

DIN EN 60512-28-100
(VDE 0687-512-28-100)

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 31.220.10

Einsprüche bis 2016-07-06

Vorgesehen als Ersatz für
 DIN EN 60512-28-100
 (VDE 0687-512-28-100):2013-09

Entwurf

**Steckverbinder für elektronische Einrichtungen –
 Mess- und Prüfverfahren –
 Teil 28-100: Signalintegritätsprüfungen bis 2 000 MHz an Steckverbindern
 der Normreihen IEC 60603-7 und IEC 61076-3 – Prüfungen 28a bis 28g
 (IEC 48B/2470/CD:2015)**

Connectors for electronic equipment –
 Tests and measurements –
 Part 28-100: Signal integrity tests up to 2000 MHz for IEC 60603-7 and IEC 61076-3 series
 connectors –Tests 28a to 28g
 (IEC 48B/2470/CD:2015)

Connecteurs pour équipements électroniques –
 Essais et mesures –
 Partie 28-100: Essais d'intégrité des signaux jusqu'à 2 000 MHz sur les connecteurs des séries
 IEC 60603-7 et IEC 61076-3 – Essais 28a à 28g
 (IEC 48B/2470/CD:2015)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2016-05-06 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 des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-
 Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de,
 sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser
 Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-
 Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in
 DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

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

Gesamtumfang 70 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist ...

Inhalt

Seite

Nationales Vorwort.....	5
Nationaler Anhang NA (informativ) Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Dokumenten	5
Nationaler Anhang NB (informativ) Literaturhinweise.....	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe und Abkürzungen	9
3.1 Begriffe	9
3.2 Abkürzungen	9
4 Allgemeine Prüfanordnung	9
4.1 Messinstrumente	9
4.2 Maßnahmen zur Sicherstellung der Zuverlässigkeit der Messung	10
4.3 Bezeichnung der modalen S-Parameter	11
4.4 Koaxialkabel und Verbindungen für Netzwerkanalysatoren.....	12
4.5 Anforderungen an die Schaltmatrix	12
4.6 Anforderungen an die Prüfvorrichtung	13
4.7 Anforderungen an den Abschluss in der Kalibrierebene	14
4.8 Bezugsabschlusswiderstände für die Kalibrierung.....	15
4.9 Kalibrierung	15
4.10 Abschlusswiderstände für den Abschluss von Leitungspaaren	16
4.10.1 Allgemeines	16
4.10.2 Verifizierung der Abschlusswiderstände	16
4.11 Anschluss der Schirme	16
4.12 Prüfling und Bezugsebenen	17
4.12.1 Allgemeines	17
4.12.2 Verbindungen zwischen Prüfling und Kalibrierebene.....	17
4.13 Anforderungen an den Gesamtprüfaufbau	19
5 Messungen an Steckverbindern bis 2 000 MHz.....	20
5.1 Allgemeines	20
5.2 Einfügungsdämpfung, Prüfung 28a.....	20
5.2.1 Zweck	20
5.2.2 Einfügungsdämpfung der Verbindungskomponente	20
5.2.3 Prüfverfahren.....	20
5.2.4 Prüfaufbau	20
5.2.5 Durchführung.....	20
5.2.6 Prüfbericht	21

5.2.7	Fehlergrenze	21
5.3	Rückflusssdämpfung, Prüfung 28b	21
5.3.1	Zweck	21
5.3.2	Rückflusssdämpfung der Verbindungskomponente	21
5.3.3	Prüfverfahren	21
5.3.4	Prüfaufbau	22
5.3.5	Durchführung	22
5.3.6	Prüfbericht	22
5.3.7	Messgenauigkeit	22
5.4	Nahnebenschwächung (NEXT), Prüfung 28c	22
5.4.1	Zweck	22
5.4.2	NEXT der Verbindungskomponente	22
5.4.3	Prüfverfahren	23
5.4.4	Prüfaufbau	23
5.4.5	Durchführung	23
5.4.6	Prüfbericht	24
5.4.7	Fehlergrenze	24
5.5	Fernnebenschwächung (FEXT), Prüfung 28d	24
5.5.1	Zweck	24
5.5.2	FEXT der Verbindungskomponente	24
5.5.3	Prüfverfahren	24
5.5.4	Prüfaufbau	24
5.5.5	Durchführung	25
5.5.6	Prüfbericht	25
5.5.7	Fehlergrenze	25
5.6	Transferimpedanz (Z_T), Prüfung 28e	26
5.7	Transversale Unsymmetriedämpfung (TCL), Prüfung 28f	26
5.7.1	Zweck	26
5.7.2	TCL der Verbindungskomponente	26
5.7.3	Prüfverfahren	26
5.7.4	Prüfaufbau	26
5.7.5	Durchführung	27
5.7.6	Prüfbericht	27
5.7.7	Fehlergrenze	27
5.8	Transversale Unsymmetrie-Übertragungsdämpfung (TCTL), Prüfung 28g	27
5.8.1	Zweck	27
5.8.2	TCTL der Verbindungskomponente	28
5.8.3	Prüfverfahren	28
5.8.4	Prüfaufbau	28

	Seite
5.8.5 Durchführung.....	28
5.8.6 Prüfbericht	28
5.8.7 Fehlergrenze	29
5.9 Kopplungsdämpfung.....	29
Anhang A (informativ) Beispiel zur Ableitung der modalen Kennwerte mit Hilfe der Modenzerlegung	30
Anhang B (informativ) Prüfstifte – Maße und Bezugswerte	33
Anhang C (informativ) Symmetrieprüfung von Widerständen, die für die Kalibrierung verwendet werden.....	34
Literaturhinweise.....	37
Bilder	
Bild 1 – Schematische Darstellung einer unsymmetrischen Baugruppe mit vier Toren.....	11
Bild 2 – Schematische Darstellung einer symmetrischen Baugruppe mit zwei Toren	11
Bild 3 – Schnittstellenstruktur für die Prüfung.....	13
Bild 4 – Kalibrierung der Bezugsabschlusswiderstände.....	15
Bild 5 – Abschlusswiderstandsnetzwerk.....	16
Bild 6 – Festlegung der Bezugsebenen.....	17
Bild 7 – Messung von TCTL und der Einfügungsdämpfung.....	21
Bild 8 – Messung der Nahnebenseprechdämpfung	23
Bild 9 – Messung der Fernnebenseprechdämpfung.....	25
Bild 10 – TCL-Messung	26
Bild A.1 – Spannung und Strom am symmetrischen Prüfling.....	30
Bild A.2 – Spannung und Strom am unsymmetrischen Prüfling.....	31
Bild B.1 – Beispielmaße für Stift und festen Steckverbinder	33
Bild C.1 – Beispiel eines Vergleichs von einem 50-Ω-SMA-Abschluss.....	35
Bild C.2 – Vergleich von gepaarten und ungepaarten Abschlüssen	35
Tabellen	
Tabelle 1 – Bezeichnung der modalen S-Parameter.....	12
Tabelle 2 – Empfehlungen für die Leistungsfähigkeit des Schaltelementes	13
Tabelle 3 – Anforderungen an die Prüfvorrichtung.....	14
Tabelle 4 – Anforderungen an den Abschluss in der Kalibrierebene	14
Tabelle 5 – Anforderungen an die DM-Rückflusssdämpfung der Verbindung.....	19
Tabelle 6 – Anforderungen an den Gesamtprüfaufbau	19

