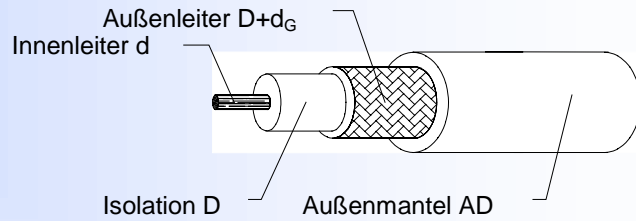


Technik & Installation von CATV-Kabeln



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

1-1

Technik & Installation von CATV-Kabeln



Kurzschluss durch überdehnten
Innenleiter
durch zu hohe Zugbelastung des Kabels

Überdehnter Innenleiter durch
zu hohe Zugbelastung des Kabels



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

1-2

bedea, Asslar (Wetzlar), Germany



320 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, ca. 30 Mio Jahresumsatz
Kommunikationskabel/ Technische Fäden/Feinseile/Datentechnik/Lichttechnik

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

1- 3

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

Übersicht

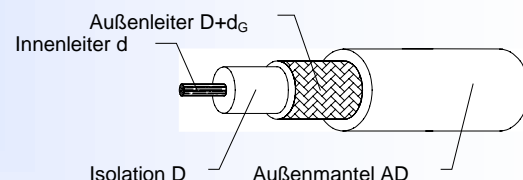
- Charakteristische Kennwerte von CATV-Kabeln
 - ◆ Wellenwiderstand,
 - ◆ Dämpfung,
 - ◆ Rückflussdämpfung
- Verlegevorschriften
 - ◆ Zugbelastung und Biegeradien
 - ◆ Betriebsdaten von Koaxialkabeln
 - ◆ Kabelverbindungen, EMV, Schirmungsklassen
- Normen
 - ◆ DIN EN 50117-2-1 bis -2-5, CATV-Kabel
 - ◆ DIN EN 60966-2-4 bis -2-6, Empfängeranschlusskabel
- 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 .

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

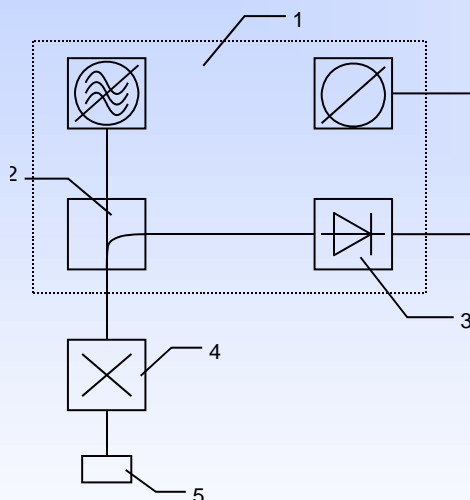
- Die Beziehung der Rückflußdämpfung zum **Stehwellenverhältnis s** ist gegeben durch:

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

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

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

Messen der Rückflusdämpfung



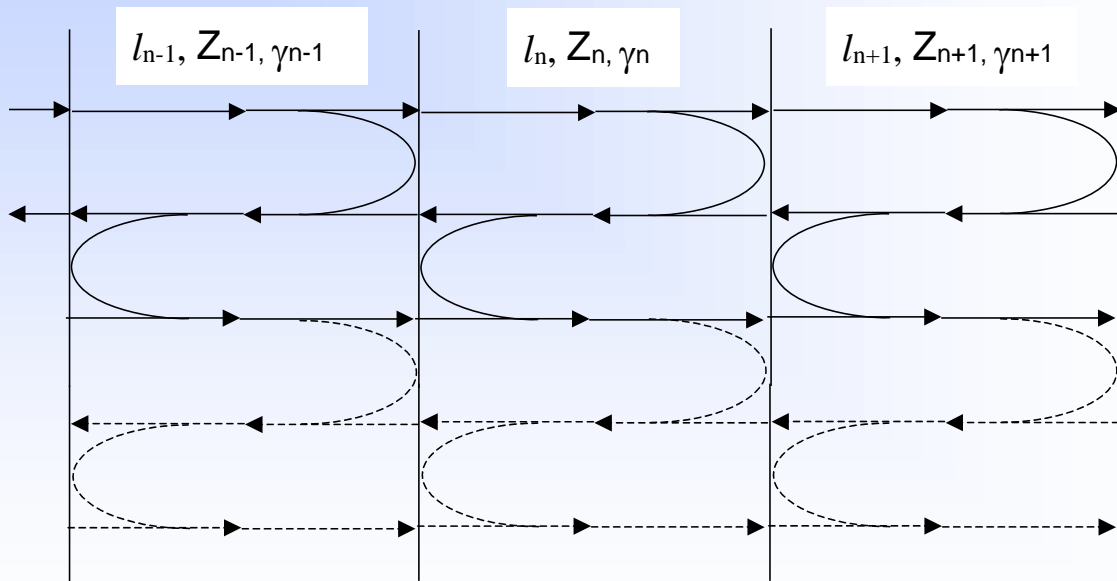
- 1 Netzwerkanalysator
- 2 Richtkoppler oder Brücke
- 3 Demodulator
- 4 Prüfling
- 5 Abschlußwiderstand

