

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
Vorwort zur 4. Auflage	7
1 Grundlegende Begriffe der Nachrichtentechnik	19
1.1 Einordnung der Nachrichtentechnik	19
1.2 Hierarchische Strukturierung von Kommunikationsabläufen	23
1.2.1 Beispiel für die Gliederung des Kommunikationsprozesses ..	23
1.2.2 Die Aufgaben der OSI-Schichten	24
1.2.3 Dienste, Protokolle und Datenfluss im OSI-Modell	28
1.3 Signale und Systeme	30
1.3.1 Beschreibung von Signalen	30
1.3.2 Rauschleistung	37
1.3.3 Allgemeine Eigenschaften von Übertragungssystemen	38
1.3.4 Pegel und Dezibel-Rechnung	43
1.4 Lernziel-Test	47
2 Elektronische Netzwerke	49
2.1 Netzwerke als Bestandteil von Nachrichtensystemen	49
2.2 Zweipole	50
2.3 Vierpole	53
2.3.1 Vierpolersatzdarstellungen	54
2.3.2 Betriebsparameter	56
2.3.3 Übertragungsfunktion	57
2.4 Filterschaltungen	58
2.4.1 Filterarten und -kenngrößen	59
2.4.2 RC-Filter	63
2.4.3 LC-Filter	65
2.4.4 Mechanische Filter	68
2.4.5 Oberflächenwellen-Filter	71
2.4.6 Abtastfilter	72
2.4.7 Digitale Filter	73
2.5 Mehrtore	80
2.6 Lernziel-Test	81
3 Verstärkung und Schwingungserzeugung	83
3.1 Operationsverstärker	84
3.1.1 Anforderungen an einen universellen Verstärker	84
3.1.2 Aufbau eines Operationsverstärkers	84
3.1.3 Eigenschaften von Operationsverstärkern	86
3.1.4 Beschaltung von Operationsverstärkern	89
3.2 Leistungsverstärker	91
3.2.1 Arbeitspunkt bei Leistungsverstärkern	91
3.2.2 Eintaktschaltungen	91
3.2.3 Gegentaktschaltungen	93

3.2.4	Sendeverstärker	94
3.2.5	Schaltverstärker der Klasse D	95
3.3	Rückkopplung	97
3.3.1	Prinzip	97
3.3.2	Gegenkopplungsschaltungen	99
3.3.3	Eigenschaften gegengekoppelter Schaltungen	101
3.4	Spezielle Schaltungen der Nachrichtentechnik	104
3.5	Schwingungserzeugung	107
3.5.1	Grundlagen	107
3.5.2	Oszillatorgrundsaltungen	109
3.5.3	Oszillatoreigenschaften	114
3.5.4	Funktionsgeneratoren	116
3.5.5	Digitale Oszillatoren	118
3.6	Lernziel-Test	122
4	Leitungen für die Nachrichtenübertragung	123
4.1	Wellen auf leitfähigen Kabeln	123
4.2	Wellenkenngößen der Leitung	127
4.2.1	Allgemeine Zusammenhänge	127
4.2.2	Wellenkenngößen von verlustfreien Leitungen	128
4.2.3	Wellenkenngößen von Leitungen mit geringen Verlusten ..	129
4.3	Leistungsabschluss und Reflexionen	131
4.4	Leitungen als Bauelemente der Hochfrequenztechnik	135
4.5	Wellenleiter	136
4.6	Lichtwellenleiter	137
4.6.1	LWL-Übertragungskanal	138
4.6.2	Optische Eigenschaften von Glasfasern	138
4.6.3	Aufbau von Lichtwellenleitern	140
4.7	Kabelsysteme in der Kommunikationstechnik	142
4.7.1	Kabel mit symmetrischen Leitungen	143
4.7.2	Koaxialkabel	148
4.7.3	Glasfaserkabel	150
4.8	Lernziel-Test	154
5	Elektroakustik	155
5.1	Allgemeines	155
5.2	Messgrößen des Schalls	156
5.3	Schallempfindung durch das Ohr	158
5.4	Raumakustik	163
5.4.1	Reflexion und Absorption	163
5.4.2	Anhall und Nachhall	163
5.5	Technik der Schallübertragung	165
5.5.1	Allgemeine Anforderungen	165
5.5.2	Audio-Übertragungssysteme	166
5.6	Elektroakustische Wandler	168
5.6.1	Schallaufnehmer, Mikrofone	168
5.6.2	Schallstrahler	174
5.6.3	Erregersysteme für Lautsprecher und Kopfhörer	176