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 48B/2470/CD:2015 „Connectors for electronic equipment – Tests and measurements – Part 28-100: Signal integrity tests up to 2000 MHz for IEC 60603-7 and IEC 61076-3 series connectors – Tests 28a to 28g“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

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

Das internationale Dokument wurde vom SC 48B „Connectors“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

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

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

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 651 „Steckverbinder“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

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

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.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 60512-28-100 (VDE 0687-512-28-100):2013-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) der Titel wird von 1 000 in 2 000 MHz geändert;
- b) alle Tabellen und Anforderungen wurden für Frequenzen bis 2 000 MHz überarbeitet;
- c) Anhang C „Symmetriepfung von Widerständen, die für die Kalibrierung verwendet werden“ ergänzt.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Dokumenten

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.

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden Deutschen Dokumenten ist nachstehend wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäisches Dokument	Internationales Dokument	Deutsches Dokument	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	IEC 60050-581	a	–
EN 60512 (alle Teile)	IEC 60512 (alle Teile)	DIN EN 60512 (VDE 0687-512) (alle Teile)	VDE 0687-512
EN 60512-1	IEC 60512-1	DIN EN 60512-1	–
EN 60512-26-100:2008 + A1:2011	IEC 60512-26-100:2008 + A1:2011	DIN EN 60512-26-100 (VDE 0687-512-26-100):2011-12	VDE 0687-512-26-100
EN 60603-7 (alle Teile)	IEC 60603-7 (alle Teile)	DIN EN 60603-7 (VDE 0627-603-7) (alle Teile)	0627-603-7
EN 60603-7	IEC 60603-7	DIN EN 60603-7 (VDE 0627-603-7)	0627-603-7
EN 61076-1	IEC 61076-1	DIN EN 61076-1	–
EN 61076-3 (alle Teile)	IEC 61076-3 (alle Teile)	DIN EN 61076-3 (alle Teile)	–
EN 61076-3	IEC 61076-3	DIN EN 61076-3	–
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 (VDE 0687 76-3-110)	VDE 0687 76-3-110
–	IEC 61156 (alle Teile)	DIN IEC 61156 (VDE 0819) (alle Teile) zurückgezogen	VDE 0819
–	IEC 61156-6	DIN IEC 61156-6 (VDE 0819-1006) zurückgezogen	VDE 0819-1006
–	IEC 61156-10 ^b	DIN IEC 61156-10 (VDE 0819-1010) ^b	VDE 0819-1010
EN 61169-16	IEC 61169-16	DIN EN 61169-16	–
–	IEC 62153-4-12	–	–
–	ISO/IEC 11801	–	–
a Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Deutsche Ausgabe“, Online-Zugang: http://www.dke.de/dke-iev .			
b In Vorbereitung.			

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60512 (VDE 0687-512) (alle Teile), *Elektrisch-mechanische Bauelemente für elektronische Einrichtungen – Mess- und Prüfverfahren*

DIN EN 60512-1, *Elektrisch-mechanische Bauelemente für elektronische Einrichtungen – Mess- und Prüfverfahren – Teil 1: Allgemeines*

DIN EN 60512-26-100 (VDE 0687-512-26-100):2011-12, *Elektrisch-mechanische Bauelemente für elektronische Einrichtungen – Mess- und Prüfverfahren – Teil 26-100: Messaufbau, Prüf- und Referenzanordnung und Messverfahren für Steckverbinder nach IEC 60603-7 – Prüfungen 26a bis 26g (IEC 60512-26-100:2008 + A1:2011); Deutsche Fassung EN 60512-26-100:2008 + A1:2011*

DIN EN 60603-7 (VDE 0627-603-7) (alle Teile), *Steckverbinder für elektronische Einrichtungen*

DIN EN 60603-7 (VDE 0627-603-7), *Steckverbinder für elektronische Einrichtungen – Teil 7: Bauartspezifikation für ungeschirmte freie und feste Steckverbinder, 8polig*

DIN EN 61076-1, *Steckverbinder für elektronische Einrichtungen – Produktanforderungen – Teil 1: Fachgrundspezifikation*

DIN EN 61076-3 (alle Teile), *Steckverbinder für elektronische Einrichtungen – Produktanforderungen*

DIN EN 61076-3, *Steckverbinder für elektronische Einrichtungen – Produktanforderungen – Teil 3: Rechteckige Steckverbinder – Rahmenspezifikation*

DIN EN 61076-3-104, *Steckverbinder für elektronische Einrichtungen – Produktanforderungen – Teil 3-104: Bauartspezifikation für geschirmte freie und feste Steckverbinder, 8polig, für Datenübertragungen bis 1000 MHz*

DIN EN 61076-3-110 (VDE 0687 76-3-110), *Steckverbinder für elektronische Einrichtungen – Produktanforderungen – Teil 3-110: Bauartspezifikation für geschirmte freie und feste Steckverbinder für Datenübertragungen bis 1000 MHz*

DIN IEC 61156 (VDE 0819) (alle Teile) zurückgezogen, *Mehradrige und symmetrische paar-/viererverseilte Kabel für digitale Nachrichtenübertragung*

DIN IEC 61156-6 (VDE 0819-1006) zurückgezogen, *Mehradrige und symmetrische paar-/viererverseilte Kabel für digitale Nachrichtenübertragung – Teil 6: Symmetrische paar-/viererverseilte Kabel mit Übertragungseigenschaften bis 1000 MHz – Geräteanschlusskabel – Rahmenspezifikation*

DIN IEC 61156-10 (VDE 0819-1010) (in Vorbereitung), *Mehradrige und symmetrische paar-/viererverseilte Kabel für digitale Nachrichtenübertragung – Teil 10: Geräteanschlusskabel mit Übertragungseigenschaften bis zu 2 GHz – Rahmenspezifikation*

DIN EN 61169-16, *Hochfrequenz-Steckverbinder – Teil 16: Rahmenspezifikation – Koaxiale Hochfrequenzsteckverbinder mit 7 mm (0,276 in) Innendurchmesser des Außenleiters und Schraubverbindung – Wellenwiderstand 50 Ohm (75 Ohm) (Typ N)*

**Steckverbinder für elektronische Einrichtungen –
Mess- und Prüfverfahren –
Teil 28-100: Signalintegritätsprüfungen bis 2 000 MHz an Steckverbindern der
Normreihen IEC 60603-7 und IEC 61076-3 – Prüfungen 28a bis 28g**

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der IEC 60512 legt die Prüfverfahren für das Übertragungsverhalten von Steckverbindern nach den Normenreihen IEC 60603-7 und IEC 61076-3 bis 2 000 MHz fest. Sie ist ebenfalls zur Prüfung von Steckverbindern für niedrigere Frequenzen geeignet, jedoch bleibt das in der Bauartspezifikation für jeden angegebenen Steckverbinder festgelegte Prüfverfahren die Bezugskonformitätsprüfung für diesen Steckverbinder.

