

**DIN EN IEC 62153-4-5  
(VDE 0819-153-4-5)**
**DIN**

Diese Norm ist zugleich eine **VDE-Bestimmung** im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.

**VDE**

ICS 33.120.10

Einsprüche bis 2021-10-13

**Entwurf**

**Prüfverfahren für metallische Kommunikationskabel –  
Teil 4-5: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMC) –  
Schirm- oder Kopplungsdämpfung – Absorberzangenverfahren  
(IEC 46/784/CDV:2020);  
Deutsche Fassung prEN IEC 62153-4-5:2020**

Metallic cables and other passive components test methods –  
Part 4-5: Electromagnetic compatibility (EMC) –  
Coupling or screening attenuation – Absorbing clamp method  
(IEC 46/784/CDV:2020);  
German version prEN IEC 62153-4-5:2020

Méthodes d'essai des câbles métalliques et autres composants passifs –  
Partie 4-5: Compatibilité électromagnétique (CEM) –  
Affaiblissement d'écran ou de couplage – Méthode de la pince absorbante  
(IEC 46/784/CDV:2020);  
Version allemande prEN IEC 62153-4-5:2020

**Anwendungswarnvermerk**

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2021-08-13 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter [www.din.de/go/entwuerfe](http://www.din.de/go/entwuerfe) bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter [www.entwuerfe.normenbibliothek.de](http://www.entwuerfe.normenbibliothek.de), sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an [dke@vde.com](mailto:dke@vde.com) möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter [www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe](http://www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe) oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter [www.dke.de/stellungnahme](http://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.

Gesamtumfang 71 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

## Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist ...

## Nationales Vorwort

Die Deutsche Fassung des europäischen Dokuments prEN IEC 62153-4-5:2020 „Prüfverfahren für metallische Kommunikationskabel – Teil 4-5: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMC) – Schirm- oder Kopplungsdämpfung – Absorberzangenverfahren“ (Entwurf in der Umfrage) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (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. Dem entsprechend ist das internationale Dokument IEC 46/784/CDV:2020 „Metallic cables and other passive components test methods – Part 4-5: Electromagnetic compatibility (EMC) – Coupling or screening attenuation – Absorbing clamp method“ unverändert in den Entwurf prEN IEC 62153-4-5:2020 übernommen worden.

Da die Deutsche Fassung noch nicht endgültig mit der Englischen und Französischen Fassung abgeglichen ist, ist die englische Originalfassung des IEC-CDV 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 IEC/TC 46 „Cables, wires, waveguides, RF connectors, RF and microwave passive components and accessories“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und unterliegt dem Copyright der IEC . Das Dokument wurde den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Bei der Abstimmung zu dem Europäischen Schluss-Entwurf bei CENELEC und dem Internationalen Schluss-Entwurf bei IEC [Final Draft International Standard (FDIS)] sind jeweils nur „JA/NEIN“-Entscheidungen möglich, wobei „NEIN“-Entscheidungen fundiert begründet werden müssen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

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](http://www.dke.de)) zuständig.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DKE ([www.dke.de](http://www.dke.de)) und DIN ([www.din.de](http://www.din.de)) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

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

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

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten 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. IEC ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Das Original-Dokument enthält Bilder in Farbe, die in der Papierversion in einer Graustufen-Darstellung wiedergegeben werden. Elektronische Versionen dieses Dokuments enthalten die Bilder in der originalen Farbdarstellung.

– Leerseite –

**Prüfverfahren für metallische Kommunikationskabel –  
Teil 4-5: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMC) –  
Schirm- oder Kopplungsdämpfung – Absorberzangenverfahren**

|                     | Inhalt                                                        | Seite |
|---------------------|---------------------------------------------------------------|-------|
| 1                   | Anwendungsbereich.....                                        | 4     |
| 2                   | Normative Verweisungen .....                                  | 4     |
| 3                   | Begriffe .....                                                | 4     |
| 4                   | Grundlagen des Prüfverfahrens .....                           | 4     |
| 5                   | Prüfeinrichtung .....                                         | 5     |
| 5.1                 | Allgemeines.....                                              | 5     |
| 5.2                 | Anforderungen an Symmetrieübertrager .....                    | 7     |
| 5.3                 | Anforderungen an die TP-Anschlusseinheit.....                 | 8     |
| 5.4                 | Prüfling .....                                                | 9     |
| 5.4.1               | Geprüfte Kabellänge .....                                     | 9     |
| 5.4.2               | Vorbereitung des Prüflings.....                               | 9     |
| 6                   | Prüfaufbau .....                                              | 10    |
| 6.1                 | Kalibrierung des Prüfaufbaus.....                             | 10    |
| 6.1.1               | Allgemeines.....                                              | 10    |
| 6.2                 | Betriebsdämpfung des Prüfaufbaus.....                         | 11    |
| 6.2.1               | Reflexionsdämpfung der Absorberzange im Kalibrieraufbau ..... | 12    |
| 6.3                 | Dämpfung des Messaufbaus .....                                | 12    |
| 6.4                 | Einfügungsdämpfung der Absorber .....                         | 13    |
| 6.5                 | Anordnung des Prüfaufbaus .....                               | 14    |
| 6.5.1               | Verifizierung des Prüfaufbaus.....                            | 16    |
| 6.6                 | Zugkraft am Kabel.....                                        | 16    |
| 7                   | Durchführung.....                                             | 17    |
| 7.1                 | Allgemeines.....                                              | 17    |
| 7.2                 | Schirmdämpfung von Koaxial- bzw. Quasi-Koaxialkabeln .....    | 18    |
| 7.2.1               | Angepasste Bedingungen .....                                  | 18    |
| 7.2.2               | Fehlangepasste Bedingungen .....                              | 18    |
| 7.3                 | Kopplungsdämpfung symmetrischer Kabel .....                   | 19    |
| 7.3.1               | Messung der Kopplungsdämpfung mit Symmetrieübertrager .....   | 19    |
| 7.3.2               | Messung der Kopplungsdämpfung ohne Symmetrieübertrager .....  | 20    |
| 7.3.3               | Darstellung der Prüfergebnisse .....                          | 20    |
| 8                   | Prüfbericht .....                                             | 21    |
| 9                   | Anforderung.....                                              | 21    |
| Anhang A (normativ) | Bestimmung der Impedanz des inneren Kreises .....             | 22    |
| A.1                 | Impedanz des inneren Kreises.....                             | 22    |

|                                                                                                          | Seite |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| A.2 $Z_1 < 50 \Omega$ .....                                                                              | 22    |
| A.3 $Z_1 > 50 \Omega$ .....                                                                              | 23    |
| Anhang B (informativ) Beispiel für einen selbst angefertigten Impedanzwandler .....                      | 24    |
| Anhang C (informativ) Bewertung von Prüfergebnissen der Kopplungsdämpfung von symmetrischen Kabeln ..... | 26    |
| C.1 Ungünstigster Fall.....                                                                              | 26    |
| C.2 Beispiele .....                                                                                      | 26    |
| Anhang D (informativ) Reflexionsdämpfung eines Übergangs .....                                           | 29    |
| Anhang E (informativ) Mischmodenparameter .....                                                          | 31    |
| E.1 Definition der Mischmoden-S-Parameter .....                                                          | 31    |
| E.2 Referenzimpedanz des VNA .....                                                                       | 33    |
| Literaturhinweise.....                                                                                   | 34    |

## Bilder

|                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Bild 1 – Messung der Schirmdämpfung am nahen Ende, Prinzip .....                                    | 7  |
| Bild 2 – Messung der Kopplungsdämpfung am nahen Ende mit Symmetrieübertrager .....                  | 8  |
| Bild 3 – Messung der Kopplungsdämpfung ohne Symmetrieübertrager am nahen Ende mit Mehrtor-VNA ..... | 8  |
| Bild 4 – Abschluss eines geschirmten symmetrischen Kabels.....                                      | 9  |
| Bild 5 – Vorbereitung des Prüflings (symmetrische und Mehrleiterkabel).....                         | 10 |
| Bild 6 – Kalibrier Aufbau.....                                                                      | 11 |
| Bild 7 – Abschluss während der Kalibrierung .....                                                   | 12 |
| Bild 8 – Messung der Einfügungsdämpfung eines Absorbers.....                                        | 13 |
| Bild 9 – Beispiel für Schirmverbindungen für die Messung geschirmter Zweidrahtkabel.....            | 14 |
| Bild 10 – Prüfaufbau für die Messung eines symmetrischen Kabels am nahen Ende .....                 | 15 |
| Bild 11 – Messung der Oberflächenwelle am nahen Ende des Prüflings, Prinzip .....                   | 15 |
| Bild 12 – Messung der Oberflächenwelle am nahen Ende des Prüflings, Prinzip .....                   | 16 |
| Bild 13 – Abschirmungsanordnungen für eine Messung am fernen Ende .....                             | 17 |
| Bild A.1 – Impedanzanpassung für $Z_1 < 50 \Omega$ .....                                            | 23 |
| Bild A.2 – Impedanzanpassung für $Z_1 > 50 \Omega$ .....                                            | 23 |
| Bild B.1 – Dämpfung und Rückflussdämpfung .....                                                     | 24 |
| Bild B.2 – Dämpfung und Rückflussdämpfung .....                                                     | 25 |
| Bild C.1 – Beispielmessung für ein symmetrisches Kabel mit Folienschirm .....                       | 26 |
| Bild C.2 – Beispielmessung für ein gut geschirmtes symmetrisches Kabel .....                        | 27 |
| Bild C.3 – Beispielmessung für ein gut geschirmtes Koaxialkabel .....                               | 27 |
| Bild C.4 – Frequenzmessfehler eines symmetrischen Kabels .....                                      | 28 |
| Bild C.5 – Frequenzmessfehler eines symmetrischen Kabels .....                                      | 28 |
| Bild D.1 – Quelle mit $R_i$ und $R_L$ .....                                                         | 29 |

