarbeitet

Kopplungsübertragungsfunktion RG 214



6. Berliner Techniktage, 21./22. März 2013

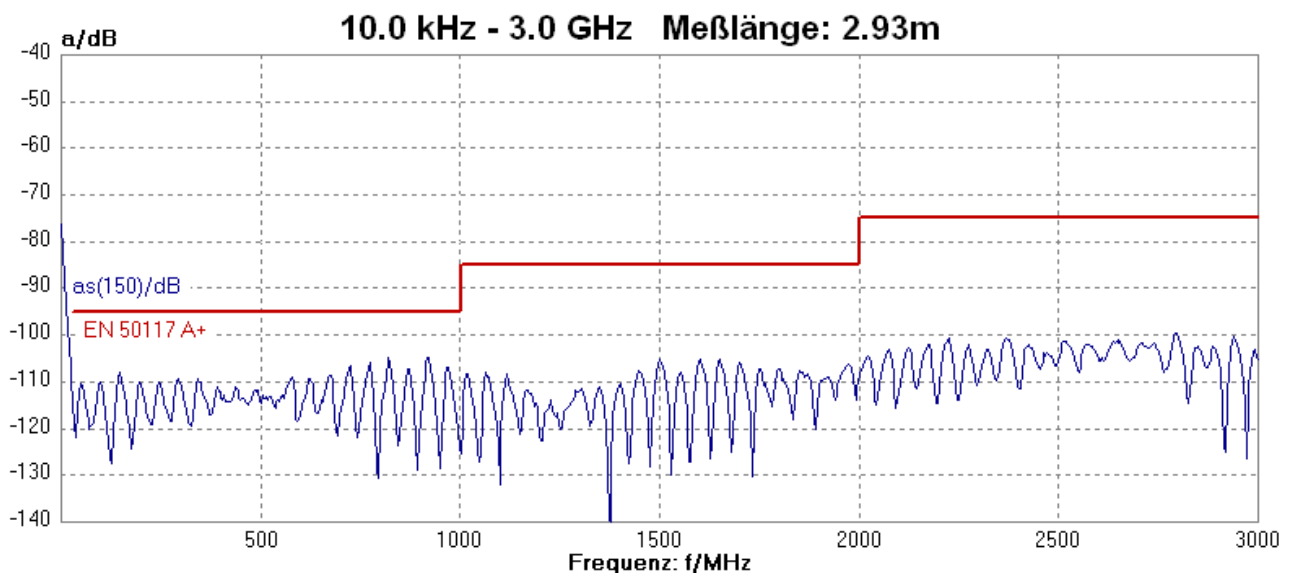
25

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

SD Telass 101 nach mehrfachem Biegen



Schirmdämpfung Telass 101 mit F-Kompress.-Stecker

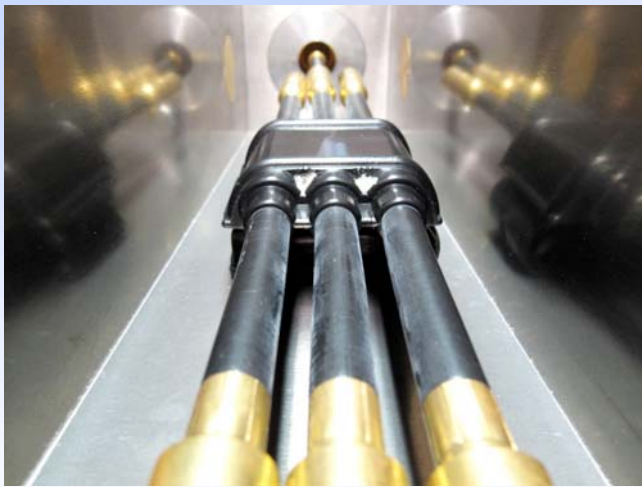


6. Berliner Techniktage, 21./22. März 2013

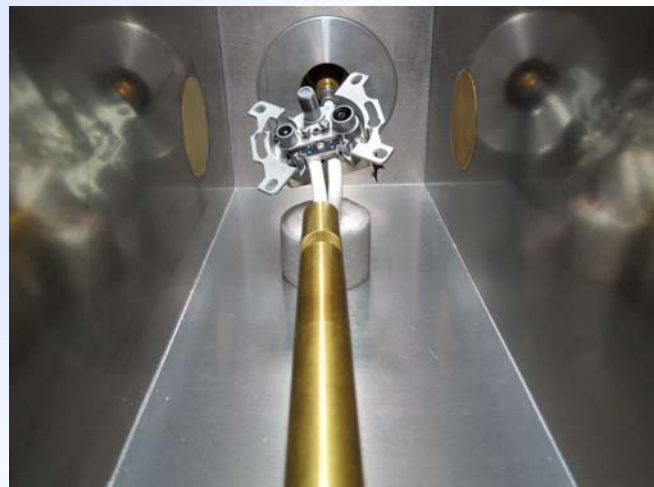
26

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

EMV von passiven Komponenten nach EN 50083-2



BK- Verteiler in Triaxialer Zelle



CATV - Dose in Triaxialer Zelle mit Rohr im Rohr

EMV von passiven Komponenten nach EN 50083-2

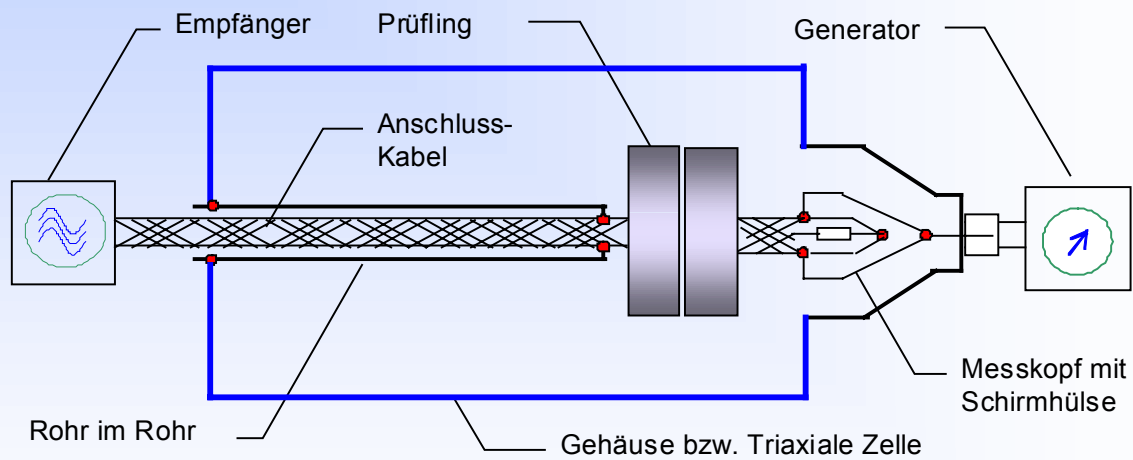
Frequenzbereich MHz	Grenzwert		Messverfahren
	Klasse A	Klasse B	
Schirmdämpfung			
5 bis 30	≥ 85 dB	≥ 75 dB	Koppeleinheiten- Verfahren, EN 50083-2
30 bis 300	≥ 85 dB	≥ 75 dB	Absorberzangen- Verfahren nach EN 55013
300 bis 470	≥ 80 dB	≥ 75 dB	
470 bis 1 000 ^{a)}	≥ 75 dB	≥ 65 dB	
950 ^{b)} bis 3 500	≥ 55 dB	≥ 50 dB	Substitutionsverfahren, EN 50083-2

^{a)} Anwendbar für Geräte mit einer oberen Frequenzgrenze ≤ 1 000 MHz.

^{b)} Anwendbar für Geräte mit einer unteren Frequenzgrenze ≥ 950 MHz .

Zur Beurteilung bzw. zur Qualifikation oder zur Fertigungskontrolle einer passiven Komponente nach EN 50083-2 im Bereich von z.B. 5 MHz bis 1500 MHz sind drei verschiedene, aufwändige Messaufbauten mit unterschiedlichen Messgeräten erforderlich.

