

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	2
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	3
Einleitung	11
1 Anwendungsbereich	12
2 Normative Verweisungen	12
3 Begriffe, grafische Symbole und Abkürzungen	13
3.1 Begriffe	13
3.2 Grafische Symbole	19
3.3 Abkürzungen	20
4 Optisches Systemreferenzmodell	22
5 Vorbereitung der Messungen	24
5.1 Umgebungsbedingungen	24
5.1.1 Normgerechte Messbedingungen	24
5.1.2 Temperatur und Luftfeuchte	24
5.1.3 Einstellungen für den Messaufbau und die zu prüfende Anlage	24
5.1.4 AGC-/ALC-Betrieb	24
5.1.5 Impedanzanpassung der Geräte	24
5.1.6 Normgerechter Betriebszustand	25
5.1.7 Normgerechte Signale und Messgeräte	25
5.2 Genauigkeit der Messgeräte	25
5.3 Stromversorgung	25
6 Messverfahren	25
6.1 Prüfpunkte und Prüfobjekte	25
6.1.1 Allgemeines	25
6.1.2 Prüfpunkte	25
6.1.3 Messgrößen	26
6.2 Optische Leistung	27
6.2.1 Allgemeines	27
6.2.2 Messaufbau	27
6.2.3 Messverfahren	28
6.2.4 Vorkehrungen für die Messung	28
6.2.5 Darstellung der Ergebnisse	29
6.3 Signalpegel und HF-Signal/Intermodulations- und Rausch-Verhältnis (S/IN)	29
6.3.1 Allgemeines	29
6.3.2 Messaufbau	29
6.3.3 Messbedingungen	29
6.3.4 Vorkehrungen für die Messung	29

	Seite
6.3.5 Darstellung der Ergebnisse	30
6.4 Signal-Rausch-Verhältnis optischer Signale	30
6.4.1 Allgemeines	30
6.4.2 Messaufbau	30
6.4.3 Messbedingungen	31
6.4.4 Messverfahren für das RIN der Anlage	32
6.4.5 Berechnung von S/N aus dem RIN-Wert	33
6.4.6 Berechnung der RIN-Komponente	33
6.4.7 Beispiel für die Berechnung des Signal-Rausch-Verhältnisses S/N	35
6.5 Optischer Modulationsgrad	36
6.6 Signal-Übersprechen-Verhältnis (SCR)	36
6.6.1 Allgemeines	36
6.6.2 Erforderliche Einrichtungen	36
6.6.3 Allgemeine Messanforderungen.....	36
6.6.4 Durchführung.....	37
6.6.5 Mögliche Fehlerquellen	37
6.6.6 Darstellung der Ergebnisse	38
6.7 HF-Signal/Intermodulations- und Rausch-Verhältnis S/IN	38
6.7.1 Allgemeines	38
6.7.2 Erforderliche Einrichtungen	38
6.7.3 Anschluss der Einrichtung	38
6.7.4 Durchführung der Messung.....	38
6.7.5 Darstellung der Ergebnisse	40
6.8 Bitfehlerquote (BER).....	40
6.8.1 Allgemeines	40
6.8.2 Anschluss der Einrichtung	40
6.8.3 Durchführung der Messung.....	41
6.8.4 Darstellung der Ergebnisse	41
6.9 BER als Funktion von S/N.....	41
6.9.1 Allgemeines	41
6.9.2 Anschluss der Einrichtung	41
6.9.3 Durchführung der Messung.....	42
6.9.4 Darstellung der Ergebnisse	42
6.10 Systemrauschabstände	43
6.10.1 Allgemeines	43
6.10.2 Anschluss der Einrichtung	43
6.10.3 Durchführung der Messung.....	44
6.10.4 Darstellung der Ergebnisse	44
6.11 Modulationsfehlerrate (MER)	45

