

DIN EN 62153-4-6

ICS 33.120.10

Einsprüche bis 2015-07-29

Ersatz für

E DIN IEC 62153-4-6:2004-07

Entwurf**Prüfverfahren für Metallische Kommunikationskabel –
Teil 4-6: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) –
Kopplungswiderstand – Speisedrahtverfahren
(IEC 46/549/CD:2015)**

Metallic Communication Cable test methods –
Part 4-6: Electromagnetic compatibility (EMC) –
Surface transfer impedance – line injection method
(IEC 46/549/CD:2015)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2015-05-29 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses
Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten
Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 34 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe und Definitionen	4
3.1 Allgemeines	4
3.2 Innerer und äußerer Kreis	4
3.3 Kopplungswiderstand Z_T	4
3.4 Länge des Prüfmusters	5
4 Prüfeinrichtung	6
4.1 Allgemeines	6
4.2 Ausrüstung	7
4.3 Anschlussboxen	7
4.4 Wellenwiderstand des inneren Systems	10
5 Vorbereiten des Prüflings	11
5.1 Allgemeines	11
5.2 Geschirmte symmetrische Kabel.....	12
5.3 Geschirmte mehradrige Kabel.....	12
6 Durchführung der Messung	12
6.1 Allgemeines	12
6.2 Vorsichtsmaßnahmen während der Prüfung.....	12
6.2.2 Unkontrollierte Ströme.....	13
6.2.3 Inhomogenitäten des Kabelschirmes über den Kabelumfang.....	13
6.3 Kalibrieren	13
6.4 Messverfahren.....	14
6.5 Auswerten der Prüfergebnisse	15
7 Darstellen der Prüfergebnisse	16
7.1 Ausdruck.....	16
7.2 Normalisierte Schirmdämpfung.....	16
7.3 Temperaturkorrektur.....	17
7.3 Prüfbericht	17
8 Anforderung	17

Bilder

Bild 1 – Vollständige Installation	6
Bild 2 – Montierte Anschlussbox für Speisedrahtverfahren – Stückliste	8
Bild 3 – Oberer Teil der Anschlussbox - Pos. 1	9
Bild 4 – Unterer Teil der Anschlussbox – Pos. 2	9
Bild 5 – Impedanzanpassung der Anschlussbox – Pos. 3	10
Bild 6 – Einsatz zur Aufnahme der unterschiedlichen Größen der zu prüfenden Kabel – Pos. 4	10
Bild 7 – Vorbereiten des zu prüfenden Kabels (CUT)	11
Bild 8 – Zusätzliche Schirmung der Stecker des zu prüfenden Kabels.....	12
Bild 10 – Prüfeinrichtung zum Kalibrieren	14

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 46/549/CD:2015 „Metallic Communication Cable test methods – Part 4-6: Electromagnetic compatibility (EMC) – Surface transfer impedance – line injection method“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom TC 46 „Cables, wires, waveguides, R.F. connectors, R.F. and microwave passive components and accessories“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die IEC und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf prEN nur 2 Monate beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 412 „Kommunikationskabel (Kabel, Leitungen, Wellenleiter, Lichtwellenleiter, Komponenten, Zubehör und Anlagentechnik für die Nachrichten- und Informationsübertragung)“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm.

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO [und/oder] IEC sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Prüfverfahren für Metallische Kommunikationskabel – Teil 4-6: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Kopplungswiderstand – Speisedrahtverfahren

1 Anwendungsbereich

Mit Hilfe dieses Verfahrens wird die Schirmwirkung eines geschirmten metallischen Kabels bestimmt. Über den Speisedraht wirken ein definierter Strom und eine definierte Spannung auf den Schirm ein. Die induzierte Spannung wird gemessen, um den Kopplungswiderstand zu bestimmen.

