

	DIN EN 60728-6 (VDE 0855-6)	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 33.060.40 Einsprüche bis 2010-05-31 Vorgesehen als Ersatz für DIN EN 60728-6 (VDE 0855-6):2004-04 Entwurf		
Kabelnetze für Fernsehsignale, Tonsignale und interaktive Dienste – Teil 6: Optische Geräte (IEC 100/1654/CDV:2010); Deutsche Fassung FprEN 60728-6:2010		
Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 6: Optical equipment (IEC 100/1654/CDV:2010); German version FprEN 60728-6:2010		
Anwendungswarnvermerk		
Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2010-03-15 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.		
Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.		
Stellungnahmen werden erbeten		
– vorzugsweise als Datei per E-Mail an dke@vde.com in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden – oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.		
Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevante Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.		
Gesamtumfang 120 Seiten		
DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE		

Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab ...

Nationales Vorwort

Die Deutsche Fassung des europäischen Dokuments FprEN 60728-6:2010 „Kabelnetze für Fernsehsignale, Tonsignale und interaktive Dienste – Teil 6: Optische Geräte“ (Entwurf in der Umfrage) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dem entsprechend ist das internationale Dokument IEC 100/1654/CDV:2010 „Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 6: Optical equipment“ unverändert in den Entwurf FprEN 60728-6:2010 übernommen worden.

Da die Deutsche Fassung noch nicht endgültig mit der Englischen und Französischen Fassung abgeglichen ist, ist die englische Originalfassung des IEC-CDV entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom TC 100 „Audio, video and multimedia systems and equipment“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet.

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

Für diesen Norm-Entwurf ist das nationale Arbeitsgremium K 735 „Kabelnetze und Antennen für Fernsehsignale, Tonsignale und interaktive Dienste“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 60728-6 (VDE 0855-6):2004-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Definitionen wurden an die geänderten Messverfahren angepasst;
- b) die Messverfahren zu Polarisationsdämpfung und CSO optischer Verstärker entfallen;
- c) geändert wurden bzw. neu sind die Messverfahren zur optischen Leistung, Zentroidalwellenlänge und spektralen Breite, mikroskopische Verstärkungsschräglage optischer Verstärker, Rauschwerte optischer Verstärker, Träger-/Übersprech-Verhältnis (CCR);
- d) die Klasseneinteilungen aktiver Einrichtungen und erforderlichen Datenangaben wurden geändert;
- e) gestrichen wurde der Anhang über ein vereinfachtes Messverfahren für die Rückflusdämpfung;
- f) überarbeitet und normativ wurde der Anhang zu Vorgaben für Datenblätter optischer Verstärker;
- g) ergänzt wurde ein Anhang zur Berechnung der durch mikroskopische Verstärkungsschräglage erzeugten Verzerrungen.

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
EN 60068-1	IEC 60068-1 + Cor. + A1	DIN EN 60068-1	–
EN 60068-2 (alle Teile)	IEC 60068-2 (alle Teile)	DIN EN 60068-2 (VDE 0468-2) (alle Teile)	VDE 0468-2 (alle Teile)
EN 60068-2-1	IEC 60068-2-1	DIN EN 60068-2-1 (VDE 0468-2-1)	VDE 0468-2-1
EN 60068-2-2	IEC 60068-2-2	DIN EN 60068-2-2 (VDE 0468-2-2)	VDE 0468-2-2
EN 60068-2-6	IEC 60068-2-6	DIN EN 60068-2-6 (VDE 0468-2-6)	VDE 0468-2-6
EN 60068-2-14	IEC 60068-2-14	DIN EN 60068-2-14	–
EN 60068-2-27	IEC 60068-2-27	DIN EN 60068-2-27 (VDE 0468-2-27)	VDE 0468-2-27
EN 60068-2-29	IEC 60068-2-29	DIN EN 60068-2-29 (zurückgezogen)	–
EN 60068-2-27	IEC 60068-2-27	ersetzt durch DIN EN 60068-2-27 (VDE 0468-2-27)	VDE 0468-2-27
EN 60068-2-30	IEC 60068-2-30	DIN EN 60068-2-30	–
EN 60068-2-31	IEC 60068-2-31	DIN EN 60068-2-31 (VDE 0468-2-31)	VDE 0468-2-31
EN 60068-2-32	IEC 60068-2-32	DIN EN 60068-2-32 (zurückgezogen)	–
EN 60068-2-31	IEC 60068-2-31	ersetzt durch DIN EN 60068-2-31 (VDE 0468-2-31)	VDE 0468-2-31
EN 60068-2-40	IEC 60068-2-40	DIN EN 60068-2-40	–
EN 60068-2-48	IEC 60068-2-48	DIN EN 60068-2-48	–
–	IEC 60169-2	–	–

Tabelle NA.1 (fortgesetzt)

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 60169-24	IEC 60169-24	DIN EN 60169-24	–
EN 60417 (alle Teile)	IEC 60417	DIN EN 60417 (alle Teile)	–
EN 60417-1	IEC 60417-1	DIN EN 60417-1	–
EN 60529	IEC 60529	DIN EN 60529 (VDE 0470-1)	VDE 0470-1
EN 60617 (alle Teile)	IEC 60617	DIN EN 60617 (alle Teile)	–
EN 60278 (alle Teile)	IEC 60728 (alle Teile)	DIN EN 60728 (alle Teile)	VDE 0855 (alle Teile)
EN 60728-1	IEC 60728-1	DIN EN 60728-1 (VDE 0855-7)	VDE 0855-7
–	IEC 60728-2	–	–
–	IEC 60728-3	^{N1)} in Bearbeitung	–
EN 60728-5	IEC 60728-5	DIN EN 60728-5 (VDE 0855-5)	VDE 0855-5
–	IEC 60728-6-1	–	–
EN 60728-1	IEC 60728-11	DIN EN 60728-11 (VDE 0855-1)	VDE 0855-1
–	(IEC 100/1418/CD) IEC 60728-13	DIN IEC 60728-13 (VDE 0855-13) (z. Z. Entwurf)	VDE 0855-13
EN 60793-2-50	IEC 60793-2-50	DIN EN 60793-2-50 (VDE 0888-325)	VDE 0888-325
EN 60825-1	IEC 60825-1	DIN EN 60825-1 (VDE 0837-1)	VDE 0837-1
EN 60825-2	IEC 60825-2	DIN EN 60825-2 (VDE 0837-2)	VDE 0837-2
EN 61280-1-1	IEC 61280-1-1	DIN EN 61280-1-1	–
EN 61280-1-3	IEC 61280-1-3	DIN EN 61280-1-3	–
EN 61280-2-2	IEC 61280-2-2	DIN EN 61280-2-2	–
EN 61280-4-2	IEC 61280-4-2	DIN EN 61280-4-2	–
EN 61281-1	IEC 61281-1	DIN EN 61281-1	–
–	IEC 61282-4	–	–
EN 61290-1 (alle Teile)	IEC 61290-1 (alle Teile)	DIN EN 61290-1 (alle Teile)	–
EN 61290-1-1	IEC 61290-1-1	DIN EN 61290-1-1	–
EN 61290-1-2	IEC 61290-1-2	DIN EN 61290-1-2	–
–	IEC 61290-1-3	DIN EN 61290-1-3	–

^{N1)} Nationale Fußnote: in Bearbeitung: E DIN EN 60728-3 (VDE 0855-3), Kabelnetze für Fernsehsignale, Tonsignale und interaktive Dienste – Teil 3: Aktive Breitbandgeräte für koaxiale Kabelnetze (IEC 100/1598/CDV) ; Deutsche Fassung FprEN 60728-3:2009

Tabelle NA.1 (fortgesetzt)

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 61290-3-1	IEC 61290-3-1	DIN EN 61290-3-1	–
EN 61290-3-2	IEC 61290-3-2	DIN EN 61290-3-2	–
EN 61290-5 (alle Teile)	IEC 61290-5 (alle Teile)	DIN EN 61290-5 (alle Teile)	–
EN 61290-6 (alle Teile)	IEC 61290-6 (alle Teile)	DIN EN 61290-6 alle Teile	–
EN 61290-6-1	IEC 61290-6-1	DIN EN 61290-6-1	–
EN 61290-11 (alle Teile)	IEC 61290-11 (alle Teile)	DIN EN 61290-11 alle Teile	–
EN 61291-1	IEC 61291-1	DIN EN 61291-1	–
EN 61291-4	IEC 61291-4	DIN EN 61291-4	–
EN 61291-5-2	IEC 61291-5-2	DIN EN 61291-5-2	–
EN 61300-3-6	IEC 61300-3-6	DIN EN 61300-3-6	–
EN 61754-4	IEC 61754-4	DIN EN 61754-4	–
–	IEC 61931	–	–
EN 80416 (alle Teile)	IEC 80416 (alle Teile)	DIN EN 80416 alle Teile	
	IEC/TR 61292-4		
EN 300019-1-3			

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60068-1, *Umweltprüfungen – Teil 1: Allgemeines und Leitfaden*

DIN EN 60068-2 (alle Teile), *Umweltprüfungen*

DIN EN 60068-2-1 (VDE 0468-2-1), *Umgebungseinflüsse – Teil 2-1: Prüfverfahren – Prüfung A: Kälte*

DIN EN 60068-2-2 (VDE 0468-2-2), *Umgebungseinflüsse – Teil 2-2: Prüfverfahren – Prüfung B: Trockene Wärme*

DIN EN 60068-2-6 (VDE 0468-2-6), *Umgebungseinflüsse – Teil 2-6: Prüfverfahren – Prüfung Fc: Schwingen (sinusförmig)*

DIN EN 60068-2-14, *Umweltprüfungen – Teil 2: Prüfungen – Prüfung N: Temperaturwechsel*

DIN EN 60068-2-27 (VDE 0468-2-27), *Umgebungseinflüsse – Teil 2-27: Prüfverfahren – Prüfung Ea und Leitfaden: Schocken*

DIN EN 60068-2-29 (zurückgezogen), *Umweltprüfungen – Teil 2: Prüfungen – Prüfung Eb und Leitfaden: Dauerschocken*

DIN EN 60068-2-30, *Umgebungseinflüsse – Teil 2-30: Prüfverfahren – Prüfung Db: Feuchte Wärme, zyklisch (12 + 12 Stunden)*

— Entwurf —

E DIN EN 60728-6 (VDE 0855-6):2010-03

DIN EN 60068-2-31 (VDE 0468-2-31), *Umgebungseinflüsse – Teil 2-31: Prüfverfahren – Prüfung Ec: Schocks durch raue Handhabung, vornehmlich für Geräte*

DIN EN 60068-2-32 (zurückgezogen), *Umweltprüfungen – Teil 2: Prüfungen – Prüfung Ed: Frei Fallen*

DIN EN 60068-2-40, *Umweltprüfungen – Teil 2: Prüfungen – Prüfung Z/AM: Kombinierte Prüfung – Kälte/Niedriger Luftdruck*

DIN EN 60068-2-48, *Umweltprüfungen – Teil 2: Prüfungen – Leitfaden zur Anwendung der Prüfungen nach IEC 60068 zur Nachbildung der Auswirkungen von Lagerung*

DIN EN 60169-24, *Hochfrequenz-Steckverbinder – Teil 24: Koaxiale Hochfrequenz-Steckverbinder mit Schraubkupplung, vorzugsweise für den Einsatz in 75 Ohm Kabelverteilnetzen (Serie F)*

DIN EN 60417 (alle Teile), *Graphische Symbole für Betriebsmittel*

DIN EN 60417-1, *Graphische Symbole für Betriebsmittel – Teil 1: Übersicht und Anwendung*

DIN EN 60529 (VDE 0470-1), *Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)*

DIN EN 60617 (alle Teile), *Graphische Symbole für Schaltungsunterlagen;*

DIN EN 60728 (alle Teile), *Kabelnetze für Fernsehsignale, Tonsignale und interaktive Dienste*

DIN EN 60728-1 (VDE 0855-7), *Kabelnetze für Fernsehsignale, Tonsignale und interaktive Dienste – Teil 1: Systemanforderungen in Vorwärtsrichtung*

DIN EN 60728-5 (VDE 0855-5), *Kabelnetze für Fernsehsignale, Tonsignale und interaktive Dienste – Teil 5: Geräte für Kopfstellen*

DIN EN 60728-11 (VDE 0855-1), *Kabelnetze für Fernsehsignale, Tonsignale und interaktive Dienste – Teil 11: Sicherheitsanforderungen*