Anzahl der Messpunkte
≥ 20.000 pro Messung !

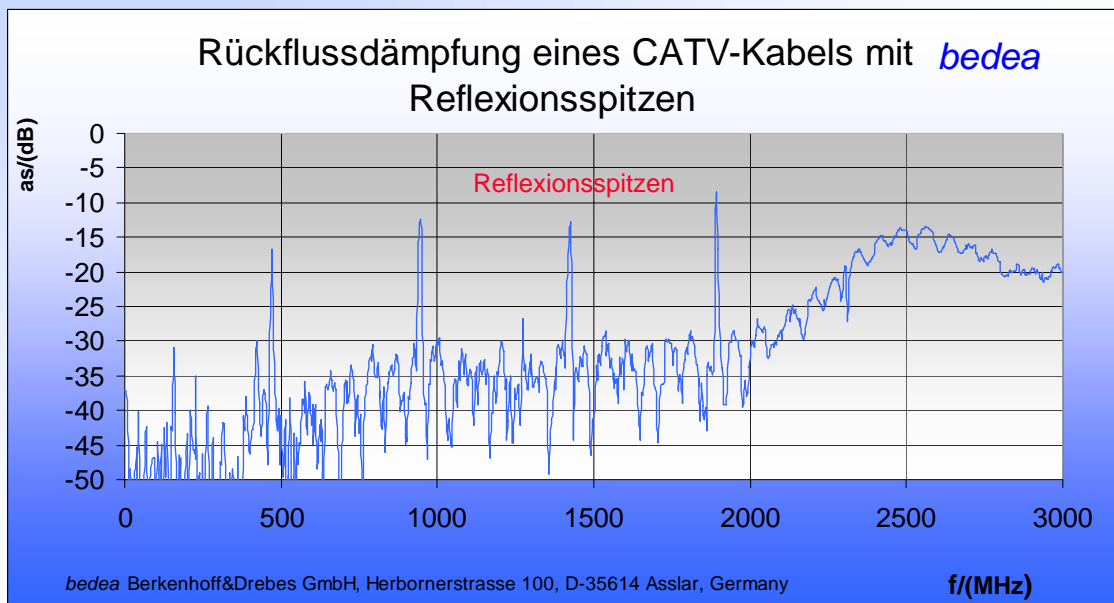
$$r = \frac{Z_0 - Z_L}{Z_0 + Z_L} \quad a_r = 20 \cdot \log(1/r) \text{ (dB)}$$