Triaxiale Zelle, Prinzip



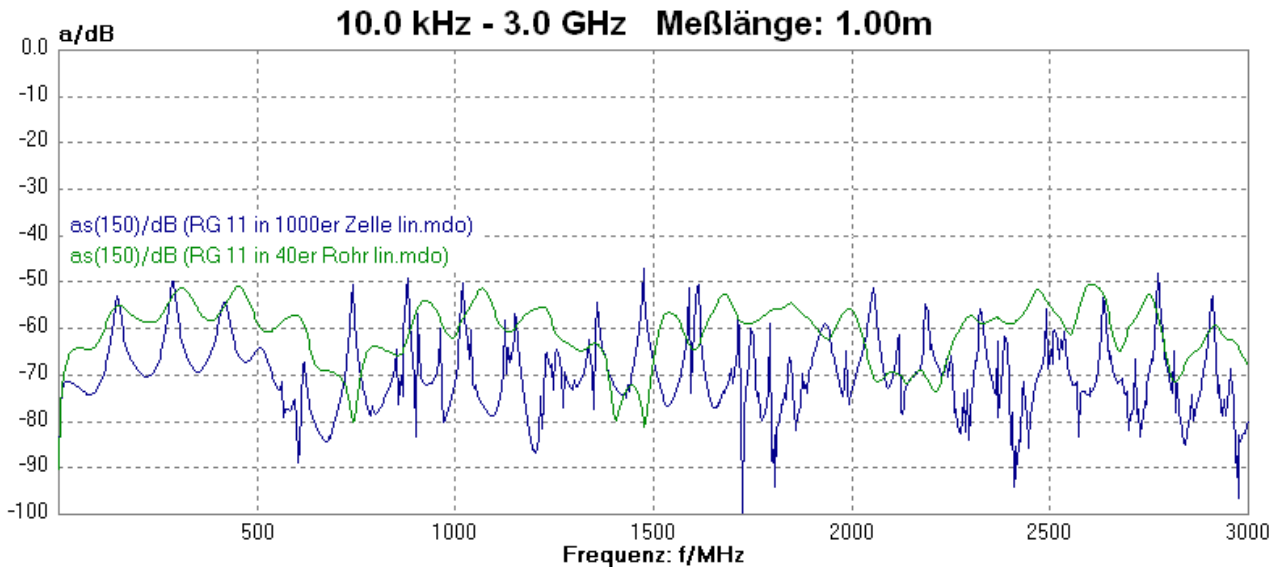
Das Messverfahren mit der Triaxialen Zelle befindet sich zurzeit bei IEC TC 46/WG 5 als IEC 62153-4-15 bzw. 46/454/CD in der internationalen Normung.