Messungen können im Frequenzbereich von einigen kHz bis zu und über 1 GHz mit üblichen Hochfrequenzmessgeräten durchgeführt werden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen)

IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary*

IEC 61196-1:200X, *Coaxial Communication cables – art 1: Generic specification – General, Definitions, requirements and test methods.*

3 Begriffe und Definitionen

3.1 Allgemeines

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 60050 sowie die Definitionen der IEC 61196 1.

3.2 Innerer und äußerer Kreis

Der äußere Kreis (Speisekreis) wird gespeist und mit dem Index "1" gekennzeichnet. Der äußere Kreis besteht aus der Oberfläche des Schirms und dem Speisedraht. Der Index "2" kennzeichnet den inneren Kreis (Prüfling). Im inneren Kreis werden die induzierten Spannungen gemessen.

3.3 Kopplungswiderstand Z_T

Ein wichtiges Element zur Bestimmung der Schirmwirkung von Kabeln ist der Kopplungswiderstand Z_T seines Schirms.

Der Kopplungswiderstand eines elektrisch kurzen, gleichförmigen Kabels ist definiert als der Quotient der Längsspannung, welche in den inneren Kreis induziert wird, zum Strom im äußeren Kreis (Speisedrahtkreis) oder umgekehrt, bezogen auf die Längeneinheit.

Die meisten Kabel weisen eine vernachlässigbare kapazitive Kopplung auf. Bei Kabeln mit Einfachgeflechten mit geringer optischer Bedeckung kann diese kapazitive Kopplung jedoch nicht vernachlässigt werden. Die Kopplung durch die Löcher im Schirm wird durch die Durchgriffskapazität C_T oder durch die kapazitive Kopplungsadmittanz Y_C beschrieben. Für ein elektrisch kurzes, gleichförmiges Kabel ist Y_C definiert als der Quotient des Stroms welcher in den inneren Kreis induziert wird, zur Spannung im äußeren Kreis oder umgekehrt. Der äußere Kreis wird dabei durch den zu prüfenden Schirm und den Speisedraht gebildet.

Im Falle nicht vernachlässigbarer kapazitiver Kopplung wird die Schirmwirkung durch den äquivalenten Kopplungswiderstand Z_{TE} beschrieben:

$$Z_{TE} = \max |Z_F \pm Z_T| \quad (1)$$

$$Z_F = j\omega C_T Z_1 Z_2 = Y_C Z_1 Z_2 \quad (2)$$

Dabei ist

- ω Kreisfrequenz;
- + / - bezogen auf die Messungen am nahen/fernen Ende;
- C_T Durchgriffskapazität;
- Y_C kapazitive Kopplungsadmittanz;
- Z_1 Wellenwiderstand des Speisekreises;
- Z_2 Wellenwiderstand des inneren Kreises (Prüfling);
- Z_F kapazitive Kopplungsimpedanz;
- Z_T Kopplungswiderstand;
- Z_{TE} äquivalenter Kopplungswiderstand.

3.4 Länge des Prüfmusters

Die Länge des Prüflings muss die, für den festgelegten Frequenzbereich erforderliche Kopplungslänge enthalten und den Anschluss an die Messeinrichtung ermöglichen.

Die Kopplungslänge hängt von der höchsten, zu messender Frequenz ab. Die kürzeste Kopplungslänge muss mindestens 0,3 m betragen.

Für angepasste Kreise kann die Kopplungslänge berechnet werden zu:

$$L_{c,\max} \leq \frac{c}{\pi \cdot f_{\max} \cdot |\sqrt{\varepsilon_{r2}} \pm \sqrt{\varepsilon_{r1}}|} \quad (3)$$

Dabei ist

- ε_{r1} resultierende relative Dielektrizitätskonstante des Speisekreises;
- ε_{r2} resultierende relative Dielektrizitätskonstante des Dielektrikums des zu prüfenden Kabels;
- + / - bezogen auf die Messungen am nahen/fernen Ende;
- c Lichtgeschwindigkeit, $3 \cdot 10^8$ m/s ;
- $f_{\max}$ höchste, zu messende Frequenz, in Hz;
- $L_{c,\max}$ maximale Kopplungslänge in m.

