

	DIN EN 61935-1 (VDE 0819-935-1)	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 Ersatz für DIN EN 61935-1:2006-07 Siehe jedoch Beginn der Gültigkeit Spezifikation für die Prüfung der symmetrischen und koaxialen informationstechnischen Verkabelung – Teil 1: Installierte symmetrische Verkabelung nach der Normenreihe EN 50173 (IEC 61935-1:2009, modifiziert); Deutsche Fassung EN 61935-1:2009 Specification for the testing of balanced and coaxial information technology cabling – Part 1: Installed balanced cabling as specified in the standards series EN 50173 (IEC 61935-1:2009, modified); German version EN 61935-1:2009 Spécification relative aux essais de câblages symétriques et coaxiaux propres aux technologies de l'information – Partie 1: Câblages symétriques installés selon la série de normes EN 50173 (CEI 61935-1:2009, modifiée); Version allemande EN 61935-1:2009 Gesamtumfang 115 Seiten DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE		

Beginn der Gültigkeit

Die von CENELEC am 2009-10-01 angenommene EN 61935-1 gilt als DIN-Norm ab 2010-07-01.

Daneben darf DIN EN 61935-1:2006-07 noch bis 2012-10-01 angewendet werden.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 61935-1:2007-06.

Für diese Norm 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 im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 46 „Cables, wires, waveguides, R.F. connectors, R.F. and microwave passive components and accessories“ erarbeitet.

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zu dem Datum (maintenance result date) unverändert bleiben soll, das auf der IEC-Website unter „<http://webstore.iec.ch>“ zu dieser Publikation angegeben ist. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

Die gemeinsamen Abänderungen wurden eingearbeitet und durch einen senkrechten Strich am linken Seitenrand im Text gekennzeichnet.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 61935-1:2006-07 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Prüfverfahren für das Fremdnebensprechen ergänzt;
- b) Anhang für die Unsicherheit und Veränderlichkeit der Ergebnisse des Feldprüfgerätes ergänzt.

Frühere Ausgaben

DIN EN 61935-1: 2001-08, 2003-07, 2006-07

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen

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.

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist in Tabelle NA.1 wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
Normen der Reihe EN 50173	–	Normen der Reihe DIN EN 50173	–
EN 50173-1	–	DIN EN 50173-1	–
EN 50173-4	–	DIN EN 50173-4	–
EN 50174-1	–	DIN EN 50174-1 (VDE 0800-174-1)	VDE 0800-174-1
EN 50289-1-15	IEC 50289-1-15	DIN EN 50289-1-15	–
–	IEC 60169-22	–	–
EN 60512-25-9	IEC 60512-25-9	DIN EN 60512-25-9	–
Normen der Reihe EN 60603-7	Normen der Reihe IEC 60603-7	Normen der Reihe DIN EN 60603-7 (VDE 0687-603-7)	VDE 0687-603-7
EN 60603-7	IEC 60603-7	DIN EN 60603-7 (VDE 0687-603-7)	VDE 0687-603-7
EN 60603-7-4	IEC 60603-7-4	DIN EN 60603-7-4	–
EN 60603-7-5	IEC 60603-7-5	DIN EN 60603-7-5 ^{N1)} (VDE 0687-603-7-5)	VDE 0687-603-7-5
EN 61076-3-104	IEC 61076-3-104	DIN EN 61076-3-104	–
EN 61076-3-110	IEC 61076-3-110	DIN EN 61076-3-110	–
–	IEC 61156-1 + A1 + A2	–	–
–	IEC 61156-5	–	–
–	IEC 61156-6	–	–
–	IEC 61156-7	–	–
–	IEC 61156-8	–	–

^{N1)} In Bearbeitung.

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

Normen der Reihe DIN EN 50173, *Informationstechnik – Anwendungsneutrale Verkabelungssysteme*

DIN EN 50173-1, *Informationstechnik – Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen*

DIN EN 50173-4, *Informationstechnik – Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen – Teil 4: Wohnungen*

DIN EN 50174-1 (VDE 0800-174-1), *Informationstechnik – Installation von Kommunikationsverkabelung – Teil 1: Installationsspezifikation und Qualitätssicherung*

DIN EN 50289-1-15, *Kommunikationskabel – Spezifikationen für Prüfverfahren – Teil 1-15: Elektromagnetisches Verhalten – Kopplungsdämpfung für konfektionierte Kabel unter Laborbedingungen*

DIN EN 60512-25-9, *Steckverbinder für elektronische Einrichtungen – Mess- und Prüfverfahren – Teil 25-9: Signalintegritätsprüfungen – Prüfung 25i: Externes Nebensprechen (Alien Crosstalk)*

Normen der Reihe **DIN EN 60603-7 (VDE 0687-603-7)**, *Steckverbinder für elektronische Einrichtungen – Teil 7: Bauartspezifikation für ungeschirmte freie und feste Steckverbinder, 8polig*

DIN EN 60603-7-4, *Steckverbinder für elektronische Einrichtungen – Teil 7-4: Bauartspezifikation für ungeschirmte freie und feste Steckverbinder, 8polig, für Datenübertragungen bis 250 MHz*

DIN EN 60603-7-5 (VDE 0687-603-7-5), *Steckverbinder für elektronische Einrichtungen – Teil 7-5: Bauartspezifikation für geschirmte freie und feste Steckverbinder, 8polig, für Datenübertragungen bis 250 MHz*

DIN EN 61076-3-104, *Steckverbinder für elektronische Einrichtungen – Produktanforderungen – Teil 3-104: Bauartspezifikation für geschirmte freie und feste Steckverbinder, 8polig, für Datenübertragungen bis 1 000 MHz*

DIN EN 61076-3-110, *Steckverbinder für elektronische Einrichtungen – Produktanforderungen – Teil 3-110: Rechteckige Steckverbinder – Bauartspezifikation für geschirmte freie und feste Steckverbinder für Datenübertragungen bis 1 000 MHz*

Spezifikation für die Prüfung der symmetrischen und koaxialen
informationstechnischen Verkabelung –
Teil 1: Installierte symmetrische Verkabelung nach der Normenreihe EN 50173
(IEC 61935-1:2009, modifiziert)

Specification for the testing of balanced and
coaxial information technology cabling –
Part 1: Installed balanced cabling as specified in
the standards series EN 50173
(IEC 61935-1:2009, modified)

Spécification relative aux essais de câblages
symétriques et coaxiaux propres aux
technologies de l'information –
Partie 1: Câblages symétriques installés selon
la série de normes EN 50173
(CEI 61935-1:2009, modifiée)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2009-10-01 angenommen. Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

CENELEC

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

Zentralsekretariat: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

© 2009 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 61935-1:2009 D

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 46/323/FDIS, zukünftige 3. Ausgabe von IEC 61935-1, ausgearbeitet von dem IEC/TC 46 „Cables, wires, waveguides, R.F. connectors, R.F. and microwave passive components and accessories“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2009-10-01 mit von dem Deutschen Nationalen Komitee erarbeiteten gemeinsamen Abänderungen als EN 61935-1 angenommen. Durch die Abänderungen bezieht sich die Norm auf die entsprechenden europäischen Normen.

Diese Europäische Norm ersetzt EN 61935-1:2005.

Diese neue Ausgabe enthält die Prüfverfahren für das Fremdnebensprechen. Sie enthält auch einen neuen Anhang für die Unsicherheit und Veränderlichkeit der Ergebnisse des Feldprüfgerätes.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2010-07-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2012-10-01

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 61935-1:2009 wurde von CENELEC als Europäische Norm mit vereinbarten, gemeinsamen Abänderungen angenommen, die nachstehend angegeben sind.

GEMEINSAME ABÄNDERUNGEN

Titelseite

„ISO/IEC 11801“ ist durch „Normenreihe EN 50173“ zu **ersetzen**.

Allgemein

Ersetze in den unteren Abschnitten 3.2, 4.2.5 (zweimal), 4.13.4.3, 5.3.1, 5.3.2.2, 5.3.3, 5.3.4 (zweimal), 5.3.5, 5.3.6, 5.3.8, 5.3.9, 5.3.10, 5.4.7.2, 5.4.7.3, 5.4.8.1, 5.5.5 und 6.2 „ISO/IEC 11801“ und „ISO/IEC 11801 (oder äquivalent)“ durch „EN 50173-1“.

An allen anderen Textstellen sind „ISO/IEC 11801“ und „ISO/IEC 11801 (oder äquivalent)“ durch „Normenreihe EN 50173“ zu **ersetzen**, z. B. in der Einleitung sowie in Abschnitt 3 und 3.1 und 6.11.1.

Abschnitt 1, Anwendungsbereich

Der erste Absatz ist wie folgt zu **ersetzen**:

Dieser Teil von EN 61935 legt Referenz-Prüfverfahren zur Bestimmung der Eigenschaften von Verkabelungen und die Anforderungen an die Genauigkeit der Feldprüfgeräte zur Messung der in Normenreihe EN 50173 aufgeführten Eigenschaften von Verkabelungen fest. Diese Norm gilt nicht für EN 50173-4.

Abschnitt 2, Normative Verweisungen

Ersetze „ISO/IEC 11801“ durch:

Normenreihe EN 50173, Reihe, *Informationstechnik – Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen*

Ersetze „ISO/IEC/TR 14763-2“ durch:

EN 50174-1, *Informationstechnik – Installation von Kommunikationsverkabelung – Teil 1: Spezifikation und Qualitätssicherung*

Unterabschnitt 5.4.8.1, Auswahl gestörter Verkabelungstrecken

Ersetze „ISO/IEC/TR 14763-2“ durch „EN 50174-1“.

Unterabschnitt 5.1, Allgemeines

Ersetze Absätze 1 bis 3 durch:

Dieser Abschnitt gilt für Spezifikationen für Feldprüfungen an bereits installierten Verkabelungen, welche in Übereinstimmung mit Normenreihe EN 50173 gestaltet wurden.

Die Informationen, dieses Abschnittes behandeln die Übertragungsstrecken, welche in Normenreihe EN 50173 definiert sind. Weiterhin werden Parameter und Prüfverfahren für Handprüfgeräte sowie die Interpretationen von Prüfergebnissen festgelegt. Damit werden praktische Lösungen der Feldprüfungen ermöglicht. Die Klassen der Verkabelungen, auf die Bezug genommen wird, korrespondieren mit den Definitionen der EN 50173-1.

Feldprüfgeräte werden in Leistungsklassen eingeteilt. Zurzeit werden die Klassen I, II, IIE, III, IIIE und IV in der Industrie angewandt. Dieser Abschnitt legt die Anforderungen für zur Zertifizierung von Verkabelungen der Klassen D, E, E_A, F und F_A nach EN 50173-1 fest.

Unterabschnitt 5.5.8, Verwaltung der System-Anwendbarkeit

Ersetze „ISO/IEC 14763-1“ durch „EN 50174-1“.

Literaturhinweise

Ergänze die folgende Anmerkung unter IEC 61935-3:

ANMERKUNG Harmonisiert als EN 61935-3:2009.

Streiche den Bezug auf ISO/IEC 14763-1.