DIN EN 60793-2-50 (VDE 0888-325), *Lichtwellenleiter – Teil 2-50: Produktspezifikationen – Rahmenspezifikation für Einmodenfasern der Kategorie B*

DIN EN 60825-1 (VDE 0837-1), *Sicherheit von Lasereinrichtungen – Teil 1: Klassifizierung von Anlagen und Anforderungen*

DIN EN 60825-2 (VDE 0837-2), *Sicherheit von Laser-Einrichtungen – Teil 2: Sicherheit von Lichtwellenleiter-Kommunikationssystemen (LWLKS)*

DIN EN 61280-1-1, *Lichtwellenleiter-Kommunikationsundersysteme – Grundlegende Prüfverfahren – Teil 1-1: Prüfverfahren für allgemeine Kommunikationsundersysteme – Messung der Senderausgangsleistung für Einmoden-LWL-Kabel*

DIN EN 61280-1-3, *Lichtwellenleiter-Kommunikationsundersysteme – Grundlegende Prüfverfahren – Teil 1-3: Prüfverfahren für allgemeine Kommunikationsundersysteme – Messung von Mittelwellenlänge und Spektralbreite*

DIN EN 61280-2-2, *Prüfverfahren für Lichtwellenleiter-Kommunikationsundersysteme – Teil 2-2: Digitale Systeme – Messung des optischen Augendiagramms, der Wellenform und des Extinktionsverhältnisses*

DIN EN 61280-4-2, *Lichtwellenleiter-Kommunikationsundersysteme – Grundlegende Prüfverfahren – Teil 4-2: Lichtwellenleiter-Kabelanlagen – Dämpfungsmessung in Einmoden-LWL-Kabelanlagen*

DIN EN 61281-1, *Lichtwellenleiter-Kommunikationsundersysteme – Teil 1: Fachgrundspezifikation*

DIN EN 61290-1 (alle Teile), *Prüfverfahren für Lichtwellenleiter-Verstärker*

DIN EN 61290-1-1, *Prüfverfahren für Lichtwellenleiter-Verstärker – Teil 1-1: Optische Leistungs- und Verstärkerparameter – Verfahren mit optischem Spektralanalysator*

DIN EN 61290-1-2, *Prüfverfahren für Lichtwellenleiter-Verstärker – Teil 1-2: Optische Leistungs- und Verstärkerparameter – Verfahren mit elektrischem Spektralanalysator*

DIN EN 61290-1-3, *Prüfverfahren für Lichtwellenleiter-Verstärker – Teil 1-3: Optische Leistungs- und Verstärkerparameter – Verfahren mit optischem Leistungsmessgerät*

DIN EN 61290-3-1, *Lichtwellenleiter-Verstärker – Prüfverfahren – Teil 3-1: Rauschzahlparameter – Prüfverfahren mit optischem Spektralanalysator*

DIN EN 61290-3-2, *Lichtwellenleiter-Verstärker – Prüfverfahren – Teil 3-2: Rauschzahlparameter – Verfahren mit elektrischem Spektralanalysator*

DIN EN 61290-5, *Lichtwellenleiter-Verstärker – Prüfverfahren*

DIN EN 61290-6, *Lichtwellenleiter-Verstärker – Grundspezifikation*

DIN EN 61290-6-1, *Lichtwellenleiter-Verstärker; Grundspezifikation – Teil 6-1: Prüfverfahren für Pumpverlustparameter – Optischer Demultiplexer*

DIN EN 61290-11 (alle Teile), *Prüfverfahren für Lichtwellenleiter-Verstärker*

DIN EN 61291-1, *Lichtwellenleiter-Verstärker – Teil 1: Fachgrundspezifikation*

DIN EN 61291-4, *Lichtwellenleiter-Verstärker – Teil 4: Mehrkanalanwendungen – Vorlage für Leistungsspezifikationen*

DIN EN 61291-5-2, *Lichtwellenleiter-Verstärker – Teil 5-2: Anerkennungsspezifikation – Zuverlässigkeitsanerkennung für Lichtwellenleiter-Verstärker*

DIN EN 61300-3-6, *Lichtwellenleiter – Verbindungselemente und passive Bauteile – Grundlegende Prüf- und Messverfahren – Teil 3-6: Untersuchungen und Messungen – Rückflusdämpfung*

DIN EN 61754-4, *Steckgesichter von Lichtwellenleiter-Steckverbindern – Teil 4: Bauart SC-Steckverbinderfamilie*

DIN EN 80416 (alle Teile), *Allgemeine Grundlagen für graphische Symbole auf Einrichtungen*

DIN IEC 60728-13 (VDE 0855-13) (z. Z. Entwurf), *Kabelnetze für Fernsehsignale, Tonsignale und interaktive Dienste – Teil 13: Optische Anlage zur Übertragung von Rundfunksignalen*

– Leerseite –

Deutsche Fassung

Kabelnetze für Fernsehsignale, Tonsignale und interaktive Dienste – Teil 6: Optische Geräte

Inhalt

	Seite
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen	7
3.1 Begriffe	7
3.2 Symbole	14
3.3 Abkürzungen	15
4 Messverfahren	16
4.1 Allgemeine Messbedingungen	16
4.2 Optische Leistung	16
4.3 Dämpfung, Isolation, Richtdämpfung und Kopplungsverhältnis	16
4.4 Rückflusssdämpfung	17
4.5 Sättigungsausgangsleistung eines optischen Verstärkers	17
4.6 Zentroidalwellenlänge und spektrale Breite bei Modulation	18
4.7 Linienbreite und Chirp von Sendern mit einmodigen Lasern	18
4.8 Optischer Modulationsgrad	20
4.9 Bezugsausgangspegel eines optischen Empfängers	21
4.10 Anstieg und Welligkeit	22
4.11 Störungen durch Verzerrungen 2. Ordnung (<i>CSO</i>) eines optischen Senders	24
4.12 Verzerrungen 3. Ordnung (<i>CTB</i>) eines optischen Senders	25
4.13 Composite-Kreuzmodulation eines optischen Senders	26
4.14 Intermodulation des Empfängers	29
4.15 Mikroskopische Verstärkungsschräglage optischer Verstärker	31
4.16 Rauschwerte optischer Sender und optischer Empfänger	32
4.17 Verfahren zur kombinierten Messung von relativem Intensitätsrauschen (<i>RIN</i>), optischem Modulationsgrad und äquivalentem Eingangsrauschstrom	38
4.18 Rauschzahl von optischen Verstärkern	40
4.19 Einfluss der Glasfaser	40
4.20 SBS-Schwelle	40
4.21 Träger-/Übersprech-Verhältnis (<i>CCR</i>)	42
5 Allgemeine Anforderungen und Empfehlungen	43
5.1 Sicherheit	43
5.2 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)	43

	Seite
5.3 Umgebungsbedingungen.....	43
5.4 Kennzeichnungen	44
6 Aktive Einrichtungen	44
6.1 Optische Abwärtskanal-Sender	44
6.2 Optische Aufwärtskanal-Sender	47
6.3 Optische Empfänger	48
6.4 Optische Verstärker	51
7 Passive Einrichtungen	52
7.1 Steckverbindungen und Spleiße.....	52
Anhang A (normativ) Vorgaben für Datenblätter optischer Verstärker	53
Anhang B (informativ) Berechnung der durch mikroskopische Verstärkungsschräglage erzeugten Verzerrungen zweiter Ordnung von optischen Verstärkern.....	54
Literaturhinweise	55
Bild 1 – Schräglage und mikroskopische Schräglage optischer Verstärker	13
Bild 2 – Messung von optischer Dämpfung, Richtdämpfung und Isolation	17
Bild 3 – Sättigung der optischen Ausgangsleistung.....	18
Bild 4 – Messung von Chirp und Linienbreite von Sendern.....	19
Bild 5 – Messung des optischen Modulationsgrades.....	21
Bild 6 – Messung des Bezugsausgangspegels eines optischen Empfängers.....	22
Bild 7 – Messung von Frequenzbereich und Welligkeit	23
Bild 8 – Bestimmung des Anstiegs	23
Bild 9 – Bestimmung der Welligkeit	24
Bild 10 – Prüfobjekt zur Messung des <i>CSO</i> von optischen Sendern.....	25
Bild 11 – Prüfobjekt zur Messung des <i>CTB</i> von optischen Sendern.....	26
Bild 12 – Anordnung zur Messung der Kreuzmodulation eines optischen Senders.....	27
Bild 13 – Messaufbau für die Messung der Empfängerintermodulation	30
Bild 14 – Messaufbau für die Messung der mikroskopische Verstärkungsschräglage.....	32
Bild 15 – System mit internen Rauschquellen	33
Bild 16 – PIN-Dioden-Empfänger.....	33
Bild 17 – Zu prüfendes optisches Übertragungssystem	35
Bild 18 – Messanordnung zur Messung des Träger-Rausch-Verhältnisses.....	35
Bild 19 – Messaufbau zur Bestimmung der Rauschparameter und des optischen Modulationsgrades	39
Bild 20 – Messanordnung zur Messung der SBS-Schwelle	41
Bild 21 – Aufbau zur Messung des <i>CCR</i>	42
Bild 22 – Klassifikation der Aufwärtskanal-Sender	47
Tabelle 1 – Rauschkorrekturfaktoren C_n für unterschiedliche Rauschpegeldifferenzen D	36
Tabelle 2 – Klassen für optische Abwärtskanal-Sender im Vorwärtskanal	44

	Seite
Tabelle 3 – Erforderliche Datenangaben für optische Abwärtskanal-Sender.....	45
Tabelle 4 – Empfehlungen für optische Abwärtskanal-Sender.....	45
Tabelle 5 – Leistungsanforderungen an optische Abwärtskanal-Sender	46
Tabelle 6 – Erforderliche Datenangaben für optische Aufwärtskanal-Sender.....	47
Tabelle 7 – Empfehlungen für optische Aufwärtskanal-Sender.....	48
Tabelle 8 – Leistungsanforderungen an optische Aufwärtskanal-Sender	48
Tabelle 9 – Klassifikation der optischen Empfänger.....	49
Tabelle 10 – Erforderliche Datenangaben für optische Empfänger	49
Tabelle 11 – Empfehlungen für optische Empfänger	50
Tabelle 12 – Leistungsanforderungen an optische Empfänger	50
Tabelle 13 – Klassen optischer Verstärker	51
Tabelle 14 – Leistungsanforderungen an optische Verstärker.....	51
Tabelle A.1 – Liste mit Mindestumfang anzugebender relevanter Parameter für optische Verstärker	53

Einleitung

Die Normen der Reihe IEC 60728 behandeln Kabelnetze für Fernsehsignale, Tonsignale und interaktive Dienste, einschließlich Geräte, Systeme und Installationen für Kopfstellenempfang, Verarbeitung und Verteilung von Fernseh- und Tonsignalen und ihren zugehörigen Datensignalen und Verarbeitung, Kopplung und Übertragung aller Arten von interaktiven Multimedia-Signalen, welche beliebige anwendbare Übertragungsmedien verwenden.

- Eingeschlossen sind alle Netzarten, die modulierte HF-Träger übertragen wie CATV ¹⁾-Netze;
- MATV- und SMATV-Netze;
- Einzelempfangsnetze;

und jede Art von Gerät, System oder Installation, die in solchen Netzen installiert ist.

Der Umfang dieser Normen reicht von Antennen bzw. dem Übergabepunkt der jeweiligen Signalquelle bis hin zur Antennensteckdose bzw. – sofern keine Antennensteckdosen verwendet werden – dem Anschluss des jeweiligen Teilnehmerendgeräts.

Die Normung jeglicher Teilnehmer-Endgeräte (d. h. Tuner, Empfänger, Decoder, Multimedia-Endgeräte usw.) als auch jeglicher Koaxialkabel, symmetrischer Kabel und Lichtwellenleiter-Kabel und deren Armaturen ist ausgeschlossen.

Der Empfang von Fernsehsignalen innerhalb eines Gebäudes erfordert eine Außenantenne und ein Verteilnetz zur Übertragung des Signals an die Fernsehempfangsgeräte.

¹⁾ Dieses Wort schließt Hybride-Koax-Glasfaser (HFC)-Netze mit ein, die heutzutage eingesetzt werden, um Telekommunikationsdienste, Sprache, Daten- und Audio- & Videosignale mittels Rundfunk und im Nahbereich (en: narrow cast) zu übertragen.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der IEC 60728 legt Messverfahren, Leistungsanforderungen und Anforderungen an die Veröffentlichung technischer Daten für optische Geräte von Kabelnetzen für Fernsehsignale, Tonsignale und interaktive Dienste fest.