Die idealen Bedingungen für die zu prüfenden Kreise sind:

- a) Der Wellenwiderstand des Speisekreises ist gleich dem Ausgangswiderstand des Generators und gleich dem Abschlusswiderstand R_1 .
- b) Der Wellenwiderstand des Speisekreises ist über die Kopplungslänge konstant (Reflexionsfaktor $< 0,1$).
- c) Der Reflexionsfaktor von jeder Anschlussbox ist $< 0,1$.

- d) Der Wellenwiderstand der quasi koaxialen Leitung des vorbereiteten Prüflings ist gleich dem Abschlusswiderstand R_2 .
- e) gleiche Ausbreitungsgeschwindigkeiten in inneren und im äußeren Kreis

Bei jeglicher Fehlanpassung in der Prüfeinrichtung ist bei einer definierten Kopplungslänge die höchste zu messende Frequenz kleiner als die berechnete. In diesem Fall erhält man die höchste Frequenz in einem Messprotokoll mit einer logarithmischen Frequenzachse in dem Punkt, in dem die Messkurve des logarithmischen Spannungsverhältnis $U_{\text{Empfänger}}/U_{\text{generator}}$ um 6 dB vom linearen Verlauf abweicht.

4 Prüfeinrichtung

4.1 Allgemeines

Wie in Bild 1 dargestellt, ist der Speisekreis als Übertragungsleitung mit einem oder mehreren parallelen Drähten, einem gewellten oder flachen Kupferstreifen oder aus einem flachen Geflecht ausgeführt. Die Speiseleitung wird über eine Anschlussbox an beiden Enden der zu prüfenden Koaxialleitung angeschlossen. Die Speiseleitung muss über die gesamte Länge eng an der zu prüfenden Leitung anliegen, (z.B. mit Klebebändern befestigen). Der Wellenwiderstand des Speisekreises muss gleich dem Ausgangswiderstand des Generators und des Lastwiderstandes R_1 sein.

Der Reflexionskoeffizient der Anschlussbox und der Speiseleitung entlang der Kopplungsstrecke muss, bezogen auf den Ausgangswiderstand des Generators kleiner als 0,1 sein, d.h. die Rückflussdämpfung muss grösser als 20 dB sein.

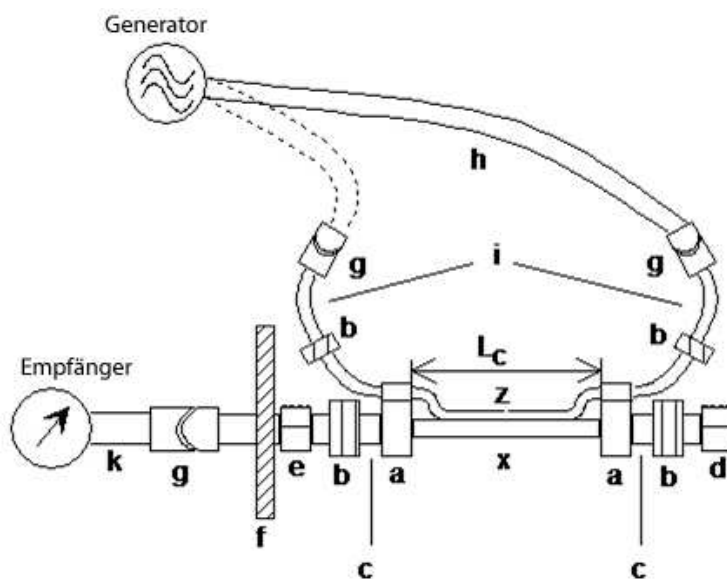


Bild 1 – Vollständige Installation

Dabei ist

- a Anschlussbox;
- b Ferrite;
- c Messing/Kupferrohr für zusätzliche Schirmung;
- d Schirmbox für den Abschlusswiderstand des Prüflings;
- e Schirmbox für die Verbindung des Prüflings zum Empfänger;
- f Wand der Abschirmkabine mit geschirmter coaxialer Durchführung;
- g Steckverbinder (SMA, N etc.);
- h Zuführungskabel vom Generator;

i	Zuführungskabel für den Speisedraht;
k	Verbindungskabel zum Empfänger;
x	Prüfling;
z	Speisedraht;
L _c	Kopplungslänge;