5.6.4	Schallführung	177
5.6.5	Lautsprecherkombinationen	179
5.6.6	Beschallungssysteme	180
5.6.7	Kopfhörer	183
5.7	Lernziel-Test	184
6	Elektromagnetische Wellen	185
6.1	Kenngrößen	186
6.1.1	Frequenzen und Wellenlängen	186
6.1.2	Polarisation	186
6.1.3	Ausbreitungsgeschwindigkeit	188
6.1.4	Frequenzbereiche	189
6.1.5	Wellenwiderstand	191
6.1.6	Überlagerung von Wellen – Interferenz	192
6.1.7	Intensität	193
6.2	Antennen	194
6.2.1	Erzeugung und Abstrahlung elektromagnetischer Wellen ...	194
6.2.2	Antennenkenngrößen	198
6.2.3	Lineare Antennen	202
6.2.4	Gruppenantennen	205
6.2.5	Hornantennen	210
6.2.6	Reflektorantennen	210
6.2.7	Weitere Antennenformen	213
6.3	Physikalische Effekte der Wellenausbreitung	216
6.3.1	Freiraumausbreitung	217
6.3.2	Reflexion und Durchdringung	219
6.3.3	Dämpfung durch Regen und Nebel	221
6.3.4	Beugung	222
6.3.5	Bodenwellenausbreitung	223
6.3.6	Raumwellenausbreitung	224
6.4	Funkausbreitungsmodelle	226
6.5	Lernziel-Test	227
7	Analoge Modulationsverfahren	229
7.1	Übersicht	229
7.2	Amplitudenmodulation (AM)	231
7.2.1	Grundlagen der Amplitudenmodulation	231
7.2.2	Zweiseitenbandmodulation – ZSB-AM	233
7.2.3	Einseitenbandmodulation – ESB-AM	236
7.3	Winkelmodulationsverfahren	237
7.3.1	Grundlagen der Winkelmodulation	237
7.3.2	Frequenzmodulationsverfahren	241
7.3.3	Phasenmodulationsverfahren	243
7.3.4	Demodulation winkelmodulierter Signale	244
7.4	Lernziel-Test	247
8	Digitale Übertragungsverfahren	249
8.1	Grundlagen	249

8.2	Digitale Übertragung im Basisband	253
8.2.1	High-Density-Bipolar-n-Leitungscode – HDBn-Code	255
8.2.2	Modified Monitoring State Code MMS43 – Leitungscode...	256
8.3	Digitale Modulationsverfahren	257
8.3.1	Allgemeines	257
8.3.2	Digitale Frequenzmodulation	259
8.3.3	Digitale Phasen- und Amplitudenmodulation	260
8.3.4	Spreiztechnik	264
8.3.5	Frequency Hopping	268
8.3.6	Orthogonal Frequency Division Multiplex – OFDM	268
8.4	Fehlerschutzverfahren für die digitale Übertragung	272
8.4.1	Grundlagen des Fehlerschutzes	272
8.4.2	Block Codes	274
8.4.3	Faltungs_codes	279
8.4.4	Interleaving	280
8.5	Dynamische Auswahl des Übertragungsverfahrens	281
8.6	ARQ-Verfahren	283
8.6.1	Send-and-Wait-Protokoll	283
8.6.2	Selektives ARQ-Verfahren	285
8.6.3	Fensterverfahren	286
8.6.4	Hybride ARQ-Verfahren	287
8.7	Lernziel-Test	289
9	Multiplexverfahren in der Übertragungstechnik	291
9.1	Übersicht zu den Multiplexverfahren	291
9.2	Raummultiplex	291
9.3	Frequenzmultiplex	293
9.4	Wellenlängenmultiplex	295
9.5	Orthogonales Frequenzmultiplex	297
9.6	Zeitmultiplex	297
9.6.1	Synchrones Zeitmultiplex-Verfahren	297
9.6.2	Asynchrones Zeitmultiplex-Verfahren	300
9.7	Codemultiplex	301
9.8	Polarisationsmultiplex	305
9.9	Multiple Input Multiple Output (MIMO)	306
9.10	Kombination von Multiplexverfahren	312
9.11	Duplex-Verfahren	313
9.12	Lernziel-Test	314
10	Analoger Hör- und Fernschrundfunk	317
10.1	Analoger terrestrischer Hörrundfunk	317
10.1.1	Hörrundfunkempfänger	318
10.1.2	Stereo-Hörrundfunk	324
10.1.3	Übertragung von Zusatzinformationen	326
10.2	Zusammenfassung	330
10.3	Analoge Fernsehsystemtechnik	330
10.3.1	Grundlagen	331
10.3.2	Normen für Schwarzweiß-Fernsehsignale	334