Diese Norm

- gilt für alle optischen Sender, Empfänger, Verstärker, Verteiler, Richtkoppler, Isolatoren, Multiplexer, Steck- und Spleißverbindungen, die in Kabelnetzen benutzt werden;
- deckt den Frequenzbereich von 5 MHz bis 3000 MHz ab;

ANMERKUNG Der obere Grenzwert ist ein Beispiel, aber kein fester Wert. Der Frequenzbereich oder die Bereiche, für die Geräte ausgelegt sind, ist anzugeben.

- bestimmt die garantierten Leistungsanforderungen für bestimmte Parameter;
- legt die Anforderungen für garantierte Leistungsangaben fest;
- beschreibt Messverfahren zur Nachweisprüfung.

Alle Anforderungen und angegebenen Daten sind, soweit auf Kabelnetze für Fernsehsignale, Tonsignale und interaktive Dienste anwendbar, innerhalb des festgelegten Frequenzbereichs und unter angepassten Bedingungen als Mindest-Leistungsfähigkeiten zu verstehen.

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 60068-1, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

IEC 60068-2 (alle Teile), *Environmental testing – Part 2: Tests*

IEC 60169-2, *Radio-frequency connectors – Part 2: Coaxial unmatched connector*

IEC 60169-24, *Radio-frequency connectors – Part 24: Radio-frequency coaxial connectors with screw coupling, typically for use in 75 ohm cable distribution systems (Type F)*

IEC 60417-DB, *Graphical symbols for use on equipment*

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60617-DB, *Graphical symbols for diagrams*

IEC 60728-1, *Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 1: System performance of forward paths*

IEC 60728-2, *Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 2: Electromagnetic compatibility of equipment*

IEC 60728-3, *Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 3: Active coaxial wideband distribution equipment*

IEC 60728-13, *Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 13: Optical systems for broadcast signal transmissions*

IEC 60793-2-50, *Optical fibres – Part 2-50: Product specifications – Sectional specification for class B single-mode fibres*

IEC 60825-1, *Safety of laser products – Part 1: Equipment classification, requirements and user's guide*

IEC 61280-1-1, *Fibre optic communication subsystem basic test procedures – Part 1-1: Test procedures for general communication subsystems – Transmitter output optical power measurement for single-mode optical fibre cable*

IEC 61280-1-3, *Fibre optic communication subsystem basic test procedures – Part 1-3: Test procedures for general communication subsystems – Central wavelength and spectral width measurement*

IEC 61280-2-2, *Fibre optic communication subsystem basic test procedures – Part 2-2: Test procedures for digital systems – Optical eye pattern, waveform, and extinction ratio*

IEC 61280-4-2, *Fibre optic communication subsystem basic test procedures – Part 4-2: Fibre optic cable plant – Single-mode fibre optic cable plant attenuation*

IEC 61282-4, *Fibre optic communication system design guides – Part 4: Guideline to accommodate and utilize nonlinear effects in single-mode fibre optic systems*

IEC 61290-1-1, *Optical fibre amplifiers – Basic specification – Part 1-1: Test methods for gain parameters – Optical spectrum analyzer*

IEC 61290-1-2, *Optical fibre amplifiers – Basic specification – Part 1-2: Test methods for gain parameters – Electrical spectrum analyzer*

IEC 61290-1-3, *Optical fibre amplifiers – Basic specification – Part 1-3: Test methods for gain parameters – Optical power meter*

IEC 61290-3-2, *Optical fibre amplifiers – Part 3-2: Test methods for noise figure parameters – Electrical spectrum analyzer*

IEC 61290-5, *Optical fibre amplifiers – Basic specification – Part 5: Test methods for reflectance parameters.*

IEC 61290-6-1, *Optical fibre amplifiers – Basic specification – Part 6-1: Test methods for pump leakage parameters – Optical demultiplexer*

IEC 61291-1, *Optical fibre amplifiers – Part 1: Generic specification*

IEC 61291-4, *Optical amplifiers – Part 4: Multichannel applications – Performance specification template*

IEC 61291-5-2, *Optical amplifier 330 s – Part 5-2: Qualification specifications – Reliability qualification for optical fibre amplifiers*

IEC 61300-3-6, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 3-6: Examinations and measurement – Return loss*

IEC 61754-4, *Fibre optic connector interfaces – Part 4: Type SC connector family*

IEC 61931, *Fibre optics – Terminology*

IEC 80416, *Basic principles for graphical symbols for use on equipment*

EN 300019-1-3, *Environmental Engineering (EE) – Environmental conditions and environmental tests for telecommunications equipment – Part 1-3: Classification of environmental conditions; Stationary use at weatherprotected locations*

3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe aus IEC 60728-1, IEC 61931 und die folgenden.

3.1.1

optische Sendeeinheit

optischer Sender

Tx (Abkürzung)

Sendegerät für den Anschluss von Lichtwellenleitern mit einem Eingangsanschluss für ein elektrisches Signal, das an seinem Ausgangsanschluss einen mit dem Eingangssignal modulierten optischen Träger zur Verfügung stellt

ANMERKUNG Für die Anwendung in dieser Norm können optische Sender mehr als einen Eingangsanschluss für elektrische HF-Signale besitzen.

[IEC 61931, Begriff 2.9.6]

3.1.2

optische Empfangseinheit

optischer Empfänger

Rx (Abkürzung)

Empfangsgerät für den Anschluss von Lichtwellenleitern mit einem Eingangsanschluss für einen modulierten optischen Träger, das an seinem Ausgangsanschluss das entsprechend demodulierte elektrische Signal (mit dem zugehörigen Takt bei digitalen Signalen) zur Verfügung stellt

ANMERKUNG Für die Anwendung in dieser Norm können optische Empfänger mehr als einen Ausgangsanschluss für elektrische HF-Signale besitzen.

[IEC 61931, Begriff 2.9.7]

3.1.3

optischer Verstärker

Gerät für optische Wellen mit einem geeigneten gepumpten aktiven Medium, das zur Verstärkung eines Lichtsignals geeignet ist

[IEC 61931, Begriff 2.7.75]

3.1.4

(optischer) Isolator

optisches, auf den Faraday-Effekt basierendes Gerät mit zwei Anschlüssen zur Unterdrückung von Reflexionen in Rückwärtsrichtung mit geringer Einfügungsdämpfung in Vorwärtsrichtung

ANMERKUNG 1 Ein Isolator wird üblicherweise zur Vermeidung von Reflexionen in Rückwärtsrichtung verwendet.

ANMERKUNG 2 Ein Isolator ist allgemein abhängig von der Polarisierung. Es gibt jedoch auch von der Polarisierung unabhängige Isolatoren.

[IEC 61931, Begriff 2.6.30]

3.1.5

(Lichtwellenleiter-)Spleiß

fest angebrachter oder zeitweise fest angebrachter Verbinder zur Sicherung der Kontinuität einer Übertragung zwischen zwei optischen Fasern

[IEV 731-05-05, modifiziert]

[IEC 61931, Begriff 2.6.8]

3.1.6

Lichtwellenleiter-Verteiler

(Lichtwellenleiter-)Verteiler

(Lichtwellenleiter-)Koppler (abgelehnt)

Gerät für optische Wellen mit drei oder mehr optischen Anschlüssen, das die optische Leistung unter Beibehaltung der Wellenlänge oder der Wellenlängen ohne Veränderung dieser auf vorherbestimmte Art auf die Anschlüsse verteilt

ANMERKUNG Die Anschlüsse können mit Lichtwellenleitern, Signalquellen, Detektoren usw. verbunden sein.

[IEC 61931, Begriff 2.6.21]

3.1.7

gerichteter Verteiler

Richtkoppler (abgelehnt)

Gerät, das ein optisches Signal auf vorherbestimmte Art auf die Anschlüsse der Ausgänge verteilt, nur wenn Licht in einen vorausgewählten Eingang eingestrahlt wird

[IEC 61931, Begriff 2.6.22]

ANMERKUNG Für die Anwendung in dieser Norm wird Richtkoppler als Begriff bevorzugt, da dies auch der Begriff für das elektrische Äquivalent ist.

3.1.8

Multiplexer

Wellenlängenmultiplexer

WDM

von der Wellenlänge abhängiger Verteiler (wird in WDM-Übertragungssystemen verwendet), der optische Signale in Abhängigkeit von deren Wellenlänge zwischen zwei vorherbestimmten Eingängen übertragen kann

[IEC 61931, Begriff 2.6.51]

3.1.9

Bezugsausgangspegel eines optischen Empfängers

Abstand x eines elektrischen Ausgangspegels von einem optischen Empfänger kann aus dem optischen Eingangspegel bei einem Modulationsgrad $m = 0,05$ mit folgender Gleichung bestimmt werden:

$$U = 2P_{\text{opt,RX}} + x \text{ dB}(\mu\text{V}) \quad (1)$$

Dabei ist

U der elektrische Ausgangspegel in dB(μV)

$P_{\text{opt,RX}}$ der optische Eingangspegel in dBm

x der Bezugspegel in dB(μV)

3.1.10

optischer Modulationsgrad

der optische Modulationsgrad m ist definiert als:

$$m = \frac{\Phi_{\text{h}} - \Phi_{\text{l}}}{\Phi_{\text{h}} + \Phi_{\text{l}}} \quad (2)$$

Dabei ist Φ_{h} der höchste und Φ_{l} der kleinste Augenblickswert der optischen Leistung eines intensitätsmodulierten optischen Signals. Diese Größe wird überwiegend in analogen Systemen verwendet.

ANMERKUNG Diese Definition gilt nicht für Systeme, bei denen die Eingangssignale als Digitalsignale in das Basisband umgesetzt und übertragen werden. In diesem Fall sind die Begriffe Modulationstiefe oder Absorptionsverhältnis nach IEC 61931, 2.6.79 und 2.7.46, zu verwenden. Ein Prüfverfahren für das Absorptionsverhältnis ist in IEC 61280-2-2 beschrieben.

3.1.11

Rauschzahl

Abnahme des Signal-Rausch-Verhältnisses (SNR, en: Signal-to-Noise Ratio) am Ausgang eines optischen Detektors mit Einheitsquantenwirkungsgrad aufgrund der Ausbreitung eines Schrotrausch-limitierten Signals durch den optischen Verstärker (OFA), angegeben in dB

[IEC 61291-1, Begriff 3.2.38]

ANMERKUNG Die Rauschzahl eines optischen Verstärkers hängt von der verwendeten optischen Eingangsleistung und Wellenlänge ab.

3.1.12

relatives Intensitätsrauschen

RIN

Verhältnis des mittleren Quadrats der Intensitätsschwankungen der optischen Leistung einer Lichtquelle zum Quadrat der mittleren optischen Ausgangsleistung. Das *RIN* wird üblicherweise in dB/Hz mit sich hieraus ergebenden negativen Werten ausgedrückt

ANMERKUNG Der Wert für das *RIN* kann aus Ergebnissen von Messungen des Träger-Rausch-Verhältnisses eines Systems (siehe 4.16) berechnet werden.

3.1.14

äquivalente Eingangsrauschstromdichte

ASE (abgekürzt)

fiktive Eingangsrauschstromdichte, die, in den Eingang eines idealen, rauschfreien Geräts eingespeist, die gleiche Ausgangsrauschstromdichte verursachen würde, wie die, die am Ausgang des tatsächlichen zu betrachtenden Geräts zu beobachten ist

ANMERKUNG Sie kann mit folgender Gleichung aus dem Träger-Rausch-Verhältnis *C/N* (siehe 4.18) eines Geräts oder Systems berechnet werden:

$$I_r = \sqrt{\frac{C}{Z \cdot 10^{\frac{1}{10} C/N}}} \quad (3)$$

Dabei ist

C die Amplitude des Trägers am Eingang des Geräts oder Systems;

Z dessen Eingangsimpedanz.

Die äquivalente Eingangsrauschstromdichte muss in $A/\sqrt{\text{Hz}}$ angegeben werden.

3.1.15

Empfindlichkeit

Quotient von elektrischer Ausgangsgröße durch optische Eingangsgröße eines optischen Empfängers bei einer vorgegebenen Wellenlänge

[IEV 731-06-36, modifiziert]

ANMERKUNG 1 Die Empfindlichkeit wird im Allgemeinen ausgedrückt in Ampere je Watt oder in Volt je Watt einfallender Strahlungsleistung.

