

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	12
1.1	Allgemeines zu Teilnehmerzugangsnetzen.....	12
1.2	Internetentwicklung.....	19
1.3	Breitbandigkeit – Wie schnell ist eigentlich schnell?	21
1.4	Breitbandakzeptanz	23
1.5	Prognosen zum Bandbreitenbedarf im Teilnehmerzugangsnetz.....	23
1.6	Literaturverzeichnis.....	29
2	Marktentwicklung und -prognosen für Teilnehmerzugangsnetze	31
2.1	Weltweite Entwicklung	31
2.1.1	Symmetrische Leitungen.....	35
2.1.2	Koaxiale Kabel.....	38
2.1.3	Stromversorgungsleitungen.....	39
2.1.4	Lichtwellenleiter.....	39
2.1.5	Drahtlos.....	40
2.2	Europa	45
2.3	Deutschland.....	47
2.4	Schweiz	51
2.5	Österreich	52
2.6	USA.....	52
2.7	Japan.....	53
2.8	Südkorea.....	55
2.9	Singapur	57
2.10	Australien	58
2.11	Zusammenfassung	58
2.12	Literaturverzeichnis.....	59
3	Teilnehmerzugangsnetze auf der Basis von symmetrischen Leitungen	62
3.1	Begriffe und Definitionen.....	62
3.2	Übertragungsmedium – symmetrische Leitungen/Kabel.....	69
3.2.1	Anzahl der TAL	69
3.2.2	Mehrfachanschlüsse	70
3.2.3	Länge der TAL.....	71
3.2.4	Digital Loop Carrier.....	72
3.2.5	Längenangaben für TAL	72
3.2.6	Aderdurchmesser.....	72
3.2.7	Carrier Serving Area	73
3.2.8	Stichleitungen.....	74
3.2.9	Elektrische Eigenschaften symmetrischer Leitungen und Kabel.....	75
3.2.9.1	RLCG-Parameter.....	75
3.2.9.2	Primäre Leitungskonstanten	76
3.2.9.3	Sekundäre Leitungskonstanten	78
3.2.9.4	Dämpfung.....	79
3.2.9.5	Pupinspulen.....	80
3.2.10	Kabelaufbau	81
3.2.11	Nebensprechen	82
3.2.11.1	Nahnebensprechen.....	83
3.2.11.2	Fernebensprechen.....	84
3.2.11.3	Nebensprechmodelle	85
3.2.12	Impulsstörungen.....	85
3.2.13	Funkstörer	86
3.2.14	Leitungsnachbildungen	86

3.3	Übertragungstechnik für symmetrische Leitungen	88
3.3.1	Analoge Teilnehmeranschlussstechnik	88
3.3.1.1	Begriffe und Eigenschaften	88
3.3.1.2	Teilnehmer- und vermittlungsseitige a/b-Schnittstelle	90
3.3.1.3	Analoge Teilnehmerzugänge im Netz der DTAG	96
3.3.1.4	Linecard-Komponenten und technische Realisierungen.....	110
3.3.2	Digitale Teilnehmeranschlussstechnik (symmetrische Bitraten).....	113
3.3.2.1	Begrifflichkeiten zum ISDN-Anschlussbereich	114
3.3.2.2	Teilnehmerschnittstellen und Kanalstrukturen	115
3.3.2.3	ISDN-Anschlussbereich	116
3.3.2.4	Schnittstellen im Teilnehmeranschlussbereich	117
3.3.2.5	Signalisierung im ISDN	126
3.3.2.6	Digitale Teilnehmersätze an der DIVO für ISDN	128
3.3.2.7	ISDN-Netzabschlussgeräte NTBA und iNT	129
3.3.2.8	Unidirectional DSL	129
3.3.2.9	Symmetrical DSL der 1. Generation	130
3.3.2.10	Symmetrical DSL der 2. Generation	132
3.3.2.11	EFM-Systemkonzept	139
3.3.2.12	Symmetrical DSL der 3. Generation	140
3.3.2.13	Zusammenfassung zu den Symmetrical DSL-Technologien.....	145
3.3.3	Digitale Teilnehmeranschlussstechnik (asymmetrische Bitraten).....	147
3.3.3.1	Asymmetric DSL der 1. Generation	147