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
Einleitung	11
1 Anwendungsbereich	11
2 Normative Verweisungen	12
3 Begriffe	13
4 Referenz-Messverfahren zur Bestimmung der elektrischen Eigenschaften	15
4.1 Allgemeines	15
4.2 Überlegungen zur Prüfeinrichtung	16
4.2.1 Allgemeines	16
4.2.2 Prüfanforderungen an Netzwerkanalysatoren	16
4.2.3 Abschluss von Leiterpaaren	16
4.2.4 Referenzlasten für die Kalibrierung	17
4.2.5 Prüfaufbauten	18
4.2.6 Koaxialkabel und Prüfleitungen für Netzwerkanalysatoren	19
4.2.7 Anforderungen an die Symmetrierglieder	19
4.2.8 Vorsichtsmaßnahmen beim Messen mit Netzwerkanalysatoren	21
4.2.9 Darstellung der Daten und Genauigkeit	22
4.3 Gleichstrom-Schleifenwiderstand	22
4.3.1 Zweck	22
4.3.2 Prüfverfahren	22
4.3.3 Prüfeinrichtung und Prüfaufbau	22
4.3.4 Durchführung	22
4.3.5 Prüfbericht	23
4.3.6 Unsicherheit	23
4.4 Unsymmetrie des Gleichstromwiderstandes	23
4.4.1 Zweck	23
4.4.2 Prüfverfahren	23
4.4.3 Prüfeinrichtung und Prüfaufbau	24
4.4.4 Durchführung	24
4.4.5 Prüfbericht	25
4.4.6 Unsicherheit	25
4.5 Einfügungsdämpfung	25
4.5.1 Zweck	25
4.5.2 Prüfverfahren	25
4.5.3 Prüfeinrichtung und Prüfaufbau	25
4.5.4 Durchführung	26
4.5.5 Prüfbericht	26
4.5.6 Temperaturkorrektur	26
4.5.7 Messunsicherheit	26
4.6 Laufzeit und Laufzeitunterschied	26
4.6.1 Zweck	26
4.6.2 Prüfverfahren	27
4.6.3 Prüfeinrichtung und Prüfaufbau	27

	Seite
4.6.4 Durchführung	27
4.6.5 Prüfbericht.....	28
4.6.6 Messunsicherheit	28
4.7 Nah Nebensprechdämpfung (NEXT) und leistungssummierte NEXT.....	28
4.7.1 Zweck.....	28
4.7.2 Prüfverfahren	28
4.7.3 Prüfeinrichtung und Prüfaufbau	28
4.7.4 Durchführung	29
4.7.5 Prüfbericht.....	30
4.7.6 Messunsicherheit	30
4.8 Dämpfungs-Nebensprechdämpfungs-Verhältnis am nahen Ende (ACR-N) und leistungssummiertes ACR-N.....	30
4.8.1 Zweck.....	30
4.8.2 Prüfverfahren	31
4.8.3 Prüfeinrichtung und Prüfaufbau	31
4.8.4 Durchführung	31
4.8.5 Prüfbericht.....	31
4.8.6 Messunsicherheit	31
4.9 Fern Nebensprechdämpfung (FEXT) und leistungssummierte FEXT	31
4.9.1 Zweck.....	31
4.9.2 Prüfverfahren	31
4.9.3 Prüfeinrichtung und Prüfaufbau	32
4.9.4 Durchführung	32
4.9.5 Prüfbericht.....	33
4.9.6 Unsicherheit der FEXT-Messungen.....	33
4.10 Ausgangsseitige Fern Nebensprechdämpfung (ELFEXT) und Dämpfungs-Nebensprechdämpfungs-Verhältnis am fernen Ende (ACR-F)	33
4.10.1 Zweck.....	33
4.10.2 Berechnung.....	33
4.10.3 Prüfbericht.....	34
4.10.4 Messunsicherheit	34
4.11 Rückflusssdämpfung	34
4.11.1 Zweck.....	34
4.11.2 Prüfverfahren	34
4.11.3 Prüfeinrichtung und Prüfaufbau	34
4.11.4 Durchführung	35
4.11.5 Prüfbericht.....	35
4.11.6 Messunsicherheit	36
4.12 Leistungssummierte fremde Nebensprechdämpfung (PS ANEXT – externes Nebensprechen)	36
4.12.1 Zweck.....	36
4.12.2 Prüfverfahren	36
4.12.3 Prüfeinrichtung und Prüfaufbau	36
4.12.4 Durchführung	37

4.13	Verhältnis der leistungssummierten Dämpfung zur fremden Nebensprechdämpfung, Fernnebensprechdämpfung (PS AACR-F – externes Nebensprechen).....	39
4.13.1	Zweck.....	39
4.13.2	Prüfverfahren	39
4.13.3	Prüfeinrichtung und Prüfaufbau	39
4.13.4	Durchführung	41
4.14	Unsymmetriedämpfung am nahen Ende	43
4.14.1	Zweck.....	43
4.14.2	Prüfverfahren	43
4.14.3	Prüfeinrichtung und Prüfaufbau	44
4.14.4	Durchführung	44
4.14.5	Prüfbericht.....	46
4.14.6	Messunsicherheit	46
4.15	Unsymmetriedämpfung am fernen Ende	47
4.15.1	Zweck.....	47
4.15.2	Prüfverfahren	47
4.15.3	Prüfeinrichtung und Prüfaufbau	47
4.15.4	Durchführung	48
4.15.5	Prüfbericht.....	49
4.15.6	Messunsicherheit	49
4.16	Kopplungsdämpfung	49
5	Anforderungen an die Messung elektrischer Eigenschaften bei der Feldprüfung	50
5.1	Allgemeines.....	50
5.2	Zu prüfende Verkabelungskonfigurationen	50
5.3	Feldprüfparameter.....	50
5.3.1	Allgemeines.....	50
5.3.2	Überprüfung von Verarbeitung und Ausführung	51
5.3.3	Laufzeit und Laufzeitunterschied	52
5.3.4	Länge	52
5.3.5	Einfügungsdämpfung	53
5.3.6	NEXT, leistungssummierte NEXT	53
5.3.7	ACR-N und leistungssummierte ACR-N	54
5.3.8	ELFEXT, leistungssummierte ELFEXT, ACR-F, leistungssummiertes ACR-F.....	54
5.3.9	Rückflusssdämpfung.....	56
5.3.10	Gleichstrom-Schleifenwiderstand	56
5.4	Leistungssummierte fremde Nebensprechdämpfung	56
5.4.1	Zweck.....	56
5.4.2	Prüfverfahren	56
5.4.3	Prüfeinrichtung und Prüfaufbau	56
5.4.4	Messung des ANEXT	57
5.4.5	Messung der AFEXT	57
5.4.6	Durchführung	58
5.4.7	Berechnung der PS ANEXT und der PS AACR-F aus Messwerten.....	58
5.4.8	Auswahl der Prüfanschlüsse.....	61

	Seite
5.4.9 Prüfbericht.....	63
5.4.10 Ungenauigkeit der Messung der fremden Nebensprechdämpfung.....	63
5.5 Darstellung der Daten und Genauigkeit.....	63
5.5.1 Allgemeines	63
5.5.2 Detaillierte Ergebnisse	65
5.5.3 Zusammengefasste Ergebnisse	65
5.5.4 Anforderungen an den Prüfbericht der leistungssummierten fremden Nebensprechdämpfung	68
5.5.5 Allgemeines	69
5.5.6 Übereinstimmungsprüfungen für Feldprüfgeräte.....	69
5.5.7 Bewertung der Übereinstimmungsprüfungen	69
5.5.8 Verwaltung der System-Anwendbarkeit.....	70
5.5.9 Verbindungsstecker und Schnüre des Prüfgeräts	70
5.5.10 Vom Anwender zu handhabende Schnüre und Prüfung der Übertragungsstrecke	70
6 Anforderungen an die Genauigkeit der für die Messung verwendeten Feldprüfgeräte.....	70
6.1 Allgemeines.....	70
6.2 Spezifikationen der Messgenauigkeit für Feldprüfgeräte der Klassen IIE, III, IIIE und IV	73
6.3 Anforderungen an die Messgenauigkeit für Feldprüfgeräte der Klasse IIE.....	74
6.4 Anforderungen an die Messgenauigkeit für Feldprüfgeräte der Klasse III	75
6.5 Anforderungen an die Messgenauigkeit für Feldprüfgeräte der Klasse IIIE.....	76
6.6 Anforderungen an die Messgenauigkeit für Feldprüfgeräte der Klasse IV.....	78
6.7 Anforderungen an die Genauigkeit von Feldprüfgeräten der Klasse IV über 600 MHz	79
6.8 Anforderungen an Feldprüfgeräte bezüglich Messungen des Fremdnebensprechens.....	79
6.9 Verfahren zur Bestimmung der Parameter der Feldprüfgeräte	80
6.9.1 Allgemeines	80
6.9.2 Symmetrie des Ausgangssignals (OSB)	80
6.9.3 Gleichtaktunterdrückung (CMR)	81
6.9.4 Rest-NEXT	81
6.9.5 Dynamikgenauigkeit.....	82
6.9.6 Quelle/Last-Rückflusssdämpfung.....	83
6.9.7 Grundrauschen	83
6.9.8 Rest-FEXT	83
6.9.9 Richtdämpfung.....	84
6.9.10 Gleichlauf	85
6.9.11 Quellenanpassung	85
6.9.12 Rückflusssdämpfung von entfernten Abschlüssen.....	85
6.9.13 Konstantes Fehlerglied der Messfunktion der Laufzeit.....	86
6.9.14 Fehlerkonstante proportional der Laufzeit aus der Messfunktion der Laufzeit.....	86
6.9.15 Konstantes Fehlerglied der Messfunktion des Laufzeitunterschieds	86
6.9.16 Konstantes Fehlerglied der Längenmessfunktion	86
6.9.17 Fehlerkonstante proportional der Länge aus der Längenmessfunktion	86
6.9.18 Konstantes Fehlerglied der Messfunktion des Gleichstrom-Schleifenwiderstandes	86
6.9.19 Fehlerkonstante proportional dem Gleichstrom-Schleifenwiderstand aus der Messfunktion des Gleichstrom-Schleifenwiderstandes	87
6.9.20 Messempfindlichkeit für Messung des Fremdnebensprechens während der Feldprüfung.....	87

	Seite
6.9.21 Messempfindlichkeit der Prüfeinrichtung für die Prüfkonfiguration der Übertragungsstrecke.....	87
6.10 Messfehlermodelle	88
6.10.1 Allgemeines.....	88
6.10.4 Fehlermodell für die Messfunktion leistungsummiertes NEXT	89
6.10.6 Fehlermodell für die Messfunktion leistungsummiertes ACR-N	90
6.10.7 Fehlermodell für die Messfunktion ELFEXT oder ACR-F	90
6.10.10 Fehlermodell für Messfunktion Laufzeit	92
6.10.11 Fehlermodell für die Messfunktion Laufzeitunterschied.....	93
6.10.12 Fehlermodell für die Messfunktion Längenmessung	93
6.10.13 Fehlermodell für die Messfunktion Gleichstrom-Schleifenwiderstand	93
6.11 Vergleich von Netzwerkanalysator-Messungen	93
6.11.1 Allgemeines.....	93
6.11.2 Adapter.....	94
6.11.3 Vergleichsverfahren	96
Anhang A (informativ) Unsicherheit und Veränderlichkeit der Ergebnisse des Feldprüfgerätes	100
A.1 Allgemeines	100
A.2 Berichte von Grenzwerten.....	100
A.3 Nominelle Genauigkeit	100
A.4 Veränderlichkeit bei der Veränderlichkeit bei den Messungen der Messungen der festen Installation, die nicht in der Messgenauigkeit enthalten ist.....	101
A.5 Veränderlichkeit bei den Messungen der Übertragungsstrecke	101
A.6 Prüfungen der Genauigkeit der Feldprüfgeräte	102
A.6.1 Allgemeines.....	102
A.6.2 Bearbeiten der Schnüre des Adapters für die feste Installation.....	102
A.6.3 Tauschen des Adapters von Grundeinheit und abgesetzter Einheit des Feldprüfgerätes	102
A.6.4 Ort von Grundeinheit und abgesetzter Einheit des Feldprüfgerätes.....	102
A.6.5 Einsatz von vorher charakterisierten Verkabelungsstrecken	102
A.6.6 Einsatz von getrennt charakterisierten Verkabelungsstrecken mit Laborausstattung	102
A.6.7 Richtlinien für die korrekte Überprüfung der Installation	103
Anhang B (normativ) Referenz-Laborprüfkonfiguration zur Prüfung des Fremdnebensprechens.....	104
B.1 Allgemeines	104
B.2 Prüfparameter	104
B.3 Aufbau der festen Installation und der Übertragungsstrecke.....	104
B.4 Bestimmung der Anzahl der störenden festen Installationen oder Übertragungsstrecken.....	106
B.5 Berechnung der Ergebnisse.....	106
B.6 Prüfbericht	106
Anhang C (informativ) Allgemeine Information über das Verhalten von Installationen bezüglich des leistungsummierten Fremdnebensprechens	107
Literaturhinweise	109
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	110

