

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort .....	5
<b>1 Grundlegende Begriffe der Nachrichtentechnik .....</b>	<b>17</b>
1.1 Einordnung der Nachrichtentechnik .....	17
1.2 Hierarchische Strukturierung von Kommunikationsabläufen .....	21
1.2.1 Beispiel für die Gliederung des Kommunikationsprozesses ..	21
1.2.2 Die Aufgaben der OSI-Schichten .....	23
1.2.3 Dienste, Protokolle und Datenfluss im OSI-Modell .....	27
1.3 Signale und Systeme .....	30
1.3.1 Beschreibung von Signalen .....	30
1.3.2 Rauschleistung .....	35
1.3.3 Übertragungsfunktion .....	36
1.3.4 Pegel und Dezibel-Rechnung .....	38
1.3.5 Verzerrungen .....	41
1.4 Lernziel-Test .....	43
<b>2 Elektronische Netzwerke .....</b>	<b>45</b>
2.1 Netzwerke als Bestandteil von Nachrichtensystemen .....	45
2.2 Zweipole .....	46
2.3 Vierpole .....	49
2.3.1 Vierpolersatzdarstellungen .....	50
2.3.2 Betriebsparameter .....	52
2.3.3 Übertragungsfunktionen .....	52
2.4 Filterschaltungen .....	54
2.4.1 Filterarten und -kenngrößen .....	54
2.4.2 RC-Filter .....	58
2.4.3 LC-Filter .....	59
2.4.4 Mechanische Filter .....	62
2.4.5 Oberflächenwellen-Filter .....	65
2.4.6 Abtastfilter .....	66
2.5 Mehrtore .....	69
2.6 Lernziel-Test .....	71

<b>3</b>	<b>Verstärkung und Schwingungserzeugung</b>	73
3.1	Operationsverstärker	74
3.1.1	Anforderungen an einen universellen Verstärker	74
3.1.2	Aufbau eines Operationsverstärkers	74
3.1.3	Eigenschaften von Operationsverstärkern	76
3.1.4	Beschaltung von Operationsverstärkern	79
3.2	Leistungsverstärker	81
3.2.1	Arbeitspunkt bei Leistungsverstärkern	81
3.2.2	Eintaktschaltungen	82
3.2.3	Gegentaktschaltungen	83
3.2.4	Sendeverstärker	85
3.3	Rückkopplung	85
3.3.1	Prinzip	85
3.3.2	Gegenkopplungsschaltungen	87
3.3.3	Eigenschaften gegengekoppelter Schaltungen	89
3.4	Spezielle Schaltungen der Nachrichtentechnik	92
3.5	Schwingungserzeugung	95
3.5.1	Grundlagen	95
3.5.2	Oszillatorgrundschaltungen	97
3.5.3	Oszillatoreigenschaften	100
3.5.4	Funktionsgeneratoren	102
3.6	Lernziel-Test	104
<b>4</b>	<b>Theorie der Leitungen</b>	105
4.1	Definition einer Leitung	105
4.2	Leitungseigenschaften	107
4.3	Wellenausbreitung auf Leitungen	109
4.4	Leitung als Transformator und Resonator	112
4.5	Wellenleiter	114
4.6	Lichtwellenleiter	115
4.6.1	LWL-Übertragungskanal	116
4.6.2	Optische Eigenschaften von Glasfasern	116
4.6.3	Aufbau von Lichtwellenleitern	117
4.7	Kabelsysteme in der Kommunikationstechnik	120
4.7.1	Kabel mit symmetrischen Leitungen	120
4.7.2	Koaxialkabel	126
4.7.3	Glasfaserkabel	129
4.8	Lernziel-Test	132
<b>5</b>	<b>Elektroakustik</b>	133
5.1	Allgemeines	133
5.2	Messgrößen des Schalls	134
5.3	Schallempfindung durch das Ohr	136

5.4	Raumakustik	141
5.4.1	Reflexion und Absorption	141