3.3.3.2	Asymmetric DSL der 2. Generation	156
3.3.3.3	Asymmetric DSL 2+	160
3.3.3.4	Asymmetric DSL 2++	163
3.3.3.5	Splitterlose Technologien.....	163
3.3.3.6	Zusammenfassung Asymmetric DSL und Modifikationen.....	169
3.3.4	Very high bitrate DSL	169
3.4	xDSL-Normungsaktivitäten.....	175
3.4.1	International Telecommunications Union	177
3.4.2	European Telecommunications Standards Institute.....	178
3.4.3	T1-Ausschuss	179
3.4.4	DSL-Forum	180
3.4.5	Internet Engineering Task Force	181
3.4.6	Institute of Electrical and Electronic Engineers	182
3.4.7	ATM-Forum.....	183
3.4.8	VDSL-Allianz	183
3.4.9	VDSL-Koalition.....	183
3.4.10	DMT-VDSL-Initiative.....	183
3.4.11	FSAN/FS-VDSL	184
3.4.11.1	Full-Service-Access-Network-Initiative	184
3.4.11.2	Full-Service-VDSL-Ausschuss	184
3.4.12	Digital Audio-Visual Council.....	185
3.4.13	EFM-Allianz	185
3.4.14	OpenVoB-Konsortium	185
3.4.15	OpenDSL-Initiative.....	186
3.4.16	European Telecommunications Platform	186
3.4.17	U _{R2} der DTAG.....	186
3.5	Anwendungsbeispiele.....	187
3.5.1	Analoger Telefonanschluss	187
3.5.2	Digitaler Telefonanschluss	187
3.5.3	ISDN-PRA/UDSL	189
3.5.4	HDSL/MDSL/MSDSL	190
3.5.5	HDSL2/HDSL4/ETSI-SDSL/SHDSL/ESHDSL.....	191

3.5.6	ADSL	193
3.5.7	ADSL-Modifikationen	195
3.5.8	VDSL	195
3.6	In der Praxis.....	196
3.6.1	Vorabqualifikationsprüfung	196
3.6.2	Spektrales Management	198
3.6.3	Handshake	201
3.6.4	Interoperabilität	203
3.6.5	Autokonfiguration	204
3.6.6	Bestellwesen.....	204
3.7	Literaturverzeichnis.....	205
3.7.1	Zitierte Quellen	205
3.7.2	Weiterführende Literatur.....	210
4	Teilnehmerzugangsnetze auf der Basis von koaxialen Kabeln	212
4.1	Begriffe.....	212
4.2	Übertragungsmedium	213
4.3	Übertragungstechnik.....	215
4.3.1	Genutzte Multiplexverfahren.....	218
4.3.2	Übertragungsverfahren.....	219
4.4	Netzaufbau – Struktur.....	222
4.5	Normungsaktivitäten	227
4.5.1	Ordnungspolitische Vorschriften.....	227
4.5.2	Normen für BK-Netze.....	228
4.6	Angewendete Kommunikationsprotokolle	236
4.7	Anwendungsbeispiel Magdeburg-City-Com GmbH.....	238
4.8	Interessenvereinigungen	241
4.8.1	ANGA Verband Privater Kabelnetzbetreiber e.V.	241
4.8.2	Deutscher Kabelverband	241
4.8.3	Fachverband Rundfunkempfangs- und Kabelanlagen	242
4.9	Literaturverzeichnis.....	243
4.9.1	Zitierte Quellen	243
4.9.2	Weiterführende Literatur.....	243
5	Teilnehmerzugangsnetze auf der Basis von Lichtwellenleitern	244
5.1	Grundlagen und Begriffe.....	244
5.2	Komponenten des Übertragungssystems	246
5.2.1	Lichtwellenleiter.....	246
5.2.1.1	Totalreflexion, Akzeptanzwinkel, Fasertypen	246
5.2.1.2	Übertragungsverhalten	248
5.2.1.3	Verbindungstechnik.....	250
5.2.1.4	Polymerfaser.....	252
5.2.2	Koppler und Filter	253
5.2.2.1	Leistungssteiler und Leistungskombinierer.....	254
5.2.2.2	Wellenlängenselektive Koppler.....	254
5.2.3	Laser.....	259
5.2.3.1	Aufbau, Prinzip und Grundtypen.....	259