4.2 Ausrüstung

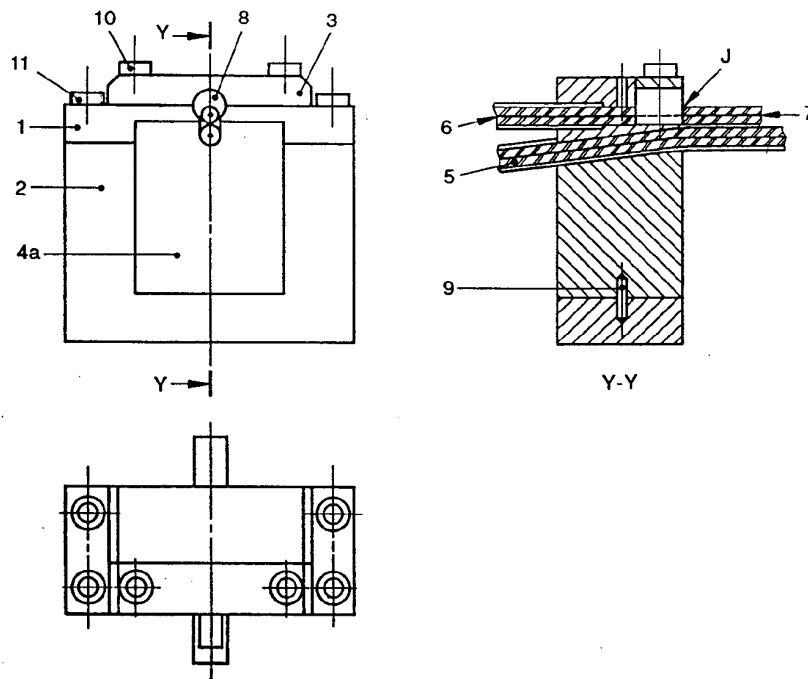
Die Prüfeinrichtung besteht aus:

- a) einem Netzwerkanalysator oder alternativ aus
 - einem Signalgenerator mit dem gleichen Wellenwiderstand wie der Speisedraht und einen Leistungsverstärker, wenn für sehr geringe Kopplungswiderstände erforderlich
 - einem Empfänger mit einem kalibrierten, schaltbaren Dämpfungsglied, vervollständigt durch einen Vorverstärker, wenn für sehr geringe Kopplungswiderstände erforderlich
- b) ein Zeitbereichsreflektometer (TDR) mit einer Anstiegszeit von weniger als 350 ps oder einem Netzwerkanalysator (mit mindestens 3 GHz), der eine Messung der Rückflussdämpfung in den Zeitbereich transformiert.

4.3 Anschlussboxen

Die Gestaltung der Anschlussboxen ist so abgestimmt, dass eine optimale Anpassung zwischen den symmetrischen TEM-Wellen und den koaxialen Speise- und Abschlusskabeln zu dem asymmetrischen Feld entlang der parallelen Leitung bei guter mechanischer Festigkeit für mehrfachen Gebrauch erreicht wird. Einzelheiten einer möglichen Anschlussbox sind in den Bildern 2 bis 6 dargestellt. Die Feinabstimmung der Anpassung kann durch Verändern der Schaumeinlage, Punkt 8 von Bild 2, durchgeführt werden.