5.4.2	Anhall und Nachhall	142
5.5	Technik der Schallübertragung	143
5.5.1	Allgemeine Anforderungen	143
5.5.2	Audio-Übertragungssysteme	144
5.6	Elektroakustische Wandler	147
5.6.1	Schallaufnehmer, Mikrofone	147
5.6.2	Schallstrahler	153
5.6.3	Erregersysteme für Lautsprecher und Kopfhörer	155
5.6.4	Schallführung	156
5.6.5	Lautsprecherkombinationen	159
5.6.6	Kopfhörer	160
5.7	Lernziel-Test	161
<b>6</b>	<b>Elektromagnetische Wellen</b>	<b>163</b>
6.1	Kenngrößen	164
6.1.1	Frequenzen und Wellenlängen	164
6.1.2	Polarisation	165
6.1.3	Ausbreitungsgeschwindigkeit	166
6.1.4	Frequenzbereiche	168
6.1.5	Wellenwiderstand	170
6.1.6	Überlagerung von Wellen – Interferenz	170
6.1.7	Intensität	172
6.2	Antennen	173
6.2.1	Erzeugung und Abstrahlung elektromagnetischer Wellen	173
6.2.2	Antennenkenngößen	175
6.2.3	Lineare Antennen	180
6.2.4	Gruppenantennen	184
6.2.5	Hornantennen	189
6.2.6	Reflektorantennen	190
6.2.7	Weitere Antennenformen	193
6.3	Physikalische Effekte der Wellenausbreitung	196
6.3.1	Freiraumausbreitung	197
6.3.2	Reflexion und Durchdringung	200
6.3.3	Dämpfung durch Regen und Nebel	202
6.3.4	Beugung	203
6.3.5	Bodenwellenausbreitung	204
6.3.6	Raumwellenausbreitung	204
6.4	Funkausbreitungsmodelle	206
6.5	Lernziel-Test	208

<b>7</b>	<b>Analoge Modulationsverfahren</b>	211
7.1	Übersicht	211
7.2	Amplitudenmodulation (AM)	213
7.2.1	Grundlagen der Amplitudenmodulation	213
7.2.2	Zweiseitenbandmodulation – ZSB-AM	216
7.2.3	Einseitenbandmodulation – ESB-AM	219
7.3	Winkelmodulationsverfahren	219
7.3.1	Grundlagen der Winkelmodulation	219
7.3.2	Frequenzmodulationsverfahren	223
7.3.3	Phasenmodulationsverfahren	226
7.3.4	Demodulation winkelmodulierter Signale	227
7.4	Lernziel-Test	230
<b>8</b>	<b>Digitale Übertragungsverfahren</b>	231
8.1	Grundlagen	231
8.2	Digitale Übertragung im Basisband	236
8.2.1	High-Density-Bipolar-n-Leitungscode – HDBn-Code	238
8.2.2	Modified Monitoring State Code MMS43 – Leitungscode	238
8.3	Digitale Modulationsverfahren	240
8.3.1	Allgemeines	240
8.3.2	Digitale Frequenzmodulation	242
8.3.3	Digitale Phasen- und Amplitudenmodulation	243
8.3.4	Spreiztechnik	248
8.3.5	Frequency Hopping	252
8.3.6	Orthogonal Frequency Division Multiplex – OFDM	253
8.4	Fehlerschutzverfahren für die digitale Übertragung	256
8.4.1	Grundlagen des Fehlerschutzes	256
8.4.2	Block Codes	258
8.4.3	Faltungscodes	263
8.4.4	Interleaving	264
8.5	Dynamische Auswahl des Übertragungsverfahrens	265
8.6	ARQ-Verfahren	267
8.6.1	Send-and-Wait-Protokoll	268
8.6.2	Selektives ARQ-Verfahren	269
8.6.3	Fensterverfahren	271
8.7	Lernziel-Test	272
<b>9</b>	<b>Multiplex-Verfahren in der Übertragungstechnik</b>	275
9.1	Übersicht zu den Multiplex-Verfahren	275
9.2	Raummultiplex	276