Die angegebenen Prüfverfahren sind:

- Einfügungsdämpfung, Prüfung 28a;
- Rückflussdämpfung, Prüfung 28b;
- Nahnebensprechen (NEXT), Prüfung 28c;
- Fernnebensprechen (FEXT), Prüfung 28d;
- transversale Unsymmetriedämpfung (TCL), Prüfung 28f;
- transversale Unsymmetrie-Übertragungsdämpfung (TCTL), Prüfung 28g.

Prüfungen der Transferimpedanz (Z_T) siehe IEC 60512-26-100, Prüfung 26e.

Kopplungsdämpfung siehe IEC 62153-4-12.

2 Normative Verweisungen

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

IEC 60050-581, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 581: Electromechanical components for electronic equipment*

IEC 60512-1, *Connectors for electronic equipment – Tests and measurements – Part 1: General*

IEC 60512-26-100:2008, *Connectors for electronic equipment – Tests and measurements – Part 26-100: Measurement setup, test and reference arrangement and measurements for connectors according to IEC 60603-7 – Tests 26a to 26g*

IEC 60603-7 (alle Teile), *Connectors for electronic equipment*

IEC 61076-1, *Connectors for electronic equipment – Product requirements – Part 1: Generic specification*

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: Detail specification for shielded, free and fixed connectors for data transmission with frequencies up to 1 000 MHz*

IEC 61156 (alle Teile), *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications*

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 61169-16, *Radio-frequency connectors – Part 16: RF coaxial connectors with inner diameter of outer conductor 7 mm (0,276 in) with screw coupling – Characteristic impedance 50 ohms (75 ohms) (Type N)*

IEC 62153-4-12, *Metallic communication cable test methods – Part 4-12: Electromagnetic compatibility (EMC) – Coupling attenuation or screening attenuation of connecting hardware – Absorbing clamp method*

ISO/IEC 11801, *Information technology – Generic cabling for customer premises*

3 Begriffe und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 60050(581), IEC 61076-1, IEC 60512-1, IEC 60603-7, IEC 61076-3-104, IEC 61076-3-110 und die folgenden Begriffe.

3.1.1

modal (Kennwerte oder Messwerte)

Kennwerte oder Messwerte, die Gegentakt-, Gleichtakt- und Zwischenmoden-S-Matrizen enthalten

3.1.2

Zwischenmoden (Kennwerte oder Messwerte)

Kennwert oder Messwert, der entweder eine Gleichtaktquelle besitzt und Gegentaktmesswerte erbringt oder der eine Gegentaktquelle besitzt und Gleichtaktmesswerte erbringt

3.2 Abkürzungen

Zur Vereinfachung der Bezugnahme sind die in diesem Dokument verwendeten Abkürzungen unten aufgeführt.

CM	Gleichtaktbetrieb (en: common mode)
DM	Gegentaktbetrieb (en: differential mode)
DUT	Prüfling (en: device under test)
FEXT	Fernnebensprechen (en: far-end crosstalk)
IEC	Internationale Elektrotechnische Kommission (en: International Electrotechnical Commission)
LCL	Unsymmetriedämpfungsmaß (en: longitudinal conversion loss)
LCTL	Unsymmetrie-Übertragungsdämpfungsmaß (en: longitudinal conversion transfer loss)
NEXT	Nahnebensprechen (en: Near-end crosstalk)
TCL	transversale Unsymmetriedämpfung (en: Transverse conversion loss)
TCTL	transversale Unsymmetrie-Übertragungsdämpfung (en: Transverse conversion transfer loss)
SE	unsymmetrisch (en: single ended)
Z_T	Transferimpedanz (en: transfer impedance)

4 Allgemeine Prüfanordnung

4.1 Messinstrumente

Alle Messinstrumente müssen in der Lage sein, Messungen im Frequenzbereich von 1 MHz bis 2 000 MHz durchzuführen.

Diese elektrischen Prüfverfahren erfordern die Anwendung eines Vektor-Netzwerkanalysators (VNA). Dieser sollte eine vollständige 2-Tor-Kalibrierung ermöglichen. Der Analysator muss mindestens einen Frequenzbereich von 1 MHz bis 2 000 MHz abdecken.

Die Messungen sind mit einem modalen Prüfaufbau aufzunehmen, der auch als unsymmetrischer Aufbau oder Modenzerlegungsaufbau oder Prüfaufbau ohne Symmetrierglied bezeichnet wird. Dieser Aufbau ermöglicht Messungen von symmetrischen Einrichtungen ohne HF-Symmetrierglied im Signalweg.

Mit dieser Anordnung ist außerdem eine Prüfung mit Gleichtakt- oder Gegentaktanregungen und -antworten möglich, die sicherstellt, dass Zwischenmoden-Kennwerte ohne Umstecken gemessen werden können.

Zur Messung aller Kombinationen von vierpaarigen Steckverbindern ohne äußere Schaltvorgänge ist ein 16-Tor-Netzwerkanalysator erforderlich, der aber mindestens zwei Tore (darunter ein zweidirektionales Tor) zur Datenerfassung und -berechnung besitzen muss.

Es sollte beachtet werden, dass die Verwendung eines Analysators mit zwei Toren zur Messung aller angegebenen Kennwerte eine aufeinander folgende Umpositionierung der Messtore nach sich zieht.

Für die Mindestanzahl von Toren wird in der Praxis ein 4-Tor-Netzwerkanalysator empfohlen, weil dieser die Messung der gesamten Matrix der modalen S-Kennwerte mit 16 Termen an einer angegebenen Paarkombination in einer Richtung ohne Schaltvorgänge oder Umstecken erlaubt.

Außerdem wird die Verwendung einer HF-Schalteinheit empfohlen, um die Umsteckvorgänge für den Prüfling für jede Paarkombination auf ein Mindestmaß herabzusetzen.

Jeder zu prüfende Leiter des Paares oder jede zu prüfende Paarkombination muss an ein gesondertes Tor des Netzwerkanalysators angeschlossen werden und die Ergebnisse werden entweder intern im Netzwerkanalysator oder durch eine externe Anwendung verarbeitet.

Für die Kalibrierung des Messaufbaus werden Bezugsabschlusswiderstände und Durchverbindungen benötigt. Die Anforderungen an die Bezugsabschlusswiderstände und Kabel sind in 4.8 angegeben. Für den Abschluss von benutzten oder unbenutzten Paaren, die nicht durch den Netzwerkanalysator abgeschlossen werden, sind Abschlusswiderstände erforderlich. Die Anforderungen an die Abschlusswiderstände sind in 4.7 und 4.10 angegeben.

Belastungen für die Kalibrierung müssen gepaart werden, wie in Anhang XX erläutert, um eine gute Symmetrie auf der Kalibrierungsebene zu gewährleisten.

4.2 Maßnahmen zur Sicherstellung der Zuverlässigkeit der Messung

Um einen hohen Zuverlässigkeitsgrad für die Übertragungsmessungen sicherzustellen, sind folgende Maßnahmen erforderlich.