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| Bild E.1 – Allgemeines Zweitor-Netzwerk .....                   | 31 |
| Bild E.2 – Allgemeines Viertor-Netzwerk.....                    | 31 |
| Bild E.3 – Physische und logische VNA-Tore .....                | 32 |
| Bild E.4 – Nomenklatur für Mischmoden-S-Parameter .....         | 32 |
| Bild E.5 – Messkonfiguration, Antwort im Eintaktbetrieb.....    | 33 |
| Bild E.6 – Messkonfiguration, Antwort im Gegentaktbetrieb ..... | 33 |

## Tabellen

|                                                                          |   |
|--------------------------------------------------------------------------|---|
| Tabelle 1 – Kenngrößen von Symmetrieübertragern (30 MHz bis 1 GHz) ..... | 7 |
| Tabelle 2 – Kenngrößen der TP-Anschlusseinheit (30 MHz bis 2,4 GHz)..... | 8 |

## 1 Anwendungsbereich

Das Absorberzangenverfahren eignet sich zur Bestimmung der Schirm- oder der Kopplungsdämpfung von metallischen Kommunikationskabeln im Frequenzbereich von 30 MHz bis 2 400 MHz, je nach Leistungsfähigkeit der Zange. Es ist ein alternatives Verfahren zum triaxialen Verfahren von IEC 62153-4-4 oder IEC 62153-4-9. Wegen des undefinierten äußeren Kreises dieses Absorberzangenverfahrens könnten die an verschiedenen Orten und in verschiedenen Labors erzielten Prüfergebnisse um mindestens  $\pm 6$  dB variieren.

## 2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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 TS 62153-4-1, *Metallic communication cable test methods – Part 4-1: Einführung in elektromagnetische (EMV) Messungen der Schirmwirkung*

CISPR 16-1-32004, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods Part 1-3: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Ancillary equipment – Disturbance power*

ITU-T G.117:1996, *Transmission aspects of unbalance about earth*

ITU-T O.9:1999, *Measuring arrangements to assess the degree of unbalance about earth*

## 3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 60050-726, IEC TS 62153-4 und die folgenden Begriffe.

### 3.1

#### Quasi-Koaxialkabel

Kabelkonstruktion mit zwei oder mehr Innenleitern, die an beiden Enden miteinander verbunden und von einem Außenleiter umschlossen sind, der als Kabelschirm dient

Anmerkung 1 zum Begriff: Geschirmte symmetrische oder Mehrleiterkabel werden durch Kurzschluss der inneren leitenden Teile zu einem quasi-koaxialen System.

## 4 Grundlagen des Prüfverfahrens

Das Kabel (bei unsymmetrischen bzw. Koaxialkabeln) oder ein Kabelpaar (bei symmetrischen Kabeln) wird mit der Leistung  $P_1$  gespeist. Durch die elektromagnetische Kopplung zwischen dem Kabel bzw. Kabelpaar und der Umgebung werden Oberflächenwellen angeregt, die sich in beide Richtungen entlang der Schirmoberfläche (bzw. der Kabeloberfläche, wenn kein Schirm vorhanden ist) ausbreiten. Ein Oberflächenstromwandler wird zur Abnahme der Leistung der Oberflächenwellen in Kombination mit einem Absorber (üblicherweise ein Ferritrohr) zur Unterdrückung unerwünschter Gleichtaktströme verwendet. Diese Arten von Kombinationen werden als Absorberzangen bezeichnet.

Auf Grundlage der Scheitelwerte der gemessenen Oberflächenströme ist es möglich, den Höchstwert der Scheitelleistung,  $P_{2\max}$ , im Sekundärsystem zu berechnen, das aus dem Schirm des Kabels (oder dem Kabel selbst) und der Umgebung besteht.

Das logarithmische Verhältnis der Leistungen  $P_1$  und  $P_{2\max}$  wird als Schirm- oder Kopplungsdämpfung bezeichnet, ausgedrückt in dB.

Im Falle der Messung ohne Symmetrieübertrager wird die Kopplungsdämpfung durch das logarithmische Verhältnis der Leistungen  $P_{\text{diff}}$  und  $P_{\text{com,max}}$  ausgedrückt.

Bei unsymmetrischen (koaxialen) oder Quasi-Koaxialkabeln ist das Messergebnis die Schirmdämpfung. Bei symmetrischen Kabeln müssen zwei Fälle betrachtet werden:

Störleistung wird im Gegentaktbetrieb eingespeist: das Messergebnis ist die Kopplungsdämpfung, die das kombinierte Ergebnis aus Unsymmetriedämpfung und Schirmdämpfung ist;

Störleistung wird im Gleichtaktbetrieb eingespeist: das Messergebnis ist die Schirmdämpfung.

Um die Kopplungsdämpfung zu messen, ist ein symmetrisches Signal erforderlich, um das zu prüfende symmetrische Paar zu speisen. Dies kann erreicht werden, indem ein Zweitor-VNA und ein Symmetrieübertrager verwendet werden, um das unsymmetrische Generatorsignal (üblicherweise 50  $\Omega$ ) in das symmetrische Signal (üblicherweise 100  $\Omega$ ) des symmetrischen Kabels zu wandeln.

Eine weitere Option ist das Prüfverfahren ohne Symmetrieübertrager (en: „balun-less“ test method) unter Verwendung eines Vierter-Vektor-Netzwerkanalysators oder ähnlicher Prüfgeräte.

Der Oberflächenstrom wird auf der Basis einer Wobelfrequenz mit einer stationären Zange gemessen.

Unter Berücksichtigung der größten Wirkung der Oberflächenwellen entweder des nahen oder des fernen Endes wird die Kopplungsdämpfung  $a_c$  (oder die Schirmdämpfung  $a_s$ ) definiert durch:

$$a_c = 10 \log_{10} \left( \frac{P_1}{\max[P_{2n}, P_{2f}]} \right) \quad (1)$$

Dabei ist

$P_1$  die Eingangsleistung des inneren Kreises des Prüflings;

$P_{2n}$  die höchste Scheitelleistung der Kopplung des nahen Endes;

$P_{2f}$  die höchste Scheitelleistung der Kopplung des fernen Endes.

Eine ausführliche Beschreibung des physikalischen Hintergrunds der Schirmdämpfungs- und Kopplungsdämpfungsmessung ist in IEC TS 62153-4-1 enthalten.

## 5 Prüfeinrichtung

### 5.1 Allgemeines

Der Prüfaufbau muss ein Grundrauschen aufweisen, das mindestens 6 dB besser ist als der für den anzugebenden Wert erforderliche Ablesewert des Messgeräts. Dies bedeutet zum Beispiel, dass eine Prüfung mit einem Dynamikbereich der Prüfeinrichtung von mindestens 115 dB für die Messung der Kopplungsdämpfung oder Schirmdämpfung bis etwa 90 dB erforderlich ist, wenn die volle Dämpfung einer normalen Absorberzange und eines Symmetrieübertragers oder einer TP-Anschlusseinheit (falls zutreffend) berücksichtigt wird. Die Fehlergrenze jeder Prüfeinrichtung muss besser sein als  $\pm 1$  dB.

Um hohe Werte der Schirm- und Kopplungsdämpfung zu messen, im Allgemeinen höher als 80 dB, wird empfohlen, die Messungen in einem abgeschirmten Raum (z. B. einem schalltoten Raum) durchzuführen.

Die Prüfeinrichtung muss in der Lage sein, die Kopplungsdämpfung oder die Schirmdämpfung im gesamten Frequenzbereich von 30 MHz bis 1 GHz und/oder 500 MHz bis 2,4 GHz zu messen, wenn in der betreffenden Kabelspezifikation nicht anders festgelegt.

Der Messaufbau kann mit einem Netzwerkanalysator oder alternativ mit einem diskreten Signalgenerator und einem selektiven Messempfänger durchgeführt werden.