10.3.3	Signaldarstellung im Basisband	335
10.3.4	Synchronisationssignale	339
10.3.5	Grundlagen der Farbfernsehtechnik	342
10.3.6	Farbfernsehsysteme	347
10.4	Übertragung von Zusatzinformationen	351
10.4.1	Prüfzeilensignale	351
10.4.2	Videotextinformation	352
10.4.3	Datenübertragung	353
10.5	Analoge TV-Übertragungssysteme	354
10.6	Zusammenfassung	355
10.7	Lernziel-Test	356
11	Digitalisierung von Ton- und Bildsignalen	357
11.1	Grundlagen	357
11.2	Parameter für die A/D-Umsetzung von Sprachsignalen nach ITU-T G 711	364
11.2.1	Abtastfrequenz im Sprachbereich	364
11.2.2	Quantisierung im Sprachbereich	365
11.2.3	Codierung digitaler Sprachsignale	367
11.2.4	Datenrate codierter Sprachsignale	369
11.3	Parameter für die A/D-Umsetzung von Audiosignalen	369
11.3.1	Abtastfrequenzen für Audiosignale	370
11.3.2	Quantisierung von Audiosignalen	370
11.3.3	Datenrate von Audiosignalen	372
11.3.4	AES/EBU-Signalformat	372
11.4	Parameter für die A/D-Umsetzung von Standardvideosignalen – SDTV	373
11.4.1	Abtastfrequenzen für SDTV	374
11.4.2	Quantisierung von SDTV	378
11.4.3	Datenrate von SDTV	379
11.5	Parameter für HDTV (High Definition Television) und UHDTV (Ultra-high Definition Television)	380
11.5.1	HDTV – High Definition Television	380
11.5.2	UHDTV – Ultra-high Definition Television	384
11.6	Schnittstellen für die Basisbandübertragung digitaler TV-Signale	385
11.7	Zusammenfassung	387
11.8	Lernziel-Test	388
12	Datenratenreduktion für Ton- und Bildsignale	389
12.1	Auswahlkriterien für Datenraten-Reduktionsverfahren	389
12.2	Grundlegende Prinzipien der Datenratenreduktion	392
12.3	Standardisierung von Ton- und Bildratenreduktionsverfahren	393
12.4	Datenratenreduktion für Audiosignale	395
12.4.1	Verlustlose Audiodatenraten-Reduktion	395
12.4.2	Verlustbehaftete Audiodatenraten-Reduktion	395
12.4.3	Beispiel MPEG-Audiocodierung	397
12.5	Datenratenreduktion für Bildsignale	399

12.5.1	Grundlagen der Datenratenreduktion für Bildsignale	399
12.5.2	Standbildcodierung nach JPEG	401
12.5.3	Standbildcodierung nach JPEG 2000	405
12.5.4	Bewegtbildcodierung nach MPEG	407
12.5.5	Bewegtbildcodierung für HDTV	412
12.5.6	Bewegtbildcodierung nach H.265 (HEVC)	415
12.6	Zusammenfassung	419
12.7	Lernziel-Test	420
13	Übertragungssysteme für den digitalen Hör- und Fernseh Rundfunk	421
13.1	ADR – Astra Digital Radio	422
13.2	DAB-System	423
13.2.1	DAB – Digital Audio Broadcasting	423
13.2.2	DAB+	428
13.2.3	DMB – Digital Multimedia Broadcasting	428
13.3	DRM – Digital Radio Mondial	428
13.4	DVB-System der 1. Generation	431
13.4.1	DVB-S-Satellitenübertragung nach DVB	434
13.4.2	DVB-C – Kabel-TV-Übertragung nach DVB	437
13.4.3	DVB-T – Terrestrische Übertragung nach DVB	440
13.4.4	DVB-H – Terrestrische Übertragung nach DVB auf mobile Endgeräte	441
13.5	DVB-System der 2. Generation	443
13.5.1	DVB-S2 und DVB-S2X – Satellitenübertragung nach DVB ..	443
13.5.2	DVB-C2 – Kabel-TV-Übertragung nach DVB	447
13.5.3	DVB-T2 – Terrestrische Übertragung nach DVB	449
13.6	Zusammenfassung	452
13.7	Lernziel-Test	453
14	Aufzeichnungstechnik für Ton-, Bild- und Datensignale	455
14.1	Grundlagen der magnetischen Aufzeichnung	455
14.2	Analoge magnetische Audio- und Videoaufzeichnung	456
14.3	Digitale Magnetaufzeichnung	457
14.3.1	Digitale magnetische Audioaufzeichnung	458
14.3.2	Digitale magnetische Videoaufzeichnung	460
14.3.3	Magnetische Aufzeichnung von Datensignalen	468
14.4	Bandlose Aufzeichnungstechniken für Audio- und Videosignale	468
14.5	Zusammenfassung	470
14.6	Lernziel-Test	471
15	Multimediale Speichersysteme	473
15.1	Compact-Disc-System	473
15.1.1	Mechanischer Aufbau der CD	473
15.1.2	Datenorganisation und Codierung	475
15.1.3	CD-Standards	479
15.1.4	Compact-Disc-Wiedergabegeräte	481
15.1.5	Herstellung der CD	487
15.2	DVD-Systemfamilie	490