Verschiedene Ausführungen Triaxialer Zellen



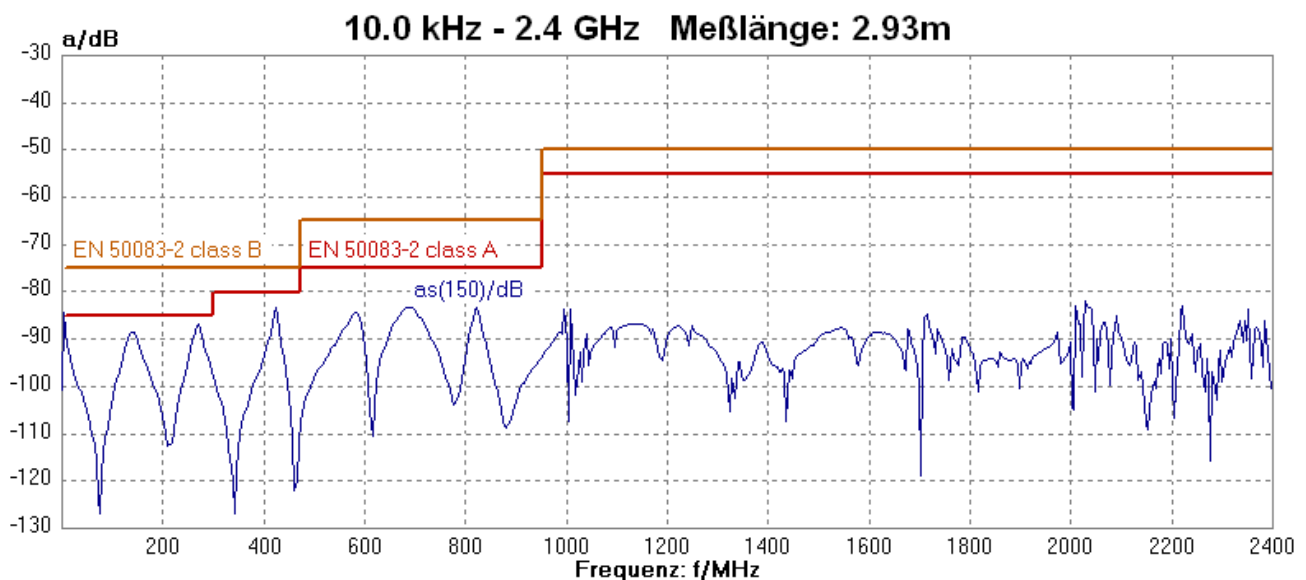
Vergleich Triaxiale Zelle und Messrohr

Schirmdämpfung RG 11 in 1000 Zelle und in Rohr

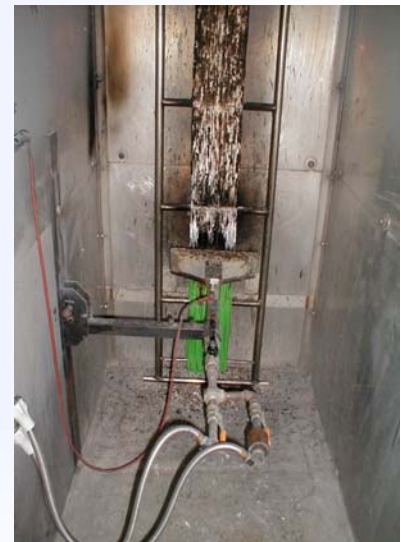


2-fach Sat-Verteiler in Triaxialer Zelle 1000/150

Schirmdämpfung 2-fach Sat-Verteiler

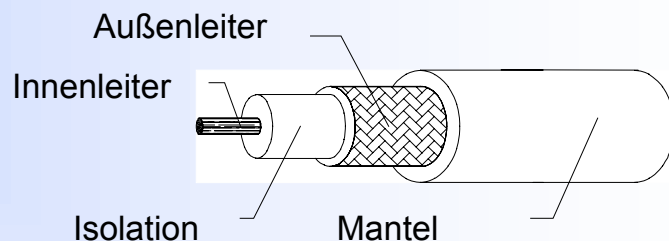


Brandverhalten von Koaxkabeln & BauPVO



- Bündeltest nach EN 50266-1 bzw. IEC 60332-3-10

Konstruktion von HF-Koaxialkabeln



- **Innenleiter:**
 - ◆ Kupfer (oder Aluminium),
 - ◆ nicht (bzw. schwer) brennbar
- **Isolation: gute dielektrische Eigenschaften bis in den GHz Bereich !**
 - ◆ Polyethylen (PE) oder CELL-PE, gut brennbar, (selten Polypropylen, PP)
 - ◆ oder Flourwerkstoffe, z.B. FEP, (Zersetzung ab ca. 400 °C, halogenhaltig)
- **Außenleiter:**
 - ◆ Cu-Geflecht + AL oder CU Folie, nicht bzw. bedingt brennbar,
 - ◆ Trägermaterial der Folie PP oder PET, brennbar aber halogenfrei,
- **Mantel:** verschiedene nicht brennbare und halogenfreie Werkstoffe

Abkürzungen für flammwidrige Kabel

- **FR, Flame Retardant**
 - ◆ flammwidrig, (verzögerte Brandweiterleitung, selbstverlöschend)
- **NC, Non Corrosive**
 - ◆ keine korrosiven Bestandteile, (Säuren)
- **LS, Low Smoke**
 - ◆ geringe Rauchentwicklung
- **OH, bzw. ZH, No Halogen bzw. Zero Halogen**
 - ◆ Kabel mit halogenfreiem Material

- allerdings sind diese Kürzel nicht geschützt und stellen keine “zugesicherte Eigenschaft” dar

Brandlast und LOI

- **Brandlast**
 - ◆ die Energie, die bei der Verbrennung des Kabels entsteht, in **kWh/m** oder in **MJ/m**
 - Brandlast = spezifische Verbrennungswärme x Gewicht
 - (wird üblicherweise im Datenblatt angegeben)
- **Sauerstoffindex, LOI (Lower Oxygen Index)**
 - ◆ Anteil Sauerstoff an, bei dem eine entzündete Werkstoffprobe gerade noch weiterbrennt. (Luft = 21% Sauerstoff)
 - ◆ der LOI lässt Rückschlüsse auf das Kabel im Brandfall nur sehr bedingt zu,
 - da das Brandverhalten vorwiegend durch die Konstruktion der Kabel bestimmt wird