- Jedes Paar muss während des gesamten Prüfablaufs dauerhaft und stabil mit Widerständen abgeschlossen werden.
- Einflüsse auf Kabel und Adapter durch physikalische Beeinflussung wie z. B. Biegung, Knicken und Zugbelastung müssen vor, während und nach den Prüfungen vermieden werden.
- Bei allen Schritten der Qualifizierung der Übertragungseigenschaften sind eine einheitliche Prüfmethodik und gleiche Abschlusswiderstände zu verwenden.

Die räumliche Anordnung der Leiter innerhalb der Paare muss während des gesamten Prüfablaufs so gut wie möglich erhalten bleiben.

- Die Symmetrie der Kabel ist durch eine gleichmäßige Leiterlänge und Fortführung der Aderverdrillung bis zum Lastpunkt so weit wie möglich aufrechtzuerhalten.
- Die Empfindlichkeit gegenüber Veränderungen im Prüfaufbau erfordert für diese Messungen bei hohen Frequenzen die Berücksichtigung von Einzelheiten sowohl für den Prüfaufbau als auch für das Verfahren.

4.3 Bezeichnung der modalen S-Parameter

Die in dieser Norm festgelegten Prüfverfahren basieren auf einem Prüfaufbau ohne Symmetrierglied, bei dem alle Anschlüsse des Prüflings gemessen und als unsymmetrische (SE) Tore beschrieben werden, d. h. Signale (hochfrequente Spannungen und Ströme) werden relativ zu einer gemeinsamen Masse definiert. Bild 1 zeigt die schematische Darstellung einer Baugruppe mit vier Anschlüssen.

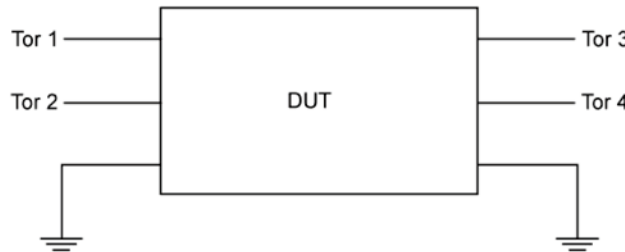


Bild 1 – Schematische Darstellung einer unsymmetrischen Baugruppe mit vier Toren

Die in Bild 1 dargestellte Baugruppe mit vier Anschlüssen wird durch die in Gleichung 1 angegebene, aus 16 Termen bestehende SE-S-Matrix beschrieben, wobei durch den S-Kennwerte S_{ba} das Verhältnis einer unsymmetrischen, am Tor „b“ durch eine unsymmetrische Anregung am Tor „a“ hervorgerufenen Antwort ausgedrückt wird.

$$S = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} & S_{14} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} & S_{24} \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} & S_{34} \\ S_{41} & S_{42} & S_{43} & S_{44} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Im Gegensatz zu den zuvor definierten SE-Toren, ist bei einer symmetrischen Baugruppe jedes Tor als aus einem Anschlusspaar bestehend (entspricht einem symmetrischen Tor) zu betrachten, siehe Bild 2.

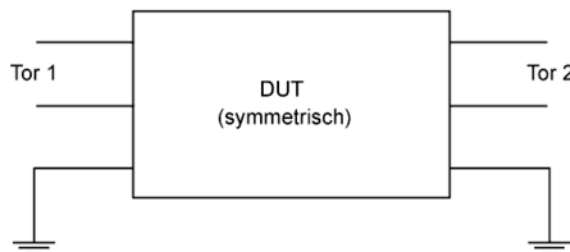


Bild 2 – Schematische Darstellung einer symmetrischen Baugruppe mit zwei Toren

Um eine symmetrische Baugruppe zu beschreiben, müssen an allen symmetrischen Toren sowohl die Gegentakt- als auch die Gleichtaktsignale berücksichtigt werden. Die Baugruppe kann durch eine modale S-Matrix beschrieben werden, die alle Kombinationen der Moden und Tore enthält wie zum Beispiel der modale S-Kennwert S_{DC21} , mit dem das Verhältnis einer am Tor 2 durch eine Gleichtaktanregung am Tor 1 hervorgerufenen Gegentaktantwort ausgedrückt wird. Mit den nachfolgenden Bezeichnungen können alle modalen S-Kennwerte für zwei Tore entsprechend Tabelle 1 dargestellt werden.

Tabelle 1 – Bezeichnung der modalen S-Parameter

		Gegentaktanregung		Gleichtaktanregung	
		Tor 1	Tor 2	Tor 1	Tor 2
Gegentaktantwort	Tor 1	S_{DD11}	S_{DD12}	S_{DC11}	S_{DC12}
	Tor 2	S_{DD21}	S_{DD22}	S_{DC21}	S_{DC22}
Gleichtaktantwort	Tor 1	S_{CD11}	S_{CD12}	S_{CC11}	S_{CC12}
	Tor 2	S_{CD21}	S_{CD22}	S_{CC21}	S_{CC22}

Eine Baugruppe mit vier Anschlüssen kann sowohl als eine SE-Baugruppe mit vier Toren wie in Bild 1 dargestellt werden, beschrieben durch eine unsymmetrische S-Matrix (Gleichung 1) als auch als eine durch eine modale S-Matrix (Tabelle 1) beschriebene symmetrische Baugruppe mit zwei Toren wie in Bild 2. Da ein SE-Signal an einem Tor mathematisch äquivalent zu aufgebrachten überlagerten Gegentakt- und Gleichtakt-signalen ist, stehen die SE- und modalen Beschreibungen der Baugruppe miteinander in Beziehung. Die Konversion von SE- zu modalen S-Parametern ist in Anhang A festgelegt. Bei dieser Konversion können die modalen S-Kennwerte aus der gemessenen SE-S-Matrix abgeleitet werden.

4.4 Koaxialkabel und Verbindungen für Netzwerkanalysatoren

Unter der Annahme, dass die Nennimpedanz des Netzwerkanalysators $50\ \Omega$ beträgt, müssen die Koaxialkabel, mit denen der Netzwerkanalysator, die Schaltmatrix und die Prüfvorrichtung verbunden werden, eine Nennimpedanz von $50\ \Omega$ und eine geringe Transferimpedanz (doppelte Schirmung oder mehr) besitzen.

Diese Koaxialkabel sollten so kurz wie möglich gehalten werden. (Empfehlenswert sind höchstens 1 000 mm je Kabel).

Die Schirme jedes Kabels müssen elektrisch mit einer gemeinsamen Massefläche verbunden werden.

Für den größten Dynamikbereich muss die gesamte Einfügungsdämpfung der Verbindungskabel bei 2 000 MHz kleiner als 7 dB sein.

4.5 Anforderungen an die Schaltmatrix

Schaltelemente (falls verwendet) müssen mindestens in der Anordnung 2×4 ausgeführt sein, obwohl ein Schaltelement mit einer größeren Anzahl von Toren (z. B. 2×8 , 1×16) empfehlenswert ist, da damit eine vollständigere Messung oder sogar die Gesamtmessung des Prüflings ohne Umstecken oder Bewegen des Prüflings möglich ist. Wenn ein solches Schaltelement benutzt wird, muss es so aufgebaut sein, dass jedes Tor entweder als Eingang, Ausgang oder $50\text{-}\Omega$ -Abschluss konfigurierbar ist. Alle inaktiven Tore des Schaltelementes müssen mit einem $50\text{-}\Omega$ -Widerstand abgeschlossen werden.

