

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung zum Buch	27
1.1	Allgemeine Hinweise.....	27
1.2	Fiber to the X.....	27
1.2.1	Eine Übersicht.....	27
1.2.2	Die Strukturen von passiven optischen Netzen	28
1.2.3	Funktionsweise eines PON.....	29
1.2.4	PON-Standards	29
1.2.5	GPON-Weiterentwicklungen.....	30
1.2.6	Vorteile von PON-Systemen und Ausblick	31
1.3	Einordnung des Buchthemas in die Technik der deutschen Kabelnetze.....	32
1.4	Anschluss von Hausnetzen an digitale Telekommunikationsnetze	34
2	Passives Material für koaxiale Netze.....	35
2.1	Vorbemerkung.....	35
2.2	Allgemeine Angaben zu passiven Geräten.....	35
2.2.1	Übertragungstechnische Qualität	35
2.2.2	Fachgerechte Installation und Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV).....	35
2.2.3	Sicherheit	35
2.2.4	Kennzeichnungen	35
2.2.5	Impedanz	35
2.3	Leitungen und Kabel	36
2.3.1	Definitionen im Internationalem Elektrotechnischen Wörterbuch (IEV).....	36
2.3.2	Signalübertragung auf Leitungen.....	36
2.3.3	Anpassung	36
2.3.4	Auswirkungen von Fehlanpassungen	38
2.3.5	Mikroreflexionen.....	38
2.3.6	Koaxialkabel.....	38
2.3.6.1	Wesentliche Parameter des Koaxialkabels.....	38
2.3.6.2	Koaxialkabel für Linien.....	40
2.3.6.3	Koaxialkabel für die Netzebene 4	40
2.3.7	Empfängeranschlusskabel.....	41
2.3.7.1	Ausführungsformen von Empfängeranschlusskabeln	41
2.3.7.2	Schirmwirkung von Empfängeranschlusskabeln	41
2.3.7.3	Schirmungsmaß der Modem-Anschlusskabel	41
2.3.7.4	Empfängeranschlusskabel zur Unterdrückung von Störsignalen	42
2.3.7.5	Rückflussdämpfung von Empfängeranschlusskabeln	42
2.3.7.6	Mechanische Anforderungen an Empfängeranschlusskabel	42
2.3.8	Industriell gefertigte Jumperkabel mit Kompressions-Steckern	42
2.3.9	Abschlusswiderstand	42
2.3.10	Steckverbindungen für Koaxialkabel	43
2.4	Anschluss- und Verteiltechnik.....	43
2.4.1	Ausführungsformen von passiven Bauelementen	43
2.4.1.1	Dämpfungsglieder	43
2.4.1.2	Frequenzfilter	43
2.4.1.3	Filter als Bauteil in der NE4.....	45
2.4.1.4	Kabelentzerrer	45
2.4.1.5	Kabelnachbildung	46
2.4.1.6	Roll-off-Entzerrer	47
2.4.1.7	Galvanische Trennglieder	47
2.4.2	Verteiler.....	49
2.4.2.1	Allgemeine Hinweise zu Verteilern und Abzweigern	49
2.4.2.2	Ausführungen von symmetrischen Verteilern	49
2.4.2.3	Abzweiger	50
2.4.2.4	Multitaps auf Abzweiger-Basis.....	51
2.4.2.5	Güteklasse	52
2.4.2.6	Mechanische Anforderungen.....	53
2.5	Teilnehmeranschlussdose	53

2.5.1	Elektrische Werte.....	54
2.5.2	Mechanische Anforderungen.....	55
2.6	Wohnungsübergabepunkt.....	55
2.7	Hausübergabepunkt für die BK-Technik	56
2.7.1	Allgemeines zur Ausführung und zur Montage.....	56
2.7.2	BK-Hausübergabepunkt bis Baujahr 2007	56
2.7.3	BK-Hausübergabepunkt nach KDG 1 TS 52	58
2.7.4	BK-Hausübergabepunkt für die Frequenzobergrenze von 1218 MHz	60
3	Passives Material für optische Netze	63
3.1	Eine kurze Einführung zur optischen Übertragung	63
3.2	Lichtwellenleiterkabel.....	66