ANMERKUNG 2 Manchmal wird der Begriff Empfindlichkeitsschwelle (en: sensitivity) als ungenaues Synonym für Empfindlichkeit benutzt.

ANMERKUNG 3 Der Bereich der Wellenlänge um eine vorgegebene Wellenlänge kann angegeben werden.

[IEC 61931, Begriff 2.7.56]

3.1.16

chromatische Dispersion

Gesamt-Dispersion (abgelehnt)

Verbreiterung eines Lichtpulses in Bandbreiteneinheiten des Quellsignals in einem Lichtwellenleiter, verursacht durch unterschiedliche Gruppenlaufzeiten der unterschiedlichen Wellenlängen, die das Quellspektrum bilden

ANMERKUNG Die chromatische Dispersion kann durch Ungleichmäßigkeiten von Werkstoff, Wellenleiter oder Profil verursacht werden.

[IEC 61931, Begriff 2.4.54]

3.1.17

Wellenlänge

die von der Periode der Wellenfront einer harmonischen ebenen Welle abgedeckte Entfernung

[IEC 61931, Begriff 2.2.9]

ANMERKUNG Die Wellenlänge λ von Licht im Vakuum ist definiert durch:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (4)$$

Dabei ist

c die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum ($c \approx 2,99792 \times 10^8$ m/s);

f die Lichtfrequenz.

Obwohl die Wellenlänge in dielektrischen Werkstoffen wie Glasfasern kürzer als im Vakuum ist, wird nur die Lichtwellenlänge im Vakuum verwendet.

3.1.18

Chirp

schneller Wechsel der abgestrahlten Wellenlängen einer direkt-intensitätsmodulierten Lichtquelle als Funktion der Intensität des Modulationssignals

ANMERKUNG 1 Chirp sollte nicht mit der Langzeitänderung der Wellenlänge verwechselt werden.

ANMERKUNG 2 Durch die chromatische Dispersion in der Glasfaser bei Verwendung eines Einmoden-Lasers kann der Chirp entweder eine Verschlechterung oder Verbesserung der Gesamtbandbreite verursachen.

[IEC 61931, Begriff 2.7.44]

3.1.19

Polarisation

Richtung des Vektors eines elektrischen Feldes einer elektromagnetischen Strahlung

[IEC 61931, Begriff 2.1.44]

3.1.20

Linienbreite

spektrale Bandbreite eines einzelnen Lasermodes, definiert als die Differenz der optischen Frequenzen, bei denen die Amplitude die halbe Höchstamplitude erreicht oder erstmalig auf diesen Wert abfällt

3.1.21

Kohärenzlänge

Länge der Ausbreitungsstrecke, auf der die optische Strahlung als kohärente Strahlung betrachtet werden kann

[IEV 731-01-17 modifiziert]

ANMERKUNG Die Kohärenzlänge in einem Medium mit der Brechzahl n ergibt sich annähernd zu

$$\lambda_0^2 / (n \cdot \Delta\lambda)$$

Dabei ist

λ_0 die mittlere Wellenlänge;

$\Delta\lambda$ die spektrale Linienbreite der Quelle.

[IEC 61931, Begriff 2.1.67]

3.1.22

Kohärenzdauer

Dauer, während der die optische Strahlung als kohärente Strahlung betrachtet werden kann

[IEV 731-01-18]

ANMERKUNG 1 Die Kohärenzdauer ist gleich dem Quotienten von Kohärenzlänge durch Phasengeschwindigkeit von Licht in einem Medium.

ANMERKUNG 2 Die Kohärenzdauer ist annähernd gegeben durch $\lambda_0^2 / (c \Delta\lambda)$, dabei ist λ_0 die mittlere Wellenlänge, $\Delta\lambda$ die spektrale Linienbreite und c die Vakuumlichtgeschwindigkeit.

[IEC 61931, Begriff 2.1.68]

3.1.24

verstärkte spontane Emission

ASE (Abkürzung)

in einem aktiven Medium mit einem optischen Verstärker verstärkte Lichtleistung, die in Bezug zu spontan emittierten Photonen steht

[IEC 61931, Begriff 2.7.87]

3.1.25

Richtdämpfung

Maß für die unerwünschte Übertragung eines Teils der Lichtleistung von einem Eingangsanschluss in einem allgemeinen Lichtwellenleiter-Verteiler, wenn alle anderen Anschlüsse optisch reflexionsfrei angepasst sind

[IEC 61931, Begriff 2.6.50]

3.1.26

mittlere Wellenlänge

Mittelwert aus den Wellenlängen, bei denen die Amplitude einer Lichtquelle den halben Wert der maximalen Amplitude erreicht oder das letzte Mal auf diesen Wert abfällt

3.1.27

spektrale Breite

Maß für den Wellenlängenbereich eines Spektrums oder einer spektralen Eigenschaft

[IEV 731-06-24 modifiziert]

[IEC 61931, Begriff 2.7.42]

3.1.28

(angeregte) Brillouin-Streuung

SBS (Abkürzung)

nichtlineare Streuung optischer Strahlung, gekennzeichnet durch einen Frequenzversatz wie bei der Raman-Streuung, die aber von einer niedrigeren (akustischen) Schwingung des mittleren Gitters begleitet wird. Unter Bezug auf die einfallende Strahlung wird das Licht rückgestreut.

ANMERKUNG In Quarz-Lichtwellenleitern beträgt der Frequenzversatz ungefähr 10 GHz.

[IEC 61931, Begriff 2.1.88]

3.1.29

Sättigungsausgangsleistung

(Leistung bei Verstärkungskompression)

optischer Leistungspegel, der mit dem Ausgangssignal verbunden ist, bei dem die Verstärkung um N dB (typisch $N = 3$) gegenüber der Kleinsignalverstärkung bei der Signalwellenlänge verringert ist

ANMERKUNG Die Wellenlänge, bei der der Parameter spezifiziert ist, sollte angegeben werden.

[IEC 61291-1, Begriff 3.2.33]

3.1.30

optische Rückflusdämpfung

Rückflusdämpfung

ORL (Abkürzung)

in dB ausgedrücktes Verhältnis der gesamten reflektierten Leistung und einfallenden Leistung in einem Lichtwellenleiter, optischen Gerät oder optischen System, definiert als:

$$-10 \lg \frac{P_r}{P_i}$$

Dabei ist

P_r die reflektierte Leistung;

P_i die einfallende Leistung.

ANMERKUNG 1 Bei Bezugnahme auf die reflektierte Leistung einer einzelnen Komponente ist Reflexionsgrad der bevorzugte Begriff.

[IEC 61931, Begriff 2.6.49]

ANMERKUNG 2 Für die Anwendung in dieser Norm wird der Begriff Reflexionsgrad nur für optische Verstärker verwendet. Der Begriff optische Rückflusdämpfung wird für die Anschlüsse aller anderen Arten von Geräten verwendet.

ANMERKUNG 3 Der Begriff Rückflusdämpfung wird ebenso für elektrische Anschlüsse verwendet. Die Definition bezieht sich in diesem Fall auf die elektrische Leistung.

3.1.31

Mantelmode

Mode, bei dem das elektromagnetische Feld auf Mantel und Kern beschränkt ist, weil der äußerste Mantel von einem Medium mit niedrigerer Brechzahl umgeben ist

[IEV 731-03-60]

[IEC 61931, Begriff 2.4.10]

3.1.32

Anstieg

Verstärkungs- oder Dämpfungsunterschied zwischen zwei festgelegten Frequenzen unter zwei beliebigen Anschlüssen eines Geräts oder Systems

ANMERKUNG 1 In dieser Norm bezieht sich der Begriff „Anstieg“ nur auf die elektrische Verstärkung oder Dämpfung des Geräts.

ANMERKUNG 2 Bei Geräten für Kabelnetze wird an den Bandgrenzen eine Ausgleichsgerade betrachtet (siehe 4.10).

3.1.33

Welligkeit

Unterschied zwischen der höchsten und kleinsten Verstärkung oder Dämpfung, vermindert um den Anstieg innerhalb des spezifizierten Modulationsfrequenzbereichs eines Geräts oder Systems

3.1.34

Kleinsignalverstärkung

SSG (Abkürzung)

Verstärkung eines optischen Verstärkers, der in seinem linearen Bereich, in dem die Verstärkung unabhängig von der optischen Eingangsleistung ist, betrieben wird

ANMERKUNG Dieser Parameter kann für eine einzige Wellenlänge oder als Funktion der Wellenlänge angegeben werden.

3.1.35

Polarisationsdämpfung

größte Änderung der Einfügungsdämpfung für alle möglichen Zustände der Eingangspolarisation

3.1.36

Zentroidalwellenlänge

mittlere oder durchschnittliche Wellenlänge eines optischen Spektrums

ANMERKUNG Andere spektrale Wellenlängen sind Mittenwellenlängen, Wellenlängen bei halber Leistung und Spitzenwellenlängen.

[IEC 61281-1, Begriff 3.10]

3.1.37

mikroskopische Verstärkungsschräglage

durch Welligkeit im Subnanometerbereich erzeugte Schräglage der Verstärkungs-/Wellenlänge-Kurve im vorgegebenen Wellenlängenbereich optischer Verstärker (siehe Bild 1).

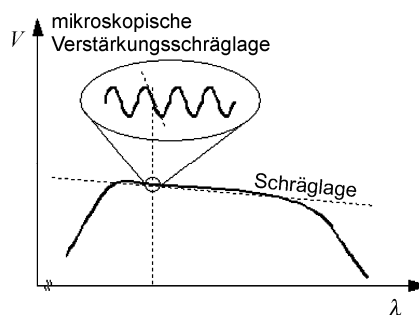


Bild 1 – Schräglage und mikroskopische Schräglage optischer Verstärker

3.1.38

Träger-/Übersprech-Verhältnis

CCR (Abkürzung)

Pegelunterschied des CATV-Rundfunkträgerpegels und dem ungünstigsten Fall des Einzelfrequenz-Übersprechens anderer Dienste, gemessen am HF-Signalausgang des optischen Empfängers für CATV-Rundfunkdienste

$$CCR = D_{\text{CATV}} - U_{\text{sonst}} \quad (5)$$

Dabei ist

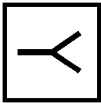
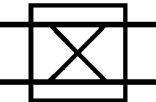
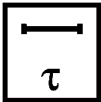
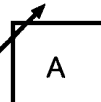
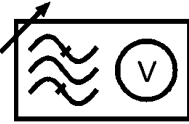
D_{CATV} der Nennpegel des CATV-Rundfunksignals am HF-Signalausgang des optischen Empfängers für CATV-Rundfunkdienste in dB(μV)

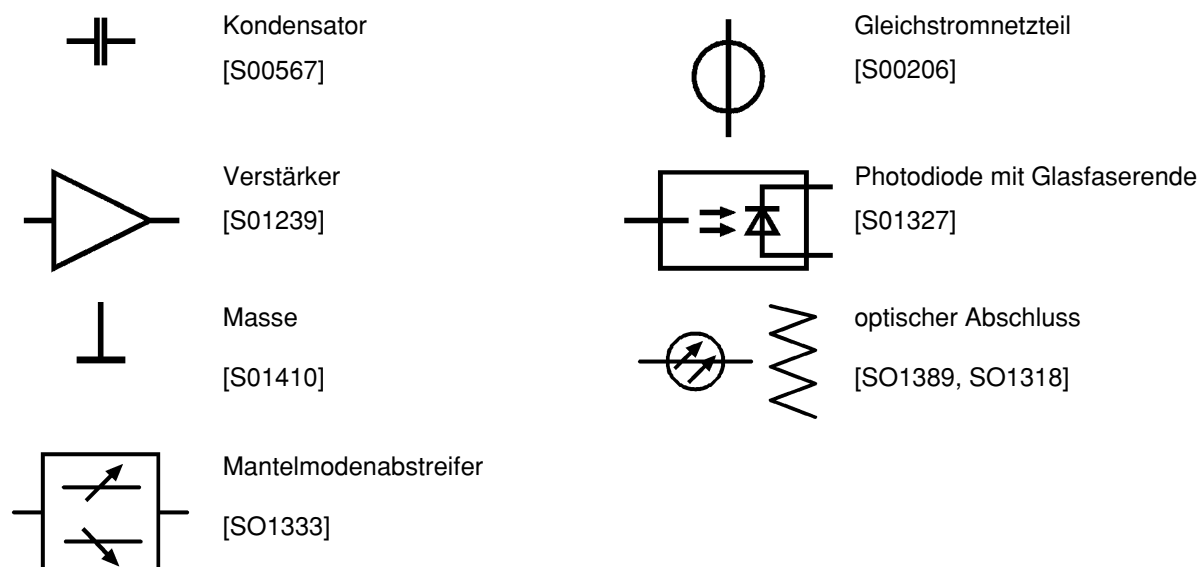
U_{sonst} der Pegel des ungünstigsten Fall des Einzelfrequenz-Übersprechens eines anderen Dienstes, gemessen am HF-Signalausgang des optischen Empfängers für CATV-Rundfunkdienste in dB(μV)

Das CCR muss in dB angegeben werden.

