

Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur 5. Auflage.....	5
1 Grundlegende Begriffe der Nachrichtentechnik	17
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	22
1.2.3 Dienste, Protokolle und Datenfluss im OSI-Modell	26
1.3 Signale und Systeme	28
1.3.1 Beschreibung von Signalen	28
1.3.2 Rauschleistung	35
1.3.3 Allgemeine Eigenschaften von Übertragungssystemen	36
1.3.4 Pegel und Dezibel-Rechnung	41
1.4 Lernziel-Test	45
2 Elektronische Netzwerke	47
2.1 Netzwerke als Bestandteil von Nachrichtensystemen	47
2.2 Zweipole	48
2.3 Vierpole	51
2.3.1 Vierpolersatzdarstellungen	52
2.3.2 Betriebsparameter	54
2.3.3 Übertragungsfunktion	55
2.4 Filterschaltungen	56
2.4.1 Filterarten und -kenngrößen	57
2.4.2 RC-Filter	61
2.4.3 LC-Filter	63
2.4.4 Mechanische Filter	66
2.4.5 Oberflächenwellen-Filter	69
2.4.6 Abtastfilter	70
2.4.7 Digitale Filter	71
2.5 Mehrtore	78
2.6 Lernziel-Test	79
3 Verstärkung und Schwingungserzeugung	81
3.1 Operationsverstärker	82
3.1.1 Anforderungen an einen universellen Verstärker	82
3.1.2 Aufbau eines Operationsverstärkers	82
3.1.3 Eigenschaften von Operationsverstärkern	84
3.1.4 Beschaltung von Operationsverstärkern	87
3.2 Leistungsverstärker	89
3.2.1 Arbeitspunkt bei Leistungsverstärkern	89
3.2.2 Eintaktschaltungen	89
3.2.3 Gegentaktschaltungen	91
3.2.4 Sendeverstärker	92
3.2.5 Schaltverstärker der Klasse D	93

3.3	Rückkopplung	95
3.3.1	Prinzip	95
3.3.2	Gegenkopplungsschaltungen	97
3.3.3	Eigenschaften gegengekoppelter Schaltungen	99
3.4	Spezielle Schaltungen der Nachrichtentechnik	102
3.5	Schwingungserzeugung	105
3.5.1	Grundlagen	105
3.5.2	Oszillatorgrundsaltungen	107
3.5.3	Oszillatoreigenschaften	112
3.5.4	Funktionsgeneratoren	114
3.5.5	Digitale Oszillatoren	116
3.6	Lernziel-Test	120
4	Leitungen für die Nachrichtenübertragung	121
4.1	Wellen auf leitfähigen Kabeln	121
4.2	Wellenkenngößen der Leitung	125
4.2.1	Allgemeine Zusammenhänge	125
4.2.2	Wellenkenngößen von verlustfreien Leitungen	126
4.2.3	Wellenkenngößen von Leitungen mit geringen Verlusten	127
4.3	Leitungsabschluss und Reflexionen	129
4.4	Leitungen als Bauelemente der Hochfrequenztechnik	133
4.5	Wellenleiter	134
4.6	Lichtwellenleiter	135
4.6.1	LWL-Übertragungskanal	136
4.6.2	Optische Eigenschaften von Glasfasern	136
4.6.3	Aufbau von Lichtwellenleitern	138
4.7	Kabelsysteme in der Kommunikationstechnik	140
4.7.1	Kabel mit symmetrischen Leitungen	141
4.7.2	Koaxialkabel	146
4.7.3	Glasfaserkabel	148
4.8	Lernziel-Test	152
5	Elektroakustik	153
5.1	Allgemeines	153
5.2	Messgrößen des Schalls	154
5.3	Schallempfindung durch das Ohr	156
5.4	Raumakustik	161
5.4.1	Reflexion und Absorption	161
5.4.2	Anhall und Nachhall	161
5.5	Technik der Schallübertragung	163
5.5.1	Allgemeine Anforderungen	163
5.5.2	Audio-Übertragungssysteme	164
5.6	Elektroakustische Wandler	166
5.6.1	Schallaufnehmer, Mikrofone	166
5.6.2	Schallstrahler	172
5.6.3	Erregersysteme für Lautsprecher und Kopfhörer	174
5.6.4	Schallführung	175
5.6.5	Lautsprecherkombinationen	177