Alternativ kann eine geeignete Anschlussbox mit einem kleinen Steckverbinder (Lötstecker) hergestellt werden, welcher an den Prüfling angekoppelt wird; oder noch einfacher durch Anbinden des Außenleiters eines dünnen Koaxialkabels mit geeignetem Wellenwiderstand an den Kabelmantel des Prüflings. Im Einkoppelbereich des Prüflings wird der Innenleiter dieses Koaxialkabels entweder mit zwei oder mit vier parallelen Drähten oder mit gewelltem Kupferstreifen oder flachem Kupfergeflecht weitergeführt. Die Feinabstimmung der Anpassung einer Anschlussbox kann durch engeres Anbinden des Verbindungspunktes und des Speisedrahtes an den Mantel des Prüflings erreicht werden.



Menge	Teil	Pos.	Anmerkungen, Material
4	Metrische Schraube M3 x M10	11	
2	Metrische Schraube M3 x M6	10	
1	Stift, Durchmesser 2 x 8	9	
1	geschäumtes Dielektrikum	8	ϵ_r nahe an 1
1	Speisedraht	7	
1	50 Ω Koaxialkabel	6	Wellenwiderstand wie gefordert
1	zu prüfendes Kabel (CUT)	5	
1	Einlage für CUT	4a	Messing
1	Impedanzanpassung	3	Messing
1	Unterer teil	2	Messing
1	Oberer Teil	1	Messing
	Prüf-Anschlussbox (zwei erforderlich)		