3.2.1	Allgemeine Hinweise.....	66
3.2.2	Singlemode-Fasern	66
3.3	Optische Steckverbinder.....	69
3.3.1	Grundsätzliche Konstruktionsmerkmale	69
3.3.2	Steckerausführungen	71
3.3.3	Optische Stecker in der Praxis.....	72
3.4	Patchkabel	75
3.5	Optische Splitter und Abzweiger.....	76
3.6	Optische Filter.....	78
3.7	Optische Dämpfungsglieder.....	80
3.8	Optische Terminatoren.....	80
3.9	Optischer Isolator	81
3.10	Optischer Zirkulator.....	81
3.11	Kennwerte für optische Koppler und Wellenlängenmultiplexer.....	82
4	Verstärkertechnik	83
4.1	Grundlagen	83
4.1.1	Rauschzahl und Rauschmaß.....	83
4.1.2	Rauschabstand.....	87
4.1.2.1	Definitionen von Rauschabständen	87
4.1.2.2	Hochfrequenter Rauschabstand für PAL-B/G-Signale	88
4.1.2.3	Rauschabstand für digitale Signale	88
4.1.2.4	Maximal zulässiger Ausgangspegel	90
4.1.2.5	Allgemeine Hinweise.....	90
4.1.2.6	Intermodulation zwischen zwei oder drei Trägersignalen.....	90
4.1.2.7	CENELEC-Verfahren	91
4.1.2.8	Das <i>CIRN</i> -Verfahren.....	91
4.1.2.9	Bitfehlerverhältnis-Verfahren	93
4.1.3	Messverfahren des Netzbetreibers Vodafone	94
4.2	Verstärker für bidirektionale Übertragung.....	95
4.3	Verstärker Ausführungen.....	95
4.3.1	Hinweise zur Halbleitertechnologie.....	95
4.3.2	Verstärkerschaltungen	96
4.3.2.1	Single-Ended-Verstärker.....	96
4.3.2.2	Push-Pull-Verstärker	96
4.3.2.3	Double-Power-Verstärker.....	97
4.3.3	Feed-Forward-Verstärker.....	97
4.4	Generelle Anforderungen an die Ausführung von Verstärkern für die NE4.....	97
4.5	Rückwegverstärker	98
4.6	Einfache Verstärker Ausführungen.....	98
4.7	Verstärker mit Konfigurationsmöglichkeiten.....	99
4.8	Linienverstärker.....	101
4.9	Verstärker mit elektronischer Einstellmöglichkeit.....	102
4.10	Verstärker mit Fernsteuer- und Fernüberwachungsmöglichkeit	102
4.10.1	Überwachung und Steuerung über Hochfrequenzkanäle.....	102
4.10.2	Ingress-Control-Switch	103

5	Koaxiale Anwendungen in der Netzebene 4	104
5.1	Internationale Vorgaben für den Anschluss an eine TAD	104
5.2	Der NE4-Bezugskettenabschnitt.....	108
5.2.1	Die NE4 im BK-System	108
5.2.2	Qualitätsvorgaben des Netzbetreibers Vodafone für den Downstream der NE4	108
5.2.3	Qualitätsvorgaben des Netzbetreibers Vodafone für den Upstream der NE4	112
5.3	Dämpfungsverhältnisse in der NE 4	113
5.4	Anwendung und Einpegelung von Verstärkern.....	113
5.4.1	Vorwärtsweg	113
5.4.2	Rückweg	118
5.4.2.1	Pegelerhältnisse im BK-Rückweg	118
5.4.2.2	Dimensionierung des Rückweg-Verstärkers.....	120
5.5	Klassifizierung von Verstärkern für die NE4	123
5.6	Kaskadierung von Verstärkern.....	125
5.6.1	Addition von Rauschen und Intermodulationsprodukten	125
5.6.2	Belegung des Vorwärtswegs mit gemischter Kanalbelegung.....	127
5.6.3	Belegung des Vorwärtswegs mit digitaler Kanalbelegung.....	127
5.6.4	Bezugskette für den Rückweg	128
5.6.5	Verstärkerkaskadierung unter Berücksichtigung des <i>CINR</i> -Verfahrens.....	128