	Seite
Bild 1 – Abschlusswiderstand	17
Bild 2 – Referenzebenen für die feste Installation und die Übertragungsstrecke	18
Bild 3 – Als Symmetrierglieder verwendete 180°-Hybridkoppler	19
Bild 4 – Messung des Schleifenwiderstandes	23
Bild 5 – Unsymmetrie des Gleichstromwiderstandes	24
Bild 6 – Prüfaufbau für die Messung der Einfügungsdämpfung	25
Bild 7 – Prüfaufbau für die NEXT-Bestimmung	29
Bild 8 – Prüfaufbau für die FEXT-Bestimmung	32
Bild 9 – Prüfaufbau für die Bestimmung der Rückflusssdämpfung	35
Bild 10 – ANEXT-Messung	37
Bild 11 – Messung der fremden Fernnebensprechdämpfung	40
Bild 12 – Prüfaufbau für die Bestimmung der Unsymmetriedämpfung am nahen Ende	44
Bild 13 – Messung der Gegentakt-Einfügungsdämpfung mit zusammengeschalteten Symmetrierübertragern	45
Bild 14 – Messung der Gleichtakt-Einfügungsdämpfung mit zusammengeschalteten Symmetrierübertragern	45
Bild 15 – Prüfung des Unsymmetrieverhaltens des Mess-Symmetrierübertragers	46
Bild 16 – Prüfaufbau für die Bestimmung der Unsymmetriedämpfung am fernen Ende	48
Bild 17 – Korrekte Verdrahtung der Paare	51
Bild 18 – Inkorrekte Verdrahtung der Paare	52
Bild 19 – Schematische Darstellung zur Messung der fremden Nebensprechdämpfung (ANEXT) der Übertragungsstrecke	57
Bild 20 – Prüfaufbau für die Messung der AFEXT	58
Bild 21 – Flussdiagramm des Prüfverfahrens der fremden Nebensprechdämpfung	62
Bild 22 – Beispiel für den Toleranzbereich der Prüfeinrichtung (NEXT)	64
Bild 23 – Blockschaltbild für die Messung der Symmetrie des Ausgangssignals	80
Bild 24 – Blockschaltbild für die Messung der Gleichtaktunterdrückung	81
Bild 25 – Blockschaltbild für die Messung der Rest-NEXT	82
Bild 26 – Blockschaltbild für die Messung der Dynamikgenauigkeit	82
Bild 27 – Blockschaltbild für die Messung der Rest-FEXT	84
Bild 28 – Prinzip der alternativen Messung der Rest-FEXT	84
Bild 29 – Prüfung der Messempfindlichkeit für das Fremdnebensprechen der Prüfkongfiguration der Übertragungsstrecke	87
Bild 30 – Prüfung der Messempfindlichkeit für das Fremdnebensprechen der Prüfkongfiguration für die feste Installation	88
Bild 31 – Einzelheiten der Ausführung des speziellen Rangierschnuradapters	94
Bild 32 – Schnittstellen für die Prüfkongfiguration für die Übertragungsstrecke	95
Bild 33 – Schnittstellen für die Prüfkongfiguration für die Verkabelungsstrecke	96
Bild 34 – Graphische Darstellung der Probenstreuung	98
Bild A.1 – Quelle der Veränderlichkeit während der Prüfung der festen Installation	101
 Tabelle 1 – Übertragungseigenschaften der Symmetrierglieder der Prüfeinrichtung	 20
Tabelle 2 – Geschätzte Unsicherheit der Unsymmetrie, Messung am nahen Ende	47
Tabelle 3 – Geschätzte Unsicherheit der Unsymmetrie, Messung am fernen Ende	49
Tabelle 4 – Übersicht über die Anforderungen an die Aufzeichnung durch das Feldprüfgerät	65

	Seite
Tabelle 5 – Minimale Anforderungen an den Prüfbericht für PS ANEXT und PS AACR-F	68
Tabelle 6 – Schlechteste Werte der Messgenauigkeit von Laufzeit, Laufzeitunterschied, Gleichstromwiderstand, und Längenmessung für Prüfgeräte der Klasse IIE, Klasse III und Klasse IV	71
Tabelle 7 – Schlechteste Werte der Messung von Einfügungsdämpfung, NEXT, ACR-N, ELFEXT/ACR-F und Rückflusssdämpfung für Feldprüfgeräte der Klasse IIE	71
Tabelle 8 – Schlechteste Werte der Messung von Einfügungsdämpfung, NEXT, ACR, ELFEXT und Rückflusssdämpfung für Messgeräte der Klasse III	72
Tabelle 9 – Schlechteste Werte der Messung von Einfügungsdämpfung, NEXT, ACR-N, ELFEXT/ACR-F und Rückflusssdämpfung für Messgeräte der Klasse IIIE	73
Tabelle 10 – Schlechteste Werte der Messung von Einfügungsdämpfung, NEXT, ACR-N, ELFEXT/ACR-F und Rückflusssdämpfung für Prüfgeräte der Klasse IV	73
Tabelle 11 – Spezifikationen der Messgenauigkeit für Laufzeit, Laufzeitunterschied, Gleichstromwiderstand und Länge.....	74
Tabelle 12 – Leistungsanforderungen für Feldprüfgeräte der Klasse IIE nach IEC-Richtlinien.....	74
Tabelle 13 – Leistungsanforderungen für Feldprüfgeräte der Klasse III nach IEC-Richtlinien	75
Tabelle 14 – Leistungsanforderungen für Feldprüfgeräte der Klasse IIIE nach IEC-Richtlinien.....	77
Tabelle 15 – Leistungsanforderungen für Feldprüfgeräte der Klasse IV nach IEC-Richtlinien.....	78

Einleitung

Informationstechnische Verkabelungen, die früher für jede informationstechnische Anwendung einzeln ausgelegt wurden, haben sich zu einem anwendungsneutralen (universellen) Verkabelungssystem entwickelt. Informationstechnische Anwendungen arbeiten jetzt nach der Verkabelung der Normenreihe EN 50173, um die geltenden Anforderungen an die Verkabelung zu erfüllen. Früher wurden Prüfungen auf Durchgang und Kurzschluss sowie Sichtprüfungen als Endkontrolle einer Kabelinstallation als ausreichend erachtet. Heute benötigen die Anwender weitergehende Prüfungen, um sicherzustellen, dass die Verkabelungsstrecke informationstechnische Anwendungen, die für die anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlage entwickelt wurden, entsprechend unterstützt. Dieser Teil von Normenreihe EN 50173 behandelt Referenz-Laborprüfverfahren und Feldprüfverfahren, und er enthält einen Vergleich dieser Prüfverfahren.

Das Übertragungsverhalten ist abhängig von den Eigenschaften der Kabel, der Anschlusstechnik, der Rangierschnüre, der Verdrahtung der Rangierfelder, der Gesamtanzahl der Verbindungen und der Sorgfalt, mit der sie installiert und gewartet werden. Diese Norm enthält Prüfverfahren für installierte Verkabelungen und für vorgefertigte konfektionierte Kabel. Diese Prüfverfahren basieren (soweit anwendbar) auf denjenigen Prüfverfahren, die für die einzelnen, im konfektionierten Kabel eingesetzten Komponenten gelten.

Der vorliegende Teil 1 enthält die für die installierte Verkabelung erforderlichen Prüfverfahren. Teil 2 enthält die für Rangierschnüre und Arbeitsplatzkabel erforderlichen Prüfverfahren.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von EN 61935 legt Referenz-Prüfverfahren zur Bestimmung der Eigenschaften von Verkabelungen und die Anforderungen an die Genauigkeit der Feldprüfgeräte zur Messung der in Normenreihe EN 50173 aufgeführten Eigenschaften von Verkabelungen fest. Diese Norm gilt nicht für EN 50173-4.

Diese Norm ist anzuwenden, wenn konfektionierte Kabel aus Kabeln, die der Reihe IEC 61156 entsprechen, und aus Verbindungstechnik nach IEC 60603-7 oder IEC 61076-3-104 und IEC 61076-3-110 hergestellt werden. In Fällen, bei denen Kabel und/oder Steckverbinder keiner dieser Normen entsprechen, dürfen zusätzliche Prüfungen erforderlich sein.

Dieses Dokument ist wie folgt organisiert:

- Labor-Referenzmessverfahren sind in [Abschnitt 4](#) festgelegt. In verschiedenen Fällen können diese Verfahren im Feld angewendet werden.
- Beschreibungen und Anforderungen für Feldmessungen sind in [Abschnitt 5](#) festgelegt.
- Leistungsanforderungen für Feldprüfgeräte und Verfahren, um die Leistung von Feldprüfgeräten zu verifizieren, sind in [Abschnitt 6](#) festgelegt.

ANMERKUNG 1 Diese Norm beinhaltet keine Verfahren, die üblicherweise getrennt an Kabeln und Steckern durchgeführt werden. Diese Prüfungen sind in IEC 61156-1 und IEC 60603-7 bzw. IEC 61076-3-104 und IEC 61076-3-110 beschrieben.

ANMERKUNG 2 Wo immer möglich, werden die für konfektionierte Kabel verwendeten Kabel und Stecker nach den Prüfungen der entsprechenden Fachgrundspezifikation getrennt geprüft, auch wenn die Prüfungen nicht in IEC 61156 und IEC 60603-7, IEC 61076-3-104 und IEC 61076-3-110 beschrieben sind. In diesem Fall können die meisten Prüfungen des Verhaltens gegenüber den Umgebungsbedingungen und die mechanischen Prüfungen dieser Spezifikationen weggelassen werden.

ANMERKUNG 3 Anwendern dieser Norm wird empfohlen, Anwendungsnormen in Betracht zu ziehen und sich mit Herstellern von Ausrüstungen und Systemintegratoren zu beraten, um die Eignung dieser Anforderungen für bestimmte Netzwerk-Anwendungen zu bestimmen.

Diese Norm bezieht sich auf Verkabelungen mit 100 Ω . Für Verkabelungen mit 120 Ω oder 150 Ω Wellenwiderstand sind die gleichen Prinzipien anzuwenden, allerdings sollte das Messsystem dem jeweiligen nominellen Wellenwiderstand entsprechen.

Feldprüfgerätetypen schließen die Zertifizierung, Qualifizierung und Verifizierung ein. Die Zertifizierungsprüfung wird aufgrund der strengen Anforderungen in kommerziellen/industriellen Gebäuden nach dieser Norm durchgeführt. Die Qualifizierungsprüfung ist in IEC 61935-3 beschrieben. Mit der Qualifizierungsprüfung wird bestimmt, ob die Verkabelung eine bestimmte Netzwerktechnik unterstützt (z. B. 1000BASE-T, 100BASE-TX, IEEE 1394b¹⁾). Feldprüfgeräte zur Qualifizierung besitzen keine rückverfolgbare Genauigkeit auf nationale Normale und geben das Vertrauen, dass bestimmte Anwendungen funktionieren werden. Mit Feldprüfgeräten zur Verifizierung wird lediglich die Anschlusstechnik überprüft.

In diesem Schriftstück wird vierpaarige Verkabelung angenommen. Die Prüfverfahren, die in dieser Norm beschrieben sind, dürfen auch für die Bewertung von zweipaariger symmetrischer Verkabelung angewendet werden. Jedoch werden zweipaarige Verkabelungsstrecken, die sich den gleichen Mantel mit weiteren Verkabelungsstrecken teilen, als vierpaarige Verkabelung geprüft.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente 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 60169-22, *Radio-frequency connectors – Part 22: R.F. two-pole bayonet coupled connectors for use with shielded balanced cables having twin inner conductors (Type BNO)*

IEC 60512-25-9, *Connectors for electronic equipment – Tests and measurements – Part 25-9: Signal integrity tests – Test 25i: Alien crosstalk*

IEC 60603-7, *Connectors for electronic equipment – Part 7: Detail specification for 8-way, unshielded, free and fixed connectors*

IEC 60603-7 (alle Teile), *Connectors for electronic equipment – Part 7: Detail specification for 8-way, unshielded, free and fixed connectors*

IEC 60603-7-4, *Connectors for electronic equipment – Part 7-4: Detail specification for 8-way, unshielded, free and fixed connectors, for data transmissions with frequencies up to 250 MHz*

IEC 60603-7-5, *Connectors for electronic equipment – Part 7-5: Detail specification for 8-way, shielded, free and fixed connectors, for data transmissions with frequencies up to 250 MHz*

IEC 61076-3-104, *Connectors for electronic equipment – Product requirements – Part 3-104: Detail specification for 8-way, shielded free and fixed connectors for data transmissions with frequencies up to 1 000 MHz*

IEC 61076-3-110, *Connectors for electronic equipment – Product requirements – Part 3-110: Rectangular connectors – Detail specification for shielded, free and fixed connectors for data transmission with frequencies up to 1 000 MHz*

IEC 61156-1, *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 1: Generic specification*

IEC 61156-5, *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 5: Symmetrical pair/quad cables with transmission characteristics up to 1 000 MHz-horizontal floor wiring – Sectional specification*

¹⁾ IEEE 1394b:2002, *High Performance Serial Bus (High Speed Supplement)*.