Sowohl zur Messung der Kopplungsdämpfung, als auch zur Messung der Unsymmetriedämpfung ist ein Gegentaktsignal erforderlich. Dieses kann zum Beispiel unter Verwendung eines Symmetrieübertragers erzeugt werden, der das unsymmetrische Signal eines 50-Ohm-Netzwerkanalysators in ein symmetrisches Signal umwandelt.

Alternativ darf ein symmetrisches Signal unter Verwendung eines Vektor-Netzwerkanalysators (VNA) erzeugt werden, der zwei Generatoren mit einer Phasenverschiebung von  $180^\circ$  besitzt. Eine weitere Alternative ist die Messung mit einem Mehrtor-VNA (virtuellen Symmetrieübertrager). Die Eigenschaften eines symmetrischen Paares werden mathematisch aus den Messwerten jedes einzelnen Leiters des Paares gegenüber dem Bezugspotential ermittelt. Der abdeckbare Frequenzbereich für die Ermittlung der Reflexions- und Übertragungskennwerte symmetrischer Paare ist nicht mehr durch den Symmetrieübertrager eingeschränkt, sondern durch den VNA und die Anschlusstechnik.

Eine ausführliche Definition der Mischmoden-S-Parameter für Messungen mit einem virtuellen Symmetrieübertrager wird in [Anhang E](#) angegeben.

Eine senkrechte Reflektorplatte aus Metall, deren Höhe und Breite jeweils mindestens 800 mm betragen muss, muss direkt vor dem Generator angebracht werden. Die Platte muss ein zentrales Loch zur Aufnahme des zu prüfenden Kabels aufweisen.

Der Messaufbau für die höchste abgestrahlte Leistung am nahen Ende (unter Verwendung diskreter Messgeräte) ist in den [Bildern 1 bis 3](#) dargestellt und besteht aus:

- a) Absorberzange mit einem Mindestfrequenzbereich von 30 MHz bis 1 GHz, siehe [CISPR 16-1-3:2004](#). Eine alternative Absorberzange könnte erforderlich sein, wenn Messungen außerhalb dieses Frequenzbereichs durchgeführt werden, z. B. von 500 MHz bis 2,4 GHz;
- b) Ferritabsorber mit einem Mindestfrequenzbereich von 30 MHz bis 1 GHz mit einer Mindestdämpfung von 10 dB;
- c) Reflektorplatte (min. 800 mm × 800 mm);
- d) Signalgenerator oder Vektor-Netzwerkanalysator mit dem gleichen Wellenwiderstand wie der unsymmetrische Anschluss des Symmetrieübertragers (falls zutreffend), erforderlichenfalls für sehr hohe Anforderungen an den Dynamikbereich durch einen Leistungsverstärker gekoppelt;  
oder alternativ:
- e) Empfänger mit einem kalibrierten Stufen-Dämpfungsglied oder einem Vektor-Netzwerkanalysator, gekoppelt durch einen rauscharmen Verstärker für sehr hohe Anforderungen an den Dynamikbereich;
- f) einem Viertor-Vektor-Netzwerkanalysator oder einer ähnlichen Prüfeinrichtung. Eine solche Konfiguration ermöglicht Prüfungen sowohl mit einer Gleichtakt- als auch einer Gegentaktanregung und Antworten;
- g) einem elektronischen Kalibriersatz im Falle eines Viertor-Vektor-Netzwerkanalysators;
- h) einer - (TP-, en: twisted pair) Anschlusseinheit für Paarverseilte Leitungen zur Verbindung von Mehrtor-VNA und symmetrischem Prüfling;
- i) Einrichtung zum Drucken;
- j) Lastwiderstandsnetzwerken, die die Gleichtakt- und Gegentakt-Nennwellenwiderstände abschließen (falls zutreffend);
- k) falls die Prüfeinrichtung die Anforderung an den Grundrauschpegel nicht einhält, wenn gut geschirmte und symmetrische Kabel gemessen werden, darf der Dynamikbereich des Aufbaus durch die Verwendung eines externen Verstärkers verbessert werden. Der Verstärker muss gut geschirmt sein und das Gehäuse muss mit der Reflektorplatte verbunden sein.

Die Verstärkung des Verstärkers muss gemessen und im Prüfergebn kompensiert werden. Wenn die Verstärkung des Verstärkers gemessen wird, müssen Vorkehrungen getroffen werden, um den Verstärker nicht zu übersteuern. Um die Prüfeinrichtung nicht zu überlasten, könnte während der Messung ein Dämpfungsglied vor dem Empfängereingang erforderlich sein. Die Dämpfung dieses Dämpfungsgliedes muss gemessen und zur Korrektur des Ergebnisses verwendet werden.

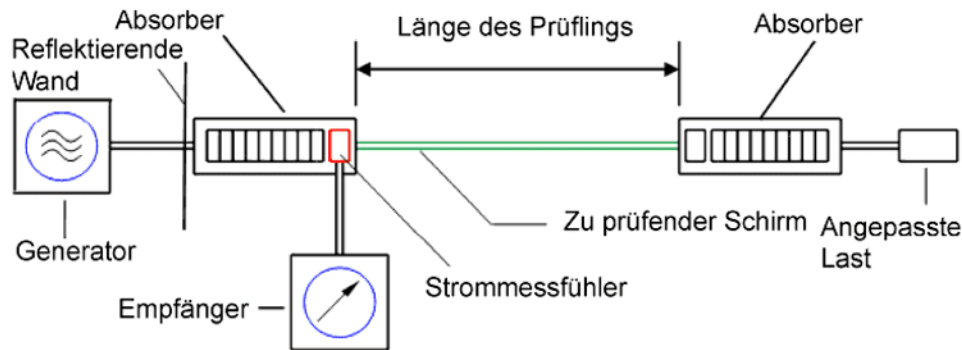


**Bild 1 – Messung der Schirmdämpfung am nahen Ende, Prinzip**

## 5.2 Anforderungen an Symmetrieübertrager

Für die Messung von symmetrischen Kabeln ist ein Symmetrieübertrager erforderlich, um die Primärimpedanz des unsymmetrischen Ausgangs des Signalgenerators in den Nennwellenwiderstand des zu prüfenden symmetrischen Kabelpaares zu wandeln. Die Mindestanforderungen des Symmetrieübertragers sind in Tabelle 1 festgelegt.

Die Dämpfung des Symmetrieübertragers muss so gering wie möglich gehalten werden, weil sie den Dynamikbereich bei der Messung der Kopplungsdämpfung begrenzt.

**Tabelle 1 – Kenngrößen von Symmetrieübertragern (30 MHz bis 1 GHz)**

| Parameter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Wert                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Impedanz, primär <sup>1)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 50 $\Omega$ (unsymmetrisch)                                                     |
| Impedanz, sekundär <sup>2)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 100 $\Omega$ oder 150 $\Omega$ (symmetrisch)                                    |
| Einfügungsdämpfung <sup>3)</sup> (einschließlich Impedanzwandlern, falls verwendet)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | $\leq 10$ dB                                                                    |
| Rückflussdämpfung, bidirektional                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | $\geq 6$ dB                                                                     |
| Übertragungsleistung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Um die Leistung des Generators und des Verstärkers (wenn vorhanden) aufzunehmen |
| Symmetrie des Ausgangssignals <sup>4)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | $\geq 50$ dB von 30 MHz bis 100 MHz<br>$\geq 30$ dB von 100 MHz bis 1 GHz       |
| <sup>1)</sup> Die Impedanz der Primärseite darf abweichen, falls notwendig, um Analysatorausgänge ungleich 50 $\Omega$ anzupassen.<br><sup>2)</sup> Symmetrische Ausgänge der Prüf-Symmetrieübertrager müssen an die Nennimpedanz des symmetrischen Kabelpaares angepasst sein. Verkabelungen mit 120 $\Omega$ müssen mit 100 $\Omega$ abgeschlossen werden.<br><sup>3)</sup> Die Betriebsdämpfung eines Symmetrieübertragers muss mathematisch aus 3 Betriebsdämpfungsmessungen mit 3 direkt aufeinanderfolgenden Symmetrieübertragern abgeleitet werden.<br><sup>4)</sup> Gemessen nach ITU-T-Empfehlungen G.117 und O.9. |                                                                                 |

**ANMERKUNG** Für Messungen bei Frequenzen über 1 GHz wird empfohlen, das Prüfverfahren ohne Symmetrieübertrager zu verwenden.