15.2.1	DVD-Basistypen	491
15.2.2	DVD – Datenorganisation und Codierung	494
15.2.3	DVD-Anwendungen – DVD-Video, DVD-Audio und DVD-ROM	495
15.2.4	Herstellung der DVD und SACD	502
15.3	BD (Blu-ray) und HD-DVD	504
15.4	Speicherkarten	507
15.5	Zusammenfassung	510
15.6	Lernziel-Test	511
16	Wiedergabe- und Empfängertechnik	513
16.1	Wiedergabetechniken	513
16.1.1	Katodenstrahlröhren – CRT (Cathode Ray Tube)	514
16.1.2	Rasterorientierte Flachbildschirme	515
16.1.3	Plasmabildschirme	516
16.1.4	Flüssigkeitskristallanzeige – LCD (Liquid Crystal Display)	517
16.1.5	Mikrospiegeltechnik – DLP (Digital Light Processing)	518
16.1.6	LED- und OLED-Bildschirme	520
16.2	Analoge Empfängertechnik	522
16.3	Digitale Signalverarbeitung im Empfänger	523
16.3.1	Qualitätsverbesserung im TV-Empfänger	523
16.3.2	Digitale Empfangstechnik	524
16.4	Analoge und digitale Schnittstellen für SDTV und HDTV	527
16.4.1	Analoge Schnittstellen	527
16.4.2	Digitale Schnittstellen	528
16.4.3	Endgerätebezeichnungen im HDTV-Umfeld	531
16.5	Zusammenfassung	533
16.6	Lernziel-Test	533
17	Leitungsvermittelte Kommunikationsnetze	535
17.1	Entwicklung und Vorbetrachtung	535
17.2	Analoger Fernsprechkanal	537
17.2.1	Grundlagen der Fernsprechtechnik	537
17.2.2	Kenngößen des analogen Fernsprechkanal	537
17.3	Analoge Fernsprechübertragungstechnik	540
17.3.1	Grundlegender Aufbau	540
17.3.2	Übertragung im Basisband	541
17.3.3	Trägerfrequente Übertragung der Fernsprechschnelle	542
17.4	Digitale Fernsprechübertragungssysteme	546
17.4.1	Übertragungsverfahren im ISDN	546
17.4.2	Übertragungsverfahren auf der S_0 -Schnittstelle	546
17.4.3	Übertragungsverfahren auf der U_{K0} -Schnittstelle	550
17.4.4	Übertragungsverfahren bei Primärmultiplexanschlüssen ..	550
17.5	Grundlagen der Vermittlungstechnik	551
17.5.1	Vorbetrachtung	551
17.5.2	Geografische Zuordnung der Teilnehmer zu einer Vermittlungseinheit	552