Bild 2 – Montierte Anschlussbox für Speisedrahtverfahren – Stückliste

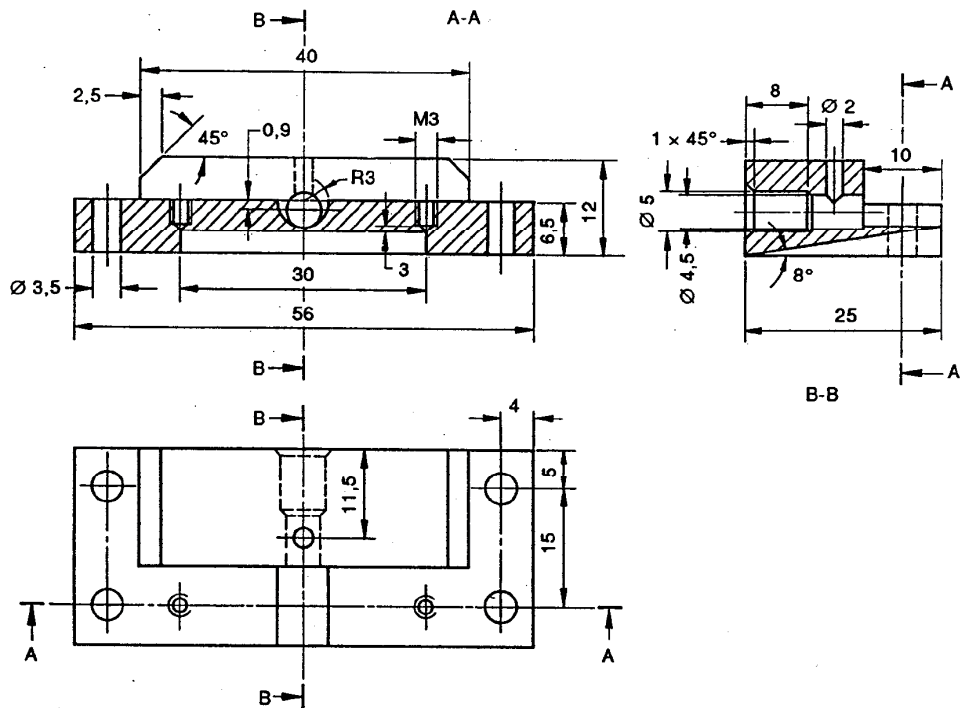


Bild 3 – Oberer Teil der Anschlussbox - Pos. 1

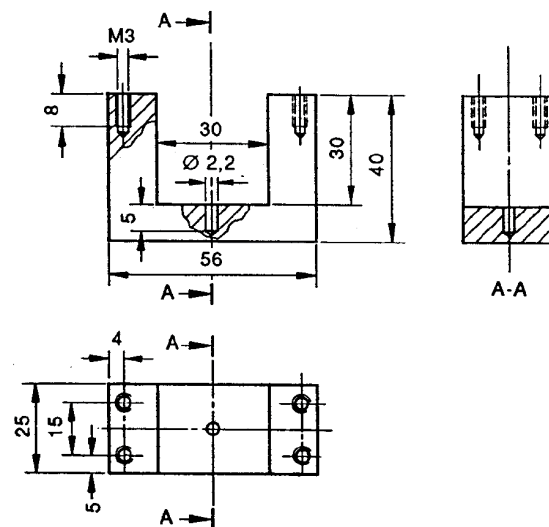


Bild 4 – Unterer Teil der Anschlussbox – Pos. 2

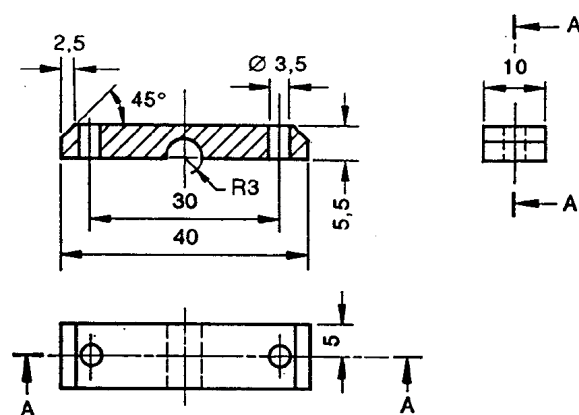


Bild 5 – Impedanzanpassung der Anschlussbox – Pos. 3

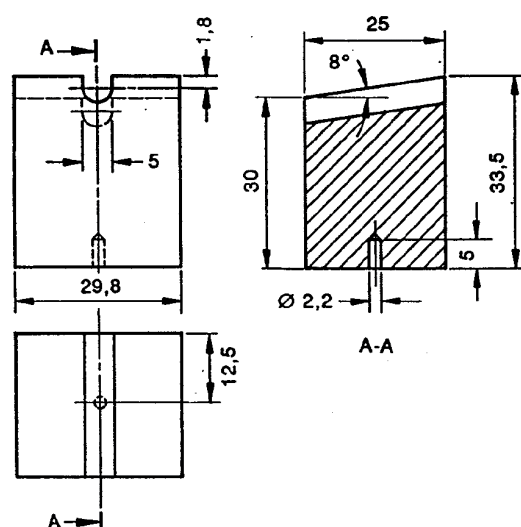


Bild 6 – Einsatz zur Aufnahme der unterschiedlichen Größen der zu prüfenden Kabel – Pos. 4

4.4 Wellenwiderstand des inneren Systems

Es ist nicht erforderlich, den Wellenwiderstand des inneren Kreises (des zu prüfenden Kabels) an den Wellenwiderstand des Generators anzupassen. Allerdings sollte der Lastwiderstand R_2 gleich dem Wellenwiderstand der (quasi) koaxialen Leitung des vorbereiteten Prüflings (des inneren Systems sein, siehe Abschnitt 3.4.

Falls der Wellenwiderstand Z_2 des inneren Kreises (koaxial oder quasikoaxial) nicht bekannt ist, kann er entweder mit einem Zeitbereichsreflektometer oder mit nachfolgend beschriebener Methode bestimmt werden:

Ein Ende des vorbereiteten Prüflings wird mit einem Netzwerkanalysator verbunden, welcher an der Referenzebene seines Anschlusssteckers für Impedanzmessungen kalibriert ist. Die Prüffrequenz muss etwa die Frequenz betragen, bei der die Länge des Prüflings $1/8 \lambda$ beträgt, wobei λ die Wellenlänge ist.

$$f_{\text{test}} \approx \frac{c}{8 \cdot L_{\text{sample}} \cdot \sqrt{\epsilon_r}} \quad (4)$$

Dabei ist

f_{test}	Prüffrequenz
c	Lichtgeschwindigkeit, $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
L_{sample}	Länge des Prüflings

Der Prüfling wird am fernen Ende kurzgeschlossen. Die Kurzschlussimpedanz Z_{short} wird gemessen. Anschließend wird bei offenem Ende des Prüflings die Impedanz Z_{open} gemessen.