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

periodische Störstellen



Rückflussdämpfung



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

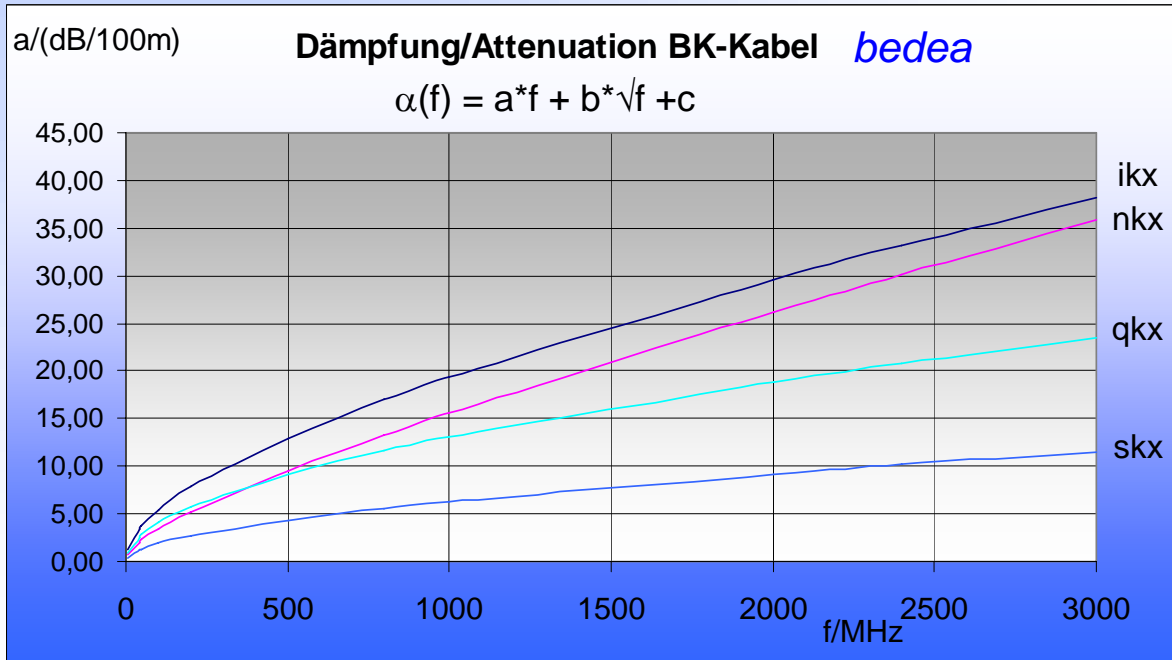
Grenzwerte der Rückflussdämpfung

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)
Messgenauigkeit: Im Falle digitaler Signalverarbeitung hängt die Messgenauigkeit, $\Delta_{ar,f}$ von der Schrittweite Δ_f im gemessenen Frequenzbereich ab. Die Frequenzabstände im gemessenen Frequenzbereich sind abhängig von der Frequenz und müssen mit folgender Gleichung übereinstimmen: $\Delta f \leq 1.4 \cdot \frac{300 \cdot v_r}{868.6 \cdot \pi} \cdot a(f) \cdot \sqrt{10^{\frac{\Delta a_{r,f}}{10}} - 1}$ wobei $a(f)$ die Dämpfung des Kabels am gemessenen Frequenzpunkt in dB/100m, Δ_{ar1} die maximale Ungenauigkeit der Messung und v_r die nominelle Ausbreitungsgeschwindigkeit des Kabels darstellt. ^{b)} Wenn in der entsprechenden Bauartspezifikation nicht anders angegeben, muss die Messgenauigkeit $\Delta_{ar,f} \leq 1$ 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): $\frac{a_1}{a_2} = \sqrt{\frac{f_1}{f_2}}$ (a/dB, f/MHz)

Dämpfungskurve



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

1- 13

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 mm ² Kupfer (Innen- und Aussenleiter), wird vom Hersteller angegeben

Angaben des Herstellers in den entsprechenden Datenblättern beachten

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

1- 14

DIN 18015-1 Abschnitt 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.

Verlegevorschriften von CATV-Kabeln

- **Qualitätsanforderungen:**
 - ◆ Es sind ausschliesslich Koaxialkabel mit **physikalisch geschäumtem** Dielektrikum (gas injected, physically foamed) einzusetzen. Sie sind bzgl. der Alterung, den Witterungseinflüsse und der mechanischen Stabilität gegenüber chemisch geschäumtem Dielektrikum deutlich besser.
- **Verwendung von Nagelschellen:**
 - ◆ Auf die Verwendung von Nagelschellen ist zu verzichten. Die Druckstellen der Nagelschellen auf das Dielektrikum verschlechtern die Übertragungseigenschaften.
- **Installation in der Nähe von Hitzequellen:**
 - ◆ Koaxialkabel dürfen nicht in unmittelbarer Nähe von Hitzequellen installiert werden. Dies führt zur Verschlechterung der Kabelparameter bis hin zum Ausfall des Kabels. Die Isolation beginnt bei ca. 65 °C zu erweichen
- **Die Verlegung in Rohren oder Kabelkanälen wird dringend empfohlen.**