IEC 61156-6, *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 6: Symmetrical pair/quad cables with transmission characteristics up to 1 000 MHz – Work area wiring – Sectional specification*

IEC 61156-7, *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 7: Symmetrical pair cables with transmission characteristics up to 1 200 MHz – Sectional specification for digital and analog communication cables*

IEC 61156-8, *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 8: Symmetrical pair/quad cables with transmission characteristics up to 1 200 MHz – Work area wiring – Sectional specification*

EN 50173 (alle Teile), *Informationstechnik – Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen*

EN 50174-1, *Informationstechnik – Installation von Kommunikationsverkabelung – Teil 1: Spezifikation und Qualitätssicherung*

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

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

EN 50289-1-15, *Kommunikationskabel – Spezifikationen für Prüfverfahren – Teil 1-15: Elektromagnetisches Verhalten – Kopplungsdämpfung für konfektionierte Kabel unter Laborbedingungen*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die in Normenreihe EN 50173 angegebenen und die folgenden Begriffe.

3.1

konfektioniertes Kabel

Kombination von Kabel(n) und Steckverbinder(n) mit festgelegten Merkmalen, welche als einzelne Baueinheit als Teil einer nach Normenreihe EN 50173 (oder einem entsprechenden Schriftstück) definierten Kabelverbindung eingesetzt wird

ANMERKUNG Beispiele für konfektionierte Kabel sind: Rangierschnur, Arbeitsplatzkabel, Übertragungsstrecke.

3.2

Zertifizierung

Messungen von installierter Verkabelung, die in der Normenreihe EN 50173 spezifiziert ist (z. B. Klasse D, Klasse E, Klasse EA, Klasse F, Klasse F_A)

Dies erfordert Feldprüfgeräte, deren Genauigkeit auf nationale Normale rückführbar ist.

3.3

vergleichende Prüfung

Prüfung, um die Abweichung zwischen den Ergebnissen mit dem Referenzverfahren und den Ergebnissen anderer Prüfeinrichtungen (z. B. Feldprüfgeräte) zu ermitteln

3.4

Gleichstromwiderstand

Gesamtsumme des Gleichstrom-Schleifenwiderstandes beider Leiter eines Paares

3.5

Laufzeitunterschied

ungünstigster Wert der Differenz der Phasenverzögerung zwischen zwei beliebigen Paaren im gleichen konfektionierten Kabel

3.6

elektrische Länge

äquivalente Länge des konfektionierten Kabels im Freiraum

3.7

Fernnebensprechdämpfung

FEXT

Verringerung des Betrages der Leistung eines Signals, welches sich zwischen den störenden und den gestörten Paaren der gleichen Verkabelungsstrecke ausbreitet und am fernen Ende gemessen wird

ANMERKUNG 1 Wenn die Abnahme der Leistung auf das nahe Ende des störenden Paares bezogen ist, wird diese Eigenschaft als Eingangs-/Ausgangs-Nebensprechen (IO FEXT) bezeichnet.

ANMERKUNG 2 Wenn die Abnahme der Leistung auf das ferne Ende des störenden Paares bezogen ist, wird diese Eigenschaft als Gleichpegel-Nebensprechen (ELFEXT) bezeichnet.

ANMERKUNG 3 Wenn die Abnahme der Leistung auf das ferne Ende des gestörten Paares bezogen ist, wird diese Eigenschaft als Fern-Dämpfungs/Nebensprech-Verhältnis (ACR-F) bezeichnet.

ANMERKUNG 4 Die Fernnebensprechdämpfung (FEXT) wird in dB angegeben.

3.8

Nahnebensprechdämpfung

NEXT

Wert der Quadratwurzel der Signalleistungseinkopplung eines Leitungskreises zu einem anderen Leitungskreis innerhalb eines konfektionierten Kabels bei Einspeisung und Messung der Quadratwurzel der Signalleistung am gleichen Ende

NEXT wird auf die Quadratwurzel der Einfallsignalleistung bezogen und in Dezibel angegeben.

3.9

Nennwellenwiderstand

Wellenwiderstand, für den das System ausgelegt ist. Der Nennwellenwiderstand ist ein reeller Widerstand.

3.10

Symmetrie des Ausgangssignals

OSB

von einem Quellenanschluss erzeugtes Verhältnis der Gleichtakt-Ausgangsspannung zur Gegentakt-Ausgangsspannung

3.11

Leistungssumme (NEXT und FEXT und ELFEXT)

kombiniertes Nebensprechen eines empfangenden Paares von allen gleichzeitig arbeitenden störenden Übertragungsstrecken

3.12

Laufzeit

Phasenverzögerung bei jeder beliebigen Frequenz im festgelegten Frequenzbereich bezüglich der Ausbreitung einer transversalelektromagnetischen Welle (TEM-Welle) zwischen den Referenzebenen eines konfektionierten Kabels, ausgedrückt in Nanosekunden je Meter (ns/m)

3.13

Qualifizierung

Messungen an installierter Verkabelung für bestimmte Netzwerktechnologien (z. B. 100BASE-T, IEEE 802.3, 1000BASE-T, IEEE 1394b)

Die Messgenauigkeit von Feldprüfgeräten für Qualifikationsprüfungen braucht nicht auf nationale Normale rückführbar zu sein.

3.14

Referenzebene

Referenzposition der zu prüfenden Verkabelung oder des erforderlichen Steckverbinders, für die die Leistungsanforderungen festgelegt sind

3.15

Reflexionskoeffizient

Verhältnis der komplexen Quadratwurzel der Amplitude der reflektierten Welle zur komplexen Quadratwurzel der Amplitude der einfallenden Welle an einem Eingang oder einem Kreuzungspunkt eines konfektionierten Kabels, wenn dieses mit seinen bei der Anwendung auftretenden oder Nennwellenwiderständen, Z_{nom} , abgeschlossen wird

$$C_r = \left(\frac{|Z_{\text{in}} - Z_{\text{nom}}|}{|Z_{\text{in}} + Z_{\text{nom}}|} \right) \quad (1)$$

3.16

Rückflusssdämpfung

RL

Verhältnis der Leistung, die in ein konfektioniertes Kabel eingespeist wird, welches am fernen Ende mit seinem Nennwellenwiderstand abgeschlossen ist, zur reflektierten Leistung am Eingang des konfektionierten Kabels

$$RL = 20 \times \log_{10} \left(\frac{u_i}{u_r} \right) \quad \text{oder} \quad RL = -20 \times \log_{10} \left(\frac{|Z_{\text{in}} - Z_{\text{nom}}|}{|Z_{\text{in}} + Z_{\text{nom}}|} \right) \quad (2)$$

Dabei ist:

u_i die einfallende Spannung;

u_r die reflektierte Spannung.

3.17

Schirmdämpfung (des konfektionierten Kabels)

das Verhältnis der Quadratwurzel der im Inneren des geschirmten konfektionierten Kabels auftretenden Gleichtakt-Leistungswelle zur Quadratwurzel der Leistung, die von dem konfektionierten Kabel nach außen abgegeben wird

3.18

Unsymmetriedämpfung

Verhältnis der Quadratwurzel der Gleichtakt-Signalleistung zur Quadratwurzel der Gegentakt-Signalleistung in einem Paar, hervorgerufen durch die Unsymmetrieeigenschaften des Paares

3.19

Verifizierung

Messungen von installierten Kabeln oder von installierter Verkabelung auf Durchgang

Außer der Verbindungsfähigkeit werden keine weiteren Übertragungseigenschaften gemessen.

4 Referenz-Messverfahren zur Bestimmung der elektrischen Eigenschaften

4.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt beschreibt Referenzmessverfahren zur Bestimmung elektrischer Eigenschaften. Diese Messverfahren sind für die Anwendung im Labor unter Einsatz von Laborausrüstungen vorgesehen. In einigen Fällen können bestimmte Messverfahren auch für Feldprüfungen anwendbar sein. Ist dies der Fall, so muss das Messverfahren ausdrücklich als für die Feldprüfung geeignet identifiziert sein, und es müssen geeignete Vorsichtsmaßnahmen beschrieben werden.

4.2 Überlegungen zur Prüfeinrichtung

4.2.1 Allgemeines

Die in dieser Norm beschriebenen Referenzmessverfahren erfordern die Anwendung eines Netzwerkanalysators sowie die Anwendung von HF-Transformatoren (Symmetriergliedern), von Prüflleitungen aus verseilten Paaren (en: twisted pair, TP) sowie von angepassten Abschlusswiderständen. Für einige der Messungen können auch getrennte Generator/Empfänger-Prüfeinrichtungen verwendet werden. Es dürfen auch andere Messverfahren angewendet werden, wenn der Nachweis erbracht werden kann, dass sie zu äquivalenten Ergebnissen führen.

4.2.2 Prüfanforderungen an Netzwerkanalysatoren

Üblicherweise sind die Ein- und Ausgänge eines Netzwerkanalysators unsymmetrisch. Daher sind HF-Transformatoren mit symmetrischen Ausgängen (Symmetrierglieder) und unsymmetrischen Signalverbindungen zum Netzwerkanalysator erforderlich.

Die Prüfeinrichtung muss vor Beginn der Prüfung an der Referenzebene kalibriert werden, die für die zu prüfende Verkabelung festgelegt ist. Für die Durchführung von Eintor-Messungen (z. B. Rückflusssdämpfung) müssen komplette Eintor-Kalibrierungen vorgenommen werden. Für die Durchführung von Zweitord-Messungen (z. B. Dämpfung) müssen komplette Zweitord-Kalibrierungen vorgenommen werden.

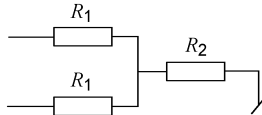
4.2.3 Abschluss von Leiterpaaren

Während der Messung müssen sämtliche Leiterpaare der zu prüfenden Verkabelung jeweils an beiden Enden mit angepassten Abschlusswiderständen abgeschlossen sein. Werden Paare geprüft, so ist dieser Abschluss an einem oder an beiden Enden durch das Prüfgerät gegeben. Bei Paaren, die nicht geprüft werden oder nicht mit dem Prüfgerät verbunden sind, müssen Abschlusswiderstände oder abgeschlossene Symmetrierglieder verwendet werden.

Ist nichts anderes festgelegt, so müssen die Nennwellenwiderstände des Abschlusses im Gegentaktbetrieb $100\ \Omega$ bei $100\text{-}\Omega$ - und $120\text{-}\Omega$ -Elementen und $150\ \Omega$ bei $150\text{-}\Omega$ -Elementen betragen. Der Nennwellenwiderstand im Gleichtaktbetrieb muss $50\ \Omega \pm 25\ \Omega$ betragen, falls durch das Messverfahren nichts anderes festgelegt ist.

ANMERKUNG: Der genaue Wert des Nennwellenwiderstandes im Gleichtaktbetrieb hat für die meisten Messungen keine wesentliche Bedeutung. Für ungeschirmte Verkabelungen wird üblicherweise ein Wert von $75\ \Omega$ gewählt, während für geschirmte Verkabelungen ein Wert von $25\ \Omega$ angewendet wird.

Abschlusswiderstände müssen aus Widerständen bestehen, die für eine Genauigkeit von $\pm 0,1\ \%$ bei Gleichstrom ausgelegt sind und eine Rückflusssdämpfung größer $40 - 10 \log(f/100)$ haben, wobei f die Frequenz in Megahertz ist. Bei Paaren, die mit einem Symmetrierglied verbunden sind, wird die Last im Gleichtaktbetrieb durch die Anwendung einer Last an der Mittelanzapfung des Symmetrierglieds zugeführt. Der Wellenwiderstand der Last ist gleich dem Wellenwiderstand im Gleichtaktbetrieb. Bei Paaren, die mit anderen Arten von Symmetriereinrichtungen (180° -Leistungsverteiler) verbunden sind, wird die Last im Gleichtaktbetrieb durch die Verwendung eines Dämpfungsglieds an jedem der symmetrischen Abschlüsse der Symmetriereinrichtung zugeführt. Dieses Verfahren wird ebenfalls angewendet, wenn an dem verwendeten Symmetrierglied keine Mittelanzapfung zur Verfügung steht. Die von den Dämpfungsgliedern erzielte Dämpfung muss größer oder gleich $6\ \text{dB}$ sein (siehe [Bild 3](#)). Der Wellenwiderstand im Gleichtaktbetrieb beträgt für diese Anordnung näherungsweise ein Viertel des Wellenwiderstandes im Gegentaktbetrieb. Bei Paaren, die mit Widerstandslasten verbunden sind, wird die Last im Gleichtaktbetrieb durch die in [Bild 1](#) dargestellte Y-Anordnung zugeführt.