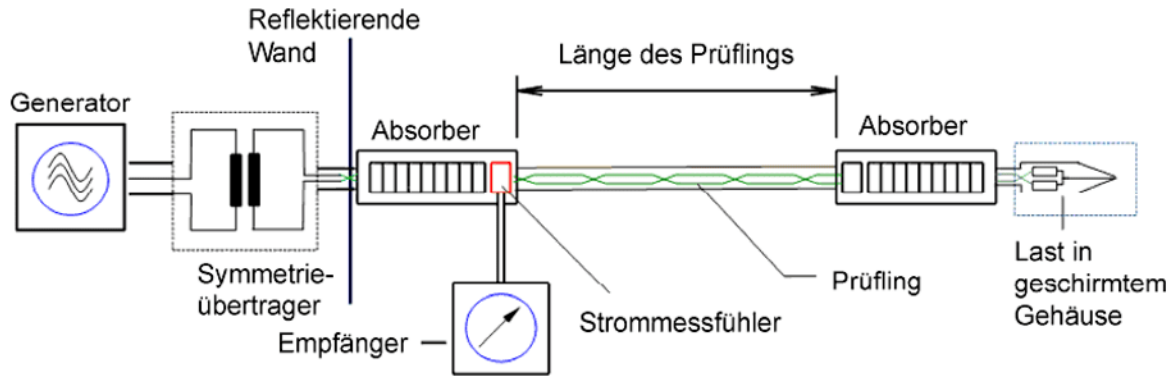


Bild 2 – Messung der Kopplungsdämpfung am nahen Ende mit Symmetrieübertrager

### 5.3 Anforderungen an die TP-Anschlusseinheit

Bei Messung ohne Symmetrieübertrager bzw. mit einem „virtuellen Symmetrieübertrager“ ist eine TP-Anschlusseinheit erforderlich.

Tabelle 2 – Kenngrößen der TP-Anschlusseinheit (30 MHz bis 2,4 GHz)

| Parameter                                                | Wert                           |
|----------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Wellenimpedanz, primäre Seite (Eintakt) <sup>a</sup>     | 50 $\Omega$                    |
| Wellenimpedanz, sekundäre Seite (Gegentakt) <sup>a</sup> | 1 x 100 $\Omega$ (Gegentakt)   |
| Rückflussdämpfung, Gegenteil <sup>b</sup>                | > 20 dB                        |
| Dämpfung, Gegenteil <sup>c</sup>                         | < 0,3 dB                       |
| Unsymmetrische Dämpfung (TCTL) <sup>d</sup>              | > 60 dB-10*log (f), 40 dB max. |

<sup>a</sup> Zweitore mit Eintakt-Impedanzen von 50  $\Omega$  erzeugen eine Gleichtaktimpedanz von 25  $\Omega$  und eine Gegenteilimpedanz von 100  $\Omega$ .

<sup>b</sup> Zu messen z. B. mit einem Vierter-Mischmoden-Netzwerkanalysator. Ein logisches Tor wird durch die Kombination zweier Eintakt-Tore gebildet. Ein zweites logisches Tor wird durch die Kombination von zwei weiteren Eintakt-Toren gebildet. Der Absolutwert des S-Parameters  $S_{dd11}$  in dB stellt dann die Rückflussdämpfung im Gegenteilbetrieb dar.

<sup>c</sup> Mit dem Prüfaufbau nach <sup>b</sup> stellt der absolute dB-Wert des S-Parameters  $S_{dd21}$  dann die Dämpfung des Gegenteilbetriebs dar.

<sup>d</sup> Mit dem Prüfaufbau nach <sup>b</sup> stellt der absolute dB-Wert des S-Parameters  $S_{cd21}$  dann die Unsymmetriedämpfung (TCTL) dar.

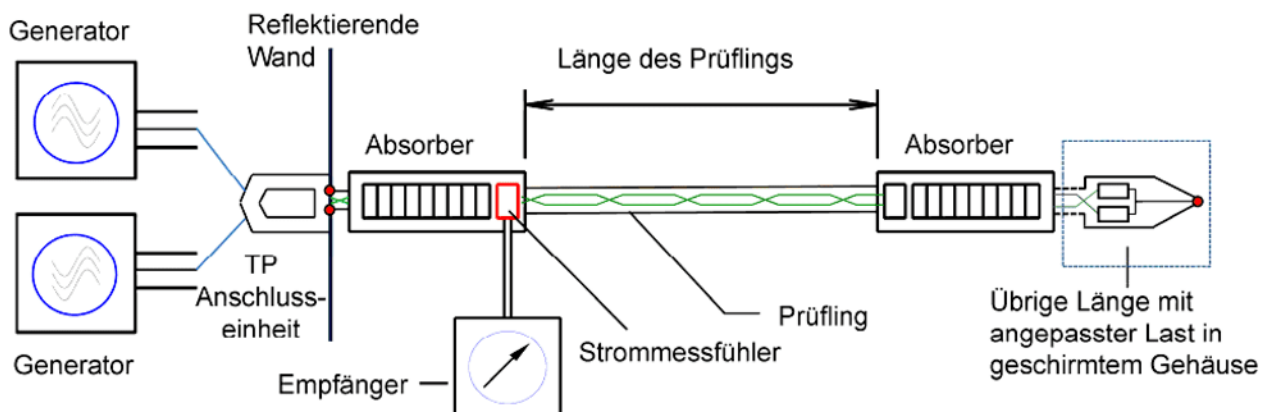


Bild 3 – Messung der Kopplungsdämpfung ohne Symmetrieübertrager am nahen Ende mit Mehrtor-VNA

## 5.4 Prüfling

### 5.4.1 Geprüfte Kabellänge

Die effektive Länge des Prüfobjekts wird durch die Absorberzange und das Ferritrohr begrenzt, wie in [Bild 3](#) dargestellt. Die Mindestprüflänge hängt von der niedrigsten zu messenden Frequenz ab. Für die niedrigste Frequenz von 30 MHz muss die Mindestlänge 600 cm + 2-mal die Länge des Absorbers ± 10 cm betragen.

### 5.4.2 Vorbereitung des Prüflings

#### 5.4.2.1 Allgemeines

Ist die Bohrung der Absorberzange kleiner als der Durchmesser des Prüfobjekts, so muss diese an beiden Enden durch kleinere Anzeigeleitungen verlängert werden. Die Verlängerungsleitungen müssen eine wesentlich bessere Schirmdämpfung aufweisen als das Prüfobjekt. Wenn möglich, sollten Leitungen mit einem rohrförmigen Außenleiter verwendet werden. Der Wellenwiderstand und die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Verlängerungskabel müssen dem zu prüfenden Kabel entsprechen (gleiche Art der Isolierung, z. B. geschäumt oder massiv).

#### 5.4.2.2 Symmetrische Kabel

Die Gesamtlänge des Kabels muss mindestens 100 m betragen. Die geprüfte Kabellänge (von der Absorberzange bis zum Absorber) muss mit 5.4.1 übereinstimmen.

Für jedes Paar ist ein Gegentaktabschluss am nahen und am fernen Ende des Kabels erforderlich.

$$R_{DM} = \frac{Z_{diff}}{2} \quad (2)$$

Der Abschluss für Gleichtaktbetrieb muss 25 Ω sein, d. h. zwei Widerstände mit dem Wert  $R_{DM}$  in Reihe, wobei der Mittelpunkt mit Masse verbunden ist.

ANMERKUNG Moderne Mischmoden-VNA verwenden im Gleichtaktbetrieb 25 Ω als Vorgabewert für die Impedanz von Generator und Empfänger (siehe [E.2](#)).

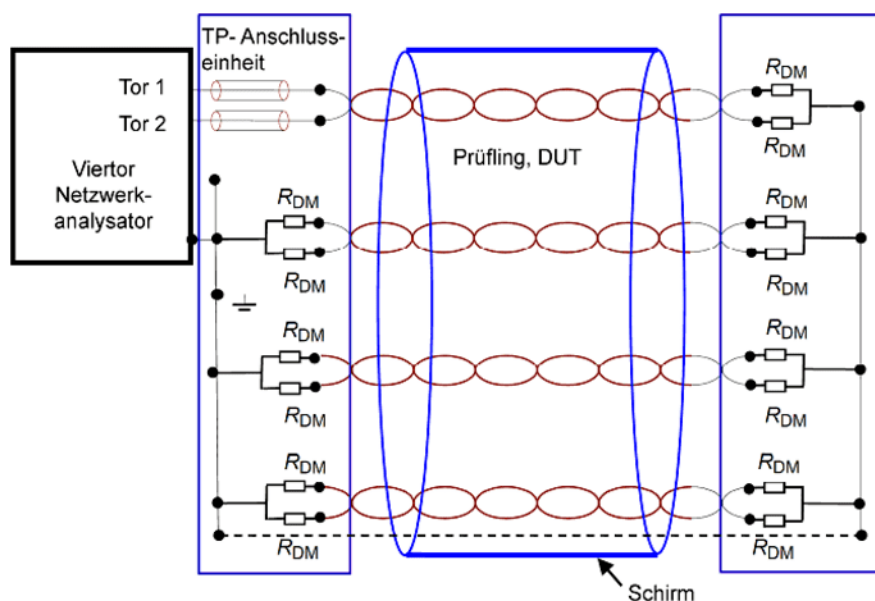


**Bild 4 – Abschluss eines geschirmten symmetrischen Kabels**

#### 5.4.2.3 Vorbereitung für die Messung der Schirmdämpfung für Koaxial- oder Quasi-Koaxialkabel

Die Gesamtlänge des Kabels muss nicht länger sein als die geprüfte Kabellänge zuzüglich der Länge der Zange und des Absorbers. Die geprüfte Kabellänge (von der Absorberzange bis zum Absorber) muss mit 5.4.1 übereinstimmen.