6	Optische Anwendungen in der Netzebene 4	132
6.1	Kennzeichnung von Glasfaser-Leitungen	132
6.2	Glasfaser-Hausübergabepunkt	133
6.3	Glasfaser-Infrastrukturpunkt	134
6.4	Kabelverlegung in der NE4	135
6.4.1	Glasfaser-Kabelverlegung in der NE4	135
6.4.2	Handhabung von Mikrorohren	136
6.4.3	Einbringung des Gf-Kabels ins Mikrorohr	137
6.5	Spleißkassetten.....	138
6.6	Funktion der Spleißkassetten	138
6.6.1	Ausführung von Spleißkassetten	139
6.6.2	Belegung von Spleißkassetten	139
6.7	Glasfaser-Anschlussdose	141
6.8	Optischer Netzabschluss	142
6.9	Mikro-Fibernode.....	142
6.9.1	Eine Übersicht.....	142
6.9.2	Hinweise zum Betrieb	143
6.10	Sende- und Empfangspegel in der optischen NE4.....	145
6.11	Abnahmeprotokoll	145
7	Installationsmaterial	147
7.1	Allgemeine Anforderungen an die Ausführung einer Infrastruktur	147
7.2	Installationsrohre.....	147
7.2.1	Kennwerte und Klassifizierung der Installationsrohre	147
7.2.2	Beispiele für Elektro-Installationsrohre nach DIN EN 61386	150
7.2.3	Installationsrohre für Glasfasernetze in der NE4	151
7.2.3.1	Ausführung und Klassifizierung Installationsrohre für Glasfasernetze	151
7.2.3.2	Handhabung von Mikrorohren	153
7.2.3.3	Abdichtung von Mikrorohren	154
7.3	NE4-Verteilerschränke	156
7.3.1	Installation eines NE4-Verstärkerschranks	156
7.3.2	Besondere Ausführungsformen für bestimmte Kabelnetzbetreiber.....	157
7.3.2.1	Allgemeine Hinweise.....	157
7.3.2.2	Die Single-Line-Technik der KDG	157
8	Messtechnik	160
8.1	Grundlagen und Definitionen	160
8.1.1	Allgemeines	160

8.1.2	Messgenauigkeit und Messabweichung	160
8.1.1	Messskalen und Maßeinheiten	160
8.1.2	Entwicklung der Maßeinheiten bis zum heutigen Internationalen System (SI)	162
8.1.3	Die Grundeinheiten	163
8.2	Messsysteme	166
8.2.1	Grundstruktur von Messsystemen	166
8.2.2	Struktur von Messgeräten und Signalverarbeitung	167
8.3	Analoge und digitale Messmethoden	168
8.3.1	Analoge Messmethoden	168
8.3.2	Digitale Messmethoden	168
8.4	Allgemeine Hinweise zu Messgeräten und Messverfahren	169
8.5	Messgeräte	170
8.5.1	Allgemeine Hinweise zur Ausführung von Messgeräten	170
8.5.2	Auswirkungen von gerätebedingten Messabweichungen (Messfehler)	170
8.6	Grundsätzliche Messverfahren	171
8.6.1	Anwendungen in Kabelanlagen	171
8.6.2	Messungen mit einem Spektrum-Analysator	172
8.6.2.1	Darstellung eines Spektrum-Signals	172
8.6.2.2	Spektrum-Analysator nach dem Sweep-Spectrum-Verfahren	172
8.6.2.3	Spektrum Analyse mit dem Fast-Fourier-Transform-Verfahren	174
8.6.3	Wobbelmessverfahren	175
8.6.3.1	Allgemeines zum Wobbelmessverfahren	175
8.6.3.2	Wobbelmessungen im Vorwärtsweg von Kabelanlagen	176
8.6.4	Wobbelmessung mit Darstellung durch einen Messempfänger	178
8.6.4.1	Verwendung der Geräte KWS AMA 310 und VAROS 107	178
8.6.4.2	Wobbelmessungen im Rückweg von Kabelanlagen	179
8.6.4.3	Rückweg Wobbeln in Netzen mit Remote-PYH-Architektur	180
8.6.5	Alternative Frequenzgangmessungen in Kabelanlagen	181