Z_2 ergibt sich dann zu:

$$Z_2 = \sqrt{Z_{\text{short}} \cdot Z_{\text{open}}} \quad (5)$$

5 Vorbereiten des Prüflings

5.1 Allgemeines

Die empfohlene Prüflänge zwischen den beiden Anschlussboxen beträgt 0,5 m für Frequenzen bis zu 1 GHz. Bei Anschlussboxen nach 3.4 sollten die Enden des Prüflings, welche sich außerhalb der Anschlussboxen befinden mit Messing- oder Kupferrohren abgeschirmt werden (siehe h_1 und h_2 in Abbildung 9). Die Abschirmrohre müssen mit dem Kabelschirm an den Punkten S und E durch Löten oder Krimpen kontaktiert werden. Bei Lötverbindungen ist darauf zu achten, das Dielektrikum beim Löten nicht zu überhitzen.

Ein bewährtes Verfahren ist, den Durchmesser der Abschirmrohre so zu wählen, dass der Prüfling (mit entferntem Aussenmantel) eingeschoben und mit einem Standardkrimpwerkzeug befestigt werden kann. Der Vorteil dieses Verfahrens ist, dass sich der Kabelschirm S in der Nähe des Einkoppelbereiches durch das enge Anliegen des Abschirmrohres nicht auftrennen kann. Eine andere Möglichkeit ist der Einsatz von Keilen um nicht lötbare Folien/Geflechte aus Aluminium zu kontaktieren.

Ein Ende des Prüflings ist mit einem geeigneten HF-Steckverbinder (N, SMA) zu konfektionieren um den Anschluss an den Generator herzustellen. Das andere Ende wird mit einem gut geschirmten Widerstand mit dem gleichen Wert wie der Wellenwiderstand des Prüflings (koaxial oder quasikoaxiales System, siehe 4.4) abgeschlossen. Für Kabel mit größerem Querschnitt ist es ratsam, mehrere Widerstände parallel zu schalten. Alle Verbindungen sind so auszuführen, dass Kontaktwiderstände in Bezug auf die Messergebnisse vernachlässigt werden können. Für koaxiale HF-Kabel mit Standard-Wellenwiderständen (z.B. 50 oder 75 Ohm) wird empfohlen, hochgeschirmte Standard-Abschlusswiderstände zu benutzen.

Der Lastwiderstand und das Empfängerkabel werden in Abschirmboxen montiert, (siehe Bild 10). Der komplette Prüfling ist mit einem Zeitbereichsreflektometer (TDR) auf seine elektrischen Eigenschaften zu überprüfen. Biegekräfte an den Verbindungen zwischen den Rohren und dem Prüfling sind zu vermeiden, um mechanische Beschädigungen zu verhindern.

Um den Einfluss unerwünschter Einkopplungen elektromagnetischer Energie in die freien Enden zu reduzieren darf die Summe der beiden Längen l_1 und l_2 die Einkoppellänge des Prüflings nicht überschreiten.

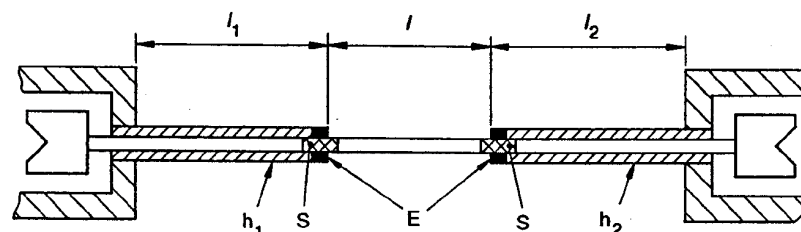


Bild 7 – Vorbereiten des zu prüfenden Kabels (CUT)