9.3	Frequenzmultiplex	278
9.4	Wellenlängenmultiplex	280
9.5	Orthogonales Frequenzmultiplex	284

9.6	Zeitmultiplex	284
9.6.1	Synchrones Zeitmultiplex-Verfahren	284
9.6.2	Asynchrones Zeitmultiplex-Verfahren	287
9.7	Codemultiplex	290
9.8	Polarisationsmultiplex	294
9.9	Kombination von Multiplex-Verfahren	294
9.10	Duplex-Verfahren	295
9.11	Lernziel-Test	297
<b>10</b>	<b>Analoger Hör- und Fernschrundfunk</b>	<b>299</b>
10.1	Analoger terrestrischer Hörrundfunk	299
10.1.1	Hörrundfunkempfänger	300
10.1.2	Stereo-Hörrundfunk	306
10.1.3	Übertragung von Zusatzinformationen	308
10.2	Zusammenfassung	312
10.3	Analoge Fernsehsystemtechnik	312
10.3.1	Grundlagen	313
10.3.2	Normen für Schwarzweiß-Fernsehsignale	317
10.3.3	Signaldarstellung im Basisband	317
10.3.4	Synchronisationssignale	322
10.3.5	Grundlagen der Farbfernsehetechnik	325
10.3.6	Farbfernsehsysteme	330
10.4	Zusammenfassung	333
10.5	Analoge TV-Übertragungssysteme	334
10.5.1	Analoge terrestrische Übertragung	334
10.5.2	Analoge Satellitenübertragung	336
10.5.3	Analoge Kabel-TV-Netze	338
10.5.4	Übertragung von Zusatzinformationen	340
10.6	Zusammenfassung	344
10.7	Lernziel-Test	344
<b>11</b>	<b>Digitalisierung von Ton- und Bildsignalen</b>	<b>347</b>
11.1	Grundlagen	347
11.2	Parameter für die A/D-Umsetzung von Sprachsignalen nach ITU-T G 711	354
11.2.1	Abtastfrequenz im Sprachbereich	354
11.2.2	Quantisierung im Sprachbereich	356
11.2.3	Codierung digitaler Sprachsignale	359
11.2.4	Datenrate codierter Sprachsignale	359
11.3	Parameter für die A/D-Umsetzung von Audiosignalen	360
11.3.1	Abtastfrequenzen für Audiosignale	360
11.3.2	Quantisierung von Audiosignalen	361

11.3.3	Datenrate von Audiosignalen . . . . .	362
11.3.4	AES/EBU-SignalfORMAT . . . . .	363
11.4	Parameter für die A/D-Umsetzung von Standardvideosignalen – SDTV . . . . .	363
11.4.1	Abtastfrequenzen für SDTV . . . . .	365
11.4.2	Quantisierung von SDTV . . . . .	368
11.4.3	Datenrate von SDTV . . . . .	370
11.4.4	Schnittstellen für die Basisbandübertragung von SDTV . . . . .	370
11.5	Parameter für das hochauflösende Fernsehen – HDTV (High Definition Television) . . . . .	373
11.6	Zusammenfassung . . . . .	377
11.7	Lernziel-Test . . . . .	377
<b>12</b>	<b>Datenratenreduktion für Ton- und Bildsignale . . . . .</b>	<b>379</b>
12.1	Auswahlkriterien für Datenraten-Reduktionsverfahren . . . . .	379
12.2	Grundlegende Prinzipien der Datenratenreduktion . . . . .	382
12.3	Standardisierung von Ton- und Bilddatenraten-Reduktions- verfahren . . . . .	384
12.4	Datenratenreduktion für Audiosignale . . . . .	385
12.4.1	Verlustlose Audiodatenraten-Reduktion . . . . .	385
12.4.2	Verlustbehaftete Audiodatenraten-Reduktion . . . . .	386
12.4.3	Beispiel MPEG-Audiocodierung . . . . .	388