Das Schaltelement muss in der Lage sein, die Tore des Netzwerkanalysators paarweise zu vertauschen, um jeden Leiter des Übertragungspaares des Prüflings ordnungsgemäß anzuschließen.

Das Schaltelement sollte so aufgebaut sein, dass die verschiedenen Längen für jeden Signalweg des Paares möglichst gering sind.

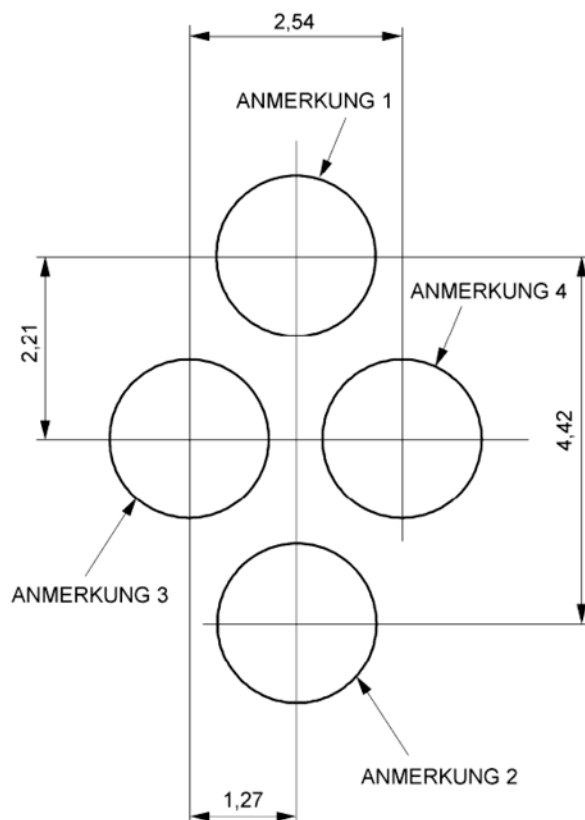
Das Schaltelement sollte den in Tabelle 2 angegebenen Mindestanforderungen an die Leistungsfähigkeit entsprechen.

Tabelle 2 – Empfehlungen für die Leistungsfähigkeit des Schaltelementes

Kennwerter	Frequenz MHz	Anforderung bis 1 000 MHz
Einfügungsdämpfung (dB)	$1 \leq f \leq 2\,000$	$\leq 2,0$ dB
Rückflussdämpfung (dB)		≥ 18 dB min.
Nebensprechen (dB)		≥ 105 dB

4.6 Anforderungen an die Prüfvorrichtung

Um den Anschluss an die Prüfvorrichtung zu vereinfachen, wird eine Verbindung Stift-fester Steckverbinder mit den in Bild 3 abgebildeten Maßen empfohlen. In Anhang B sind Angaben mit Beispielen von festen Steckverbindern enthalten, die für diese Verbindung verwendet werden dürfen.



- ANMERKUNG 1 Erde
- ANMERKUNG 2 Erde
- ANMERKUNG 3 Erster Leiter eines Leitungspaares
- ANMERKUNG 4 Zweiter Leiter eines Leitungspaares

Bild 3 – Schnittstellenstruktur für die Prüfung

Die Prüfvorrichtungen müssen die Anforderungen von Tabelle 3 erfüllen, wenn die Prüfung mit geeigneten Abschlusswiderständen an den Prüfling-fester Steckverbinder-Schnittstellen des Adapters durchgeführt wird, nachdem der Netzwerkanalysator am Ende der zum Anschluss an den Adapter vorgesehenen Koaxialkabel kalibriert worden ist.

Tabelle 3 – Anforderungen an die Prüfvorrichtung

Kennwerte	Frequenz (MHz)	Anforderung bis 2 000 MHz
(50 Ω) SE-Tor Rückflusdämpfung (dB)	$1 \leq f \leq 2\,000$	$\geq 72 - 20 \log(f)$ dB, max. 40 dB
(100 Ω) DM-Tor Rückflusdämpfung (dB)		$\geq 78 - 20 \log(f)$ dB, max. 40 dB
(100 Ω) CM-Tor Rückflusdämpfung (dB) ¹		$\geq 68 - 20 \log(f)$ dB, max. 35 dB
(50 Ω) SE-Tor-zu-Tor Entkopplung: NEXT und -FEXT		$\geq 114 - 20 \log(f)$ dB, max. 75 dB
(100 Ω) DM-Tor-zu-Tor (Paar zu Paar) Entkopplung: NEXT und -FEXT		$\geq 130 - 20 \log(f)$ dB, max. 94 dB
(100 Ω) DM Einfügungsdämpfung		< 1,0 dB
TCL, LCL		$\geq 100 - 20 \log(f)$ dB, max. 70 dB
TCTL, LCTL		$\geq 90 - 20 \log(f)$ dB, max. 50 dB
Trennung zwischen Prüfvorrichtungen ²		$\geq 124 - 15 \log(f)$ dB bis zu 500 MHz $83,5 - 20 \log(f/500)$ dB max. 105 dB

¹Die Gleichaktimpedanz des Prüflings wird in der Regel mit 50 Ω angegeben, daher ist bei Messungen eine Umspannung erforderlich, wie in Anhang A angegeben.

²Die Anforderung kann entweder durch Trennung oder durch Abschirmung zwischen den Vorrichtungen erfüllt werden.

4.7 Anforderungen an den Abschluss in der Kalibrierebene

Der Abschluss in der Kalibrierebene muss die Anforderungen von Tabelle 4 erfüllen.

Tabelle 4 – Anforderungen an den Abschluss in der Kalibrierebene

Kennwerte	Frequenz (MHz)	Anforderung bis 1 000 MHz
SE-Tor (50 Ω) Rückflusdämpfung (dB)	$1 \leq f \leq 2\,000$	$\geq 80 - 20 \log(f)$ dB, max. 40 dB min. 20 dB
DM-Tor (100 Ω) Rückflusdämpfung (dB)		$\geq 86 - 20 \log(f)$ dB, max. 46 dB min. 26 dB
DM-Tor-zu-Tor Eigen-Nahbensprehdämpfung		$\geq 130 - 20 \log(f)$ dB, max. 94 dB
DM-Paar TCL		$\geq 96 - 20 \log(f)$ dB, max. 60 dB

4.8 Bezugsabschlusswiderstände für die Kalibrierung

Um eine 1-Tor- oder eine 2-Tor-Kalibrierung der Prüfeinrichtung vorzunehmen, werden eine Kurzschluss-schaltung, eine Leerlaufschaltung und ein Bezugsabschlusswiderstand benötigt. Mit diesen Einrichtungen muss eine Kalibrierung durchgeführt werden.