8.6.5.1	Messung der Schräglage im Übertragungsbereich	181
8.6.5.2	Frequenzgang-Messungen mit einem Rauschgenerator	182
8.6.6	Messungen mit einem Impulsreflektometer	182
8.6.6.1	Grundlagen	182
8.6.6.2	Auswahlkriterien für ein Impulsreflektometer	183
8.6.6.3	Praktischer Einsatz	184
8.6.7	Aufzeichnungsgeräte	189
8.6.8	Kabelsuchgeräte	189
8.7	Spezielle Messverfahren	189
8.7.2	Klassifizierung von Verstärkern durch Messung nach VFKDG 1 TS 140	191
8.7.3	Rückweg-Messung mit Kammfrequenzgenerator	192
8.7.3.1	Allgemeine Hinweise zu Geräten	192
8.7.3.2	Prinzip der Kammfrequenzgenerator-Messung	192
8.7.4	Messen analoger Radiosignale im UKW-Bereich	193
8.7.5	Messen von digitalen Signalpegeln in der Spektrumdarstellung	194
8.7.6	Messen des Träger-Rauschabstandsmaßes	196
8.7.7	DOCSIS-3.1-Downstream und -Upstream-Messungen	196
8.7.7.1	DOCSIS-3.1-Downstream	196
8.7.7.2	OFDMA im DOCSIS-3.1-Upstream	197
8.8	Messempfänger	197
8.8.1	Anwendungsgebiete für Messempfänger	197
8.8.2	Fehlerschutz	197
8.8.2.1	Nachricht, Signal, Information	197
8.8.2.2	Sender-Empfänger-Modell	198
8.8.2.3	Digitale Übertragung	199
8.8.2.4	Prinzip der Kanalcodierung	199
8.8.2.5	ARQ und FEC als Übertragungsprotokolle	200
8.8.2.6	Blockcodes, Shannon-Grenze und Kanalkapazität	201
8.8.2.7	Fehlerkorrektur von Blockcodes durch Matrix-Paritätsprüfung	201
8.8.2.8	Faltungscodes	202

8.8.2.9	Angewandte Verfahren	203
8.8.2.10	Reed-Solomon-Codes	203
8.8.2.11	BCH Codes	204
8.8.2.12	Viterbi-Code	204
8.8.2.13	Hard Decision, Soft Decision	208
8.8.2.14	LDPC-Codes	208
8.8.2.15	Interleaving.....	213
8.8.2.16	FEC bei der Übertragung über Satellit (DVB-S) und Kabel (DVB-C)	214
8.8.3	Grundsätzliche Funktionen von Messempegängern für DVB-Signale	215
8.8.4	Messen der Bitfehlerhäufigkeit	216
8.8.4.1	Notwendigkeit der Messung.....	216
8.8.4.2	Durchführung der Messung	217
8.8.5	MER-Messung	217
8.8.5.1	Darstellung des Konstellationsdiagramms	217
8.8.5.2	Konstellationsdiagramme bei QPSK.....	218
8.8.5.3	Konstellationsdiagramm bei 64-QAM-Signalen	218
8.8.5.4	Fehlerauswertung im Zustandsdiagramm.....	219
8.8.5.5	Fehlerdarstellungen bei 64-QAM-Signalen	220
8.8.5.6	Beispiele für Konstellationsdiagramm-Messungen	220
8.8.5.7	Messen von Kabelmodem-Signalen im Vorwärtsweg	223
8.8.6	Messungen an MPEG-2-Signalen	223
9	Verzeichnisse	225
9.1	Abkürzungen.....	225
9.2	Normen	229
9.2.1	Normen für unkonfektioniertes Koaxialkabel	229
9.2.2	Normen für koaxiale Empfänger-Anschlusskabel.....	229
9.2.3	Gerätenormen, EMV- und Sicherheitsbestimmungen für Kabelnetze	230
9.2.4	DIN-EN-Normen und DIN-VDE-Normen	232
9.3	Internationale Normen	233
9.4	ITU Recommendations	233
9.5	Literaturverzeichnis.....	234
9.6	Technische Dokumente, Empfehlungen und Vorschriften von Kabelnetzbetreibern.....	235
9.7	Bezugsquellen und Web-Adressen.....	236
9.8	Schulung und Weiterbildung	237
9.9	Quellen zu Texten und Bildern	237
	Stichwortverzeichnis.....	238