Geschirmte symmetrische oder geschirmte Mehrleiterkabel werden wie Quasi-Koaxialkabel behandelt. Daher müssen alle Leiter (aller Paare, falls zutreffend) an beiden Enden miteinander verbunden sein. Alle Schirme, auch die Schirme von einzeln geschirmten Paaren oder Vierern, müssen an beiden Enden zusammengeschaltet werden. Die Schirme müssen über den gesamten Umfang verbunden sein (siehe Bild 5).

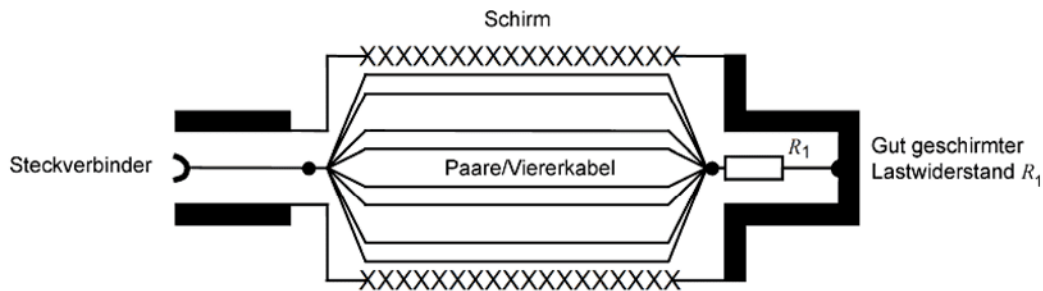


Bild 5 – Vorbereitung des Prüflings (symmetrische und Mehrleiterkabel)

Das Quasi-Koaxialsystem muss mit seinem Nennwellenwiderstand abgeschlossen sein. Der Abschluss muss gut geschirmt sein, damit die Prüfergebnisse nicht verfälscht werden. Die Impedanz des Quasi-Koaxialsystems kann entweder unter Verwendung eines Zeitbereichsreflektometers (en: time domain reflectometer, TDR) mit einer höchsten Anstiegszeit von 200 ps oder mit dem im Folgenden beschriebenen Verfahren gemessen werden. Weiterhin ist ein Impedanzwandler erforderlich, um die Impedanz des Generators und die Impedanz des Quasi-Koaxialsystems anzupassen.

#### 5.4.2.4 Impedanzanpassung

Falls unbekannt, kann der Nennwellenwiderstand des Koaxial- oder Quasi-Koaxialsystems entweder mit einem TDR mit einer höchsten Anstiegszeit von 200 ps oder mit dem in [Anhang A](#) beschriebenen Verfahren bestimmt werden. Ein Impedanzwandler zur Anpassung der Impedanz des Generators und der Impedanz des Koaxial- oder Quasi-Koaxialsystems wird nicht empfohlen, da er den Dynamikbereich der Prüfeinrichtung reduziert und eine ausreichende Anpassung nur bis zu 100 MHz aufweisen könnte, wenn ein selbst angefertigter Adapter verwendet wird, was für andere Impedanzen als z. B. 60  $\Omega$  oder 75  $\Omega$  erforderlich ist (siehe [Anhang B](#)).

#### 5.4.2.5 Koaxial- oder Quasi-Koaxialkabel

Die Gesamtlänge des Kabels muss nicht länger sein als die geprüfte Kabellänge zuzüglich der Länge der Zange und des Absorbers. Die geprüfte Kabellänge (von der Absorberzange bis zum Absorber) muss mit 5.4.1 übereinstimmen.

Das zu prüfende Kabel muss mit seinem Nennwellenwiderstand abgeschlossen sein. Der Abschluss muss gut geschirmt sein, damit die Prüfergebnisse nicht verfälscht werden.

## 6 Prüfaufbau

### 6.1 Kalibrierung des Prüfaufbaus

#### 6.1.1 Allgemeines

Die Dämpfung des Prüfaufbaus wird bestimmt, indem zunächst die Betriebsdämpfung gemessen und dann die Reflexionsdämpfung im Kalibrieraufbau korrigiert wird, siehe [Bild 6](#).

Auf diese Weise wird die Antwort der Absorberzange auf die Leistung einer einfallenden Oberflächenwelle ermittelt.

Die Reflexionsdämpfung im Messaufbau, die durch die Fehlanpassung zwischen der Impedanz der Oberflächenwelle,  $Z_2$ , und der Impedanz der Zange verursacht wird, wird bei der Messung nicht berücksichtigt. Der durch die Nichtberücksichtigung dieser Impedanzfehlanpassung verursachte Fehler kann vernachlässigt werden.

Vor Beginn der Kalibrierung des Prüfaufbaus muss eine vollständige Kalibrierung des VNA durchgeführt werden.

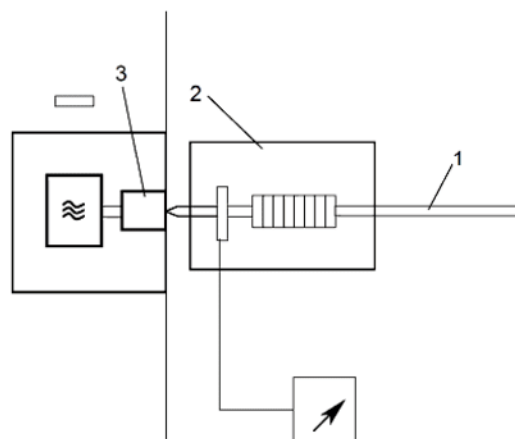
Die Dämpfung des Symmetrieübertragers muss gemessen werden, falls nicht bekannt, z. B. durch Messung zweier Symmetrieübertrager desselben Typs direkt aufeinanderfolgend.

## 6.2 Betriebsdämpfung des Prüfaufbaus

Zur Bestimmung der Betriebsdämpfung  $a_{cal}$  wird die Ausgangsleistung des Generators direkt in den äußeren Kreis eingespeist, der sich aus dem Kabelschirm (bei geschirmten Kabeln) oder allen miteinander verbundenen Leitern (bei nicht geschirmten symmetrischen Kabeln) und der Umgebung zusammensetzt. Der Anschluss des Generators direkt an den Schirm des zu prüfenden Kabels (bei geschirmten Kabeln) oder an alle miteinander verbundenen Leiter (bei ungeschirmten symmetrischen Kabeln) wird in Bild 6 (mit diskreten Messgeräten dargestellt) und Bild 7 gezeigt. Die Betriebsdämpfung dieses Kalibrieraufbaus  $a_{cal}$  ergibt sich aus der Messung der Ausgangsleistung der Absorberzange im gesamten interessierenden Frequenzbereich. Die Dämpfung der Prüflleitungen muss in die Kalibrierung des Netzwerkanalysators einbezogen werden.

Die Verbindung vom Generatorausgang zum Kabelschirm oder zu den miteinander verbundenen Leitern muss niederohmig (mindestens  $0,75 \text{ mm}^2$  Kupferquerschnitt) und kurz (höchstens 10 mm vom Kabelende) sein. Das Kabelende muss in einer Linie ( $\pm 2 \text{ mm}$ ) mit der Vorderseite der Zange liegen.

Der Schirm des Ausgangskabels vom Signalgenerator muss mit der Reflektorplatte verbunden werden, um einen Rückweg für das Signal zu schaffen. Dies kann durch Montage eines Steckverbinders (zum Beispiel eines Koaxialsteckverbinders) in der Reflektorplatte und Anschluss des Generators an diesen Steckverbinder über ein verlustarmes Kabel (zum Beispiel ein Koaxialkabel) erfolgen. Der Kabelanschluss erfolgt an den Mittelkontakt dieses Steckverbinders.