Der Bezugsabschlusswiderstand muss gegen ein 50- Ω -Kalibriernormal kalibriert werden, welches auf ein internationales Bezugsnormal rückführbar ist. Es ist ein 50- Ω -Bezugswiderstand gegen das Kalibriernormal zu messen. Der Bezugswiderstand muss für die Kalibrierung in einen Steckverbinder Typ N nach IEC 61169-16 für den Schalttafeleinbau eingesetzt werden, der auf der Rückseite plangeschliffen wurde, siehe Bild 4.

Der Widerstand muss an den plangeschliffenen Seitenflächen des Steckverbinders befestigt werden. Der Netzwerkanalysator muss mit einer vollständigen 1-Tor-Kalibrierung mit dem Kalibriernormal kalibriert werden. Im Anschluss wird die Rückflussdämpfung des Bezugsabschlusswiderstandes für die Kalibrierung gemessen. Die verifizierte Rückflussdämpfung muss bei Frequenzen bis 100 MHz größer als 46 dB und bei Frequenzen über 100 MHz bis zum Ende des Bereiches, in dem die Messungen durchgeführt werden müssen, größer als 40 dB betragen.

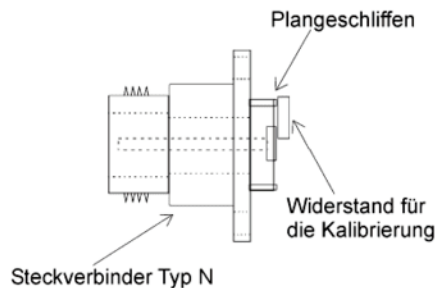


Bild 4 – Kalibrierung der Bezugsabschlusswiderstände

4.9 Kalibrierung

Als Teil der Kalibrierung müssen Entkopplungsmessungen durchgeführt werden.

Die Kalibrierung muss bei Messungen mit gleichem Antwort- und Anregungstor (S_{xx11} und S_{xx22}) mindestens einer vollständigen 2-Tor-SE-Kalibrierung und bei Messungen mit verschiedenem Antwort- und Anregungstor (S_{xx12} und S_{xx21}) mindestens einer vollständigen 4-Tor-SE-Kalibrierung entsprechen.

Für Messungen jedes benutzten Signalwegs muss eine gesonderte Kalibrierung durchgeführt werden. Sofern eine vollständige Schaltmatrix und ein Prüfaufbau mit einem 4-Tor-Netzwerkanalysator verwendet werden, erfordert ein vollständiger Messumfang für einen vierpaarigen Steckverbinder 28 einzelne 4-Tor-Kalibrierungen, obwohl viele der Messungen bei jeder Kalibrierung anderen Kalibrierungen entsprechen. Zur Verringerung der Anzahl der erforderlichen Kalibriermessungen darf ein Software- oder Hardwarepaket benutzt werden.

Die Kalibrierung muss so durchgeführt werden, dass die Kalibrierebene an den Enden der festen Steckverbinder der Prüfvorrichtung liegt.

Die Kalibrierung kann mit geeigneten Kalibrierartefakten an der Prüfschnittstelle oder mit koaxialen Abschlusswiderständen an den Enden der koaxialen Prüfleitung vorgenommen werden.

Bei einer Kalibrierung an der Schnittstelle für die Prüfung, müssen an jedem betreffenden Tor eine Leerlauf-, Kurzschluss- und eine Messung mit Abschlusswiderstand und an allen Paarkombinationen dieser Tore Durchgangs- und Entkopplungsmessungen durchgeführt werden.

Bei einer Kalibrierung an den Enden der Prüfleitung müssen an jedem betreffenden Tor eine Leerlauf-, Kurzschluss- und eine Messung mit Abschlusswiderstand und an allen Paarkombinationen dieser Tore Durchgangs- und Entkopplungsmessungen durchgeführt werden. Zusätzlich muss dann die De-embedding-

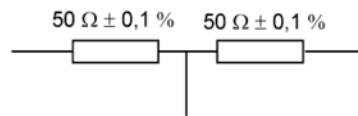
Prüfvorrichtung für die Messungen verwendet werden. In das De-embedding-Verfahren muss eine voll besetzte S-Matrix mit 16 Termen einbezogen werden. Es ist nicht zulässig, eine De-embedding-Kalibrierung nur mit den Reflexionstermen (S_{11} , S_{22} , S_{33} , S_{44}) oder nur den Termen des nahen Endes (S_{11} , S_{21} , S_{12} , S_{22}) durchzuführen.

Für die Weiterbearbeitung der Ergebnisse dürfen S-Matrizen mit reduzierten Termen aus dem De-embedding-Verfahren angewandt werden.

4.10 Abschlusswiderstände für den Abschluss von Leitungspaaren

4.10.1 Allgemeines

An allen aktiven zu prüfenden Paaren müssen 50-Ω-Leitungsabschlüsse gegen Erde verwendet werden. An allen inaktiven Paaren und an den entgegengesetzten Enden der aktiven Paare müssen für die Prüfung der Nahnebenschreddämpfung und der Fernnebenschreddämpfung 50-Ω-Gegentaktabschlüsse gegen Erde verwendet werden. An inaktiven Paaren müssen für die Prüfung der Rückflussschreddämpfung 50-Ω-Gegentaktabschlüsse gegen Erde verwendet werden. Siehe Bild 5.



50-Ω-Gegentaktabschlüsse gegen Erde

Bild 5 – Abschlusswiderstandsnetzwerk

Für die Konstruktion der Abschlusswiderstände müssen kleine Chipwiderstände verwendet werden. Die zwei 50-Ω-Abschlusswiderstände dürfen bei Gleichstrom maximal um 0,1 % und bei 2 000 MHz (einer Rückflussschreddämpfung von 40 dB bei 2 000 MHz entsprechend) 2 % voneinander abweichen. Die Verbindungen zu den Impedanzabschlusswiderständen müssen so kurz wie möglich sein. Es werden bleifreie Lötverbindungen empfohlen.

4.10.2 Verifizierung der Abschlusswiderstände

Die Leistung der Abschlusswiderstandsnetzwerke zur Impedanzanpassung muss durch Messen der Rückflussschreddämpfung des Abschlusses und der Eigen-Nahnebenschreddämpfung zwischen zwei beliebigen Abschlusswiderstandsnetzwerken in der Kalibrierebene verifiziert werden.

Für die Messung der Rückflussschreddämpfung ist eine 2-Tor-SE-Kalibrierung mit einem nach 4.8 verifizierten Bezugswiderstand notwendig.

Nach der Kalibrierung wird das Abschlusswiderstandsnetzwerk angeschlossen und eine vollständige 2-Tor-SE-S-Matrix-Messung durchgeführt. Die gemessene SE-S-Matrix wird in die zugehörige modale S-Matrix umgewandelt, um die S-Kennwerte S_{DD11} und S_{CC11} zu erhalten, aus denen die Rückflussschreddämpfung des Gegentaktbetriebes RL_{DM} und Rückflussschreddämpfung des Gleichtaktbetriebes RL_{CM} bestimmt werden. Die Rückflussschreddämpfung des Abschlusswiderstandsnetzwerks muss die Anforderungen in Tabelle 4 erfüllen.