Dabei ist

$$R_1 = \frac{R_{\text{diff}}}{2} \quad (3)$$

$$R_1 = 50 \, \Omega \pm 0,1 \, \%$$

und

$$R_2 = R_{\text{com}} - \frac{R_{\text{diff}}}{4} \quad (4)$$

$$R_2 = 25 \, \Omega \pm 1 \, \%$$

Dabei ist

R_{diff} der Wellenwiderstand im Gegentaktbetrieb (Ω);

R_{com} der Wellenwiderstand im Gleichtaktbetrieb (Ω).

Bild 1 – Abschlusswiderstand

Bei ungeschirmten Elementen werden die Abschlusspunkte aller Paare für den Gleichtaktbetrieb an jedem Ende des Elementes miteinander verbunden. Bei geschirmten Elementen werden die Abschlusspunkte für den Gleichtaktbetrieb mit der Kabelschirmung oder den Schirmungen an jedem Ende der Elemente verbunden.

4.2.4 Referenzlasten für die Kalibrierung

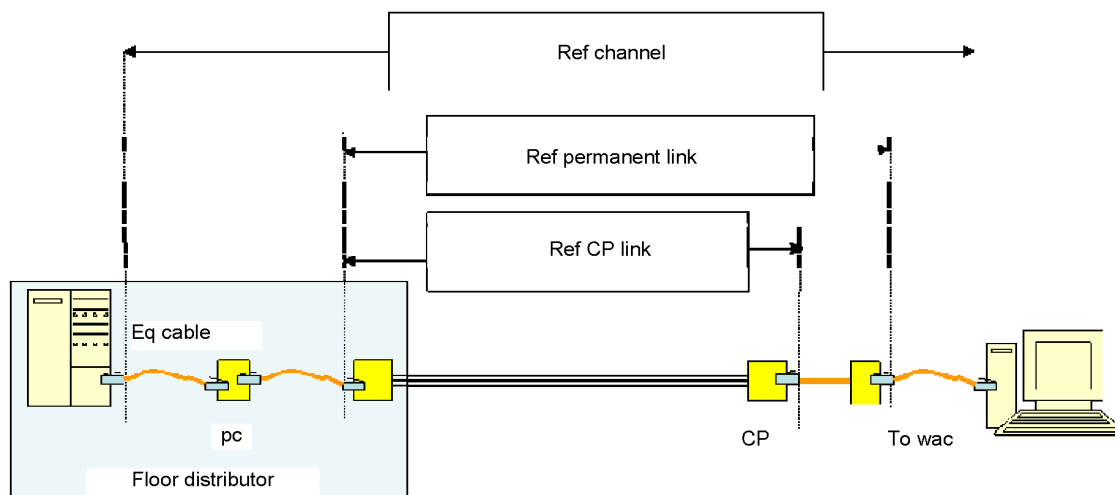
Für die Durchführung einer Eintor- oder Zweitör-Kalibrierung der Prüfeinrichtung sind ein kurzer Leitungskreis, ein offener Leitungskreis und ein Abschlusswiderstand erforderlich. Diese Baugruppen müssen verwendet werden, um eine Kalibrierung an der Referenzebene vornehmen zu können.

Der Abschlusswiderstand muss gegenüber einem Referenzwert kalibriert werden, hierfür muss ein 50- Ω -Widerstand verwendet werden, der auf ein nationales Bezugsnormale rückführbar ist. Beträgt der Wert des Referenzwiderstandes für die Kalibrierung 100 Ω , so müssen zwei parallel geschaltete Lasten gegenüber dem Referenzwert kalibriert werden. Beträgt der Wert des Referenzwiderstandes für die Kalibrierung 150 Ω , so müssen drei parallel geschaltete Lasten gegenüber dem Referenzwert kalibriert werden. Die für die Kalibrierung verwendeten Referenzwiderstände müssen in einem Steckverbinder Typ N nach IEC 61169-16 angeordnet werden, der für Montage in Verteilern geeignet und auf der Rückseite abgeflacht ist. Die Lasten müssen auf der abgeflachten Seite des Leiters, gleichmäßig um dessen Zentrum verteilt, befestigt werden. Ein Netzwerkanalysator muss unter Verwendung des Referenzwertes durch vollständige Eintor-Kalibrierung kalibriert werden. Anschließend muss die Rückflusssdämpfung der für die Kalibrierung verwendeten Referenzlasten gemessen werden. Die so verifizierte Rückflusssdämpfung muss bei allen Frequenzen < 100 MHz größer als 40 dB sein und bei höheren Frequenzen, bei denen gemessen wird, > 40 – 10 $\times \log(f/100)$.

4.2.5 Prüfaufbauten

Folgende Verkabelungskonfigurationen werden im Feld geprüft:

- Übertragungsstrecke. Die Konfiguration zur Prüfung der Übertragungsstrecke ist so gewählt, dass von den Systementwicklern und den Anwendern von Datenübertragungssystemen die Leistung des gesamten Übertragungssystems geprüft werden kann. Dem Begriff in der Normenreihe EN 50173 (oder einem äquivalenten Schriftstück) entsprechend, umfasst die Übertragungsstrecke bis zu 90 m Etagenkabel, eine Schnur zum Anschluss der Geräte am Arbeitsplatz, einen informationstechnischen Anschluss/Steckverbinder, eine wahlweise Übertragungsverbindung in der Nähe des Arbeitsplatzes und zwei Rangierkabelverbindungen im Etagenverteiler. Die Gesamtlänge von Arbeitsplatzkabeln, Rangierschnüren und Schaltdraht darf nicht mehr als 10 m betragen. Die Verbindungen mit den Geräten an jedem Ende der Übertragungsstrecke sind nicht Bestandteil der Definition der Übertragungsstrecke. Die Anwender-Rangierschnur muss für die Prüfung der Kanal-Übertragungsleistung verwendet werden.
- Installationsstrecke. Die Konfiguration zur Prüfung der Installationsstrecke ist so gewählt, dass von den Monteuren und den Anwendern von Datenübertragungssystemen die Leistungsparameter der fest installierten Verkabelung geprüft werden können. Dem Begriff in der Normenreihe EN 50173 (oder einem äquivalenten Schriftstück) entsprechend, umfasst der Verteiler der festen Installation bis zu 90 m Etagenkabel und je eine Verbindung an jedem Ende. Zur Installationsstrecke gehören dagegen weder der zur Prüfeinrichtung gehörige Abschnitt der Prüfschnur noch die Verbindung zur Prüfeinrichtung, jedoch kann der wahlweise Übertragungspunkt dazu gehören.
- Sammelpunktstrecke. Die Konfiguration zur Prüfung der Sammelpunktstrecke ist so gewählt, dass von den Monteuren und den Anwendern von Datenübertragungssystemen die feste Installation zwischen dem Etagenverteiler und dem CP überprüft werden kann.



Legende

Ref channel	Referenzebene für die Übertragungsstrecke
Ref permanent link	Referenzebene für die Installationsstrecke
Ref CP link	Referenzebene für die Verbindung zum Sammelpunkt
TO	Informationstechnische Anschlussdose
CP	Sammelpunkt
Eq cable	Geräteanschlusskabel
pc	Rangierkabel
Floor distributor	Etagenverteiler
wac	Geräteanschlusskabel

Bild 2 – Referenzebenen für die feste Installation und die Übertragungsstrecke

Die Referenzebenen einer Installationsstrecke befinden sich am Ende der Prüfschnur für die Installationsstrecke, an der das Kabel in das Gehäuse des Steckers eintritt, der mit der Prüfleitung am nahen Ende verbunden ist, und an der Stelle, an der das Kabel in das Gehäuse des Steckers eintritt, der mit der Prüfleitung am fernen Ende verbunden ist; beide sind mit der Installationsstrecke passend verbunden. Im praktischen Fall sollte sich die Referenzebene der Messung innerhalb eines Bereiches von 5 mm der Definition der Referenzebene befinden, wenn eine Installationsstrecke gemessen wird. Die Referenzebene der Prüfkongfiguration einer Übertragungsstrecke befindet sich am Ende des Geräteanschlusskabels, an der das Kabel in das Gehäuse des Steckers eintritt, der mit der Prüfleitung am nahen Ende verbunden ist, und an der Stelle, an der das Kabel aus dem Gehäuse des Steckers austritt, der mit der Prüfleitung am fernen Ende verbunden ist; beide sind mit dem Adapter der Übertragungsstrecke passend verbunden. Im praktischen Fall sollte sich die Referenzebene der Messung innerhalb eines Bereiches von 5 mm der Definition der Referenzebene befinden, wenn eine Übertragungsstrecke gemessen wird.

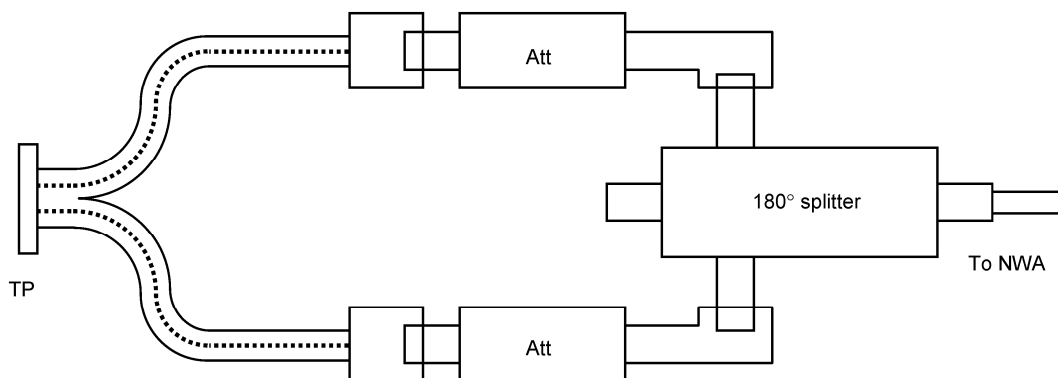
4.2.6 Koaxialkabel und Prüfleitungen für Netzwerkanalysatoren

Konfektionierte Koaxialkabel zwischen dem Netzwerkanalysator und den Symmetriergliedern sollten so kurz wie möglich sein. (Es wird empfohlen, dass sie jeweils 600 mm nicht überschreiten.) Die Koaxialkabel müssen doppelt geschirmt sein. Die Symmetrierglieder müssen auf einer gemeinsamen Grundplatte befestigt sein.

Die symmetrischen Prüfleitungen und die damit verbundene Verbindungstechnik zur Verbindung zwischen der Prüfeinrichtung des zu prüfenden konfektionierten Kabels müssen aus Komponenten ausgewählt werden, welche die Anforderungen bezüglich der Kategorie an das zu prüfende konfektionierte Kabel erfüllen oder übersteigen. Die symmetrischen Prüfleitungen müssen auf eine Länge von 50 mm zwischen den Symmetriergliedern und der Referenzebene des zu prüfenden Elements begrenzt werden. Paare müssen zwischen den Symmetriergliedern und den Verbindungspunkten eng zusammengedreht bleiben, und die symmetrischen Prüfleitungen müssen 5 mm von jeder Grundplatte entfernt sein.

4.2.7 Anforderungen an die Symmetrierglieder

Es werden zwei Klassen von Symmetriergliedern mit unterschiedlichen Leistungsstufen definiert. Dies dient der Erleichterung von Messungen bis zu 1 GHz an handelsüblichen Symmetriergliedern. Die Symmetrierglieder können Transformatoren oder 180°-Hybridkoppler sein, falls erforderlich mit Dämpfungsgliedern zur Verbesserung der Anpassung (siehe Bild 3).



Legende

Att	Dämpfungsglied
180 ° splitter	180°-Phasenteiler
To NWA	Verbindung zum Netzwerkanalysator
TP	Verbindung am Prüfeingang

Bild 3 – Als Symmetrierglieder verwendete 180°-Hybridkoppler

Ein Symmetrierübertrager wird mit Klasse A in dem Frequenzbereich bezeichnet, in dem er die Anforderungen an die Klasse A einhält. Ein Symmetrierübertrager wird mit Klasse B in dem Frequenzbereich bezeichnet, in dem er die Anforderungen an die Klasse B einhält. Ein Symmetrierübertrager kann die Klasse A in einem Frequenzbereich und die Klasse B in einem anderen Frequenzbereich aufweisen.