### Legende

- 1 Schirm oder Außenleiter des Prüflings
- 2 Absorberzange
- 3 In Reflektorplatte montierter Steckverbinder

Bild 6 – Kalibrieraufbau

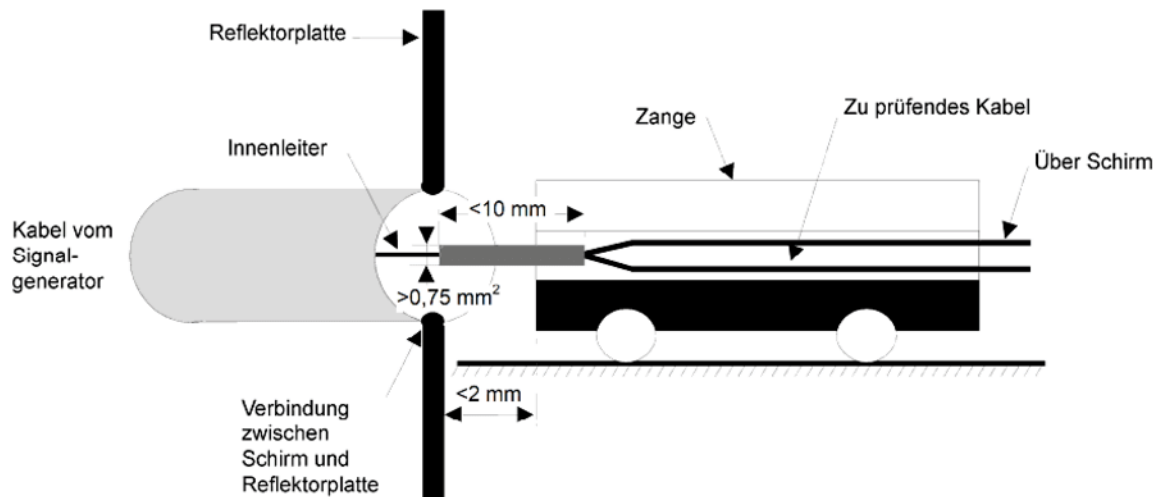


**Bild 7 – Abschluss während der Kalibrierung**

### 6.2.1 Reflexionsdämpfung der Absorberzange im Kalibrieraufbau

Die Messung der Betriebsdämpfung schließt die Reflexionsdämpfung ein, die durch die Fehlanpassung zwischen dem Generator und der im Kalibrieraufbau in der Zange positionierten Kabelprobe verursacht wird.

Die Reflexionsdämpfung  $a_{\text{rfl}}$  wird durch Messung der komplexen Reflexionskoeffizienten der Zange im Kalibrieraufbau und Berechnung von  $a_{\text{rfl}}$  bestimmt als:

$$a_{\text{rfl}} = -10 \log_{10} |1 - (S_{11})^2| \quad (3)$$

Dabei ist

$S_{11}$  der gemessene Streuparameter, wenn die Leistung direkt in den Außenkreis eingespeist und die reflektierte Leistung gemessen wird.

Die Messung wird üblicherweise durch Messen des Streuparameters  $S_{11}$  mit einem Vektor-Netzwerkanalysator ausgeführt.  $S_{11}$  ist gleich dem Reflexionskoeffizienten. Der Kalibrierpunkt für diese Messung von  $S_{11}$  ist die Schnittstelle, an der das zu prüfende Kabel an den Generatorausgang angeschlossen wird. Das heißt zum Beispiel am Ausgangsstift des Steckverbinders in der Reflektorplatte.

### 6.3 Dämpfung des Messaufbaus

Die Dämpfung der Zange  $a_{\text{cl}}$  einschließlich der Dämpfung der Prüfleitungen wird wie folgt berechnet:

$$a_{\text{cl}} = a_{\text{cal}} - a_{\text{rfl}} \quad (4)$$

Dabei ist

$a_{\text{cal}}$  die gemessene Betriebsdämpfung des Messaufbaus;

$a_{\text{rfl}}$  die gemessene Reflexionsdämpfung.

$$a_{\text{cal}} = -20 \log_{10} (|S_{21}|) \quad (5)$$

Dabei ist

$S_{21}$  der gemessene Streuparameter, wenn die Leistung direkt in den Außenkreis eingespeist und die Ausgangsleistung der Absorberzange gemessen wird.

Die Dämpfung  $a_m$  des Messaufbaus, die von allen zu prüfenden Kabeln abgezogen werden muss, kann nun berechnet werden als:

$$a_m = a_{cl} + a_{\text{Symmetrieübertrager}} \text{ (falls zutreffend) oder } a_m = a_{cl} + a_{\text{TP-Anschlusseinheit}} \text{ (falls zutreffend)} \quad (6)$$

Dabei ist

- $a_m$  die Dämpfung des Messaufbaus;  
 $a_{cl}$  die gemessene Betriebsdämpfung des Messaufbaus;  
 $a_{\text{Symmetrieübertrager}}$  die Dämpfung des verwendeten Symmetrieübertragers (falls zutreffend).

## 6.4 Einfügungsdämpfung der Absorber

Die Einfügungsdämpfung der Absorber muss sicherstellen, dass die vom Kabelabschnitt hinter dem Absorber reflektierten Wellen unterdrückt werden. Daher ist ein Wert von mehr als 10 dB erforderlich. Die Messanordnung ist in Bild 10 dargestellt.

Der zu messende Absorber ist so nahe wie möglich am Verbindungspunkt 4 in Bild 8 zu positionieren. Der Spalt muss viel kleiner als  $1/4$  der Wellenlänge im Sekundärsystem bei der höchsten zu messenden Frequenz sein.

Unmittelbar hinter dem zu prüfenden Absorber, vom Generator aus gesehen, wird der Strom im Kabelaußenleiter (bei Verwendung eines Koaxialkabels) oder Kabelschirm (bei Verwendung eines symmetrischen Kabels) mit einer Absorberzange gemessen, siehe Bild 8a. Der Abschluss des Kabelaußenleiters oder Kabelschirms zum Generatorausgang erfolgt wie beschrieben in 6.2. Der zu prüfende Absorber wird dann entfernt, und bei unveränderter Position der Absorberzange wird der Zangenstrom erneut gemessen, siehe Bild 8b. Die Pegeldifferenz ist die Einfügungsdämpfung des Absorbers.

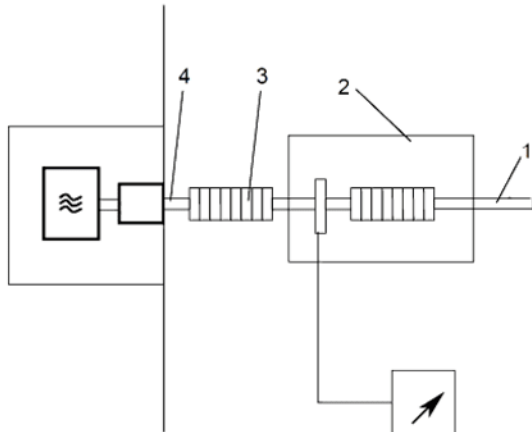


Bild 8a – Messung mit zu prüfendem Absorber

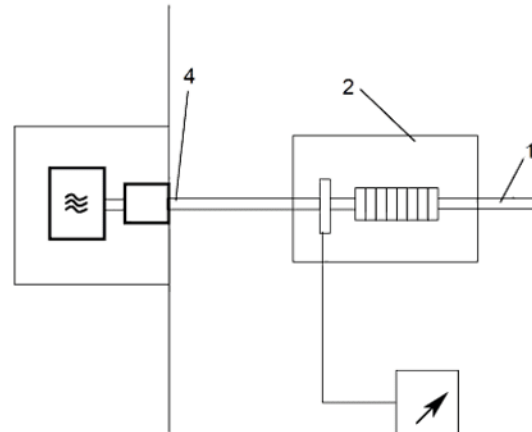


Bild 8b – Messung ohne zu prüfenden Absorber

### Legende

- 1 Kabelprobe
- 2 Absorberzange
- 3 Zu prüfender Absorber
- 4 Verbindung des isolierten Außenleiters von Koaxialkabel oder Schirm eines symmetrischen Kabels (Prüfling 1) zum Innenleiter des Generators

Bild 8 – Messung der Einfügungsdämpfung eines Absorbers

Wenn die Anforderung bei niedrigen Frequenzen (unter 100 MHz) nicht erfüllt werden kann, müssen die Ergebnisse bei diesen Frequenzen durch die Ergebnisse ersetzt werden, die bei den höheren Frequenzen erhalten wurden, für die die Anforderungen erfüllt sind. Die Extrapolation muss unter Verwendung einer horizontalen Geraden durchgeführt werden.

ANMERKUNG Einfügungsdämpfungsmessungen der Absorber dienen nur der Information bzw. Verifizierung und sind in der Darstellung der Prüfergebnisse nicht enthalten.

## 6.5 Anordnung des Prüfaufbaus

Der prinzipielle Prüfaufbau zur Messung der Kopplungsdämpfung von symmetrischen Kabeln oder der Schirmdämpfung von unsymmetrischen Kabeln vom nahen Ende ist in den [Bildern 1 bis 3](#), [Bildern 10 und 11](#) dargestellt. In Messungen von unsymmetrischen (Koaxial-) oder Quasi-Koaxialkabeln wird der Transformator des Symmetrieübertragers (oder die TP-Anschlusseinheit) nicht einbezogen.