Für die Messung der Eigen-Nahnebenschreddämpfung ist eine 4-Tor-SE-Kalibrierung erforderlich. Nach der Kalibrierung wird das Abschlusswiderstandsnetzwerk angeschlossen und eine vollständige 4-Tor-SE-S-Matrix-Messung durchgeführt. Die gemessene S-Matrix wird in die zugehörige modale S-Matrix umgewandelt, um den S-Kennwert S_{DD21} zu erhalten, aus dem die Eigen-Nahnebenschreddämpfung $NEXT_{residual_term}$ der Abschlüsse bestimmt wird. Die Eigen-Nahnebenschreddämpfung muss die Anforderungen in Tabelle 4 erfüllen.

4.11 Anschluss der Schirme

Wenn der zu prüfende Steckverbinder geschirmt ist, müssen auch geschirmte Messkabel verwendet werden.

Die Schirmung dieser Kabel muss an eine Massefläche in nächster Nähe zur Kalibrierebene angeschlossen werden.

4.12 Prüfling und Bezugsebenen

4.12.1 Allgemeines

Der Prüfling besteht aus einem gesteckten Steckverbinderpaar. Die Bezugsebene für den Prüfling ist der Punkt, an dem der Kabelmantel in den Steckverbinder hineinläuft (Rückseite des Steckverbinders), oder der Punkt, an welchem die Kabelgeometrie im Inneren nicht weiter erhalten bleibt, je nachdem, welcher Punkt weiter vom Steckverbinder entfernt ist, siehe Bild 6. Diese Festlegung gilt für beide Seiten des Prüflings. Der feste Steckverbinder muss nach den Anweisungen des Herstellers abgeschlossen werden und er muss mit dem Messaufbau und der Prüfvorrichtung kompatibel sein.

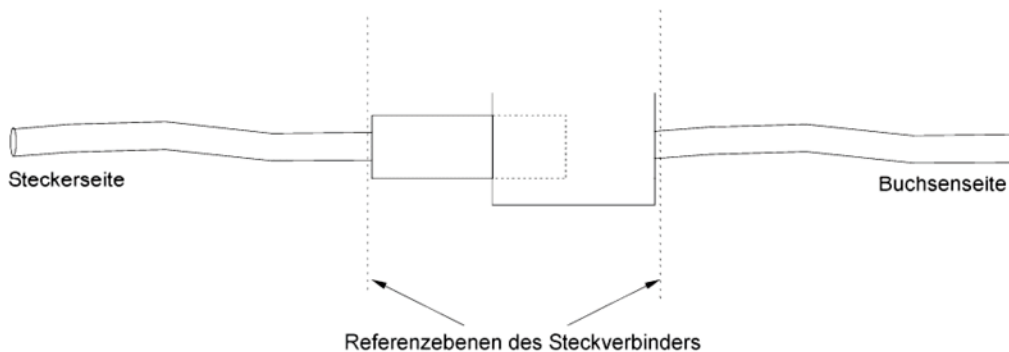


Bild 6 – Festlegung der Bezugsebenen

4.12.2 Verbindungen zwischen Prüfling und Kalibrierebene

4.12.2.1 Allgemeines

Zwischen der Bezugsebene des Steckverbinderprüflings und der Kalibrierebene werden verdrehte Verbindungen, gedruckte Schaltungen oder andere Verbindungen verwendet. Es ist notwendig, die Kennwerte dieser Verbindungen auf die größtmögliche Abweichung von der Kalibrierebene zu überprüfen. Diese Verbindungen sollten so kurz wie praktisch möglich sein und ihre Gleichtakt- und Gegentaktimpedanz muss kontrolliert werden, um deren Auswirkungen auf die Messung möglichst gering zu halten. Für zusätzliche Informationen über die Prüfstifte, die verwendet werden dürfen, um eine Impedanzkontrolle zu ermöglichen, wird auf Anhang B verwiesen.

Die Rückflusssdämpfung der Verbindungen muss die Anforderungen aus Tabelle 5 erfüllen. Für die Einfügungsdämpfung der Verbindungen wird über den Frequenzbereich von 1 MHz bis 2 000 MHz ein Wert von unter 0,2 dB vorausgesetzt.

Es wird empfohlen, dass an allen Prüflingen einschließlich den freien Steckverbindern in einem Abstand von 2,54 mm von den Enden ihrer Verbindungen ein fester Steckverbinder angebracht wird, um einheitliche Schnittstellen zur Prüfvorrichtung zur Verfügung zu stellen.

4.12.2.2 Verdrehte Verbindungspaare

4.12.2.2.1 Allgemeines

Bei Verwendung von verdrehten Verbindungspaaren muss die Gegentaktnennimpedanz 100 Ω betragen. Es sollte kein Abstand zwischen der Leitungsisolierung der verdrehten Paare bestehen. Die verdrehten Verbindungspaare sind als einzelne verdrehte Paare erhältlich oder sie können Teil eines Kabels sein.

Die Verbindung muss die Anforderungen an die Rückflusssdämpfung nach 4.12.1.2 erfüllen.

Es sind Gegentaktabschlüsse gegen Erde erforderlich und die Verbindung muss als impedanzangepasstes System ausgeführt werden. Die Länge der verdrehten Verbindungspaare an jedem Ende des Prüflings darf höchstens 51 mm betragen.

4.12.2.2.2 Einzelne verdrehte Verbindungspaare

Einzelne verdrehte Verbindungspaare können extra aus einem Vorrat an verdrehten Leitungspaaren bezogen oder aus einem geschirmten Kabel entnommen werden.

Vor dem Anschließen an den Prüfling muss die Rückflusssdämpfung jedes Paares geprüft werden. Für diese Überprüfung müssen einzelne verdrehte Paare mit einer Länge von 100 mm verwendet werden. Die verdrehten Paare müssen mit einem in 4.10 beschriebenen 50- Ω -Gegentaktwiderstandsnetzwerk gegen Erde abgeschlossen werden. Das Widerstandsnetzwerk muss unmittelbar an den Leitungsdrähten des Paares angebracht werden, um die Störgrößen des Leitungspaars zu vermindern. Mögliche Störgrößen schließen Zwischenräume zwischen den Leitungsisolierungen des Paares, zerschmolzene Isolierung und überschüssiges Lötmittel mit ein.

Die Rückflusssdämpfung ist nach 4.12.1.2 zu prüfen.

Das verdrehte Prüfleitungspaar wird dann für den Anschluss an den Prüfling und die Prüfvorrichtung zugeschnitten.

4.12.2.2.3 Verbindungen als Teil eines Kabels

Verbindungen können auch aus einem Abschnitt eines verdrehten Kabels hergestellt werden, bei dem die vier verdrehten Verbindungen im Kabelschirm erhalten bleiben. Am häufigsten werden von konfektionierten symmetrischen Kabeln abgeschnittene freie Steckverbinder verwendet, es können aber auch feste Steckverbinder benutzt werden.