12.5	Datenratenreduktion für Bildsignale . . . . .	390
12.5.1	Grundlagen der Datenratenreduktion für Bildsignale . . . . .	390
12.5.2	Standbildcodierung nach JPEG . . . . .	392
12.5.3	Standbildcodierung nach JPEG 2000 . . . . .	397
12.5.4	Bewegtbildcodierung nach MPEG . . . . .	399
12.5.5	Bewegtbildcodierung für HDTV . . . . .	405
12.6	Zusammenfassung . . . . .	406
12.7	Lernziel-Test . . . . .	407
<b>13</b>	<b>Übertragungssysteme für den digitalen Hör- und Fernseh Rundfunk . . . . .</b>	<b>409</b>
13.1	ADR – Astra Digital Radio . . . . .	411
13.2	DAB-System . . . . .	411
13.2.1	DAB – Digital Audio Broadcasting . . . . .	411
13.2.2	DAB+ . . . . .	417
13.2.3	DMB – Digital Multimedia Broadcasting . . . . .	417
13.3	DRM – Digital Radio Mondial . . . . .	417
13.4	DVB-System . . . . .	420
13.4.1	DVB-S-Satellitenübertragung nach DVB . . . . .	424
13.4.2	DVB-S2-Satellitenübertragung nach DVB . . . . .	426
13.4.3	DVB-C – Kabel-TV-Übertragung nach DVB . . . . .	428

13.4.4	DVB-T – Terrestrische Übertragung nach DVB	430
13.4.5	DVB-H – Terrestrische Übertragung nach DVB auf mobile Endgeräte	432
13.5	Zusammenfassung	434
13.6	Lernziel-Test	434
<b>14</b>	<b>Technik der magnetischen Aufzeichnung</b>	<b>437</b>
14.1	Analoge Audioaufzeichnung	437
14.1.1	Der Löschvorgang	438
14.1.2	Der Aufzeichnungsvorgang	438
14.1.3	Der Wiedergabevorgang	439
14.1.4	Systemtechnik der analogen Audioaufzeichnung	442
14.1.5	Bandwerkstoffe und Bandtypen	442
14.1.6	Die Bandflussnorm	444
14.1.7	Aufbau analoger Audioaufzeichnungsgeräte	446
14.1.8	Grenzen der analogen Audioaufzeichnung	446
14.2	Analoge magnetische Videoaufzeichnung	447
14.2.1	Grundlagen	447
14.2.2	Analoge Videoaufzeichnungssysteme	452
14.3	Digitale Magnetaufzeichnung	466
14.3.1	Digitale magnetische Audioaufzeichnung	466
14.3.2	Digitale magnetische Videoaufzeichnung	469
14.4	Zusammenfassung	478
14.5	Lernziel-Test	479
<b>15</b>	<b>Multimediale Speichersysteme</b>	<b>481</b>
15.1	Compact-Disc-System	481
15.1.1	Mechanischer Aufbau der CD	481
15.1.2	Datenorganisation und Codierung	484
15.1.3	CD-Standards	487
15.1.4	Compact-Disc-Wiedergabegeräte	488
15.1.5	Herstellung der CD	496
15.2	DVD-Systemfamilie	499
15.2.1	DVD-Basistypen	500
15.2.2	DVD – Datenorganisation und Codierung	504
15.2.3	DVD-Anwendungen – DVD-Video, DVD-Audio und DVD-ROM	505
15.2.4	Herstellung der DVD und SACD	512
15.3	BD (Blu-ray) und HD-DVD	514
15.4	Zusammenfassung	518
15.5	Lernziel-Test	519

<b>16</b>	<b>Wiedergabe- und Empfängertechnik</b>	521
16.1	Wiedergabetekniken	521
16.1.1	Katodenstrahlröhren – CRT (Cathode Ray Tube)	522
16.1.2	Rasterorientierte Flachbildschirme	526
16.1.3	Plasmabildschirme	526
16.1.4	Flüssigkeitskristallanzeige – LCD (Liquid Crystal Display)	527