Für den Nachweis der Leistungsmerkmale von Kabeln sämtlicher Klassen sind Klasse-A-Symmetrierglieder zu bevorzugen.

Klasse-B-Symmetrierglieder dürfen für den Nachweis der Übertragungseigenschaften von Kabeln sämtlicher Klassen verwendet werden, wenn die geringere Übertragungsleistung dieser Symmetrierglieder bei der Messfehler-Berechnung berücksichtigt wird.

Die Symmetrierglieder müssen gegen hochfrequente Beeinflussungen geschirmt sein und die in Tabelle 1 angegebenen Anforderungen erfüllen.

Tabelle 1 – Übertragungseigenschaften der Symmetrierglieder der Prüfeinrichtung

Parameter	Wert für Klasse A	Wert für Klasse A
Impedanz, Primärseite ^{a)}	50 Ω unsymmetrisch	50 Ω unsymmetrisch
Impedanz, Sekundärseite	Angepasst symmetrisch	Angepasst symmetrisch
Einfügungsdämpfung	3 dB max.	10 dB max.
Rückflussdämpfung, Sekundärseite	12 dB min., 1 MHz bis 15 MHz 20 dB min., 15 MHz bis 550 MHz 17,5 dB min., 550 MHz bis 600 MHz 10 dB min., 600 MHz bis 1 000 MHz	6 dB min.
Rückflussdämpfung, Gleichtaktbetrieb ^{b)}	15 dB min., 1 MHz bis 15 MHz 20 dB min., 15 MHz bis 400 MHz 15 dB min., 400 MHz bis 600 MHz 10 dB min., 600 MHz bis 1 000 MHz	10 dB min.
HF-Leistung	0,1 W min.	0,1 W min.
Längssymmetrie ^{c)}	60 dB min., 15 MHz bis 350 MHz 50 dB min., 350 MHz bis 600 MHz 40 dB min., 600 MHz bis 1 000 MHz	35 dB min.
Symmetrie des Ausgangssignals ^{c)}	60 dB min., 15 MHz bis 350 MHz 50 dB min., 350 MHz bis 600 MHz 40 dB min., 600 MHz bis 1 000 MHz	35 dB min.
Gleichtaktunterdrückung ^{c)}	60 dB min., 15 MHz bis 350 MHz 50 dB min., 350 MHz bis 600 MHz 10 dB min., 600 MHz bis 1 000 MHz	35 dB min.

Tabelle 1 – Übertragungseigenschaften der Symmetrierglieder der Prüfeinrichtung (fortgesetzt)

Parameter	Wert für Klasse A	Wert für Klasse A
Besondere Richtlinien für den Einsatz von Symmetriergliedern: – Für die beste Genauigkeit sollten die Symmetrierglieder mit Steckverbindern versehen sein (z. B. mit Steckverbindern nach IEC 60169-22). – Um beste Genauigkeit zu erreichen, sollten Klasse-A-Symmetrierglieder eingesetzt werden. – Symmetrierglieder der Klasse B können im gesamten Frequenzbereich eingesetzt werden, in dem sie spezifiziert sind, vorausgesetzt, dass die Symmetrie des Ausgangssignals unterhalb 100 MHz besser als 50 dB ist. – Bei Klasse-B-Symmetriergliedern besteht eine Wechselwirkung zwischen Einfügungsdämpfung und Rückflusssdämpfung. Die Rückflusssdämpfung kann durch Einsatz eines Dämpfungsgliedes verbessert werden, welches dann die Einfügungsdämpfung erhöht. Falls die Rückflusssdämpfung kleiner als 10 dB ist, muss die Einfügungsdämpfung kleiner 5 dB sein. Falls die Rückflusssdämpfung größer als 5 dB ist, muss die Einfügungsdämpfung größer als 10 dB sein. – Im Falle von 120-Ω-Kabeln werden 120-Ω-Symmetrierglieder nur dann eingesetzt, wenn der Anwender diese Symmetrierglieder fordert. Üblicherweise werden 100-Ω-Symmetrierglieder eingesetzt.		
a)	Die primärseitige Impedanz darf, falls notwendig, von 50 Ω abweichen, um die Impedanzen der Analysatorausgangssignale anzupassen.	
b)	Durch Messung der Rückflusssdämpfung an den miteinander verbundenen symmetrischen Ausgangsabschlüssen zu messen. Der unsymmetrische Eingang des Symmetrierglieds muss mit einem 50-Ω-Widerstand abgeschlossen werden.	
c)	Zu messen nach den ITU-T-Empfehlungen G.117 und O.9.	

4.2.8 Vorsichtsmaßnahmen beim Messen mit Netzwerkanalysatoren

Um einen hohen Grad an Zuverlässigkeit bei Übertragungsmessungen zu erreichen, sind die nachfolgend aufgeführten Vorsichtsmaßnahmen erforderlich:

- Die Referenzebene der Kalibrierung muss mit der Referenzebene der Messung übereinstimmen; im Falle von Abweichungen ist die Größe des Fehlers zu bestimmen.
- Während der Prüfung ist jedes Paar mit geeigneten, stabilen Symmetriergliedern und Widerstandslasten zu versehen (siehe 4.2.3).
- Unregelmäßigkeiten an Kabeln und Adaptern, welche durch physikalische Bewegungen, enge Biegungen und hohe Zugbelastungen hervorgerufen werden, müssen vor, während und nach der Prüfung vermieden werden.
- Der relative Abstand der Paare muss während der Prüfung mit größtmöglicher Sorgfalt eingehalten werden.
- Ungeschirmte, symmetrische Prüfleitungen und Anschlusstechnik müssen von metallischen Flächen, wie z. B. Grundplatten, getrennt bleiben und von Quellen elektromagnetischer Störungen (EMI) isoliert sein.
- Die Symmetrie der Prüfleitungen wird mit größtmöglicher Sorgfalt durch übereinstimmende Drahtlängen und Beibehalten der Verseilung der Paare bis zum Abschlusswiderstand aufrechterhalten.
- Die Längen von Koaxialkabeln, symmetrischen Leitungen sowie gedruckten Schaltungen müssen so kurz wie möglich sein, um Resonanzen und parasitäre Effekte zu minimieren.
- Verbindungen zu den Symmetriergliedern und IC-Sockel-Schnittstellen müssen so ausgeführt werden, dass Bewegungen von Drähten, die durch das Anschließen verschiedener Paare an den/das Netzwerkanalysator/Symmetrierglied herrühren, minimale Veränderungen bei wiederholten Messungen am selben Referenzkabel hervorrufen ($\pm 0,25$ dB oder weniger kann akzeptiert werden). Wo praktisch durchführbar, wird eine fest montierte Prüfeinrichtung empfohlen.
- Überlastung des Netzwerkanalysators muss vermieden werden.
- Die Empfindlichkeit gegenüber Varianten der Prüfeinrichtungen für diese Messungen bei hohen Frequenzen erfordert die Beachtung der Einzelheiten sowohl der Ausrüstung wie der Verfahren. Die Interpretation der Daten und die Anwendung der Anforderungen dieser Spezifikation sind nur zu gebrauchen, wenn eine zufriedenstellende Wiederholpräzision der Messungen von ± 1 dB erreicht wird.

4.2.9 Darstellung der Daten und Genauigkeit

Für jede Prüfung ist die Messunsicherheit zu bestimmen. Diese Messunsicherheit ist über eine Berechnung durch Bestimmung der Unsicherheit jeder einzelnen Fehlerquelle zu ermitteln und als resultierende Abweichung anzugeben. Die Werte der verschiedenen Fehlerquellen basieren auf Messgeräte-Spezifikationen, berechneten Fehlern aufgrund ungenauer Kalibrierwiderstände und auf Erfahrungswerten aus früheren Messungen. Der Schätzwert für die gesamte Messunsicherheit wird berechnet als der zweifache Wert der sich durch die verschiedenen Fehlerquellen ergebenden resultierenden Abweichung. Die resultierende Abweichung wird berechnet zu:

$$\sigma_{\text{res}} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_n^2} \quad (5)$$

Dabei ist σ_1 bis σ_n die Abweichung der verschiedenen Fehlerquellen.

Die gesamte Messunsicherheit ist definiert als $2 \sigma_{\text{res}}$, was näherungsweise einem Vertrauensbereich von 95 % entspricht. Auf beiden Seiten des spezifizierten Grenzwertes ist ein Unsicherheitsbereich festgelegt.

Prüfergebnisse außerhalb des Unsicherheitsbereiches werden entweder als „Bestanden“ oder als „Nicht bestanden“ aufgezeichnet. Prüfergebnisse innerhalb des Unsicherheitsbereiches werden, je nachdem, was zutrifft, entweder als „*Bestanden“ oder als „*Nicht bestanden“ aufgezeichnet. Bis zu welchem Bereich „*-Ergebnisse Annahme oder Zurückweisung des zu prüfenden Kabelelementes ergeben, muss in der betreffenden Bauartspezifikation festgelegt sein oder als Teil einer vertraglichen Vereinbarung anerkannt sein.

4.3 Gleichstrom-Schleifenwiderstand

Diese Prüfung gilt für Laborbedingungen und die Prüfung von installierten Verkabelungen.

4.3.1 Zweck

Zweck dieser Prüfung ist es, den Durchgang der Leiter bei Gleichstrom und tiefen Frequenzen sicherzustellen.

4.3.2 Prüfverfahren

Die Messung des Schleifenwiderstandes muss an jedem Leiterpaar am nahen Ende durchgeführt werden, nachdem zwischen jedem Leiter dieses Leiterpaares am entfernten Ende ein Kurzschluss hergestellt wurde.

4.3.3 Prüfeinrichtung und Prüfaufbau

Es muss ein Widerstandsmessgerät mit vier Anschlüssen verwendet werden, das für Messungen von kleinen Widerständen geeignet ist. Die Paare am entfernten Ende des zu prüfenden Elements müssen an der Referenzebene kurzgeschlossen werden. Der Prüfaufbau ist in [Bild 4](#) dargestellt.

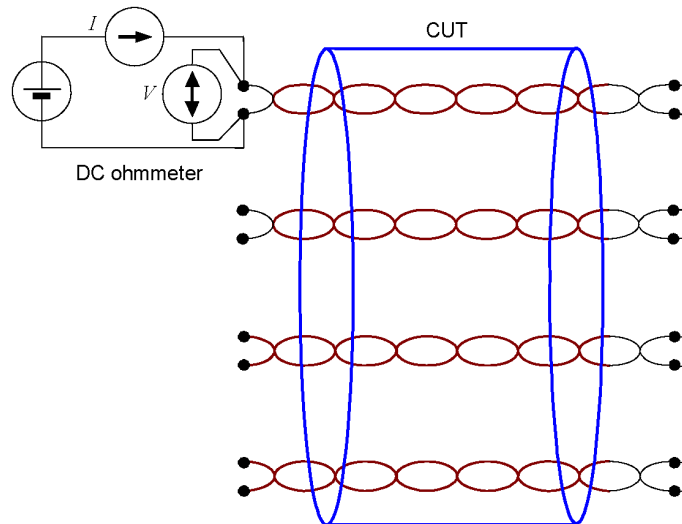
4.3.4 Durchführung

4.3.4.1 Kalibrierung

Das Widerstandsmessgerät muss an den Enden der Prüflleitungen für 0Ω kalibriert werden. Nach der Kalibrierung müssen die Prüflleitungen an der Referenzebene der Messung mit dem Element verbunden werden.

4.3.4.2 Messung

Der Schleifenwiderstand muss für alle vier Paare gemessen werden.



Legende

CUT	zu prüfende Verkabelung
V	an den zu prüfenden Leiter angelegte Spannung
I	an den zu prüfenden Leiter angelegter Strom
DC ohmmeter	Gleichstrom-Widerstandsmessgerät

Bild 4 – Messung des Schleifenwiderstandes

4.3.5 Prüfbericht

Der für das Leiterpaar mit dem höchsten Widerstand erhaltene Messwert muss unter Angabe des entsprechenden Paares aufgezeichnet werden. Der höchste Widerstand muss mit den Grenzwertanforderungen der Spezifikation verglichen werden.

4.3.6 Unsicherheit

Die Unsicherheit der Referenzmessungen des Gleichstrom-Schleifenwiderstandes muss im Bereich von 0 Ω bis 50 Ω weniger als 0,1 Ω betragen.

4.4 Unsymmetrie des Gleichstromwiderstandes

Diese Prüfung gilt für die Prüfung von installierten Verkabelungen unter Laborbedingungen.