Flammwidrige Mantelmaterialien



- Bei flammwidrig ausgestatteten Koaxial-Kabeln kommt vorwiegend Polyethylen als Mantelmaterial zum Einsatz, welches durch verschiedene Zusatzstoffe, z.B. **Kreide**, **Aluminiumhydroxyd (ATH)**, oder **Magnesiumhydroxyd** flammwidrig ausgestattet wurde.
 - ◆ **LOI** ca. 28 bis ca. 50, (18 bei Standard PE)
- Wirkungsweise:
 - ◆ **Kreide** verringert lediglich das brennbare Material, bildet im Brandfall Asche, die den Luftzutritt zum brennbaren Material verhindert.
 - ◆ **Aluminium- und Magnesiumhydroxyd** spalten ab ca. 150 °C Wasser ab; damit wird dem Brand Wärmeenergie entzogen und führt damit zum schnelleren Verlöschen des Brandes.
 - ◆ **Verschlechterung** der mechanischen Eigenschaften, wie z.B. Dehnung und Abriebfestigkeit

Bauproduktenverordnung, BauPVO



- ◆ **CPD** → **CPR** bzw. **BPR** → **BauPVO** aus "Richtlinie" wird "**Verordnung**" !!
- ◆ **Construction Product Regulation (CPR)** bzw. **BauPVO**
- ◆ ab **01. Juli 2013** verbindlich in jedem Land der EU !!!
- ◆ Umsetzung ist Sache der jeweiligen EU-Staaten
 - in Deutschland **16 Bundesländer**
 - Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie, **MLAR**, **Stand 2006** noch gültig
- ◆ Jedes Innenkabel muss mit dem CE-Kennzeichen nach CPR bzw. BauPVO gekennzeichnet sein,
 - Prüfung nur durch akkreditiertes Prüfinstitut (3rd Party Prüfung)
 - zurzeit gibt es keine Anforderungen vom **DIBt** (Deutsches Institut für Bautechnik), *Kabel stehen nicht im Focus der Bauindustrie*
 - damit muss mindestens die **Klasse E** (schwer entflammbar) erklärt werden
- ◆ Die Entscheidung, welche Kabel eingesetzt werden, liegt beim Planer, beim Netzbetreiber bzw. beim Installateur

Euroklassen	Zusätzliche Anforderungen			Bauaufsichtliche Benennung	Sicherheitsbedarf
	Flammausbreitung Wärmeentwicklung	Rauchentwicklung/- Dichte	Säureentwicklung/- Korrosivität		
A_{ca}				nicht brennbar	
B1_{ca}				schwer entflammbar	
B2_{ca}	s1a	a1	d0		
C_{ca}	s1b	a1	d1		
D_{ca}	s2	a1	d2	normal entflammbar	sehr hoch
E_{ca}					hoch
F				leicht entflammbar	mittel
					gering
					kein

Quelle: Fachverband Kabel und isolierte Drähte

Klassifizierung nach EN 13501-6

A_{ca}	Höchste Anforderungsstufe für Produkte die praktisch nicht brennen können, z.B. keramische Produkte .
B1_{ca}	Produkte, die zwar brennbar sind, die aber wenig oder gar nicht brennen , wenn sie den Referenzprüfungen bzw. den Prüfungen zur Klassifizierung nach EN 50399 (30 kW Flammquelle) ausgesetzt sind.
B2_{ca} & C_{ca}	Produkte, die keine kontinuierliche Flammausbreitung ergeben, wenn sie der 40-100 kW Zündquelle der horizontalen Referenzprüfungen ausgesetzt sind, mit begrenzter Flammausbreitung und geringer Feuer-Wachstumsrate bei Prüfungen nach EN 50399 (20,5 kW Flammquelle). (Bündeltest)
D_{ca}	Produkte, die ein besseres Brandverhalten aufweisen als üblicherweise flammwidrig ausgestattetes Polyethylen, mit einem Verhalten ähnlich von Holz , wenn sie den Referenzprüfungen ausgesetzt sind, (horizontale Brandprüfung). Bei Prüfungen nach EN 50399 (20,5 kW Flammquelle) zeigen die Produkte eine kontinuierliche Flammausbreitung, eine moderate Feuer-Wachstumsrate und eine moderate Rate der Wärmeabgabe.
E_{ca}	Produkte, bei denen eine geringe Brandeinwirkung keine große Flammausbreitung verursacht (Bunsenbrenner-Prüfung)
F_{ca}	Kein Brandverhalten erklärt, No performance declared, (npd)