16.1.5	Mikrospiegeltechnik – DLP (Digital Light Processing)	529
16.2	Analoge Empfängertechnik	531
16.2.1	Rückgewinnung des Tonsignals	535
16.2.2	Rückgewinnung des Synchronsignals	535
16.2.3	Empfängerseitige Farbsignalverarbeitung	538
16.3	Digitale Signalverarbeitung im Empfänger	543
16.3.1	Qualitätsverbesserung im TV-Empfänger	543
16.3.2	Digitale Empfangstechnik	545
16.4	Analoge und digitale Schnittstellen für SDTV und HDTV	547
16.4.1	Analoge Schnittstellen	547
16.4.2	Digitale Schnittstellen	548
16.4.3	Endgerätebezeichnungen im HDTV-Umfeld	551
16.5	Zusammenfassung	553
16.6	Lernziel-Test	554
<b>17</b>	<b>Leitungsvermittelte Kommunikationsnetze</b>	555
17.1	Entwicklung und Vorbetrachtung	555
17.2	Analoger Fernsprechkanal	557
17.2.1	Grundlagen der Fernsprechtechnik	557
17.2.2	Kenngrößen des analogen Fernsprechkanal.	558
17.3	Analoge Fernsprechübertragungstechnik	559
17.3.1	Grundlegender Aufbau	559
17.3.2	Übertragung im Basisband	561
17.3.3	Trägerfrequente Übertragung der Fernsprechsignale.	563
17.4	Digitale Fernsprechübertragungssysteme	564
17.4.1	Übertragungsverfahren im ISDN	567
17.4.2	Übertragungsverfahren auf der $S_0$ -Schnittstelle	567
17.4.3	Übertragungsverfahren auf der $U_{K0}$ -Schnittstelle	567
17.4.4	Übertragungsverfahren bei Primärmultiplexanschlüssen	571
17.5	Grundlagen der Vermittlungstechnik	572
17.5.1	Vorbetrachtung	572
17.5.2	Geografische Zuordnung der Teilnehmer zu einer Vermittlungseinheit	573
17.5.3	Identifikation der Teilnehmer	573
17.5.4	Konzentration, Richtungsauswahl und Expansion	577
17.5.5	Die Steuerung des Verbindungsaufbaus	579
17.5.6	Wahlverfahren zum Verbindungsaufbau	582

17.6	Elektromechanische Vermittlungssysteme . . . . .	585
17.7	Digitale Vermittlungssysteme . . . . .	587
17.7.1	Grundprinzip digitaler Vermittlung . . . . .	588
17.7.2	Funktionsprinzip einer digitalen Raumstufe . . . . .	589
17.7.3	Funktionsprinzip einer digitalen Zeitstufe . . . . .	591
17.7.4	Baugruppen einer digitalen Vermittlung . . . . .	594
17.7.5	Verbindungsaufbau über eine digitale Vermittlungseinheit . . . . .	598
17.8	Struktur der nationalen Vermittlungstechnik . . . . .	600
17.9	Mehrfachausnutzung der Teilnehmeranschlussleitung . . . . .	607
17.9.1	Grundlagen der 2-Draht-DSL-Technik . . . . .	609
17.9.2	2-Draht-DSL-Systeme . . . . .	611
17.10	Zusammenfassung . . . . .	613
17.11	Lernziel-Test . . . . .	614
<b>18</b>	<b>Paketvermittelte Kommunikationssysteme und Computernetzwerke . . . . .</b>	<b>617</b>
18.1	Allgemeine Grundlagen . . . . .	617
18.2	Zugriffsverfahren . . . . .	619
18.2.1	ALOHA-Verfahren . . . . .	620
18.2.2	Carrier Sense Multiple Access – CSMA . . . . .	622
18.2.3	Token Passing . . . . .	626