4.4.1 Zweck

Zweck dieser Prüfung ist es, sicherzustellen, dass die Anforderungen an die Unsymmetrie des Gleichstromwiderstandes eingehalten werden.

4.4.2 Prüfverfahren

Das Prüfverfahren wird in [Bild 5](#) dargestellt. Der Prüfaufbau ist für einen Leiter angegeben. Die Messung der Unsymmetrie des Gleichstromwiderstandes muss an jedem Leiterpaar durchgeführt werden.

Jeder Leiter ist zu messen, und die Unsymmetrie des Gleichstromwiderstandes ist das Verhältnis der Differenz des Gleichstromwiderstandes von beiden Leitern eines Paares zur Summe des Gleichstromwiderstandes eines jeden Leiters.

$$\Delta R = \frac{(R_{\max} - R_{\min})}{(R_{\max} + R_{\min})} \times 100 \quad (6)$$

Dabei ist

ΔR die Widerstandsunsymmetrie in %.

4.4.3 Prüfeinrichtung und Prüfaufbau

Es muss ein Widerstandsmessgerät mit vier Anschlüssen verwendet werden, das für Messungen von kleinen Widerständen geeignet ist.

4.4.4 Durchführung

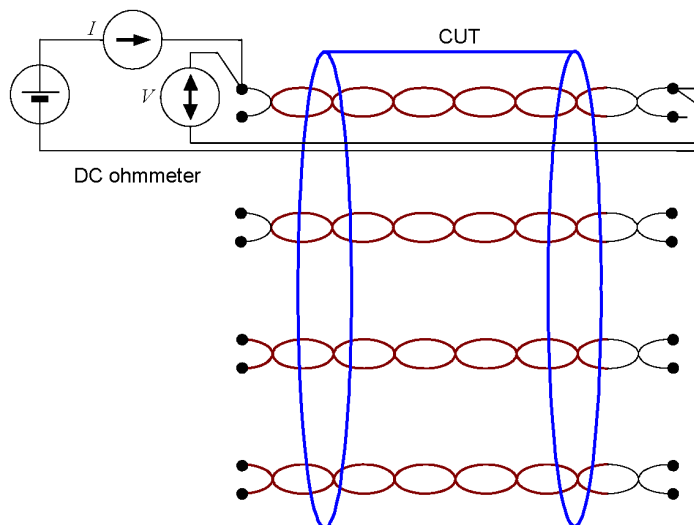
4.4.4.1 Kalibrierung

Das Widerstandsmessgerät muss an den Enden der Prüfleitungen für 0Ω kalibriert werden. Nach der Kalibrierung müssen die Prüfleitungen an der Referenzebene der Messung mit dem Element verbunden werden.

4.4.4.2 Messung

Der Gleichstromwiderstand eines jeden Leiters einer Paarkombination ist zu messen. Anschließend ist die Unsymmetrie des Gleichstromwiderstandes nach Gleichung (6) zu berechnen.

Die Unsymmetrie des Gleichstromwiderstandes ist für alle vier Paare zu messen.



Legende

CUT	zu prüfende Verkabelung
V	an den zu prüfenden Leiter angelegte Spannung
I	an den zu prüfenden Leiter angelegter Strom
DC ohmmeter	Gleichstrom-Widerstandsmessgerät

Bild 5 – Unsymmetrie des Gleichstromwiderstandes

4.4.5 Prüfbericht

Der für das Leiterpaar mit der höchsten Unsymmetrie des Gleichstromwiderstandes erhaltene Messwert muss unter Angabe des entsprechenden Paares aufgezeichnet werden. Der höchste Wert der Unsymmetrie des Gleichstromwiderstandes muss mit den Grenzwertanforderungen der Spezifikation verglichen werden.

4.4.6 Unsicherheit

Die Unsicherheit von Messungen des Unsymmetrie des Gleichstromwiderstandes muss im Bereich von 0 Ω bis 50 Ω kleiner sein als 0,5 % + 0,05 Ω .

4.5 Einfügedämpfung

Diese Prüfung ist innerhalb einer Laborumgebung auf Verkabelungen anwendbar. Muss die Einfügedämpfung installierter Elemente mit Hilfe von Laborausüstungen gemessen werden, so sind getrennte Generatoren und Empfänger erforderlich.

4.5.1 Zweck

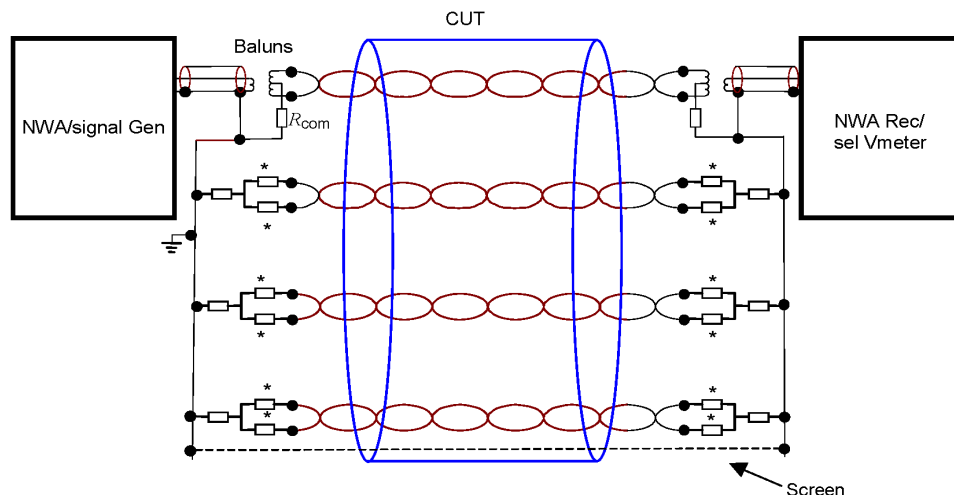
Zweck dieser Prüfung ist die Messung der Einfügedämpfung der zu prüfenden Verkabelung.

4.5.2 Prüfverfahren

Die Einfügedämpfung wird gemessen, indem der Signalverlust des zu prüfenden Elementes der Verkabelung in Bezug zum Signalverlust einer kurzen Verbindung zwischen den Eingängen des Messgeräts bestimmt wird.

4.5.3 Prüfeinrichtung und Prüfaufbau

Es gelten die allgemeinen Messgeräteanforderungen (siehe 4.2). Die Prüfanordnung ist in Bild 6 dargestellt, und das zu prüfende Element muss an den in Bild 2 festgelegten Referenzebenen gemessen werden.



Legende

CUT	zu prüfende Verkabelung
NWA/signal Gen	Signalgenerator des Netzwerkanalysators oder Signalgenerator
NWA Rec/sel Vmeter	Empfänger des Netzwerkanalysators oder selektives Voltmeter
*	angepasste Widerstände (in Paaren)
Screen	Schirm (falls vorhanden)
Rcom	Wellenwiderstand im Gleichtaktbetrieb (optional bei Messungen der Einfügedämpfung)
Baluns	Symmetrierübertrager für die Verbindung der Laborausüstung mit der installierten Verkabelung

Bild 6 – Prüfaufbau für die Messung der Einfügedämpfung

4.5.4 Durchführung

4.5.4.1 Kalibrierung

Vor der Übertragungsmessung (S_{21}) muss eine Zweitor-Kalibrierung an der Referenzebene vorgenommen werden. Dies geschieht durch Einfügen eines Kalibrierkabels zwischen den Anschlüssen der Symmetrierglieder und Durchführen der entsprechenden Kalibriermessung.

4.5.4.2 Messung

Es müssen kalibrierte Messungen der Dämpfung der Verkabelung durchgeführt werden. Sämtliche Paare des Kabels müssen gemessen werden. Paare, die nicht geprüft werden, müssen mit Widerständen nach 4.2.3 abgeschlossen werden. Das zu prüfende Kabelpaar ist mit Widerständen nach 4.2.3 abzuschließen. Abschlüsse für Gleichtaktbetrieb sind bei solchen Paaren, die nicht geprüft werden, nicht erforderlich. Die Messungen müssen im spezifizierten Frequenzbereich durchgeführt werden. Die Frequenzschritte dürfen bei Frequenzen bis zu 100 MHz nicht größer als 0,5 MHz und bei Frequenzen bis zu 1 000 MHz nicht größer als 5 MHz sein.

4.5.5 Prüfbericht

Die Messergebnisse müssen in graphischer oder tabellarischer Form dargestellt werden, wobei die festgelegten Grenzwerte in der Graphik oder in der Tabelle bei den gleichen Frequenzen anzugeben sind, wie in der betreffenden Bauartspezifikation aufgeführt. Die Ergebnisse müssen für alle Paare dargestellt werden. Es ist deutlich anzugeben, ob die Messergebnisse die geltenden Grenzwerte für diese Prüfung überschreiten.

4.5.6 Temperaturkorrektur

Die Messungen der Einfügungsdämpfung sollten bei der erwarteten höchsten Betriebstemperatur der Verkabelung durchgeführt werden, die durch die im Verkabelungssystem geführte Gleichstromleistung beeinflusst sein kann.

Kann die Messung nicht bei der erwarteten höchsten Betriebstemperatur der Verkabelung durchgeführt werden, sollten Einstellungen für die Dämpfung vorgenommen werden, die auf der geschätzten Differenz zwischen der erwarteten höchsten Betriebstemperatur der Anlage und der tatsächlichen Temperatur zum Zeitpunkt der Messung beruhen. Dies kann eine kritische Aufgabe sein, wenn die Längen der Übertragungsstrecken in der Nähe des Höchstwertes liegen.

Der Temperaturkoeffizient für geschirmte Verkabelung beträgt 0,2 %/°C. Für ungeschirmte Verkabelung beträgt der Temperaturkoeffizient im Frequenzbereich bis 250 MHz 0,4 %/°C und 0,6 %/°C für Frequenzen oberhalb von 250 MHz, siehe IEC 61156-5, IEC 61156-6, IEC 61156-7 und IEC 61156-8.

4.5.7 Messunsicherheit

Die Unsicherheit der Referenzmessungen der Einfügungsdämpfung des Elementes muss kleiner als 0,5 dB sein.

4.6 Laufzeit und Laufzeitunterschied

Diese Prüfung ist nur für Verkabelungen innerhalb einer Laborumgebung anwendbar. Das Referenzprüfverfahren kann bei installierten Verkabelungen nicht angewendet werden. Feldprüfgeräte wenden Verfahren der Zeitbereichsreflektometrie (TDR) an. Die bei der Feldmessung der Laufzeit erzielte Genauigkeit wird durch Vergleich mit dem in diesem Abschnitt beschriebenen Referenzprüfverfahren bestimmt.

4.6.1 Zweck

Zweck dieser Prüfung ist die Messung der Laufzeit und des Laufzeitunterschieds der zu prüfenden Verkabelung.

4.6.2 Prüfverfahren

Die Laufzeit wird durch die Messung der Phasenverzögerung eines durch die Verkabelung geschickten Signals und unter Anwendung von Gleichung (7) bestimmt.

$$\delta = \frac{\varphi}{2\pi f} \quad (7)$$

Dabei ist

δ die Phasenverzögerung, in Sekunden;

φ die Phase, im Bogenmaß;

f die Frequenz, in Hertz.

Der Laufzeitunterschied wird als der schlechteste Wert des Unterschieds der Laufzeit für die Paare in der Verkabelung berechnet.

4.6.3 Prüfeinrichtung und Prüfaufbau

Der Prüfaufbau ist derselbe wie der für die Messung der Dämpfung verwendete (siehe 4.5.3). Dämpfung und Verzögerung können in derselben Prüfung mit einem Durchlauf gemessen werden, falls der Netzwerkanalysator in der Lage ist, den komplexen Streuparameter S_{21} zu messen.

4.6.4 Durchführung

4.6.4.1 Kalibrierung

Siehe 4.5.4.1.

4.6.4.2 Messung

Siehe 4.5.4.2; es ist jedoch zu beachten, dass für diese Messung ein linearer Frequenzhub angewendet werden muss. Die Frequenzschritte müssen klein genug gewählt werden, so dass sichergestellt ist, dass die Phasenverschiebung von einer Messfrequenz zur nächsten Messfrequenz weniger als 2π beträgt. Für Elemente, die den Anforderungen entsprechen, wird dies durch die Begrenzung der Frequenzschritte auf 1,7 MHz oder weniger sichergestellt. Um die Brauchbarkeit in angemessenem Maße sicherzustellen, dürfen die Frequenzschritte nicht größer als 1 MHz sein.