Der Prüfaufbau zur Messung der Kopplungsdämpfung oder der Schirmdämpfung vom fernen Ende ist in [Bild 12](#) dargestellt, wobei die Position der Absorberzange und des Ferritrohrs vertauscht sind. Die Richtung der Absorberzange wird so geändert, dass der Stromwandler auf das zu prüfende Kabel zeigt. Sonst sind die Messungen am nahen und am fernen Ende identisch.

Das zu prüfende Kabel wird an den Ausgangsanschluss des Signalgenerators oder Symmetrieübertragers (bei symmetrischen Kabeln) bzw. der TP-Anschlusseinheit (bei Messung der Kopplungsdämpfung ohne Symmetrieübertrager) angeschlossen. Das Prinzip der Messung ohne Symmetrieübertrager ist in [Bild 3](#) dargestellt.

Bei symmetrischen Kabeln sollte darauf geachtet werden, die Paare nicht mehr als nötig aufzudrillen.

Durch das Loch in der Reflektorplatte wird das Kabel zum Beispiel mit Hilfe von Drathalterungen mit einem Mindestabstand von 600 mm zu allen metallischen oder nichtmetallischen Gegenständen aufgehängt. Die Absorberzange wird auf einen nichtmetallischen Tisch gelegt, wobei die Sensorseite höchstens 50 mm von der Tischkante entfernt sein darf.

Gut geschirmte Messleitungen (d. h. mindestens doppelt geschirmt) müssen verwendet werden, um den Netzwerkanalysator oder Signalgenerator mit dem Symmetrieübertrager (falls zutreffend) oder dem zu prüfenden Kabel zu verbinden.

Die Schirme des Speisekabels vom Generator, der Symmetrieübertrager (falls zutreffend) und der Schirm des zu prüfenden Kabels (falls zutreffend) müssen mit der Platte niederohmig verbunden sein (siehe [Bild 9](#)).

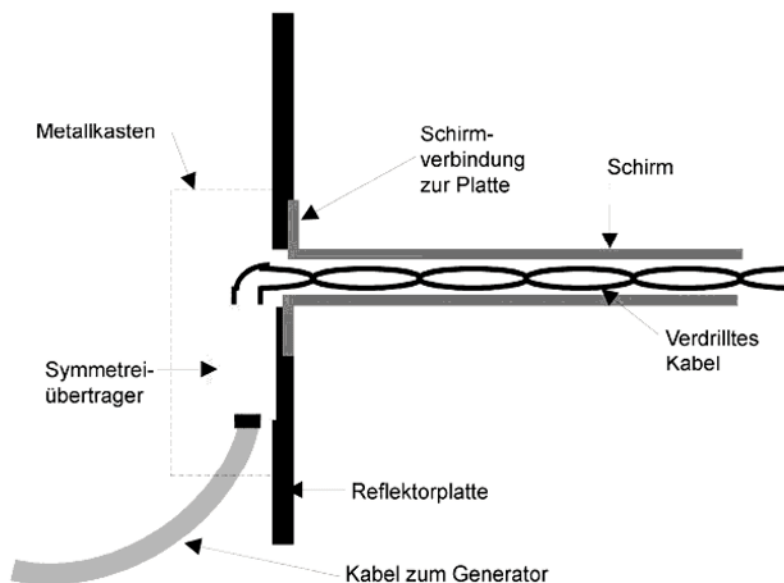


**Bild 9 – Beispiel für Schirmverbindungen für die Messung geschirmter Zweidrahtkabel**

Der Absorber wird höchstens 50 mm von der Tischkante entfernt auf einen nichtmetallischen Tisch gelegt. Der Abstand zwischen Absorberzange und Absorber muss mit 5.2.1 übereinstimmen. Die Höhe des Tisches muss mindestens 800 mm betragen.

Die Verbindung des Kabels mit dem Symmetrieübertrager und die Abschlüsse am anderen Ende müssen geschirmt sein. Am nahen Ende muss dies unter Verwendung eines an der Masseplatte befestigten Metallkastens geschehen.

Der Symmetrieübertrager und die Verbindungskabel müssen in diesem Kasten eingeschlossen sein, und die Schirme der Kabel müssen an der Stelle, an der sie in den Kasten eingeführt werden, mit dem Metall verbunden sein.

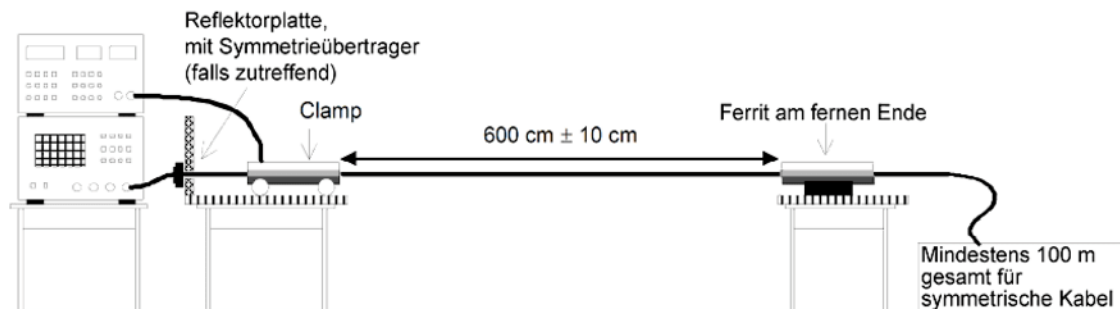
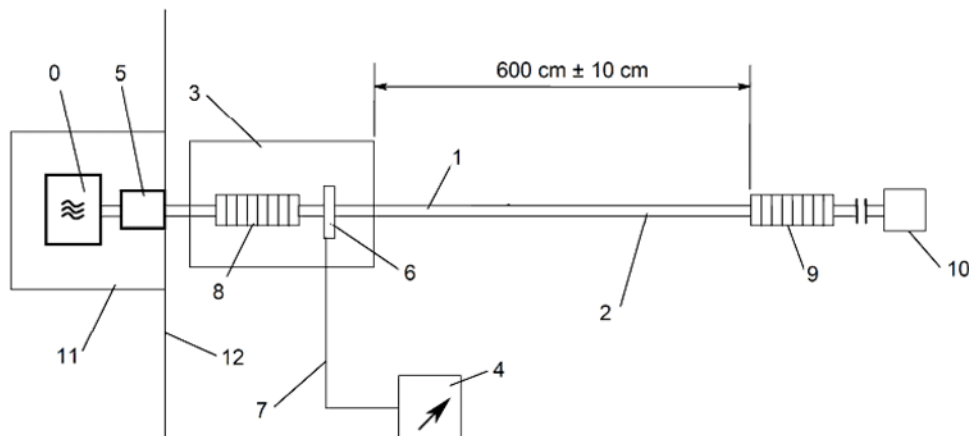


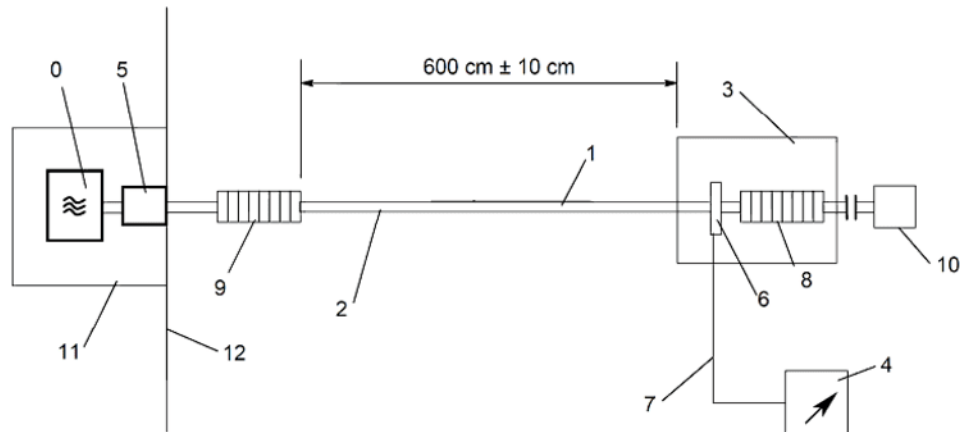
**Bild 10 – Prüfaufbau für die Messung eines symmetrischen Kabels am nahen Ende**



#### Legende

- 0 Signalgenerator, Ausgangsimpedanz  $Z_0$
- 1 Zu prüfendes Kabel, Nennwellenwiderstand  $Z_1$
- 2 Äußerer Kreis des zu prüfenden Kabels, Impedanz  $Z_2$
- 3 Absorberzange, Impedanz  $Z_3$
- 4 Messempfänger
- 5 Symmetrieübertrager (falls zutreffend)
- 6 Stromwandler der Zange
- 7 Messempfängerkabel (bei Messung und Kalibrierung dasselbe verwenden)
- 8 Absorber (Ferritrohr), Einfügungsdämpfung > 10 dB
- 9 Absorber (oder zweite Zange), Einfügungsdämpfung > 10 dB
- 10 Abschluss des zu prüfenden Kabels
- 11 Abschirmung des Signalgenerators und Symmetrieübertragers, falls für einen sehr hohen Dynamikbereich erforderlich
- 12 Reflektorplatte

**Bild 11 – Messung der Oberflächenwelle am nahen Ende des Prüflings, Prinzip**



Legende für das Bild siehe Bild 11

**Bild 12 – Messung der Oberflächenwelle am nahen Ende des Prüflings, Prinzip**

### 6.5.1 Verifizierung des Prüfaufbaus

#### 6.5.1.1 Bestimmung der Messempfindlichkeit des Aufbaus

Vor der Durchführung von Messungen muss die Messempfindlichkeit der Prüfanordnung bestimmt werden.