3.2 Symbole

In den Bildern dieser Norm werden folgende grafische Symbole verwendet. Diese Symbole werden entweder in IEC 60617 aufgelistet oder gehen auf die in IEC 60617 festgelegten Symbole zurück.

	optischer Sender [S00213]		optischer Empfänger [S00213]
	optischer Verstärker [S00127, S01239]		Glasfaser [S01318]
	Isolator [S01175]		Koppler [S00059, S01188]
	Richtkoppler [S00059, S01193]		Verzögerungsleitung [S00608]
	Polarisationssteller [S001430, vorgeschlagen]		Tiefpassfilter [S01248]
	Bandpassfilter [S01249]		einstellbarer Abschwächer [S01245]
	Impulsgenerator [S01228]		Sinusgenerator [S00899, S01403]
	Bitmuster-generator [S01228]		Spannungsmessgerät [S00059, S00913]
	Strommessgerät [S00059, S00910]		Leistungsmessgerät [S00059, S00910]
	Oszilloskop [S00059, S00922]		selektives Spannungsmessgerät [S00059, S00081, S00913, S01249]
	elektrischer Spektrumanalysator [S00059, S00910]		optischer Spektrumanalysator [S00059, S00910]
	HF-Drossel [S00583]		Widerstand [S00555]



3.3 Abkürzungen

Die folgenden Abkürzungen ^{N2)} werden in dieser Norm verwendet:

AC	Wechselstrom (en: alternating current)
AGC	Automatische Verstärkungsregelung (en: automatic gain control)
ALC	Automatische Pegelregelung (en: automatic level control)
ASE	Verstärkte spontane Emission (en: amplified spontaneous emission)
CATV	Kabelfernsehanlage (en: community antenna television)
C/N	Träger-Rausch-Verhältnis (en: carrier-to-noise ratio)
CCR	Träger-/Übersprech-Verhältnis (en: carrier to crosstalk ratio)
CSO	Verzerrungen 2. Ordnung (en: Composite-Second-Order)
CTB	Verzerrungen 3. Ordnung (en: Composite-Triple-Beat)
CW	Dauerstrich (en: continuous wave)
DC	Gleichstrom (en: direct current)
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
FTTH	Heimglasfaseranschluss (en: fibre to the home)
HF	Hochfrequenz
HFC	Hybride-Koax-Glasfaser (en: hybrid fibre coaxial)
MATV	Gemeinschaftsantennenanlage (en: master antenna television)
MTBF	Mittlere störungsfreie Zeit (en: mean time between failure)
NF	Rauschzahl (en: noise figure)
PDG	Polarisationsverstärkung (en: polarization dependant gain)
PDL	Polarisationsdämpfung (en: polarization dependant loss)

^{N2)} Nationale Fußnote: Nur die deutsche Fassung der verwendeten Abkürzungen ist in diesem Unterabschnitt erwähnt. Die englische und die französische Fassung dieses Teils können andere Abkürzungen verwenden. Für Einzelheiten ist auf 3.3 einer jeden Sprachfassung Bezug zu nehmen

PRBS	Pseudo-Zufallsfolge (en: pseudo random bit sequence)
RIN	Relatives Intensitätsrauschen (en: relative intensity noise)
SBS	(angeregte) Brillouin-Streuung (en: stimulated Brillouin scattering)
SMATV	Satelliten-Gemeinschaftsantennenanlage (en: satellite master antenna television)
WDM	Wellenlängenmultiplex (en: wavelength division multiplexing)
XM	Kreuzintermodulation (en: composite crossmodulation)
ZF	Zwischenfrequenz

4 Messverfahren

4.1 Allgemeine Messbedingungen

Für alle in diesem Abschnitt beschriebenen Messverfahren müssen folgende Anforderungen berücksichtigt werden:

4.1.1 Eingangsspezifikation

Folgende Bedingungen müssen entsprechend der Gerätespezifikation bereitgestellt werden:

- Versorgungsspannung(en);
- falls erforderlich: Steuersignal(e) mit richtigem Quellwiderstand, Pegel und richtiger Frequenz.

4.1.2 Messbedingungen

Sofern nicht anders angegeben, müssen alle Messungen unter folgenden Bedingungen durchgeführt werden:

- die Umgebungs- oder Bezugstemperatur muss (25 ± 5) °C betragen;
- die Luftfeuchte muss in dem Bereich 40 % bis 70 % liegen;
- es muss darauf geachtet werden, dass die Genauigkeit der Messungen durch optische Reflexionen nicht beeinträchtigt wird;
- während der Messungen müssen alle Steuersignale an den Eingängen konstant gehalten werden;
- Prüffasern müssen saubere und nicht abgebrochene Enden haben, um Leistungsverluste und Reflexionen zu verhindern.

4.2 Optische Leistung

Für die Messung am Ende der zu prüfenden Faser austretenden mittleren optischen Ausgangsleistung ist das Verfahren nach IEC 61280-1-1 anzuwenden. Die Prüffaser und der Anschluss müssen den Angaben des Herstellers entsprechen. Die optische Leistung muss in dB(mW) angegeben werden.

4.3 Dämpfung, Isolation, Richtdämpfung und Kopplungsverhältnis

Die Messung der nachfolgend aufgeführten Größen lässt sich auf die optische Leistungsmessung zurückführen. Deshalb ist für diese Messungen kein eigenes Messverfahren angegeben:

- Dämpfung von Fasern, Steckern und optischen Isolatoren;
- Isolation von optischen Isolatoren.

ANMERKUNG Die Verfahren zur Messung der Dämpfung von Lichtwellenleiterkabelanlagen ist in IEC 61820-4-2 beschrieben. Ein Verfahren zur Messung der Verstärkung optischer Verstärker ist in IEC 61290-1-3 angegeben.

4.3.1 Allgemeine Messbedingungen

Das Prüfobjekt muss mit einer zu dem Betriebswellenlängenbereich passenden Lichtquelle geprüft werden.

Alle optischen Ein- oder Ausgänge, die während der Messung nicht benötigt werden, müssen abgeschlossen werden, um sicherzustellen, dass kein reflektiertes Licht die Messgenauigkeit beeinträchtigen kann.

4.3.2 Messprinzip

- Die Lichtquelle ist mit dem Leistungsmessgerät zu verbinden und ihre optische Ausgangsleistung P_1 zu messen (siehe 4.2).
- Das Prüfobjekt ist entsprechend Bild 2 mit der Lichtquelle und dem optischen Leistungsmessgerät zu verbinden und die Leistung P_2 ist zu messen.

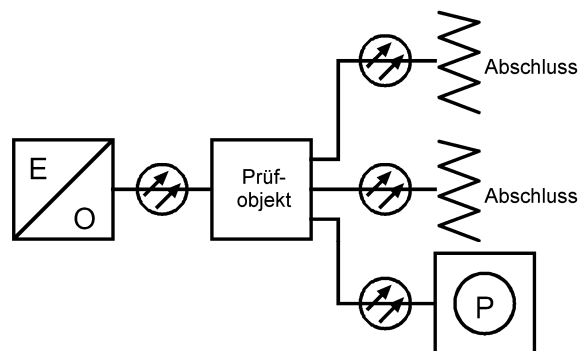


Bild 2 – Messung von optischer Dämpfung, Richtdämpfung und Isolation

- Die Dämpfung, Verstärkung, Richtdämpfung oder Isolation ist mit folgender Gleichung zu berechnen:

$$a = 10 \times \lg \frac{P_1}{P_2} \quad (6)$$

4.4 Rückflusdämpfung

4.4.1 Kurzbeschreibung

Üblicherweise ist die Rückflusdämpfung das in dB ausgedrückte Verhältnis zwischen der einfallenden optischen Leistung P_{in} und der reflektierten optischen Leistung P_{back} . Jede Messung der Rückflusdämpfung muss nach IEC 61300-3-6 durchgeführt werden. Bei Verstärkern für Lichtwellenleiter wird der Begriff Reflexionsgrad verwendet, der der Kehrwert der Rückflusdämpfung (siehe IEC 61291-1) ist. Messverfahren für Verstärker für Lichtwellenleiter sind in IEC 61290-5 festgelegt.

4.5 Sättigungsausgangsleistung eines optischen Verstärkers

4.5.1 Kurzbeschreibung

Der Zweck dieses Messverfahrens ist, die mittlere optische Ausgangsleistung einer Prüffaser zu messen, deren anderes Ende mit dem Ausgang eines in Sättigung betriebenen optischen Verstärkers verbunden ist. Die Sättigungsausgangsleistung muss in dB(mW) angegeben werden.

4.5.2 Durchführung der Messung

Die Verstärkung V eines optischen Verstärkers muss als Funktion der optischen Eingangsleistung nach IEC 61290-1-3 gemessen werden. Die Verstärkung ist über der optischen Eingangsleistung als Kurvenzug (gezeigt in Bild 3) aufzutragen. Bei geringen Eingangspegeln ist die Kleinsignalverstärkung konstant. Bei

höheren Eingangspegeln nimmt die Verstärkung ab. Die Sättigungsausgangsleistung wird erreicht, wenn die Verstärkung um N dB (ist kein anderer Wert angegeben, sollte N gleich 3 sein) gegenüber der Kleinsignalverstärkung zurückgeht und kann berechnet werden aus $P_{sat} = V_{sat} + P_{in}$ (in dBm).

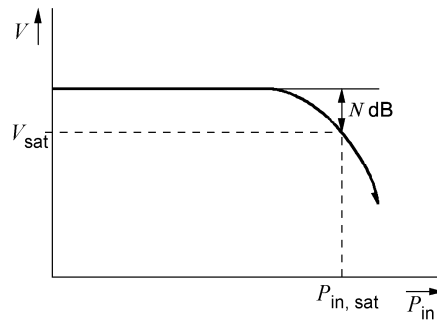


Bild 3 – Sättigung der optischen Ausgangsleistung

4.6 Zentroidalwellenlänge und spektrale Breite bei Modulation

Zur Messung der Zentroidalwellenlänge λ_0 des Spektrums und der spektralen Breite $\Delta\lambda$ eines modulierten optischen Senders ist das Messverfahren nach IEC 61280-1-3 anzuwenden. Die Zentroidalwellenlänge und die spektrale Breite müssen in nm angegeben werden. Das beschriebene Verfahren ist nicht anwendbar bei Lichtquellen und optischen Sendern mit sehr geringer spektraler Breite (einmodige Laser) und nicht geeignet zur Messung des Chirp von modulierten Lichtquellen (siehe 4.7).

4.7 Linienbreite und Chirp von Sendern mit einmodigen Lasern

4.7.1 Kurzbeschreibung

Der Zweck dieses Messverfahrens ist die Messung der Linienbreite und der Frequenzmodulation oder Chirp eines Senders mit einmodigen Lasern. Die Linienbreite muss in MHz angegeben werden. Der Chirp muss in MHz/mA angegeben werden.

4.7.2 Erforderliche Messeinrichtungen

- Ein **HF-Messsender**, der mit einem Tastverhältnis von 50 % ein- und ausgeschaltet werden kann, so dass der Sender für eine bestimmte Zeit τ unmoduliert und dann für die gleiche Zeit τ moduliert ist. Die Amplitude und die Signalform des erzeugten Signals müssen für den zu prüfenden Sender geeignet sein. Die Frequenz des Signals muss geringer sein als die Linienbreite des zu prüfenden Senders.
- Ein **faseroptisches Mach-Zehnder-Interferometer** mit einer Verzögerungsleitung, die eine Laufzeitdifferenz τ zwischen den beiden Signalwegen verursacht, und einem Polarisationssteller in einem der Signalwege.
- Ein **optischer Empfänger**, dessen 1-dB-Bandbreite größer als der erwartete Frequenzhub des optischen Ausgangssignals des zu prüfenden Senders ist.
- Ein **elektrischer Spektrumanalysator**, dessen Bandbreite größer als der erwartete Frequenzhub des optischen Ausgangssignals des zu prüfenden Senders ist.
- Glasfasern** zum Anschluss der optischen Einrichtungen.
- Falls in dem Sender nicht bereits ein Isolator integriert ist, wird zusätzlich ein **optischer Isolator** benötigt, der verhindert, dass reflektiertes Licht das Linienspektrum des Senders verändert.
- Ein **HF-Spannungsmessgerät** mit der gleichen Eingangsimpedanz wie die des zu messenden optischen Senders.