5.2.3.2	Eigenschaften und Modulation von Laserdioden	261
5.2.3.3	Lumineszenzdiode.....	263
5.2.4	Modulatoren	264
5.2.5	Fotodioden.....	265
5.2.6	Optische Verstärker.....	267
5.3	Netzaufbau und Übertragungstechnik	268
5.3.1	Optische Teilnehmerzugangsnetze	268
5.3.1.1	Anforderungen	268

5.3.1.2	Passive optische Teilnehmerzugangsnetze (PON).....	269
5.3.1.3	Aktive optische Teilnehmerzugangsnetze	270
5.3.1.4	Hybridnetze	271
5.3.2	Übertragungsverfahren für optische Teilnehmerzugangsnetze.....	271
5.3.2.1	Raummultiplex	272
5.3.2.2	Zeitmultiplex	272
5.3.2.3	Zeitkompressionsmultiplex (TCM)	273
5.3.2.4	Zeitmultiplex mit Mehrfachzugriff (TDMA).....	274
5.3.2.5	Wellenlängenmultiplex (WDM).....	275
5.3.2.6	Dichtes Wellenlängenmultiplex	276
5.3.2.7	Paket- und zellenbasierte Übertragung.....	277
5.3.3	Transceiver.....	278
5.3.3.1	Signal- und Taktregeneration	278
5.3.3.2	Bauformen – Beispiele	279
5.3.3.3	Optischer Überlagerungsempfang	281
5.3.4	Modulation und Signalcodierung	283
5.3.4.1	Binäre Amplitudenmodulation	283
5.3.4.2	Analoge Amplitudenmodulation	284
5.3.5	Wellenlängenraster.....	285
5.4	Normungsaktivitäten	287
5.5	Optische Teilnehmerzugangsnetze in der Praxis	288
5.5.1	Überblick.....	288
5.5.2	OPAL	289
5.5.2.1	OPAL – PON-Variante.....	289
5.5.2.2	OPAL – AON-Variante.....	291
5.5.2.3	OPAL – Breitbandverteiltetz	293
5.5.3	ATM-PON.....	295
5.5.4	Gigabit-PON (GPON)	299
5.5.5	Ethernet-PON (EPON).....	300
5.5.6	WDM-PON (WPON).....	303
5.5.7	HFC-Technik.....	306
5.6	Bedienung, Verwaltung, Überwachung	308
5.7	Literaturverzeichnis.....	309
5.7.1	Zitierte Quellen	309
5.7.2	Weiterführende Literatur.....	310
6	Teilnehmerzugangsnetze auf der Basis von Stromleitungen.....	311
6.1	Geschichtlicher Überblick	312
6.2	Übertragungstechnik.....	313
6.2.1	Stromleitung.....	313
6.2.2	Netzaufbau	316
6.2.3	Übertragungstechnik	318
6.2.3.1	Modulationsverfahren	318
6.2.3.2	Signaleinkopplung.....	320
6.2.4	Normungsaktivitäten	322
6.2.5	Angewendete Kommunikationsprotokolle	324
6.2.6	Praxis.....	324
6.3	Literaturverzeichnis.....	325
6.3.1	Zitierte Quellen	325
6.3.2	Weiterführende Literatur.....	325
7	Drahtlose Teilnehmerzugangsnetze	326
7.1	Drahtlose Teilnehmerzugangsnetze mit Mobilität (Mobile Wireless)	326
7.1.1	Funknetz.....	327
7.1.1.1	Begriffe	328

7.1.1.2	Funknetzstruktur.....	330
7.1.1.3	Modellierung und Planung von Funknetzen.....	332
7.1.2	Analoge Mobilfunksysteme.....	334
7.1.2.1	Advanced Mobile Phone System.....	335
7.1.2.2	Total Access Communication System.....	337
7.1.2.3	Nordic Mobile Telephone.....	338
7.1.3	Digitale Mobilfunksysteme.....	339
7.1.3.1	GSM-Systemtechnik.....	340
7.1.3.2	High Speed Circuit Switched Data.....	351
7.1.3.3	General Packet Radio Service.....	353
7.1.3.4	Enhanced Data Rates for GSM Evolution.....	360
7.1.3.5	Global System for Mobile Communication-Railway.....	364