Vor dem Anschließen an den Prüfling muss die Rückflusssdämpfung aller Leitungspaare innerhalb des Kabels geprüft werden. Für diese Überprüfung ist ein 100 mm langes Kabel zu verwenden. Jedes Leitungspaar des Kabels muss nach der Beschreibung für einzelne verdrehte Verbindungspaare in 4.12.1.1.1 abgeschlossen werden. Inaktive Paare, d. h. Paare, die nicht geprüft werden, müssen an beiden Enden abgeschlossen werden.

Die Rückflusssdämpfung ist nach 4.12.1.2 zu prüfen.

Das Kabel muss dann nach den Anweisungen des Herstellers zum Prüfling abgeschlossen und für den Anschluss an die Prüfvorrichtung zugeschnitten werden.

Wenn dieses Verfahren mit von konfektionierten Kabeln abgeschnittenen freien Steckverbindern angewendet wird, ist es ausreichend, wenn die Rückflusssdämpfung der Anschlussleitung den Anforderungen der Kategorie 8.2 nach IEC 61156-10 entspricht bzw. die Rückflusssdämpfung des konfektionierten Kabels die Anforderungen nach ISO/IEC 11801 an symmetrische Kabel der Kategorie 8.2 erfüllt.

4.12.2.3 Anforderungen an die DM-Rückflusssdämpfung der Verbindung

Die Rückflusssdämpfung der Verbindung muss unter Verwendung des modalen Ansatzes geprüft werden, wie in 4.10.1 zur Verifizierung des Abschlusswiderstandsnetzwerks beschrieben. Die Verbindung ist nur für die Rückflusssdämpfung im Gegentaktbetrieb zu prüfen und muss die Anforderungen in Tabelle 5 erfüllen.

Tabelle 5 – Anforderungen an die DM-Rückflussdämpfung der Verbindung

Frequenz (MHz)	DM-Rückflussdämpfung (dB)
$1 \leq f < 100$	40 dB
$100 \leq f \leq 2\,000$	$80 - 20\log(f)$ dB min. 20 dB

Verdrillte Verbindungspaare sind wie in 4.12.1.1.1 und 4.12.1.1.2 beschrieben für die Prüfung vorzubereiten. Bei der Prüfung anderer Verbindungen sind gleichwertige Gegentaktabschlüsse gegen Erde anzuwenden.

4.13 Anforderungen an den Gesamtprüfaufbau

Bei der Prüfung mit Abschlüssen nach 4.10 muss der Gesamtprüfaufbau die Anforderungen in Tabelle 6 erfüllen.

Tabelle 6 – Anforderungen an den Gesamtprüfaufbau

Kennwerte	Frequenz (MHz)	Anforderung bis 2 000 MHz
(50 Ω) SE-Tor Rückflussdämpfung (dB)	$1 \leq f \leq 1\,000$	$> 65 - 20\log(f)$ max. 40 dB min. 10 dB
(100 Ω) DM-Tor Rückflussdämpfung (dB)		$> 68 - 20\log(f)$ max. 40 dB min. 10 dB
(100 Ω) CM-Tor Rückflussdämpfung (dB)		$> 60 - 20\log(f)$ max. 40 dB min. 10 dB
(50 Ω) SE-Tor-zu-Tor (Paar zu Paar) Entkopplung: NEXT und FEXT (dB)		$113 - 20\log(f)$ max. 75 dB
(50 Ω) SE-Tor-zu-Tor (ein Paar) Entkopplung: NEXT und FEXT (dB)		$> 85 - 20\log(f)$ max. 75 dB
(100 Ω) DM-Tor-zu-Tor Entkopplung: NEXT und FEXT (dB)		$130 - 20\log(f)$ max. 94 dB
(100 Ω) DM Einfügungsdämpfung (dB)		≤ 12 dB
TCL, LCL (dB)		$80 - 20\log(f)$ max. 40 dB
TCTL, LCTL (dB)		$> 80 - 20\log(f)$ max. 40 dB
Trennung zwischen Prüfvorrichtungen		$\geq 124 - 15 \log(f)$ dB bis zu 500 MHz $83,5 - 20\log(f/500)$ dB max. 105 dB

5 Messungen an Steckverbindern bis 2 000 MHz

5.1 Allgemeines

Die Messungen in diesem Abschnitt werden an gesteckten freien und festen Steckverbindern durchgeführt. Die Übereinstimmung einer bestimmten Schnittstelle mit dieser Norm garantiert nicht die Kompatibilität zu anderen in dieser Norm qualifizierten Schnittstellen, z. B. ist 61076-3-104 nicht mit 61076-3-110 kompatibel.

Es wird angenommen, dass die Leistungsunterschiede aller freien Steckverbinder einer gegebenen Schnittstelle ignoriert werden können. Folglich ist die Qualifizierung der für die Leistungsmessungen der Verbindungskomponenten verwendeten freien Steckverbinder nicht notwendig.

5.2 Einfügedämpfung, Prüfung 28a

5.2.1 Zweck

Zweck dieser Prüfung ist die Messung der Einfügedämpfung, eines Verbindungskomponentenpaares. Die Einfügedämpfung ist definiert als eine zusätzliche Dämpfung, die durch das Einfügen eines Verbindungskomponentenpaares in ein Kommunikationskabel hervorgerufen wird.

5.2.2 Einfügedämpfung der Verbindungskomponente

Die Einfügedämpfung für eine Verbindungskomponente muss mit mindestens einem freien Steckverbinder geprüft werden.

5.2.3 Prüfverfahren

Die Einfügedämpfung wird aus dem modalen Kennwerte S_{DD21} für jedes Leiterpaar ermittelt. Die modalen S-Kennwerte werden durch Umwandlung aus der gemessenen SE-S-Matrix abgeleitet.

5.2.4 Prüfaufbau

Der Prüfaufbau besteht aus einem Netzwerkanalysator und zwei Prüfvorrichtungen wie in Abschnitt 4 beschrieben. Ein Prüfaufbau, welcher ebenfalls das Prinzip der Abschlüsse zeigt, ist in Bild 7 dargestellt. Inaktive Paare werden mit Abschlusswiderstandsnetzwerken nach 4.10 abgeschlossen. Die Verbindungen (wenn verwendet) müssen nach 4.12.1 vorbereitet und geprüft werden.

5.2.5 Durchführung

5.2.5.1 Kalibrierung

Es muss eine vollständige 4-Tor-SE-Kalibrierung in der Kalibrierebene nach 4.9 vorgenommen werden. Die für die Kalibrierung verwendeten Bezugsabschlusswiderstände müssen die Anforderungen in 4.8 erfüllen.

5.2.5.2 Messung

Der Prüfling wird mit ausreichenden Abschlüssen an den aktiven und inaktiven Paaren an einen Prüfaufbau nach 5.2.4 und Bild 7 angeschlossen. Eine vollständige Messung der SE-S-Matrix muss durchgeführt werden. Die gemessene SE-S-Matrix wird in die zugehörige modale S-Matrix umgewandelt, um die S-Kennwerte S_{DD21} zu erhalten, aus denen die Einfügedämpfung bestimmt wird.

Es sind alle Leitungspaare zu prüfen und die Ergebnisse aufzuzeichnen.