4.7.3 Allgemeine Messbedingungen

Die Verzögerungszeit τ (identisch mit Puls- und Pausenzeit τ des Messsenders) muss mindestens drei- bis fünfmal so lang sein wie die Kohärenzzeit des Senders, um sicherzustellen, dass die zusammengeführten Signale der beiden Arme des Interferometers unkorreliert sind. Für DFB-Laser ist ein typischer Wert für $\tau = 20 \mu\text{s}$ bis $50 \mu\text{s}$.

4.7.4 Durchführung der Messung

- a) Die Geräte sind entsprechend Bild 4 anzuschließen.

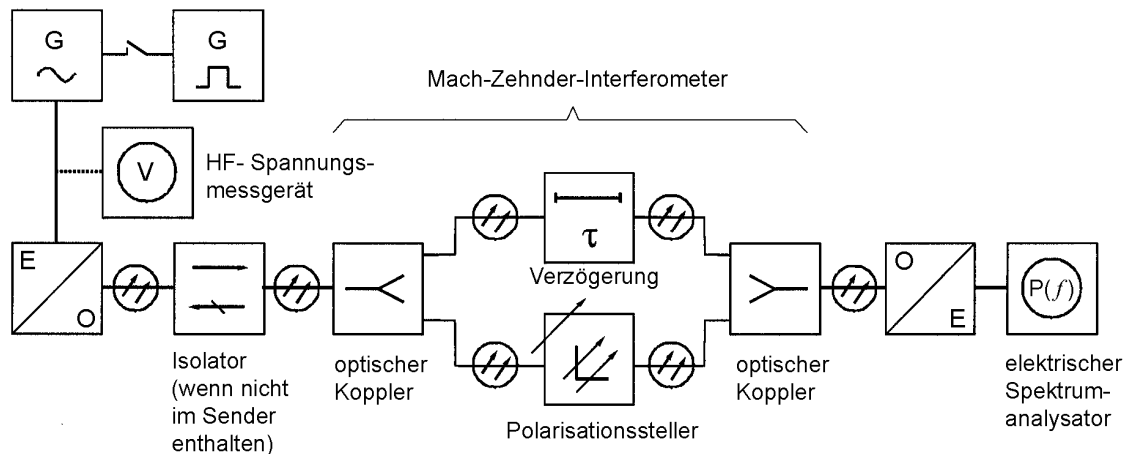


Bild 4 – Messung von Chirp und Linienbreite von Sendern

- b) Zur Messung der Linienbreite ist der Messsender auszuschalten.
- c) Zur Messung des Chirp ist der Messsender ein- und auszuschalten wie in 4.7.2 beschrieben. Zur Einstellung des Ausgangspegels ist der Messsender auf Dauerbetrieb zu schalten. Anschließend wird der Sender durch das HF-Spannungsmessgerät ersetzt und ein Ausgangspegel gewählt, bei dem sich am Sender ein optischer Modulationsgrad m im Bereich 0,5 bis 0,7 ergibt. Der Anzeigewert U des HF-Spannungsmessgeräts ist zu notieren. Anschließend wird der optische Sender wieder angeschlossen und das Tastsignal wieder eingeschaltet.
- d) Der Polarisationssteller ist so einzustellen, dass die auf dem Spektrumanalysator dargestellte Amplitude maximal wird.
- e) Beginnend bei der niedrigsten Frequenz des von dem Spektrumanalysator dargestellten Spektrums ist die Stelle zu suchen, an der die Amplitude um -3 dB abgefallen ist.

ANMERKUNG Wenn der -3-dB -Abfall außerhalb des Messbereichs des Spektrumanalysators liegt, ist ein kleinerer optischer Modulationsgrad zulässig. Dabei ist darauf zu achten, dass sich der Laser stets in einem stabilen Betriebszustand befindet.

- f) Ist der Messsender ausgeschaltet, entspricht die an diesem Punkt abzulesende Frequenz der Linienbreite des Senders. Falls der Kehrwert der Linienbreite nicht kleiner als die Verzögerungszeit τ ist, muss die Messung mit einer größeren Verzögerungszeit wiederholt werden.
- g) Mit eingeschaltetem Messsender ist das Spektrum verbreitert. Die Änderung der Frequenzanzeige Δf beim -3-dB -Punkt entspricht dem Gesamtwert des Chirp in MHz.

h) Der Chirp wird folgendermaßen berechnet:

$$f_c = \Delta f \frac{Z}{U} \quad (7)$$

Dabei ist

f_c Chirp;

Δf Änderung der Frequenzanzeige (Gesamtwert des Chirp);

Z Eingangsimpedanz des optischen Senders;

U Ausgangspegel des Messsenders.

4.7.5 Mögliche Fehlerquellen

- Dieses Messverfahren zur Messung der Linienbreite ist strenggenommen nur für Sender mit einem Lorentz-förmigen Spektrum gültig.
- Unsymmetrische Spektren führen zu falschen Ergebnissen.
- Außerdem können folgende Eigenschaften der Geräte die Genauigkeit der Messung beeinträchtigen:
 - die Ungenauigkeit des Spektrumanalysators;
 - die Instabilität des Senders.

4.8 Optischer Modulationsgrad

4.8.1 Kurzbeschreibung

Der Zweck dieses Messverfahrens ist die Messung des spezifischen optischen Modulationsgrades (Modulationsgrad je Kanal) eines optischen Senders unter vorgegebenen Bedingungen. Dieses Verfahren ist nicht geeignet, um den totalen Modulationsgrad eines mit einem Vielkanalsignal modulierten Senders zu messen.

4.8.2 Erforderliche Messeinrichtungen

- a) Ein **selektives Spannungsmessgerät** oder ein Spektrumanalysator mit definierter Eingangsimpedanz.
- b) Eine **PIN-Photodiode**, deren 1-dB-Bandbreite sehr viel größer als die Bandbreite des zu prüfenden Senders ist.
- c) Ein **Gleichspannungsnetzteil**, das eine Spannung liefert, die geringer als die Durchbruchspannung der Photodiode ist.
- d) Ein **Gleichstrommessgerät**.
- e) Eine **HF-Drossel**, die für die Frequenzen, bei denen die Messungen durchgeführt werden, geeignet ist.
- f) Wenn das selektive Spannungsmessgerät oder der Spektrumanalysator eine hohe Eingangsimpedanz aufweist, wird ein **Abschlusswiderstand** (50 Ω oder 75 Ω) benötigt, der für die Frequenzen, bei denen die Messungen durchgeführt werden, geeignet ist.
- g) Ein **Kondensator** mit hoher Güte, dessen Impedanz bei den für die Messungen verwendeten Frequenzen sehr viel geringer als die des selektiven Spannungsmessgeräts (Spektrumanalysators) ist.
- h) Eine **Glasfaser**, um den Sender mit der PIN-Diode zu verbinden.

ANMERKUNG Statt der PIN-Diode mit der Drossel, dem Widerstand und dem Kondensator kann auch ein kalibrierter Empfänger verwendet werden, wenn dessen Photostrom gemessen werden kann.

4.8.3 Durchführung der Messung

- a) Die Versorgungsspannung(en) und alle erforderlichen Steuersignale sind auf die festgelegten Werte einzustellen.
- b) Das angegebene Eingangssignal ist anzulegen. Die Geräte sind entsprechend Bild 5 anzuschließen.

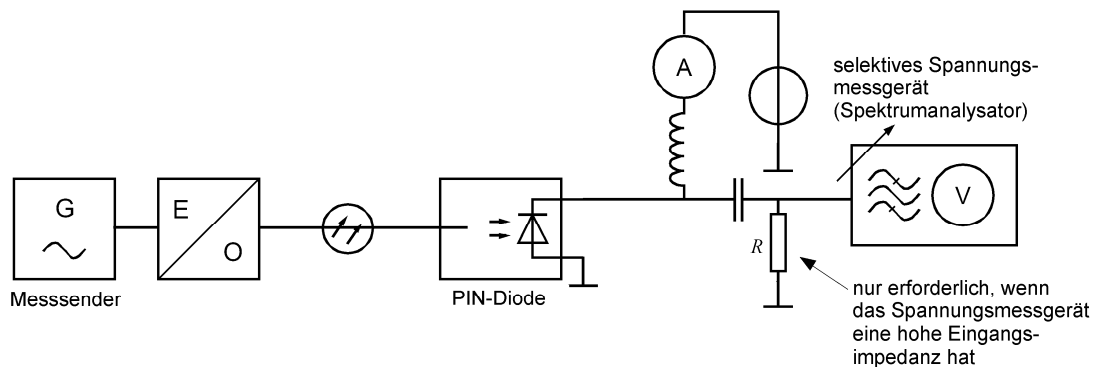


Bild 5 – Messung des optischen Modulationsgrades

- c) Das selektive Spannungsmessgerät (der Spektrumanalysator) ist auf die Frequenz des Kanals einzustellen, für den der individuelle optische Modulationsgrad gemessen werden soll.
- d) Die Anzeigen des Gleichstrommessgeräts und des selektiven Spannungsmessgeräts (Spektrumanalysators) sind zu protokollieren. Der optische Modulationsgrad ist mit folgender Gleichung zu berechnen:

$$m = \frac{\sqrt{2} U}{RI} \quad (8)$$

Dabei ist

- I Anzeige des Gleichstrommessgeräts;
- U Anzeige des selektiven Spannungsmessgeräts (Spektrumanalysator);
- R Widerstand oder Eingangsimpedanz des selektiven Spannungsmessgeräts oder Spektrumanalysators.

4.8.4 Mögliche Fehlerquellen

Die folgenden Eigenschaften der Geräte können die Genauigkeit der Messung verringern. Ein Verfahren mit höherer Genauigkeit ist in 4.17 beschrieben.

- Die Ungenauigkeit des Gleichstrommessgeräts.
- Die Ungenauigkeit des selektiven Spannungsmessgeräts (Spektrumanalysators).
- Der Frequenzgang der PIN-Diode.
- Unterschiede zwischen der statischen Steilheit und der dynamischen Steilheit der PIN-Diode. In diesem Fall muss ein Korrekturfaktor bei der Berechnung des Modulationsgrades eingesetzt werden.

4.9 Bezugsausgangspegel eines optischen Empfängers

4.9.1 Kurzbeschreibung

Der Zweck dieses Messverfahrens ist die Messung des Bezugsausgangspegels eines optischen Empfängers unter vorgegebenen Bedingungen. Der Bezugsausgangspegel muss in dB(μV) angegeben werden.

4.9.2 Erforderliche Messeinrichtungen

- a) Ein geeigneter **Messsender**.
- b) Ein **Sender** mit bekanntem differentiellen Wirkungsgrad und einer zum Eingangspegelbereich des zu prüfenden Empfängers passenden optischen Ausgangsleistung.
- c) Eine **Glasfaser**, um den Sender mit dem Empfänger zu verbinden.
- d) Ein **Mantelwellendämpfer**, wenn die Ummantelung der Glasfaser keinen Mantelwellendämpfer darstellt.

- e) Ein HF-Spannungsmessgerät.

4.9.3 Allgemeine Messbedingungen

- Es muss darauf geachtet werden, dass die gesamte optische Ausgangsleistung in den Empfänger gespeist wird.
- Eine eventuell vorhandene automatische Verstärkungsregelung des Empfängers (AGC) muss ausgeschaltet werden. Die Verstärkung muss auf den Höchstwert eingestellt werden.

4.9.4 Durchführung der Messung

- a) Die Versorgungsspannung(en) und alle erforderlichen Steuersignale sind auf die festgelegten Werte einzustellen.
- b) Die Geräte sind entsprechend Bild 6 anzuschließen.