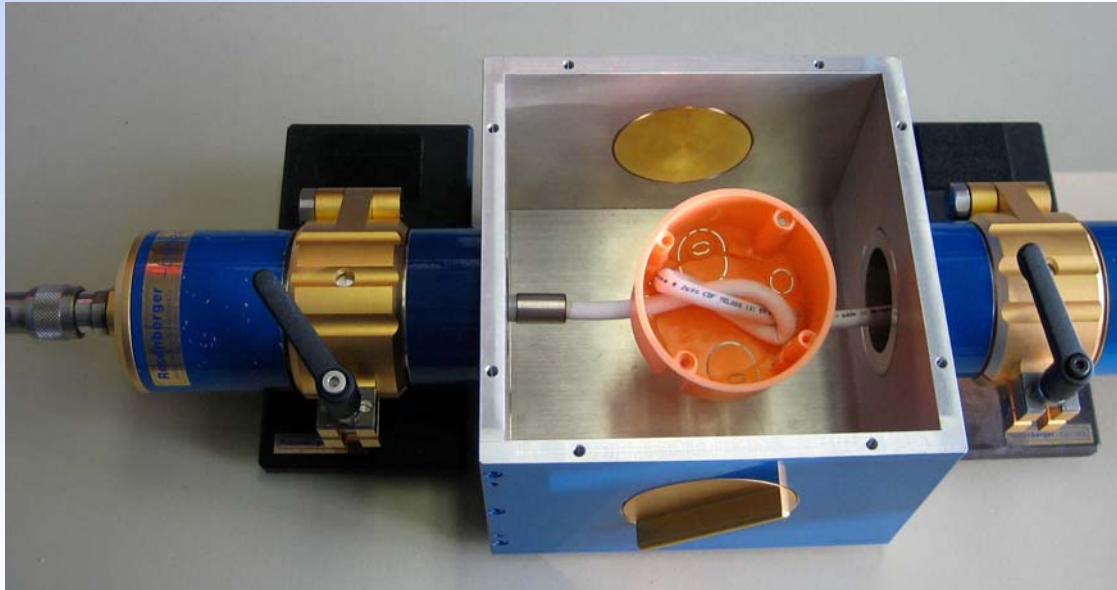
Zusammenfassung 1

- Der **Wellenwiderstand** von Koaxialkabeln ergibt sich aus dem Verhältnis von Innenleiter zu Aussenleiter und der Dielektrizitätskonstanten Epsilon-r
- Die **Rückflusdämpfung** ist ein Mass für die **Gleichmässigkeit** des Wellenwiderstandes - und stellt damit das wesentliche (fertigungstechnische) **Qualitätsmerkmal** eines Koaxialkabels dar.
- Die Dämpfung von Kabeln wird im logarithmischen Maßstab in **Dezibel (dB)** pro Länge, d.h. im allgemeinen in **dB/100m**, angegeben.
- Beim Verlegen der Koaxialkabel sind die Angaben des Herstellers bezüglich minimaler Biegeradien und maximaler Zugbelastung, Temperaturbereich usw. zu beachten.
- Es sind ausschliesslich Koaxialkabel mit **physikalisch geschäumtem** Dielektrikum (gas injected, physically foamed) einzusetzen.
- Auf die Verwendung von **Nagelschellen** ist zu verzichten.
- Die Verlegung in **Rohren oder Kabelkanälen** wird dringend empfohlen.
- Koaxialkabel dürfen nicht in unmittelbarer Nähe von **Hitzequellen** installiert werden.