17.5.3	Identifikation der Teilnehmer	553
17.5.4	Konzentration, Richtungs Auswahl und Expansion	556
17.5.5	Die Steuerung des Verbindungsaufbaus	558
17.5.6	Wahlverfahren zum Verbindungsaufbau	560
17.6	Elektromechanische Vermittlungssysteme	563
17.7	Digitale Vermittlungssysteme	565
17.7.1	Grundprinzip digitaler Vermittlung	566
17.7.2	Funktionsprinzip einer digitalen Raumstufe	567
17.7.3	Funktionsprinzip einer digitalen Zeitstufe	569
17.7.4	Baugruppen einer digitalen Vermittlung	572
17.7.5	Verbindungsaufbau über eine digitale Vermittlungseinheit	576
17.8	Struktur der nationalen Vermittlungstechnik	578
17.9	Mehrfachausnutzung der Teilnehmeranschlussleitung	584
17.9.1	Grundlagen der 2-Draht-DSL-Technik	585
17.9.2	2-Draht-DSL-Systeme	587
17.10	Zusammenfassung	591
17.11	Lernziel-Test	592
18	Paketvermittelte Kommunikationssysteme und Computernetzwerke	595
18.1	Allgemeine Grundlagen	595
18.2	Zugriffsverfahren	597
18.2.1	ALOHA-Verfahren	598
18.2.2	Carrier Sense Multiple Access – CSMA	600
18.2.3	Token Passing	603
18.2.4	Polling	604
18.2.5	Reservierungsverfahren	605
18.3	Standards für lokale Computernetze	605
18.3.1	Überblick über die Standards der Familie IEEE 802	605
18.3.2	IEEE 802.3 – Ethernet	606
18.3.3	IEEE 802.4 – Token Bus	614
18.3.4	IEEE 802.5 – Token Ring	616
18.4	Paketorientierte Übertragung im Weitverkehr	618
18.4.1	Grundlagen der Paketvermittlung	619
18.4.2	Wegefindung im Netz – Paket-Routing	622
18.5	Kommunikation im Internet	623
18.5.1	Historische Entwicklung	623
18.5.2	TCP/IP-Kommunikationsmodell	625
18.5.3	Aufgaben und Protokolle der Internet-Schicht	626
18.5.4	Aufgaben und Protokolle der Transportschicht	637
18.5.5	Aufgaben und Protokolle der TCP/IP-Anwendungsschicht	642
18.5.6	Sprachübertragung über die Internet-Protokolle: Voice over IP	646
18.6	Zusammenfassung	652
18.7	Lernziel-Test	653

19 Mobilfunksysteme	655
19.1 Allgemeine Übersicht	655
19.1.1 Entwicklung des Mobilfunkmarktes	655
19.1.2 Überblick über bedeutende Mobilfunksysteme	657
19.1.3 Die besonderen Herausforderungen bei Mobilfunksystemen	658
19.1.4 Das zellulare Prinzip und die Wiederverwendung von Frequenzen	660
19.1.5 Versorgungsplanung – Größe von Funkzellen	662
19.2 Das GSM-System	665
19.2.1 Dienste und Anwendungen	665
19.2.2 Funkkanäle im GSM-System	666
19.2.3 Steuerungskanäle bei GSM	670
19.2.4 Systemarchitektur	672
19.2.5 Prozeduren vor dem Verbindungsaufbau	676
19.2.6 Verbindungsaufbau	678
19.2.7 Prozeduren zur Verbindungssteuerung	680
19.3 Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)	681
19.3.1 Frequenzbereiche und Frequenzplanung	682
19.3.2 UMTS-Systemarchitektur	683
19.3.3 Codemultiplex, Übertragungsverfahren und Datenraten bei UMTS	684
19.3.4 Schnelle Leistungsregelung und Soft Handover	689
19.3.5 High Speed Packet Access	690
19.4 Long Term Evolution – LTE	693
19.4.1 Systemarchitektur	694
19.4.2 Frequenzbereiche	695
19.4.3 Übertragungstechnik	696
19.4.4 Funkreichweite und Netzkapazität	699
19.4.5 LTE Advanced	701
19.5 Wireless Local Area Networks (WLAN)	702
19.5.1 Anwendungen und Netzstrukturen	702
19.5.2 Übersicht über den Standard	703
19.5.3 Zugriffsverfahren	704
19.5.4 Übertragungsverfahren bei Wireless LANs	707
19.6 Bluetooth	711
19.6.1 Überblick über den Bluetooth-Standard und seine Anwendungen	711
19.6.2 Übertragungstechnik	712
19.6.3 Netzstrukturen	714
19.7 ZigBee	716
19.8 Lernziel-Test	718
Literaturverzeichnis	721
Stichwortverzeichnis	724