Kabelverbindungen und EMV

- **Kabelverbindungen sind EMV-Fehlerquelle Nummer 1:**
- **Absetzen der Koaxialkabel mit geeignetem Werkzeug**
 - ◆ Es gibt für alle Kabel passende Werkzeuge
 - ◆ vom Hersteller vorgeschriebene Absetzmaße einhalten,
 - ◆ auch für Antennendosen
- **Montage von koaxialen Steckern an Koaxialkabeln**
 - ◆ Es dürfen ausschließlich Stecker auf Kabel montiert werden, die für den jeweiligen Kabeltyp ausdrücklich vorgesehen sind.
 - ◆ Die Montageanleitung des Herstellers ist unbedingt zu beachten.
- **Gute Schirmwirkung wird mit F-Kompressionssteckern erreicht.**
- **Verbindung von Koaxialkabeln**
 - ◆ Verbindungen von Koaxialkabeln dürfen ausschließlich mit koaxialen durchgehend geschirmten Verbindungselementen oder koaxialen Steckverbindern erfolgen.

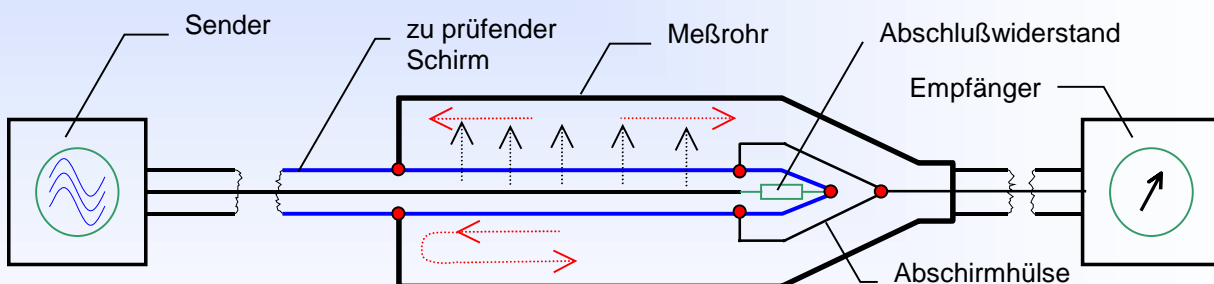
Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung

Triaxialverfahren

Einige kHz bis über 3 (8) GHz mit einem Messaufbau

Messrohr *CoMeT*

von *bedea* entwickelt und weltweit vertrieben

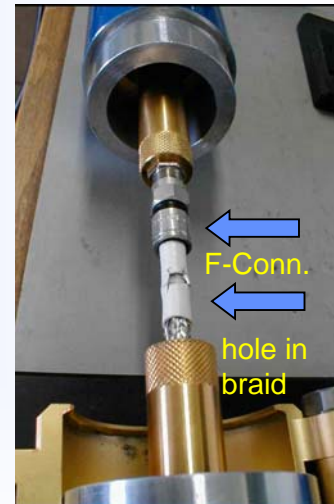
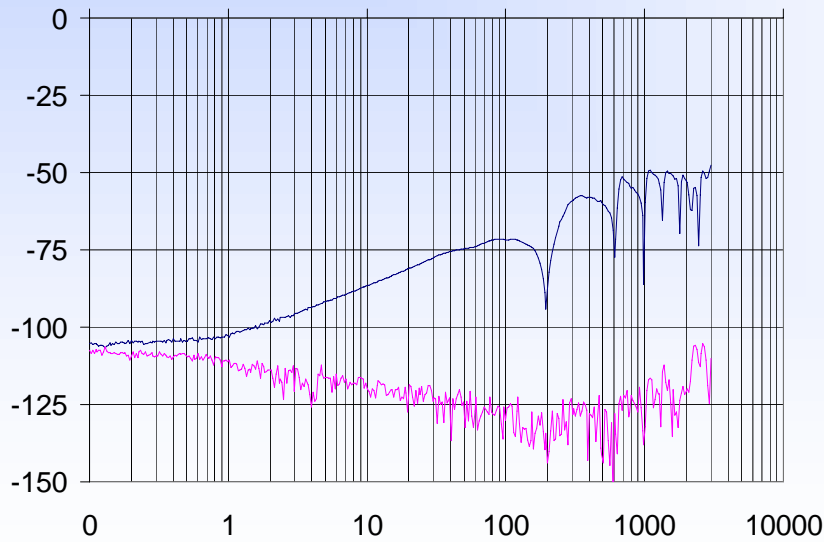