Zusammenfassung 2

- Die Grenzwerte für die Störstrahlung von Telekommunikationsanlagen (BK-Anlagen) ist von der **BNetzA** in der **SchUTSEV** festgelegt.
- Es dürfen nur hochwertig geschirmte Anschluss-Kabel mit einer Schirmdämpfung von 85 dB (Schirmungs-Klasse A) eingesetzt werden.
- Geeignete Anschlusskabel sind in **DIN EN 60966-2-x** genormt.
- CATV-Kabel sind in **DIN EN 50117-2-1 bis -2-5** und in **50117-4-1** beschrieben.
- Gute Schirmwirkung wird mit **F-Kompressionssteckern** erreicht.
- Nach der **Bauproduktenverordnung, BauPVO** der EU muss ab **01. Juli 2013** für alle Innenkabel die Brandklasse erklärt werden.
- Allerdings gibt es bisher noch keine Anforderungen von der Bauindustrie bzw. vom **DIBt** (Deutsches Institut für Bautechnik),
- **bedea** hat zahlreiche Brandprüfungen bei der VDE-Prüfstelle in Offenbach durchgeführt
- und bietet Video und CATV-Kabel für verschiedene Brandklassen an.

Biegeradius in Unterputz-Dose, Telass 101



Messung der Schirmdämpfung, Telass CDF 101 in uP-Dose

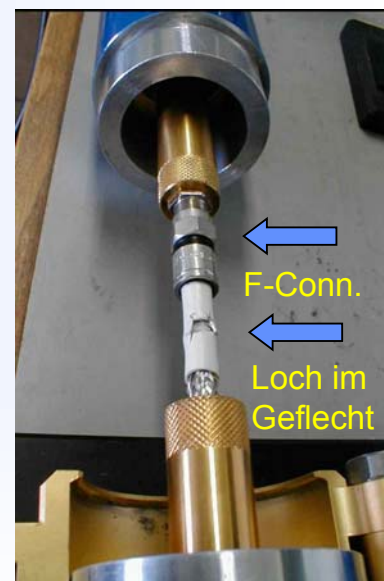
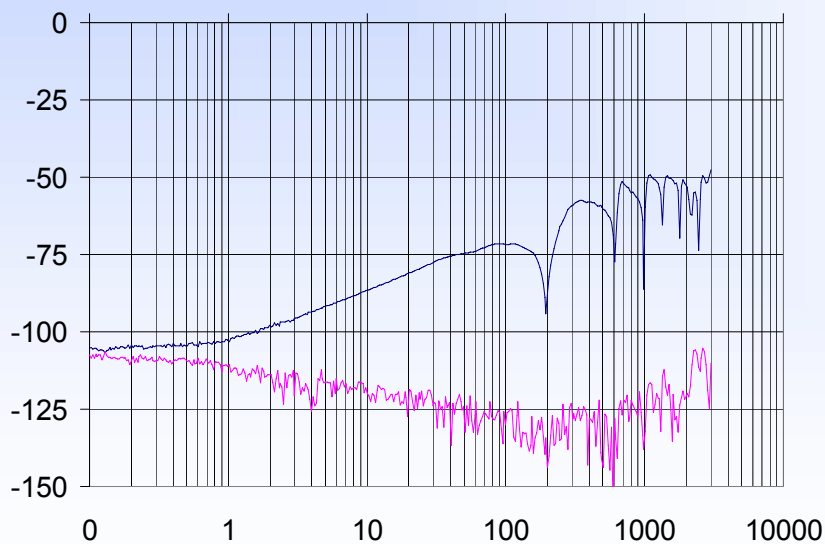
6. Berliner Techniktage, 21./22. März 2013

43

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

Kabel mit Loch im Schirm

Telass 110 mit F-Stecker Telass 110 mit Loch, 3 mm



6. Berliner Techniktage, 21./22. März 2013

44

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

CoMeT Coupling Measuring Tube



Danke fürs Zuhören

???



www.bedeas.com

bmund@bedea.com

Technik, EMV & Brandverhalten von CATV-Kabeln



bedea

bedea Berkenhoff&Drebes GmbH, Asslar, Germany



ca. 325 MA
ca. 42 Mio EUR

seit 1995 selbständig durch
Management-Buy-out

1. Ziel ist die Erhaltung
der Arbeitsplätze !

- Kommunikationskabel

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

<http://www.bedeas-faserlicht-design.com/>

- Messtechnik

www.bedeas.com

Für Ihre Notizen

-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-

Für Ihre Notizen

-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-