5.6.6	Beschallungssysteme	178
5.6.7	Kopfhörer	181
5.7	Lernziel-Test	182
6	Elektromagnetische Wellen	183
6.1	Kenngrößen	184
6.1.1	Frequenzen und Wellenlängen	184
6.1.2	Polarisation	184
6.1.3	Ausbreitungsgeschwindigkeit	186
6.1.4	Frequenzbereiche	187
6.1.5	Wellenwiderstand	189
6.1.6	Überlagerung von Wellen – Interferenz	190
6.1.7	Intensität	191
6.2	Antennen	192
6.2.1	Erzeugung und Abstrahlung elektromagnetischer Wellen	192
6.2.2	Antennenkenngrößen	196
6.2.3	Lineare Antennen	200
6.2.4	Gruppenantennen	203
6.2.5	Hornantennen	208
6.2.6	Reflektorantennen	208
6.2.7	Weitere Antennenformen	211
6.3	Physikalische Effekte der Wellenausbreitung	214
6.3.1	Freiraumausbreitung	215
6.3.2	Reflexion und Durchdringung	217
6.3.3	Dämpfung durch Regen und Nebel	219
6.3.4	Beugung	220
6.3.5	Bodenwellenausbreitung	221
6.3.6	Raumwellenausbreitung	222
6.4	Funkausbreitungsmodelle	224
6.5	Lernziel-Test	225
7	Analoge Modulationsverfahren	227
7.1	Übersicht	227
7.2	Amplitudenmodulation (AM)	229
7.2.1	Grundlagen der Amplitudenmodulation	229
7.2.2	Zweiseitenbandmodulation – ZSB-AM	231
7.2.3	Einseitenbandmodulation – ESB-AM	234
7.3	Winkelmodulationsverfahren	235
7.3.1	Grundlagen der Winkelmodulation	235
7.3.2	Frequenzmodulationsverfahren	239
7.3.3	Phasenmodulationsverfahren	241
7.3.4	Demodulation winkelmodulierter Signale	242
7.4	Lernziel-Test	245
8	Digitale Übertragungsverfahren	247
8.1	Grundlagen	247
8.2	Digitale Übertragung im Basisband	251
8.2.1	High-Density-Bipolar-n-Leitungscode – HDBn-Code	253

8.2.2	Modified Monitoring State Code MMS43 – Leitungscode ...	254
8.3	Digitale Modulationsverfahren	255
8.3.1	Allgemeines	255
8.3.2	Digitale Frequenzmodulation	257
8.3.3	Digitale Phasen- und Amplitudenmodulation	258
8.3.4	Spreadtechnik	262
8.3.5	Frequency Hopping	266
8.3.6	Orthogonal Frequency Division Multiplex – OFDM	266
8.4	Fehlerschutzverfahren für die digitale Übertragung	270
8.4.1	Grundlagen des Fehlerschutzes	270
8.4.2	Block Codes	272
8.4.3	Faltungscodes	277
8.4.4	Interleaving	278
8.5	Dynamische Auswahl des Übertragungsverfahrens	279
8.6	ARQ-Verfahren	281
8.6.1	Send-and-Wait-Protokoll	281
8.6.2	Selektives ARQ-Verfahren	283
8.6.3	Fensterverfahren	284
8.6.4	Hybride ARQ-Verfahren	285
8.7	Lernziel-Test	287
9	Multiplexverfahren in der Übertragungstechnik	289
9.1	Übersicht zu den Multiplexverfahren	289
9.2	Raummultiplex	289
9.3	Frequenzmultiplex	291
9.4	Wellenlängenmultiplex	293
9.5	Orthogonales Frequenzmultiplex	295
9.6	Zeitmultiplex	295
9.6.1	Synchrones Zeitmultiplex-Verfahren	295
9.6.2	Asynchrones Zeitmultiplex-Verfahren	298
9.7	Codemultiplex	299
9.8	Polarisationsmultiplex	303
9.9	Multiple Input Multiple Output (MIMO)	304
9.10	Kombination von Multiplexverfahren	310
9.11	Duplex-Verfahren	311
9.12	Lernziel-Test	312
10	Analoger Hör- und Fernschrundfunk	315
10.1	Analoger terrestrischer Hörrundfunk	315
10.1.1	Hörrundfunkempfänger	316
10.1.2	Stereo-Hörrundfunk	322
10.1.3	Übertragung von Zusatzinformationen	324
10.2	Zusammenfassung	328
10.3	Analoge Fernsehsystemtechnik	328
10.3.1	Grundlagen	329
10.3.2	Normen für Schwarzweiß-Fernsehsignale	332
10.3.3	Signal Darstellung im Basisband	333
10.3.4	Synchronisationssignale	337

