

## Inhalt

	Seite
Vorwort .....	2
Einleitung .....	7
1 Anwendungsbereich .....	8
2 Normative Verweisungen .....	8
3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen .....	8
3.1 Begriffe .....	8
3.2 Symbole .....	12
3.3 Abkürzungen .....	13
4 Messverfahren .....	14
4.1 Allgemeines .....	14
4.2 Einrichtung des Netzes .....	14
4.3 Messung des Kanalpegels .....	15
4.3.1 Allgemeines .....	15
4.3.2 Erforderliche Messgeräte .....	15
4.3.3 Messanordnung .....	15
4.3.4 Durchführung der Messung von digital modulierten Trägern .....	15
4.3.5 Durchführung der Messung für intermittierende, digital modulierte Träger .....	16
4.3.6 Darstellung der Ergebnisse .....	17
4.4 Messung der Amplitudenfrequenzgang-Verzerrung .....	17
4.4.1 Hintergrund .....	17
4.4.2 Erforderliche Geräte .....	18
4.4.3 Verbindung der Geräte .....	18
4.4.4 Kalibrierung der Geräte .....	18
4.4.5 Messverfahren .....	19
4.4.6 Darstellung der Ergebnisse .....	19
4.5 Messung des Signal-Rausch-Verhältnisses ( $S_{D,HF}/N$ ) .....	19
4.5.1 Allgemeines .....	19
4.5.2 Erforderliche Messgeräte .....	19
4.5.3 Messanordnung .....	19
4.5.4 Durchführung der Messung .....	19
4.5.5 Darstellung der Ergebnisse .....	20
4.6 Messung von Mehrfachstörungen .....	20
4.6.1 Allgemeines .....	20
4.6.2 Erforderliche Messgeräte .....	21
4.6.3 Messanordnung .....	21
4.6.4 Durchführung der Messung .....	21
4.6.5 Verarbeitung der Messdaten .....	21

	Seite
4.6.6 Darstellung der Ergebnisse .....	21
4.7 Messung der Impulsstörungen .....	22
4.7.1 Allgemeines .....	22
4.7.2 Erforderliche Messgeräte .....	22
4.7.3 Messanordnung .....	22
4.7.4 Durchführung der Messung .....	22
4.7.5 Verarbeitung der Daten und Darstellung der Ergebnisse .....	22
4.8 Messung von Echosstörungen .....	23
4.8.1 Allgemeines .....	23
4.8.2 Erforderliche Messgeräte .....	24
4.8.3 Messanordnung .....	24
4.8.4 Durchführung der Messung .....	24
4.8.5 Darstellung der Ergebnisse .....	25
4.9 Messung der Gruppenlaufzeitverzerrung .....	25
4.10 Messung der Frequenzabweichung .....	25
4.10.1 Allgemeines .....	25
4.10.2 Erforderliche Messgeräte .....	25
4.10.3 Messanordnung .....	26
4.10.4 Durchführung der Messung .....	26
4.10.5 Darstellung der Ergebnisse .....	26
4.11 Messung des Bitfehlerverhältnisses ( <i>BER</i> ) .....	26
4.11.1 Allgemeines .....	26
4.11.2 Erforderliche Messgeräte .....	27
4.11.3 Messanordnung .....	27
4.11.4 Durchführung der Messung .....	27
4.11.5 Darstellung der Ergebnisse .....	28
4.12 Messung des Rauschleistungsverhältnisses <i>NPR</i> im Rückweg .....	28
4.12.1 Allgemeines .....	28
4.12.2 Erforderliche Messgeräte .....	28
4.12.3 Messanordnung .....	29
4.12.4 Durchführung der Messung .....	29
4.12.5 Darstellung der Ergebnisse .....	31
4.12.6 Empfohlene Korrekturfaktoren .....	31
4.12.7 Vorsichtsmaßnahmen während der Messung .....	31
4.12.8 <i>NPR</i> -Dynamikbereich .....	32
4.13 10-Ton-Messung .....	33
4.13.1 Allgemeines .....	33
4.13.2 Messprinzip .....	33
4.13.3 Messverfahren .....	34