Dies geschieht durch Messung der Kopplungs- oder Schirmdämpfung eines Kabels, das eine höhere Kopplungs- oder Schirmdämpfung (so hoch wie möglich) als das zu prüfende Kabel aufweist. Das Kabel für die Bestimmung der Messempfindlichkeit muss von der gleichen Art sein (koaxial oder symmetrisch) wie das zu prüfende Kabel.

Der Messaufbau muss genau wie der Messaufbau für das zu prüfende Kabel sein. Die gemessene Kopplungs- oder Schirmdämpfung dieses Kabels, die zur Bestimmung der Messempfindlichkeit verwendet wird, definiert die höchste Kopplungs- oder Schirmdämpfung, die mit dem Aufbau gemessen werden kann. Dies wird auch als Grundrauschen des Aufbaus bezeichnet.

Ein Beispiel für eine zuverlässige Möglichkeit, das Grundrauschen des Prüfaufbaus zu bestimmen, ist die Verwendung eines glatten Kupferrohrs, das ein oder mehrere verdrehte Paare enthält, mit Gegentakt- und Gleichtaktabschluss. Die theoretische Kopplungsdämpfung dieser Vorrichtung ist über den gesamten Frequenzbereich besser als 100 dB. Die gemessene Kopplungsdämpfung spiegelt daher genau die Qualität der Verbindungsausführung und den verbleibenden Pegel des Grundrauschens wider.

#### 6.5.1.2 Verifizierung der Kalibrierung der Prüfeinrichtung

Für Frequenzen, bei denen die verfügbaren Absorber die Anforderung von 10 dB Einfügungsdämpfung, typischerweise unter 100 MHz, nicht erfüllen, wird eine höhere Unsicherheit erwartet.

Durch eine sorgfältige Befestigung der Schirme an der Reflektorplatte und den Abschluss nicht benutzter Paare kann die Unsicherheit minimiert werden.

### 6.6 Zugkraft am Kabel

Die größte Zugkraft darf 20 N betragen.

## 7 Durchführung

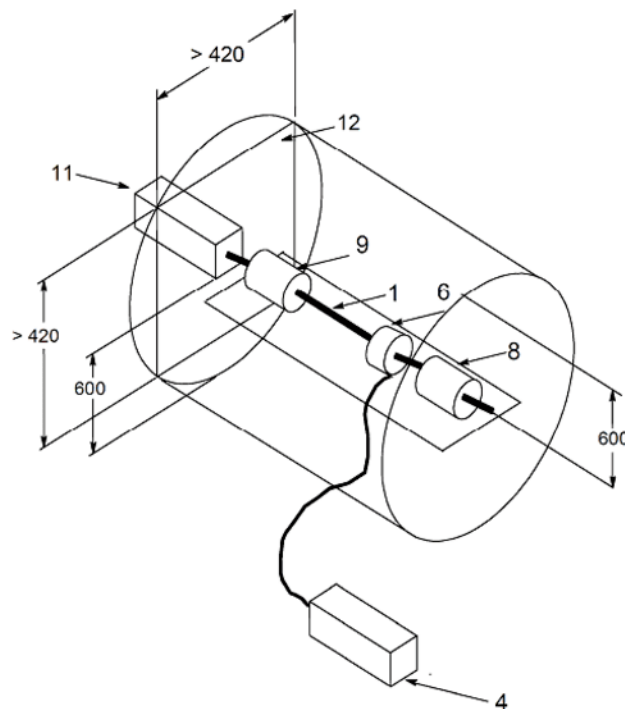
### 7.1 Allgemeines

Der Oberflächenstrom wird auf der Basis einer Wobelfrequenz mit einer stationären Zange gemessen. Die Messungen werden sowohl am nahen als auch am fernen Ende durchgeführt. Die Position, an der die schlechteste Messung auftritt, wird für die vollständige Messung verwendet.

Die Kopplungsdämpfung oder Schirmdämpfung variiert bei einer bestimmten Frequenz erheblich, auch bei wiederholten Messungen am selben Kabel nach dem Hantieren. Daher muss ein ungünstigster Wert der Kopplungsdämpfung oder der Schirmdämpfung über ein bestimmtes Frequenzintervall festgelegt werden. Jedes Intervall muss mindestens 200 MHz abdecken, um normale Frequenzschwankungen auszugleichen.

Bei symmetrischen Kabeln müssen alle Paare einzeln gemessen werden.

Das zu prüfende Kabel wird in der Antennenspannweite platziert. Kein metallischer Gegenstand und keine Person darf sich näher als mindestens 600 mm vom zu prüfenden Kabel in einer Richtung senkrecht zur Achse des Kabels befinden, siehe Bild 13.



Legende für das Bild siehe Bild 10

**Bild 13 – Abschirmungsanordnungen für eine Messung am fernen Ende**

Die Absorberzange wird für eine Messung am nahen Ende so nah wie praktisch möglich an der Reflektorplatte platziert.

Für eine Messung am fernen Ende müssen die Absorberzange und der Absorber vertauscht werden. In beiden Fällen muss der Strommessfühler der Absorberzange auf den Absorber gerichtet sein.

Der Quotient aus der Ausgangsleistung der Absorberzange und der Ausgangsleistung des Generators wird in einem linearen Frequenzdurchlauf über den gesamten festgelegten Frequenzbereich und an den gleichen Frequenzpunkten wie für das Kalibrierverfahren gemessen. Die Messung muss entweder direkt mit einem Netzwerkanalysator oder mit einem diskreten Signalgenerator und einem Messempfänger durchgeführt werden.

## 7.2 Schirmdämpfung von Koaxial- bzw. Quasi-Koaxialkabeln

### 7.2.1 Angepasste Bedingungen

#### 7.2.1.1 Allgemeines

Falls nicht bekannt, muss der Wellenwiderstand des Prüflings nach [Anhang A](#) gemessen werden.

Das zu prüfende Koaxial- oder Quasi-Koaxialkabel muss direkt an den Generator angeschlossen werden, wenn die Generatorimpedanz und die Nennimpedanz des Kabels gleich sind. Andernfalls muss ein Impedanzwandler verwendet werden.

Der Prüfling muss am anderen Ende mit einem gut geschirmten Anpassungswiderstand mit dem Wellenwiderstand des Prüflings abgeschlossen werden.

ANMERKUNG Ein Impedanzwandler könnte nach [Anhang A](#) gebaut werden.

#### 7.2.1.2 Darstellung der Prüfergebnisse

Die gemessenen Leistungen (siehe [Bild 1](#)) sind  $P_{2n}$  (nahes Ende) bzw.  $P_{2f}$  (fernes Ende). Unter Berücksichtigung nur des ungünstigsten Falles der gemessenen Leistung ( $P_{2n}$  oder  $P_{2f}$ ) ist:

$$a_s = 10 \log_{10} \left( \frac{P_1}{\max[P_{2n}; P_{2f}]} \right) - a_m + 20 \log_{10}(k_m) \quad (7)$$

Dabei ist

$P_1$  die Leistung des HF-Generators;

$a_m$  die Dämpfung des Messaufbaus in dB;

$k_m$  die Spannungsverstärkung der Impedanzanpassungsschaltung  
( $k_m$  nach [Anhang 1](#),  $k_m = 1$  wenn keine Impedanzanpassungsschaltung verwendet wird),

wobei

$10 \log_{10} \left( \frac{P_1}{\max[P_{2n}; P_{2f}]} \right)$  direkt an einem Netzanalysator als  $a_{S(\text{meas})}$  abgelesen wird (d. h. die ungünstigste der Messungen am nahen oder fernen Ende).

### 7.2.2 Fehlangepasste Bedingungen

#### 7.2.2.1 Allgemeines

Das zu prüfende Koaxial- oder Quasi-Koaxialkabel muss direkt an den Generator angeschlossen und am anderen Ende mit einem gut geschirmten Anpassungswiderstand mit dem Wellenwiderstand des Prüflings abgeschlossen werden. Impedanzanpassung ist nicht erforderlich.