	Seite
6.11.1 Allgemeines.....	45
6.11.2 Anschluss der Einrichtung.....	45
6.11.3 Durchführung der Messung	46
6.11.4 Darstellung der Ergebnisse.....	46
7 Festlegungen für die optische Anlage zur Übertragung von Rundfunksignalen.....	46
7.1 Digitales Rundfunkübertragungssystem mit optischem Kabelnetz.....	46
7.2 Zusammenhang zwischen RIN und S/N	51
7.3 Optische Wellenlänge	53
7.4 Frequenz der Signalquelle	53
7.5 Pegeldifferenz zwischen benachbarten Kanälen	53
7.6 BER am Kopfstelleneingang	55
7.7 MER	55
7.8 Festlegung von S/N für Kabelnetze in Gebäuden.....	55
7.9 Elektrische Signalstörungen.....	57
7.10 Übersprechen durch Nichtlinearitäten des Lichtwellenleiters	60
7.11 Störungen durch Intermodulationsrauschen, das durch Nichtlinearität der Faser verursacht wird	61
7.12 Umgebungsbedingungen	61
Anhang A (informativ) Reale Anlagen und Auslegungsbetrachtungen.....	62
A.1 Allgemeines.....	62
A.2 Mehrkanalanlage.....	62
A.2.1 Allgemeines.....	62
A.2.2 Betriebsbedingungen	63
A.2.3 Betriebsumgebung	63
A.3 Retransmissionsanlage.....	64
A.3.1 Allgemeines.....	64
A.3.2 Betriebsbedingungen	64
A.3.3 Betriebsumgebung	65
A.4 Berechnung des S/N-Verhältnisses des optischen Netzwerks.....	65
A.5 Systemreferenzmodell	66
A.6 Hinweise für den praktischen Betrieb	70
A.6.1 Optimaler Betrieb	70
A.6.2 Festzulegende Kernpunkte	70
Anhang B (informativ) BER-Extrapolationsverfahren.....	71
Anhang C (informativ) Verschlechterungen von optischen Anlagen.....	73
C.1 Faktoren der Anlagenverschlechterung	73
C.2 Nichtlineare Verschlechterung	74
C.2.1 Verschlechterungsfaktoren	74
C.2.2 Stimulierte Brillouin-Streuung (SBS).....	74

	Seite
C.2.3 Stimulierte Raman-Streuung (SRS)	75
C.2.4 Selbstphasenmodulation (SPM).....	78
C.2.5 Kreuzphasenmodulation (XPM)	78
Anhang D (informativ) Messung der Parameter (R , I_{d0} , I_{eq} und G) für die RIN-Berechnung.....	79
D.1 Messung der Empfindlichkeit (R).....	79
D.2 Messung des Dunkelstroms (I_{d0}).....	79
D.3 Messung der äquivalenten Rauschstromdichte (I_{eq})	79
D.4 Messung der Verstärkung (G)	80
Anhang E (informativ) Messung von Spitzen- und Mittelwerten der Signalpegel digital modulierter Signale.....	81
E.1 Allgemeines	81
E.2 Messung der Spitzen- und mittleren Leistung mit CCDF	81
E.3 Messverfahren der CCDF.....	83
E.3.1 Allgemeines	83
E.3.2 Durchführung der Messung	83
E.3.3 Schätzung der BER aus dem CCDF-Messergebnis	83
E.3.4 Beispiele von CCDF-Messungen	85
E.4 Bewertung des Betriebsverhaltens der FTTH-Anlage.....	86
E.4.1 Allgemeines	86
E.4.2 Durchführung der Bewertung	86
E.5 Mögliche Fehlerquellen	87
Anhang F (informativ) Begrenzungsrauschen	88
Literaturhinweise.....	89
Bilder	
Bild 1 – Beispiel einer FTTH-Anlage für Fernseh- und Tonsignale	23
Bild 2 – Prüfpunkte zur Festlegung der Leistungsdaten der FTTH-Anlage.....	24
Bild 3 – Typisches optisches Videoverteilnetz.....	26
Bild 4 – Prüfaufbau zur Messung der optischen Leistung mit einem Wellenlängenfilter.....	27
Bild 5 – Prüfaufbau zur Messung der optischen Leistung mit einem WDM-Richtkoppler	28
Bild 6 – Prüfaufbau für die Messung des HF-Signal/Intermodulations- und Rausch-Verhältnisses	29
Bild 7 – Prüfpunkte im optischen Kabelfernsehnetz.....	31
Bild 8 – Prüfaufbau für die RIN-Messung	31
Bild 9 – Prüfaufbau für die Messung des Signal-Übersprech-Verhältnisses.....	37
Bild 10 – Prüfaufbau für die BER-Messung	41
Bild 11 – Prüfaufbau zur Messung von BER als Funktion von S/N.....	41
Bild 12 – Extrapolationsverfahren der BER-Messung	42
Bild 13 – Beispiel einer Kennlinie von BER über S/N.....	43
Bild 14 – Prüfaufbau für die Messung des Systemrauschabstands	44
Bild 15 – Beispiel einer Systemrauschabstands-Kennlinie.....	45