4.6.4.3 Berechnung

Bei einigen Netzwerkanalysatoren lässt sich der Wert des kontinuierlichen Phasenverlaufs des geprüften Objekts direkt ausgeben. Dieser Wert kann direkt in Gleichung (8) eingesetzt werden. Üblicherweise wird die Phase vom Netzwerkanalysator in einem Intervall von $\pm\pi$ gemessen. Weil das Verhältnis von Phase zu Frequenz eine stetig abnehmende Funktion ist, muss immer dann, wenn im Verhältnis von gemessener Phase zum Frequenzverlauf ein positiver Schritt auftritt, 2π von der gemessenen Phase abgezogen werden, folglich:

$$\varphi_t = \varphi_m - 2n\pi \quad (8)$$

Dabei ist

φ_t die aufsummierte Phase;

φ_m die gemessene Phase;

n die Häufigkeit, mit der die gemessene Phase während der Messung von der niedrigsten Frequenz bis zur aktuellen Frequenz $-\pi$ durchlaufen hat.

Die Laufzeit wird unter Anwendung von Gleichung (7) berechnet.

Die Verzerrung wird als der Unterschied zwischen den gemessenen Laufzeiten der einzelnen Paare berechnet.

4.6.5 Prüfbericht

Laufzeit und Laufzeitunterschied sind für 10 MHz anzugeben. Falls in der entsprechenden Rahmenspezifikation gefordert, müssen die bei anderen Frequenzen erhaltenen Ergebnisse angegeben werden.

4.6.6 Messunsicherheit

Die Unsicherheit der Referenzmessungen der Laufzeit muss im Bereich von 0 ns bis 60 ns kleiner als 2,5 ns sein.

Die Unsicherheit der Referenzmessungen des Laufzeitunterschieds muss im Bereich von 0 ns bis 600 ns kleiner als 5 ns sein.

4.7 Nahnebensprechdämpfung (NEXT) und leistungssummierte NEXT

Diese Prüfung ist sowohl im Labor als auch für installierte Verkabelungen anwendbar.

4.7.1 Zweck

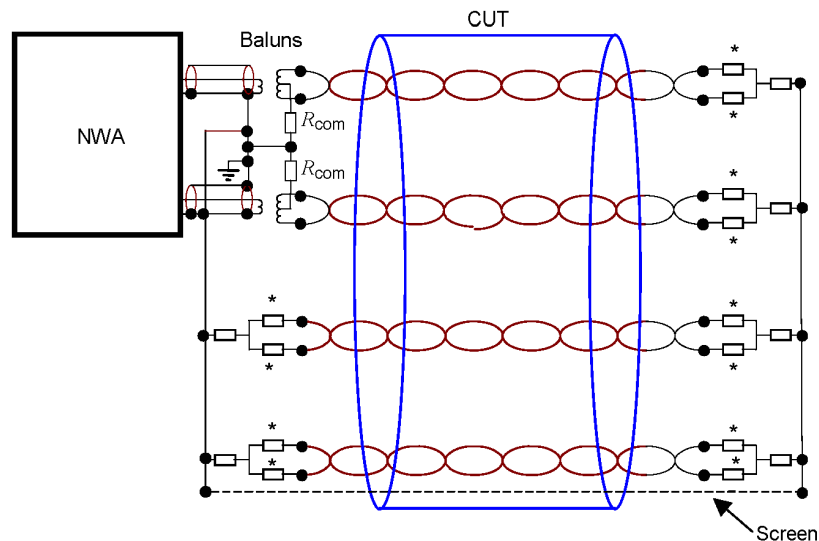
Zweck dieser Prüfung ist die Bestimmung der Kopplung zwischen einem am nahen Ende eines Leiterpaars zugeführten Signal und dem am nahen Ende eines anderen Leiterpaars empfangenen Signal.

4.7.2 Prüfverfahren

Die Nahnebensprechdämpfung wird gemessen, indem am nahen Ende eines Leiterpaars ein Signal zugeführt und das eingekoppelte Signal am nahen Ende eines anderen Leiterpaars gemessen wird.

4.7.3 Prüfeinrichtung und Prüfaufbau

Es gelten die allgemeinen Messgeräteanforderungen (siehe 4.2). Die Prüfanordnung ist in Bild 7 dargestellt, und das zu prüfende Element muss an den in Bild 2 festgelegten Referenzebenen gemessen werden.



Legende

- CUT zu prüfende Verkabelung
- NWA Netzwerkanalysator
- * angepasste Widerstände (in Paaren)
- Screen Schirm (falls vorhanden)
- R_{com} Wellenwiderstand im Gleichtaktbetrieb (optional bei Messungen der Einfügungsdämpfung)
- Baluns Symmetrierübertrager für die Verbindung der Laborausüstung mit der installierten Verkabelung

Bild 7 – Prüfaufbau für die NEXT-Bestimmung

4.7.4 Durchführung

4.7.4.1 Kalibrierung

Es ist eine Übertragungskalibrierung (S_{21}) an der Referenzebene durchzuführen.

Das Rest-Nahnebensprechen muss durch Messung der Einfügungsdämpfung zwischen den Prüfanschlüssen gemessen werden, wofür die Symmetrierglieder durch Widerstandslasten nach 4.2.3 abzuschließen sind. Ist das Rest-Nahnebensprechen der gemessenen Nahnebensprechdämpfung näher als 30 dB, so muss eine Isolierungskalibrierung durchgeführt werden. Das Grundrauschen muss auf dieselbe Art und Weise gemessen werden. Ist das Grundrauschen der gemessenen Nahnebensprechdämpfung näher als 30 dB, so muss der Dynamikbereich durch Erhöhung der Prüfleistung und Verringerung des Messbereichs, je nach Eignung, erhöht werden. Bei Verkabelungen mit hoher Nahnebensprechdämpfung ist dies nicht immer möglich; in solchen Fällen müssen die tatsächlichen Werte von Rest-Nahnebensprechen und Grundrauschen in Rahmen der Unsicherheitsberechnung geschätzt werden.

4.7.4.2 Messung

Es sind kalibrierte NEXT-Messungen der Verkabelung durchzuführen. Alle Paar-Kombinationen müssen sowohl am nahen wie am fernen Ende des zu prüfenden Elementes gemessen werden. Bei vierpaarigen Kabeln sind an jedem Ende sechs Messungen durchzuführen, das heißt insgesamt zwölf Messungen. Nicht geprüfte Paare müssen mit Abschlusswiderständen nach 4.2.3 abgeschlossen werden. Die Widerstände müssen den Anforderungen nach 4.2.3 entsprechen. Die zu prüfende Verkabelung muss am fernen Ende mit einem Steckverbinder mit Widerständen an jedem Paar abgeschlossen werden. Paare, die während der Messung nicht verwendet werden, müssen am nahen Ende abgeschlossen werden. Die Widerstände an beiden Enden müssen als Abschlüsse sowohl für Gegentakt- wie für Gleichtaktbetrieb geschaltet sein (siehe Bild 7). Die Schirme müssen an jedem Ende mit dem Gleichtakt-Masseanschluss verbunden werden.

Die Messungen sind im spezifizierten Frequenzbereich durchzuführen. Misst das Prüfgerät bei diskreten Frequenzen, so dürfen die Frequenzschritte nicht größer sein als 150 kHz bis zu 31,25 MHz, 250 kHz bis zu 100 MHz, 500 kHz bis zu 250 MHz und 2,5 MHz bis zu 1 000 MHz.

4.7.4.3 Berechnung

NEXT wird berechnet mit:

$$NEXT_{i,k} = -20 \log |S21_{i,k}| \quad (9)$$

Dabei ist

$NEXT_{i,k}$ das Nahnebensprechen zwischen dem störenden Paar i und dem gestörten Paar k in dB.

Die leistungssummierte NEXT muss auf der Grundlage der gemessenen NEXT-Werte berechnet werden.

Die leistungssummierte NEXT für das gestörte Paar k $PSNEXT_k$ muss nach der folgenden Gleichung über den spezifizierten Frequenzbereich berechnet werden:

$$PSNEXT_k = -10 \log \left(\sum_{i=1, i \neq k}^n 10^{-0,1 \times NEXT_{i,k}} \right) \quad (10)$$

Dabei ist

$PSNEXT_k$ die Leistungssumme der Nahnebensprechdämpfung am gestörten Paar k in dB;

n die Anzahl der Paare.

4.7.5 Prüfbericht

Die Messergebnisse müssen in tabellarischer oder graphischer Form dargestellt werden, wobei die Graphik die festgelegten Grenzwerte enthalten muss. Für die Referenzmessungen müssen die Ergebnisse sämtlicher Paar-Kombinationen dargestellt werden. Es ist deutlich anzugeben, ob die Messergebnisse die Anforderungen übersteigen.

4.7.6 Messunsicherheit

Die Unsicherheit der NEXT-Referenzmessungen ist als gültiger Wert festgelegt für die Grenzwerte für die Bestanden/Nicht bestanden-Prüfung für feste Installation der Klasse F. Die Messunsicherheit muss besser sein als 1 dB bei 100 MHz, 1,2 dB bei 250 MHz und 2 dB bei 1 000 MHz. Diese Genauigkeiten sind für NEXT- und leistungssummierte NEXT-Messungen gültig.

ANMERKUNG Falls für Rest-Nahnebensprechen und Grundrauschen keine Anforderungen verfügbar sind, darf die tatsächliche Unsicherheit berechnet und angegeben werden (siehe 5.5).

4.8 Dämpfungs-Nebensprechdämpfungs-Verhältnis am nahen Ende (ACR-N) und leistungssummiertes ACR-N

Diese Prüfung ist sowohl im Labor als auch auf installierte Verkabelungen anwendbar.

4.8.1 Zweck

Zweck dieser Prüfung ist die Bestimmung des Beitrages des Signal/Rausch-Verhältnisses aus NEXT und Einfügungsdämpfung.

4.8.2 Prüfverfahren

NEXT und Einfügungsdämpfung werden gemessen, und das Dämpfungs-Nebensprechdämpfungs-Verhältnis am nahen Ende (ACR-N) wird aus diesen Messungen berechnet.

4.8.3 Prüfeinrichtung und Prüfaufbau

Siehe 4.5 und 4.7.

4.8.4 Durchführung

Siehe 4.5 und 4.7.

4.8.4.1 Berechnung

Das ACR-N des gestörten Paares k zum störenden Paar i wird nach Gleichung (11) berechnet.

$$ACRN_{i,k} = NEXT_{i,k} - IL_k \quad (11)$$

Dabei ist

$ACRN_{i,k}$ das ACR-N für das störende Paar i und das gestörte Paar k ;

$NEXT_{i,k}$ das ACR-N für das störende Paar i und das gestörte Paar k ;

IL_k die Einfügungsdämpfung des gestörten Paares k .

Das leistungssummierte ACR-N muss auf der Basis der gemessenen, leistungssummierten NEXT-Werte berechnet werden.

4.8.5 Prüfbericht

Die Messergebnisse müssen in tabellarischer oder grafischer Form dargestellt werden, wobei die Grafik die festgelegten Grenzwerte enthalten muss. Für die Referenzmessungen müssen die Ergebnisse sämtlicher Paar-Kombinationen dargestellt werden. Es ist deutlich anzugeben, ob die Messergebnisse die Anforderungen übersteigen.

4.8.6 Messunsicherheit

Die Unsicherheit der ACR-N-Messungen ist die Summe der aufsummierten Unsicherheiten der Messungen der Einfügungsdämpfung und NEXT und ist wie in 4.2.9 dargestellt zu berechnen.

4.9 Fernnebensprechdämpfung (FEXT) und leistungssummierte FEXT

Diese Prüfung ist für Verkabelungen innerhalb einer Laborumgebung anwendbar. Muss das Fernnebensprechen von installierten Verkabelungen mit Hilfe von Laborausrüstungen gemessen werden, so sind getrennte Generatoren und Empfänger erforderlich.

4.9.1 Zweck

Zweck dieser Prüfung ist die Bestimmung der Kopplung zwischen einem am nahen Ende eines Leiterpaars zugeführten Signal und dem am entfernten Ende eines anderen Leiterpaars empfangenen Signal.

4.9.2 Prüfverfahren

Das Fernnebensprechen wird gemessen, indem am nahen Ende eines Leiterpaars ein Signal zugeführt und das Koppelsignal am entfernten Ende eines anderen Leiterpaars gemessen wird.