7.1.3.6	Terrestrial Trunked Radio.....	366
7.1.3.7	Mobilfunknorm IS-95.....	368
7.1.4	Mobilfunksysteme der 3. Generation.....	369
7.1.4.1	Luftschnittstelle: WCDMA.....	370
7.1.4.2	Universal Mobile Telephone System.....	371
7.1.5	Teilnehmerzugangsnetze in Flugzeugen.....	380
7.1.5.1	Terrestrial Flight Telecommunications System.....	380
7.1.5.2	Aeronautical Mobile Satellite Service.....	383
7.1.6	Mobilfunk-Applikationen.....	385
7.1.6.1	Mobilfunk-Protokoll WAP.....	385
7.1.6.2	Mobilfunk-Dienste.....	385
7.2	Drahtlose Teilnehmerzugangsnetze mit geringer Mobilität.....	386
7.2.1	Wireless Local Area Networks.....	386
7.2.1.1	Systemaufbau.....	387
7.2.1.2	Standard IEEE 802.11.....	388
7.2.1.3	HiperLAN.....	394
7.2.2	Cordless-Telephone-Technologien.....	396
7.2.3	Zusammenfassung.....	399
7.3	Drahtlose Teilnehmerzugangsnetze ohne Mobilität (Fixed Wireless).....	399
7.3.1	Wireless Local Loop – WLL.....	399
7.3.1.1	Einführung.....	399
7.3.1.2	Systemaufbau.....	401
7.3.1.3	Controller-, Vermittlungs- und/oder Konzentrierungseinrichtung.....	405
7.3.1.4	Software-Struktur der Basisstation.....	415
7.3.1.5	Radiotermination – TG.....	418
7.3.1.6	Netz-Management-Agent.....	421
7.3.1.7	Luftschnittstelle – Air Interface.....	423
7.3.1.8	Zusammenfassung.....	439
7.3.1.9	Normen und Vorschriften.....	439
7.3.2	Optische Freiraumübertragung.....	440
7.3.2.1	Grundprinzip der optischen Freiraumübertragungstechnik.....	442
7.3.2.2	Die Atmosphäre als optisches Übertragungsmedium.....	445
7.3.2.3	Systeme.....	451
7.3.2.4	Anwendung.....	460
7.4	Literaturverzeichnis.....	462
7.4.1	Zitierte Quellen.....	462
7.4.2	Weiterführende Literatur.....	465
8	Schlussbemerkungen.....	466
9	Anhang.....	467
9.1	Leitungscodes.....	467
9.1.1	Allgemeines.....	467

9.1.2	Kanal-Codierung	468
9.1.3	Binäre Leitungscode	468
9.1.4	Pseudoternäre Leitungscode	469
9.1.5	4B3T-Blockcode	470
9.1.6	Pulsamplitudenmodulation	471
9.2	Modulationsverfahren	472
9.2.1	Begriff und Klassifizierung	472
9.2.2	Amplitudenmodulation	473
9.2.3	Amplitudenumtastung	475
9.2.4	Winkelmodulation	475
9.2.5	Frequenzmodulation	477
9.2.6	Phasenmodulation	477
9.2.7	Frequenzumtastung	478
9.2.8	Phasenumtastung	479
9.2.9	Quadraturamplitudenmodulation	481
9.2.10	Carrierless Amplitude Phase Modulation	483
9.2.11	Discrete Multitone Technology	484
9.2.12	Zusammenfassung	486
9.3	Zugriffsverfahren	486
9.3.1	Frequenzmultiplex	487
9.3.2	Zeitmultiplex	488
9.3.3	Codemultiplex	489
9.4	Duplex-Verfahren	491
9.5	xDSL-Normdokumente	492
9.5.1	International Telecommunications Union	492
9.5.2	European Telecommunications Standards Institute	494
9.5.3	T1-Ausschuss	497
9.5.4	DSL-Forum	498
9.5.5	Internet Engineering Task Force	500
9.5.6	ATM-Forum	502
9.6	Literaturverzeichnis	503
9.6.1	Zitierte Quellen	503
9.6.2	Weiterführende Literatur	503
	Abkürzungsverzeichnis	504
	Sachwortverzeichnis	504
	Die Autoren	517