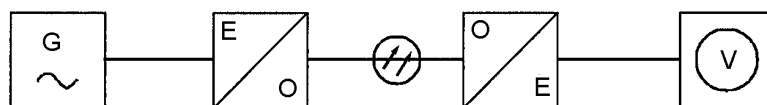


Bild 6 – Messung des Bezugsausgangspegels eines optischen Empfängers

- c) Der Pegel des Messsenders ist so einzustellen, dass der erforderliche Modulationsgrad erreicht wird.
- d) Die HF-Spannung ist bei den interessierenden Frequenzen zu messen.
- e) Der Bezugsausgangspegel ist mit folgender Gleichung zu berechnen:

$$x = U - 2P_{\text{opt,RX}} - 10 \lg \frac{m}{0,05} \quad (9)$$

Dabei ist

- x der Bezugsausgangspegel in dB(μ V);
- U der elektrische Ausgangspegel in dB(μ V);
- $P_{\text{opt,RX}}$ der optische Eingangspegel in dB(mW);
- m der für die Messung verwendete optische Modulationsgrad.

4.9.5 Mögliche Fehlerquellen

Mögliche Fehlerquellen sind:

- die Ungenauigkeit des Spannungsmessgeräts;
- die Dämpfung der Glasfaser und der optischen Steckverbindungen;
- die Ungenauigkeit des Ausgangspegels des Messsenders;
- die unbekannten Eigenschaften des Senders;
- das Sättigungsverhalten des Empfängers bei ausgeschalteter Verstärkungsregelung.

4.10 Anstieg und Welligkeit

4.10.1 Kurzbeschreibung

Der Zweck dieses Messverfahrens ist die Messung des Anstiegs und der Welligkeit von optischen Sendern und Empfängern unter vorgegebenen Bedingungen innerhalb eines vorgegebenen Frequenzbereichs. Der Anstieg und die Welligkeit müssen in dB angegeben werden.

ANMERKUNG Der Frequenzbereich ist üblicherweise geringer als die 3-dB-Bandbreite. Die 3-dB-Bandbreite ist die Differenz der unteren und oberen Frequenz, bei der der Amplitudenfrequenzgang um -3 dB gegenüber dem Spitzenwert abfällt.

4.10.2 Erforderliche Messeinrichtungen

- Ein **Messsender** mit einem Frequenzbereich, der größer als der zu erwartende Frequenzbereich des Prüfobjekts ist.
- Ein **HF-Spannungsmessgerät** für den Amplitudenfrequenzgang.
- Wenn das Prüfobjekt ein Sender ist, wird ein **optischer Empfänger** mit bekanntem Frequenzgang (kalibrierter Empfänger) benötigt. Wenn das Prüfobjekt ein Empfänger ist, wird ein optischer Sender mit bekanntem Frequenzgang (kalibrierter Sender) benötigt.
- Eine **Glasfaser** zum Anschluss des Senders und des Empfängers.

ANMERKUNG Statt des Messsenders und des Spannungsmessgeräts kann auch ein Netzwerkanalysator eingesetzt werden. Ein Spektrumanalysator mit Tracking-Generator kann ebenfalls verwendet werden. Ein Wobbelgenerator mit breitbandigem Dioden-Detektor kann benutzt werden, wenn bei allen Messungen der Generatorpegel so eingestellt wird, dass sich wieder der gleiche Pegel am Detektor ergibt.

4.10.3 Durchführung der Messung

- Die Versorgungsspannung(en) und alle erforderlichen Steuersignale sind auf die festgelegten Werte einzustellen.
- Die Geräte sind entsprechend Bild 7 anzuschließen.

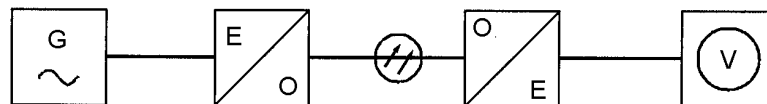


Bild 7 – Messung von Frequenzbereich und Welligkeit

- Die Spannung des Ausgangssignals ist bei einer ausreichenden Anzahl von Frequenzen über den gesamten festgelegten Frequenzbereich zu messen. Die Messwerte müssen um den bekannten Frequenzgang des eingesetzten kalibrierten Geräts korrigiert werden. Ist das Prüfobjekt ein Empfänger, muss die für die Messung verwendete optische Eingangsleistung protokolliert werden, da sich die Ergebnisse mit der Eingangsleistung ändern können.
- Ist von dem Prüfobjekt zu erwarten, dass es einen Anstieg besitzt, ist unter Verwendung des Verfahrens für das kleinste Fehlerquadrat eine Gerade durch die gemessenen Punkte zu ziehen. Es sind die Amplituden A_1 und A_2 an den Schnittpunkten dieser Geraden mit den Frequenzbereichsgrenzen f_l und f_u (siehe Bild 8) zu bestimmen. Als Anstieg des Geräts muss die Differenz $A_1 - A_2$ protokolliert werden.

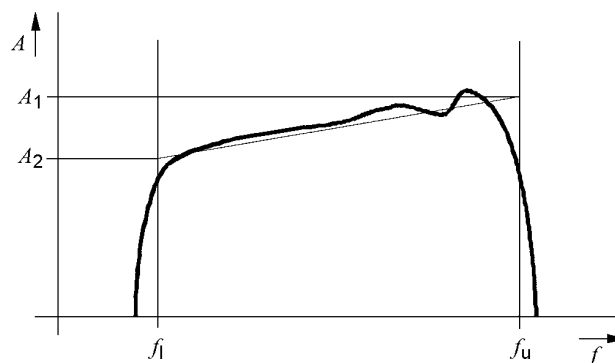


Bild 8 – Bestimmung des Anstiegs

- Ist von dem Prüfobjekt zu erwarten, dass es einen Anstieg besitzt, müssen die Amplituden um den Betrag des Anstiegs an den einzelnen Frequenzen korrigiert werden.

- f) Zu protokollieren ist der Spitzenwert $A_{\max}$ und kleinste Wert $A_{\min}$ des sich ergebenden Frequenzgangs innerhalb des Frequenzbereichs (siehe Bild 9). Die Welligkeit ist die Differenz von $A_{\max}$ und $A_{\min}$.

ANMERKUNG $A_{\max}$ und $A_{\min}$ dürfen die Amplituden an den Grenzen des Frequenzbereichs sein.

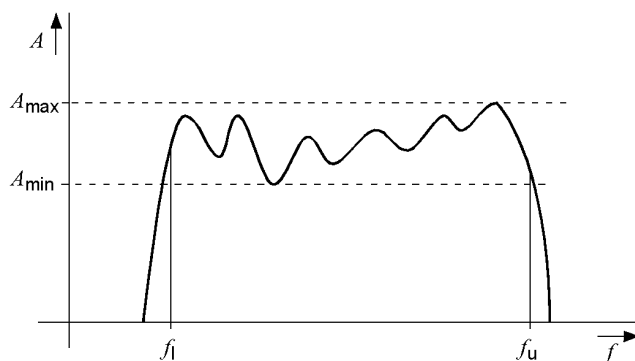


Bild 9 – Bestimmung der Welligkeit

4.10.4 Mögliche Fehlerquellen

Mögliche Fehlerquellen sind:

- die Ungenauigkeit der Frequenz und der Amplitude des Messsenders;
- die Ungenauigkeit des Spannungsmessgeräts;
- die Ungenauigkeit des kalibrierten Empfängers (Senders);
- die Ungenauigkeit der in der Anmerkung von 4.10.2 erwähnten Messeinrichtungen.

4.11 Störungen durch Verzerrungen 2. Ordnung (CSO) eines optischen Senders

4.11.1 Kurzbeschreibung

Der Zweck dieses Messverfahrens ist die Messung des CSO von optischen Sendern, die mit mehreren Trägern moduliert werden. Die Definition des CSO ist ursprünglich für elektrische Verstärker gültig, gilt aber auch für Geräte mit optischem Ausgang. In diesem Fall wird sie auf die elektrischen Signale, die das Licht modulieren, bezogen. Der CSO muss in dB angegeben werden.

4.11.2 Erforderliche Messeinrichtungen

- Alle Geräte, die für die Messung des CSO eines elektrischen Verstärkers erforderlich sind (siehe IEC 60728-3).
- Ein **optischer Empfänger**, dessen CSO mindestens 10 dB besser ist als der erwartete CSO des zu prüfenden Senders. Der CSO eines optischen Empfängers kann mit Hilfe der Ergebnisse einer Intermodulationsmessung (siehe 4.14) abgeschätzt werden.
- Eine **Glasfaser** zum Anschluss des Senders an den Empfänger.
- Wenn die optische Ausgangsleistung des Senders höher als die maximal zulässige Eingangsleistung des Empfängers ist, muss ein **optischer Abschwächer** zur Reduktion der Leistung eingesetzt werden.

4.11.3 Durchführung der Messung

- Die Versorgungsspannung(en) und alle erforderlichen Steuersignale sind auf die festgelegten Werte einzustellen.
- Die Geräte sind entsprechend Bild 10 anzuschließen.

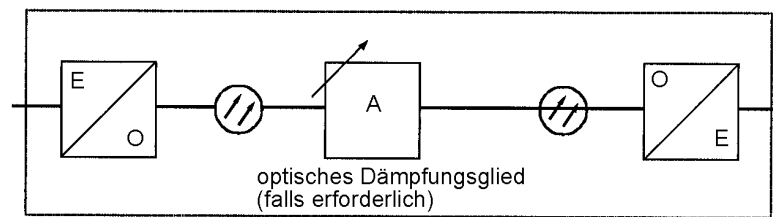


Bild 10 – Prüfobjekt zur Messung des CSO von optischen Sendern

- c) Das in Bild 10 dargestellte Prüfobjekt besitzt einen elektrischen Eingang und einen elektrischen Ausgang. Dadurch kann es wie ein elektrischer Verstärker behandelt werden. Das Messverfahren für CSO (siehe IEC 60728-3) kann auf diese Anordnung angewendet werden. Das Ergebnis ist der Wert, der als CSO des optischen Senders angegeben werden muss.
- d) Um sicherzustellen, dass die Verzerrungen des Empfängers vernachlässigt werden können, muss eine zweite Messung mit einer anderen Dämpfung zwischen optischem Sender und optischem Empfänger durchgeführt werden. Ein vom vorherigen abweichendes Ergebnis deutet auf zu hohe Verzerrungen des Empfängers hin.

4.11.4 Mögliche Fehlerquellen

Der gemessene Wert ist der CSO des gesamten optischen Systems. Der Einfluss des optischen Empfängers kann nur vernachlässigt werden, wenn dessen CSO erheblich besser als der des Senders ist. Der CSO eines optischen Empfängers kann jedoch nicht direkt gemessen werden. Er kann lediglich aus den Ergebnissen einer Intermodulationsmessung abgeschätzt werden. Diese Abschätzung ist nicht sehr genau, da die Additionsgesetze für die einzelnen Störprodukte frequenzabhängig und weitgehend unbekannt sind.

4.12 Verzerrungen 3. Ordnung (CTB) eines optischen Senders

4.12.1 Kurzbeschreibung

Der Zweck dieses Messverfahrens ist die Messung des CTB von optischen Sendern, die mit mehreren Trägern moduliert werden. Die Definition des CTB ist ursprünglich für elektrische Verstärker gültig, aber sie kann auch auf Geräte mit optischem Ausgang angewendet werden. In diesem Fall wird sie auf die elektrischen Signale, die das Licht modulieren, bezogen. Der CTB muss in dB angegeben werden.

4.12.2 Erforderliche Messeinrichtungen

- a) Alle Geräte, die für die Messung des CTB eines elektrischen Verstärkers erforderlich sind (siehe IEC 60728-3).
- b) Ein **optischer Empfänger**, dessen CTB mindestens 15 dB besser ist als der erwartete CTB des zu prüfenden Senders. Der CTB eines optischen Empfängers kann mit Hilfe der Ergebnisse einer Intermodulationsmessung (siehe 4.14) abgeschätzt werden.
- c) Eine **Glasfaser** zum Anschluss des Senders an den Empfänger.
- d) Wenn die optische Ausgangsleistung des Senders höher als die maximal zulässige Eingangsleistung des Empfängers ist, muss ein **optischer Abschwächer** zur Reduktion der Leistung eingesetzt werden.

4.12.3 Durchführung der Messung

- a) Die Versorgungsspannung(en) und alle erforderlichen Steuersignale sind auf die festgelegten Werte einzustellen.
- b) Die Geräte sind entsprechend Bild 11 anzuschließen.