10.3.5	Grundlagen der Farbfernsehtechnik	340
10.3.6	Farbfernsehsysteme.....	345
10.4	Übertragung von Zusatzinformationen	349
10.4.1	Prüfzeilensignale	349
10.4.2	Videotextinformation	350
10.4.3	Datenübertragung.....	351
10.5	Analoge TV-Übertragungssysteme.....	352
10.6	Zusammenfassung	353
10.7	Lernziel-Test	354
11	Digitalisierung von Ton- und Bildsignalen	355
11.1	Grundlagen	355
11.2	Parameter für die A/D-Umsetzung von Sprachsignalen nach ITU-T G 711	362
11.2.1	Abtastfrequenz im Sprachbereich	362
11.2.2	Quantisierung im Sprachbereich	363
11.2.3	Codierung digitaler Sprachsignale	365
11.2.4	Datenrate codierter Sprachsignale	367
11.3	Parameter für die A/D-Umsetzung von Audiosignalen.....	367
11.3.1	Abtastfrequenzen für Audiosignale	368
11.3.2	Quantisierung von Audiosignalen	368
11.3.3	Datenrate von Audiosignalen	370
11.3.4	AES/EBU-SignalfORMAT	370
11.4	Parameter für die A/D-Umsetzung von Standardvideosignalen – SDTV	371
11.4.1	Abtastfrequenzen für SDTV	372
11.4.2	Quantisierung von SDTV	376
11.4.3	Datenrate von SDTV	377
11.5	Parameter für HDTV (High Definition Television) und UHDTV (Ultra-high Definition Television)	378
11.5.1	HDTV – High Definition Television	378
11.5.2	UHDTV – Ultra-high Definition Television	382
11.6	Basisbandübertragung digitaler TV-Signale	383
11.7	Zusammenfassung	385
11.8	Lernziel-Test	386
12	Datenratenreduktion für Ton- und Bildsignale.....	387
12.1	Auswahlkriterien für Datenraten-Reduktionsverfahren	387
12.2	Grundlegende Prinzipien der Datenratenreduktion	390
12.3	Standardisierung von Ton- und Bilddatenraten-Reduktions- verfahren	391
12.4	Datenratenreduktion für Audiosignale	393
12.4.1	Verlustlose Audiodatenraten-Reduktion	393
12.4.2	Verlustbehaftete Audiodatenraten-Reduktion	393
12.4.3	Beispiel MPEG-Audiocodierung	395
12.5	Datenratenreduktion für Bildsignale	397
12.5.1	Grundlagen der Datenratenreduktion für Bildsignale	397
12.5.2	Standbildcodierung nach JPEG	399

12.5.3	Standbildcodierung nach JPEG 2000	403
12.5.4	Bewegtbildcodierung nach MPEG.....	405
12.5.5	Bewegtbildcodierung für HDTV	410
12.5.6	Bewegtbildcodierung nach H.265 (HEVC)	413
12.5.7	Bewegtbildcodierung nach H.266 (VVC)	417
12.6	Zusammenfassung	419
12.7	Lernziel-Test	420
13	Übertragungssysteme für den digitalen Hör- und Fernsehrundfunk	423
13.1	ADR – Astra Digital Radio	424
13.2	DAB-System	425
13.2.1	DAB – Digital Audio Broadcasting	425
13.2.2	DAB+	430
13.2.3	DMB – Digital Multimedia Broadcasting.....	430
13.3	DRM – Digital Radio Mondial	430
13.4	DVB-System der 1. Generation	433
13.4.1	DVB-S-Satellitenübertragung nach DVB.....	436
13.4.2	DVB-C – Kabel-TV-Übertragung nach DVB	439
13.4.3	DVB-T – Terrestrische Übertragung nach DVB	442
13.5	DVB-System der 2. Generation	443
13.5.1	DVB-S2 und DVB-S2X – Satellitenübertragung nach DVB ...	444
13.5.2	DVB-C2 – Kabel-TV-Übertragung nach DVB	447
13.5.3	DVB-T2 – Terrestrische Übertragung nach DVB	450
13.6	Rundfunkübertragung im Internet	452
13.7	Zusammenfassung	453
13.8	Lernziel-Test	454
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	471
14.6	Lernziel-Test	472
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	Ultra HD Blu-ray Disc	507
15.5	Speicherkarten	508
15.6	Zusammenfassung	511
15.7	Lernziel-Test	513
16	Wiedergabe- und Empfängertechnik	515
16.1	Wiedergabetechniken	515
16.1.1	Katodenstrahlröhren – CRT (Cathode Ray Tube)	516
16.1.2	Rasterorientierte Flachbildschirme	517
16.1.3	Plasmabildschirme	518
16.1.4	Flüssigkeitskristallanzeige – LCD (Liquid Crystal Display) ..	519
16.1.5	Mikrospiegeltechnik – DLP (Digital Light Processing)	520
16.1.6	LED- und OLED-Bildschirme	522
16.1.7	Farb- und Kontrastdarstellung	524
16.2	Analoge Empfängertechnik	527
16.3	Digitale Signalverarbeitung im Empfänger	528
16.3.1	Qualitätsverbesserung im TV-Empfänger	528
16.3.2	Digitale Empfangstechnik	529
16.4	Analoge und digitale Schnittstellen für SDTV und HDTV	532
16.4.1	Analoge Schnittstellen	532
16.4.2	Digitale Schnittstellen	533
16.4.3	Digitale AV-Übertragung über CAT-Kabel	536
16.4.4	Endgerätebezeichnungen im HDTV-Umfeld	538
16.5	Zusammenfassung	540
16.6	Lernziel-Test	541
17	Leitungsvermittelte Kommunikationsnetze	543
17.1	Entwicklung und Vorbetrachtung	543
17.2	Analoger Fernsprechkanal	545
17.2.1	Grundlagen der Fernsprechtechnik	545
17.2.2	Kenngrößen des analogen Fernsprechkanaals	545
17.3	Analoge Fernsprechübertragungstechnik	548
17.3.1	Grundlegender Aufbau	548
17.3.2	Übertragung im Basisband	549
17.3.3	Trägerfrequente Übertragung der Fernsprechsignale	550
17.4	Digitale Fernsprechübertragungssysteme	554
17.4.1	Übertragungsverfahren im ISDN	554
17.4.2	Übertragungsverfahren auf der S_0 -Schnittstelle	554
17.4.3	Übertragungsverfahren auf der U_{K0} -Schnittstelle	558
17.4.4	Übertragungsverfahren bei Primärmultiplexanschlüssen	558
17.5	Grundlagen der Vermittlungstechnik	559
17.5.1	Vorbetrachtung	559
17.5.2	Geografische Zuordnung der Teilnehmer zu einer	