IEC 62153-4-3/-4-4 Kopplungswiderstand/Schirmdämpfung, Triaxialverfahren
DIN EN 50289-1-6, Kommunikationskabel, Elektromagnetisches Verhalten

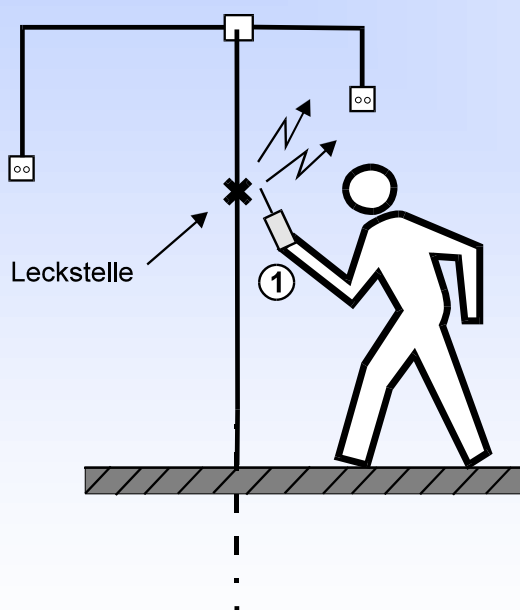
Kabel mit Loch im Schirm

Telass 110 mit F-Stecker

Gleiches Kabel mit Loch, 3 mm



Suche von EMV-Leckstellen



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.

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

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.

	Konfektionierte Koaxial- und Hochfrequenzkabel für CATV-Anwendungen	
EN 60966-2-4	Teil 2-4: Bauartspezifikation für konfektionierte Kabel für Ton- und Fernsehgrundfunkempfänger, 0 – 3000 MHz, IEC 60169-2 Steckverbinder	2003-03
EN 60966-2-5	Teil 2-5: Bauartspezifikation für konfektionierte Kabel für Ton- und Fernsehgrundfunkempfänger, 0 – 1000 MHz, IEC 60169-2 Steckverbinder	2003-03
EN 60966-2-6	Teil 2-6: Bauartspezifikation für konfektionierte Kabel für Ton- und Fernsehgrundfunkempfänger, 0 – 3000 MHz, IEC 60169-24 Steckverbinder (F-Stecker)	2003-03

Normen für CATV-Kabel, EN 50117

DIN EN 50117-1, Ed.2 DIN EN 50117-1 (Amd1)	Koaxialkabel, Fachgrundspezifikation	2003-01 (2007-03)
	Rahmenspezifikation für Kabel für Kabelverteilanlagen (CATV-Kabel)	
<i>DIN EN 50117-2-1 Ed1</i> DIN EN 50117-2-1 Ed2 (Ersatz für 50117-2)	Hausinstallationskabel im Bereich von 5 MHz - 1 000 MHz	2003-01 2006-03
DIN EN 50117-2-2 Ed1 (Ersatz für 50117-3)	Hausanschlusskabel im Bereich von von 5 MHz bis 1000 MHz	2005-08
DIN EN 50117-2-3 Ed1 (Ersatz für 50117-4)	Verteiler und Linienkabel im Bereich von 5 MHz bis 1000 MHz	2005-08
DIN EN 50117-2-4 Ed1 (Ersatz für 50117-5)	Hausinstallationskabel im Bereich von 5 MHz bis 3000 MHz	2005-08
DIN EN 50117-2-5 Ed1 (Ersatz für 50117-6)	Hausanschlusskabel für Frequenzen von 5 MHz bis 3000 MHz	2005-08

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

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.

Zusammenfassung 2

- 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.
- Gute Schirmwirkung wird mit **F-Kompressionssteckern** erreicht.
- 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** beschrieben.

CoMeT Coupling Measuring Tube

Danke fürs Zuhören



???

www.bedea.com

bmund@bedea.com