18.2.4	Polling . . . . .	627
18.2.5	Reservierungsverfahren . . . . .	628
18.3	Standards für lokale Computernetze . . . . .	628
18.3.1	Überblick über die Standards der Familie IEEE 802 . . . . .	628
18.3.2	IEEE 802.3 – Ethernet . . . . .	630
18.3.3	IEEE 802.4 – Token Bus . . . . .	638
18.3.4	IEEE 802.5 – Token Ring . . . . .	640
18.4	Paketorientierte Übertragung im Weitverkehr . . . . .	642
18.4.1	Grundlagen der Paketvermittlung . . . . .	643
18.4.2	Wegefindung im Netz – Paket-Routing . . . . .	646
18.5	Kommunikation im Internet . . . . .	648
18.5.1	Historische Entwicklung . . . . .	648
18.5.2	TCP/IP-Kommunikationsmodell . . . . .	650
18.5.3	Aufgaben und Protokolle der Internet-Schicht . . . . .	651
18.5.4	Aufgaben und Protokolle der Transportschicht . . . . .	659
18.5.5	Aufgaben und Protokolle der TCP/IP-Anwendungsschicht . . . . .	665
18.6	Zusammenfassung . . . . .	668
18.7	Lernziel-Test . . . . .	670
<b>19</b>	<b>Mobilfunksysteme . . . . .</b>	<b>673</b>
19.1	Allgemeine Übersicht . . . . .	673
19.1.1	Entwicklung des Mobilfunkmarktes . . . . .	673
19.1.2	Überblick über bedeutende Mobilfunksysteme . . . . .	675

19.1.3	Die besonderen Herausforderungen bei Mobilfunk- systemen . . . . .	677
19.1.4	Das zellulare Prinzip und die Wiederverwendung von Frequenzen . . . . .	679
19.1.5	Versorgungsplanung – Größe von Funkzellen . . . . .	681
19.2	Das GSM-System . . . . .	685
19.2.1	Dienste und Anwendungen . . . . .	685
19.2.2	Funkkanäle im GSM-System . . . . .	687
19.2.3	Steuerungskanäle bei GSM . . . . .	691
19.2.4	Systemarchitektur . . . . .	693
19.2.5	Prozeduren vor dem Verbindungsaufbau . . . . .	697
19.2.6	Verbindungsaufbau . . . . .	699
19.2.7	Prozeduren zur Verbindungssteuerung . . . . .	702
19.3	Universal Mobile Telecommunications System – UMTS . . . . .	703
19.3.1	Frequenzbereiche und Frequenzplanung . . . . .	703
19.3.2	Übertragungsverfahren und Codemultiplex . . . . .	705
19.3.3	Schnelle Leistungsregelung und Soft Handover . . . . .	706
19.3.4	UMTS-Systemarchitektur . . . . .	707
19.4	WiMAX . . . . .	708
19.5	TETRA . . . . .	710
19.6	Wireless Local Area Networks – WLAN . . . . .	712
19.6.1	Anwendungen und Netzstrukturen . . . . .	712
19.6.2	Übertragungstechnik und Datenraten . . . . .	713
19.7	Bluetooth . . . . .	716
19.7.1	Überblick über den Bluetooth-Standard und seine Anwendungen . . . . .	716
19.7.2	Übertragungstechnik . . . . .	717
19.7.3	Netzstrukturen . . . . .	720
19.8	Digital Enhanced Cordless Telecommunications – DECT . . . . .	721
19.9	ZigBee . . . . .	724
19.10	UltraWideBand – UWB . . . . .	727
19.11	Lernziel-Test . . . . .	730
	<b>Literaturverzeichnis . . . . .</b>	<b>733</b>
	<b>Stichwortverzeichnis . . . . .</b>	<b>735</b>