	Seite
Bild 16 – Prüfaufbau für die MER-Messung.....	45
Bild 17 – Beispiel des Ergebnisses einer MER-Messung (Modulationsformat 64 QAM).....	46
Bild 18 – Prüfpunkte zur Festlegung der Leistungskennwerte.....	47
Bild 19 – Zulässige Signalpegel benachbarter Kanäle (im Falle Japans).....	54
Bild 20 – Abschnitts-S/N für MDU-Verkabelung (festgelegt nach elektrischem Signal).....	56
Bild 21 – Abschnitts-S/N für MDU-Verkabelung (festgelegt nach optischem Signal).....	57
Bild 22 – Signalpegeldifferenz mit Störsignal 3. Ordnung (ISDB-T).....	58
Bild 23 – Pegeldifferenz zwischen Signal und reflektiertem (Echo-)Signal (ISDB-T).....	58
Bild 24 – Signalpegeldifferenz mit Störsignal 3. Ordnung (ISDB-C 64 QAM).....	59
Bild 25 – Signalpegeldifferenz mit Störsignal 3. Ordnung (ISDB-C 256 QAM).....	59
Bild 26 – Pegeldifferenz zwischen Signal und reflektiertem (Echo-)Signal (ISDB-C 64 QAM, ISDB-C2 256 QAM bis 4 096 QAM).....	60
Bild 27 – Pegeldifferenz zwischen Signal und reflektiertem (Echo-)Signal (ISDB-C 256 QAM).....	60
Bild A.1 – Beispiel einer Mehrkanalanlage für eine Million Endgeräte.....	62
Bild A.2 – Beispiel einer Mehrkanalanlage für 2 000 Endgeräte.....	63
Bild A.3 – Beispiel einer Retransmissionsanlage für 72 Endgeräte.....	64
Bild A.4 – Beispiel einer Retransmissionsanlage für 144 Endgeräte.....	64
Bild A.5 – Berechnung der Leistungsdaten der Anlage, Modell 1.....	68
Bild A.6 – Berechnung der Leistungsdaten der Anlage, Modell 4.....	69
Bild B.1 – Extrapolationsverfahren der BER-Messung.....	71
Bild B.2 – BER-Kennlinien für 256 QAM, 1 024 QAM und 4 096 QAM (Extrapolationsverfahren).....	72
Bild C.1 – Reflexionsmodell.....	73
Bild C.2 – Verschlechterungsfaktoren für optische Übertragungssysteme.....	74
Bild C.3 – Bild der SBS-Erzeugung.....	74
Bild C.4 – Interferenz zwischen zwei Wellenlängen.....	76
Bild C.5 – Simulation der SRS (OLT-Sendeleistung über D/U).....	76
Bild C.6 – Simulation der SRS (D/U in beliebiger Einheit über Faserlänge).....	77
Bild C.7 – Faserlänge der ersten Spitze der SRS-D/U über Frequenz.....	77
Bild C.8 – GE-PON Leerlaufmusterspektrum (ISO/IEC/IEEE 8802-3:2017 1 000 Base-PX) (62,5 MHz = 1 250 Mbps/20 Bit).....	78
Bild D.1 – Messung der Verstärkung (<i>G</i>).....	80
Bild E.1 – Typische CCDF-Kurven für OFDM- und M-QAM-Signale.....	82
Bild E.2 – Aufbau für die CCDF-Messung.....	83
Bild E.3 – Beispiel einer CCDF-Messung.....	84
Bild E.4 – Betriebsverhalten von SER über S/N in einem AWGN-Kanal.....	85
Bild E.5 – Beispiel für CCDF-Messungen.....	85
Bild E.6 – Bewertung des Betriebsverhaltens digitaler optischer Signale im FTTH-System.....	86
Bild E.7 – Bandbreite der CCDF-Messung.....	86
Bild F.1 – Begrenzungseffekte in der statischen Kurve einer Laserdiode (I-L-Kurve).....	88

	Seite
Bild F.2 – Begrenzungsrauschen, Null-Messspanne, Durchlaufzeit 100 μ s	88
Tabellen	
Tabelle 1 – Pegel der HF-Signale.....	16
Tabelle 2 – Optische Wellenlänge für FTTH-System	22
Tabelle 3 – Frequenzbereich	22
Tabelle 4 – Messgeräte	25
Tabelle 5 – Prüfpunkte und Messgrößen	27
Tabelle 6 – Zur Berechnung des Signal-Rausch-Verhältnisses S/N verwendete Parameter	35
Tabelle 7 – HF-Signal-Rausch-Bandbreite.....	40
Tabelle 8 – Kleinstes S/N-Verhältnis (SDU-Fall).....	47
Tabelle 9 – Kleinstes S/N-Verhältnis (MDU-Fall)	48
Tabelle 10 – Mindestanforderungen an das HF-Signal-Rausch-Verhältnis im Betrieb.....	49
Tabelle 11 – Arten von Rundfunkdiensten und relative Trägerpegel	52
Tabelle 12 – Betriebsarten und RIN-Mindestwerte im Betrieb	52
Tabelle 13 – Abschnitts-S/N-Verhältnis für Gebäudeverkabelungen (Japan).....	56
Tabelle 14 – Grenzwerte für elektrische Störsignale im Kanal.....	57
Tabelle 15 – Störpegel durch Nichtlinearitäten der optischen Faser.....	61
Tabelle 16 – Umgebungsbedingungen.....	61
Tabelle A.1 – Betriebsbedingungen einer Mehrkanalanlage.....	63
Tabelle A.2 – Betriebsbedingungen einer Retransmissionsanlage.....	65
Tabelle A.3 – Grundlegende Systemparameter für Mehrkanal- und Retransmissionsanlagen	67
Tabelle C.1 – Störparameter von Raman-Übersprechen	75