	Seite
4.14 Messung des Modulationsfehlerverhältnisses ( <i>MER</i> ) im Rückweg.....	35
4.14.1 Allgemeines.....	35
4.14.2 Erforderliche Messgeräte.....	35
4.14.3 Messanordnung.....	36
4.14.4 Durchführung der Messung.....	36
4.14.5 Darstellung der Ergebnisse.....	37
5 Anforderungen an die Systemleistung.....	37
5.1 Allgemeines.....	37
5.2 Analoge Parameter mit Einfluss auf die Systemleistung.....	39
5.3 Allgemeine Anforderungen.....	41
5.3.1 Impedanz.....	41
5.3.2 Maximaler Trägerpegel.....	41
5.4 Besondere Anforderungen an die Systemleistung.....	41
6 Empfohlene Systemleistungen – Vorschlag für die Nutzung der Rückweg-Bandbreite.....	44
6.1 Frequenzzuweisung.....	44
6.2 Übertragungsqualität in den Frequenzbereichen des Rückwegs.....	44
Anhang A (normativ) Korrekturfaktoren für Rauschmessungen.....	46
Anhang B (normativ) Korrekturfaktor für einen Spektrumsanalysator.....	48
Anhang C (normativ) Definitionen von Nullpaket und PRBS.....	49
C.1 Nullpaket-Definition.....	49
C.2 PRBS-Definition.....	50
Literaturhinweise.....	51
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen.....	52
<b>Bilder</b>	
Bild 1 – Bezugspunkte eines aktiven Rückweg-Systems (Beispiel).....	14
Bild 2 – Zeitbereichsdarstellung eines Bursts im Rückweg mit dem Marker auf der Präambel des DOCSIS-Signals.....	17
Bild 3 – Anordnung der Prüfgeräte zur Messung der Amplitudenfrequenzgang-Verzerrung.....	18
Bild 4 – Schablone für Echokennwerte.....	24
Bild 5 – Anordnung der Prüfgeräte zur Messung des Echokennwertes.....	24
Bild 6 – Messaufbau für die Messung der Frequenzstabilität.....	26
Bild 7 – Prinzip der <i>BER</i> -Messung.....	27
Bild 8 – Frequenzgang der Bandpass- und Bandsperrfilter.....	29
Bild 9 – <i>NPR</i> -Prüfaufbau.....	29
Bild 10 – <i>NPR</i> als Funktion der HF-Leistungsdichte, angewandt am Eingang des optischen Senders, und Bestimmung des Punktes <i>OMI</i> 100 %.....	30
Bild 11 – Beispiel des Frequenzgangs des optionalen Bandpassfilters.....	31
Bild 12 – Beispiel eines <i>NPR</i> -Dynamikbereichs.....	32
Bild 13 – Dynamikbereich dargestellt über dem <i>NPR</i> .....	33

	Seite
Bild 14 – Alternatives <i>NPR</i> -Messprinzip.....	34
Bild 15 – Beziehung zwischen der klassischen <i>NPR</i> -Methode und der Multi-Ton-Methode .....	35
Bild 16 – Messaufbau für die Messung des Modulationsfehlerverhältnisses ( <i>MER</i> ).....	36
Bild 17 – Beispiel eines Konstellationsdiagramms für das Modulationsverfahren 64 QAM .....	37
Bild 18 – Rückwegsignale, die Vorwärtswegsignale beeinträchtigen.....	38
Bild 19 – Vorwärtswegsignale, die Rückwegsignale beeinträchtigen.....	38
Bild 20 – Rückwegsignale des Dienstes 1 beeinträchtigen die Rückwegsignale eines anderen Dienstes (z. B. des Dienstes 2).....	39
Bild 21 – Rückwegsignale eines bestimmten Dienstes (z. B. Dienst 2) beeinträchtigen die Rückwegsignale desselben Dienstes.....	39
Bild 22 – Die bekanntesten Unterbänder innerhalb des Rückwegs mit einer begrenzten Übertragungsqualität .....	45
Bild A.1 – Korrekturfaktor $C_F$ für Rauschen als Funktion der gemessenen Pegeldifferenz $D$ .....	47
<b>Tabellen</b>	
Tabelle 1 – Beispiele von Nyquist-Bandbreiten digital modulierter Träger.....	16
Tabelle 2 – Kerbfrequenzen für das Bandsperrfilter.....	28
Tabelle 3 – Zusammenfassung der Anforderungen an <i>MER</i> nach DOCSIS 3.0 PHY, Anhang B .....	40
Tabelle 4 – Systemleistungsanforderungen für verschiedene Modulationsarten und $BER = 10^{-4}$ .....	42
Tabelle 5 – Vergleich der in Tabelle 4 aufgeführten Systemanforderungen mit den Festlegungen nach ETSI EN 302 878-2, V.1.1.1 (2011-11) .....	43
Tabelle 6 – Frequenzbereiche für den Rückweg.....	44
Tabelle 7 – Gründe für verringerte Qualität in den Unterbändern des Rückwegs .....	44
Tabelle A.1 – Korrekturfaktoren für Rauschen .....	46
Tabelle C.1 – Definition des Transportstrom-Nullpakets .....	50