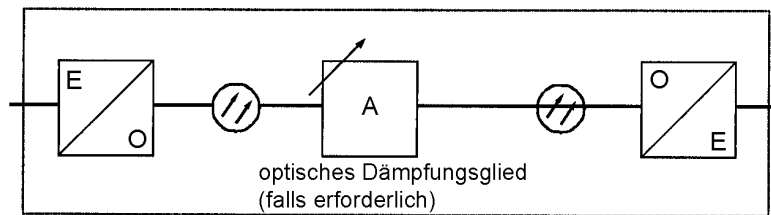


Bild 11 – Prüfobjekt zur Messung des CTB von optischen Sendern

- c) Das in Bild 11 dargestellte Prüfobjekt besitzt einen elektrischen Eingang und einen elektrischen Ausgang. Dadurch kann es wie ein elektrischer Verstärker behandelt werden. Das Messverfahren für CTB (siehe IEC 60728-3) kann auf diese Anordnung angewendet werden. Das Ergebnis ist der Wert, der als CTB des optischen Senders angegeben werden muss.
- d) Um sicherzustellen, dass die Verzerrungen des Empfängers vernachlässigt werden können, muss eine zweite Messung mit einer anderen Dämpfung zwischen optischem Sender und optischem Empfänger durchgeführt werden. Ein vom vorherigen abweichendes Ergebnis deutet auf zu hohe Verzerrungen des Empfängers hin.

4.12.4 Mögliche Fehlerquellen

Der gemessene Wert ist der CTB des gesamten optischen Systems. Der Einfluss des optischen Empfängers kann nur vernachlässigt werden, wenn dessen CTB erheblich besser als der des Senders ist. Der CTB eines optischen Empfängers kann jedoch nicht direkt gemessen werden. Er kann lediglich aus den Ergebnissen einer Intermodulationsmessung abgeschätzt werden. Diese Abschätzung ist nicht sehr genau, da die Additionsgesetze für die einzelnen Störprodukte frequenzabhängig und weitgehend unbekannt sind.

4.13 Composite-Kreuzmodulation eines optischen Senders

4.13.1 Kurzbeschreibung

Der Zweck dieses Messverfahrens ist die Messung der Composite-Kreuzmodulation von optischen Sendern, die mit mehreren Trägern moduliert werden. Die Definition der Composite-Kreuzmodulation ist ursprünglich für elektrische Verstärker gültig, aber sie kann auch auf Geräte mit optischem Ausgang angewendet werden. In diesem Fall wird sie auf die elektrischen Signale, die das Licht modulieren, bezogen. Die Composite-Kreuzmodulation muss in dB angegeben werden.

ANMERKUNG Das in der IEC 60728-3 beschriebene Verfahren für aktive, koaxiale Geräte ist für optische Geräte nicht geeignet.

4.13.2 Erforderliche Messeinrichtungen

- a) **Messsender**, die die Bildträgerfrequenzen IEC 60728-3, Anhang C, abdecken, die erforderlichen Modulationseinrichtungen aufweisen, und bei der vorgesehenen Modulationstiefe lineares Verhalten zeigen.

ANMERKUNG Es wird empfohlen, die Modulationsfrequenz der Zeilenfrequenz des TV-Signals anzunähern, um Effekten Rechnung zu tragen, die durch NF-Schaltungen (z. B. Entkopplung) in den zu prüfenden Geräten verursacht werden können. Die Modulationsfrequenz sollte kein Vielfaches der Netzfrequenz der Stromversorgung sein. Es darf jede symmetrische Modulationsform (mit Ausnahme von Impulsmodulation) zur Anwendung kommen, vorausgesetzt, dass ein und derselbe Messsender zur Kalibrierung und zur Messung verwendet wird und dass die Modulationstiefe und Signalform unverändert bleiben.

- b) Ein **Generator** für die Modulationsspannung mit ausreichendem Ausgangspegel zur gemeinsamen Modulation der unter a) beschriebenen Messsender.
- c) Ein **Combiner**, **Anpassglied**, **Dämpfungsglieder**, **Filter** usw., um die korrekten Signalpegel, Anpassung und Reduktion von Nebenwellen zu erhalten.
- d) Ein **Spektrumanalysator** mit 1 kHz ZF-Bandbreite und 10 Hz Auflösung in der Video-Bandbreite.

- e) Je ein **Bandpassfilter** für alle zu prüfenden Kanäle oder ein abstimmbares Bandpassfilter. Dieses Filter muss die anderen im zu prüfenden System vorhandenen Kanäle ausreichend dämpfen, um sicherzustellen, dass die durch die Nichtlinearitäten im Spektrumanalysator entstehenden Mischprodukte keinen nennenswerten Beitrag zu den zu messenden Kreuzmodulationsprodukten leisten. Der Durchlassbereich des Filters darf über den betrachteten Frequenzbereich eine Welligkeit von höchstens 1 dB aufweisen und muss über den gesamten Frequenzbereich gute Anpassung zeigen. Im Bedarfsfall muss vor den Eingang des Filters ein Festwertdämpfungsglied geschaltet werden.
- f) Ein **optischer Empfänger** mit hoher Linearität.
- g) Eine **Glasfaser** zum Anschluss des Senders an den Empfänger.
- h) Ist die optische Ausgangsleistung des Senders höher als die angegebene Eingangsleistung des Empfängers, muss ein **optischer Abschwächer** zur Reduktion der Leistung eingesetzt werden.

4.13.3 Durchführung der Messung

- a) Die Versorgungsspannung(en) und alle erforderlichen Steuersignale sind auf die festgelegten Werte einzustellen.
- b) Die Geräte sind entsprechend Bild 12 anzuschließen.

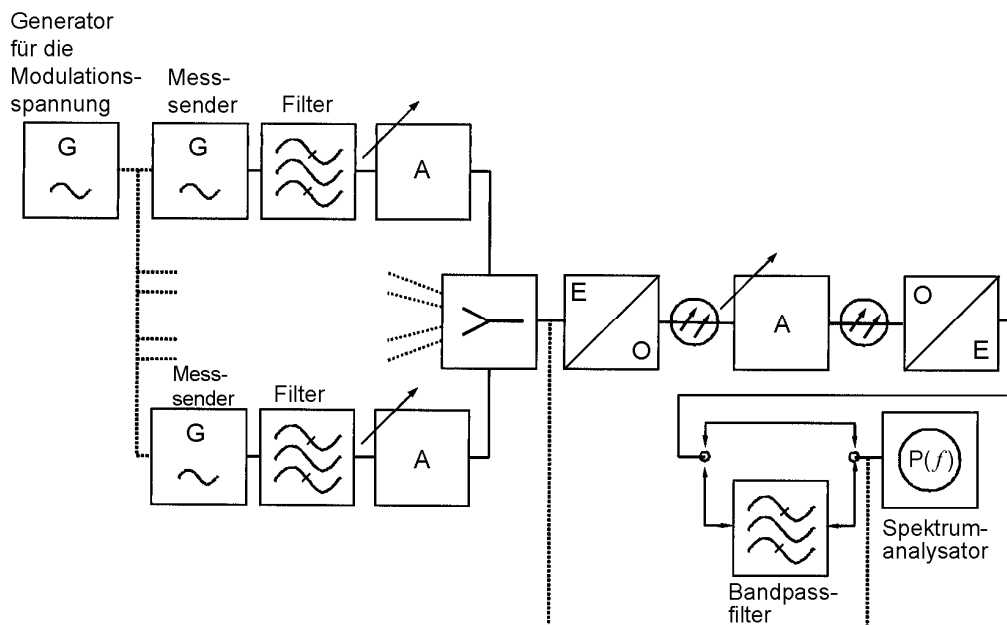


Bild 12 – Anordnung zur Messung der Kreuzmodulation eines optischen Senders

- c) Der Ausgang des HF-Combiners ist an den Eingang des Spektrumanalysators anzuschließen.
- d) Alle Messsender werden abwechselnd ausgewählt, die Modulationstiefe eingestellt und der Ausgangspegel so justiert, dass sich der HF-Spitzenpegel ergibt, der zur Erzielung des für den zu prüfenden optischen Sender festgelegten Eingangspegels erforderlich ist.
- e) Der Ausgang des optischen Empfängers ist an den Spektrumanalysator anzuschließen.
- f) Der Spektrumanalysator ist wie folgt einzustellen:

ZF-Bandbreite	1 kHz
Video-Bandbreite	10 Hz
Horizontale Auflösung	5 kHz/div
Vertikale Auflösung	10 dB/div
Ablenkzeit	5 s/div

- g) Der Spektrumanalysator ist so auf den zu messenden Kanal abzustimmen, dass der Bildträger und ein Frequenzbereich von je 25 kHz zu beiden Seiten des Trägers angezeigt werden.
- h) Alle anderen Kanäle sind abzuschalten und die Modulation des zu messenden Kanals ist einzuschalten.
- i) Das Bandpassfilter für den zu messenden Kanal ist einzufügen und mit Hilfe des Eingangsdämpfungsgliedes die Filterdämpfung auszugleichen.

ANMERKUNG Bei Verwendung eines Spektrumanalysators mit einer Mindestauflösung der Video-Bandbreite von mehr als 10 Hz ist die Composite-Kreuzmodulation möglicherweise verrauscht und sollte in der Mitte der Strahlsur abgelesen werden.

- j) Die Empfindlichkeit des Spektrumanalysators mit dem internen und/oder externen Eingangsdämpfungsglied ist so einzustellen, dass die Anzeige der ersten Seitenbänder etwa 15 kHz zu beiden Seiten des Bildträgers einem Vollausschlag der Skala entspricht und als Bezugswert verwendet werden kann. Dabei muss der Rauschpegel um mindestens 10 dB unter dem zu erwartenden Störpegel liegen.
- k) Die Modulation des Nutzträgers ist abzuschalten und alle anderen Träger sind einzuschalten.
- l) Jede Sekunde ist die Modulation eines anderen Trägers einzuschalten.
- m) Die Amplitude der durch die Gesamt-Composite-Kreuzmodulation verursachten Seitenbänder zu beiden Seiten des Nutzträgers ist zu messen. Anschließend muss die Differenz in dB zwischen dem Bezugswert bei Vollausschlag und dem größeren der beiden Seitenbänder, korrigiert nach IEC 60728-3, Tabelle 2, um das Verhältnis bezogen auf die 100%-Modulationstiefe zu erhalten, notiert werden.
- n) Der vorherige Schritt ist zu wiederholen. Dabei ist die Modulation der zuvor modulierten Träger abzuschalten und die Modulation an die andere Hälfte der unerwünschten Träger anzulegen.
- o) Die Gesamt-Composite-Kreuzmodulation kann nach der folgenden Gleichung berechnet werden:

$$XM = 20 \lg \left(10^{\frac{XM_1}{20}} + 10^{\frac{XM_2}{20}} \right) \quad (10)$$

Dabei ist

XM_1 erster Messwert in dB;

XM_2 zweiter Messwert in dB.

- p) Die Schritte g) bis o) dieses Messverfahrens sind jeweils mit einem anderen Nutzsignal zu wiederholen, bis alle vorgesehenen Kanäle zur Prüfung herangezogen worden sind.
- q) Damit sichergestellt ist, dass die Verzerrungsanteile des Empfängers vernachlässigt werden können, muss eine zweite Messung mit einem anderen Dämpfungswert zwischen optischem Sender und optischem Empfänger durchgeführt werden. Ein abweichendes Messergebnis deutet darauf hin, dass die Eigenverzerrung des Empfängers zu hoch ist.
- r) Der schlechteste Wert des maximalen Ausgangspegels, der das Verhältnis des erforderlichen Signals zur Gesamt-Composite-Kreuzmodulation angibt, muss zur Veröffentlichung notiert werden.

4.13.4 Mögliche Fehlerquellen

Der gemessene Wert ist die Composite-Kreuzmodulation des gesamten optischen Systems. Der Einfluss des optischen Empfängers kann nur vernachlässigt werden, wenn dessen Kreuzmodulation erheblich geringer als die des Senders ist. Die Kreuzmodulation eines optischen Empfängers kann jedoch nicht direkt gemessen werden. Der einzige Weg, sicherzustellen, dass der Empfänger keinen Einfluss auf das Ergebnis hat, besteht darin, die Messung mehrere Male mit verschiedenen optischen Pegeln am Empfängereingang zu wiederholen.