	Vermittlungseinheit	560
17.5.3	Identifikation der Teilnehmer	561
17.5.4	Konzentration, Richtungsauswahl und Expansion	564
17.5.5	Die Steuerung des Verbindungsaufbaus	566
17.5.6	Wahlverfahren zum Verbindungsaufbau	568
17.6	Elektromechanische Vermittlungssysteme	571
17.7	Digitale Vermittlungssysteme	573
17.7.1	Grundprinzip digitaler Vermittlung	574
17.7.2	Funktionsprinzip einer digitalen Raumstufe	575
17.7.3	Funktionsprinzip einer digitalen Zeitstufe	577
17.7.4	Baugruppen einer digitalen Vermittlung	580
17.7.5	Verbindungsaufbau über eine digitale Vermittlungseinheit ...	584
17.8	Struktur der nationalen Vermittlungstechnik	586
17.9	Mehrfachausnutzung der Teilnehmeranschlussleitung	592
17.9.1	Grundlagen der 2-Draht-DSL-Technik	593
17.9.2	2-Draht-DSL-Systeme	597
17.10	Zusammenfassung	601
17.11	Lernziel-Test	602
18	Paketvermittelte Kommunikationssysteme und Computernetzwerke	605
18.1	Allgemeine Grundlagen	605
18.2	Zugriffsverfahren	607
18.2.1	ALOHA-Verfahren	608
18.2.2	Carrier Sense Multiple Access – CSMA	610
18.2.3	Token Passing	613
18.2.4	Polling	614
18.2.5	Reservierungsverfahren	615
18.3	Standards für lokale Computernetze	615
18.3.1	Überblick über die Standards der Familie IEEE 802	615
18.3.2	IEEE 802.3 – Ethernet	616
18.3.3	IEEE 802.4 – Token Bus	624
18.3.4	IEEE 802.5 – Token Ring	626
18.4	Paketorientierte Übertragung im Weitverkehr	628
18.4.1	Grundlagen der Paketvermittlung	629
18.4.2	Wegefindung im Netz – Paket-Routing	632
18.5	Kommunikation im Internet	633
18.5.1	Historische Entwicklung	633
18.5.2	TCP/IP-Kommunikationsmodell	635
18.5.3	Aufgaben und Protokolle der Internet-Schicht	636
18.5.4	Aufgaben und Protokolle der Transportschicht	647
18.5.5	Aufgaben und Protokolle der TCP/IP-Anwendungsschicht...	652
18.5.6	Sprachübertragung über die Internet-Protokolle:	
	Voice over IP	656
18.5.7	Audio- und Video-Streaming	662
18.6	Zusammenfassung	666
18.7	Lernziel-Test	667
19	Mobilfunksysteme	669

19.1 Allgemeine Übersicht	669
19.1.1 Einsatzgebiete	669
19.1.2 Generationen von Mobilfunksystemen	669
19.1.3 Öffentliche Mobilfunknetze in Deutschland und ihre Frequenzbänder	671
19.1.4 Weitere wichtige Funksysteme	672
19.1.5 Die besonderen Herausforderungen bei Mobilfunksystemen	673
19.1.6 Das zellulare Prinzip und die Wiederverwendung von Frequenzen	675
19.1.7 Versorgungsplanung – Größe von Funkzellen	677
19.2 Das GSM-System	681
19.2.1 Dienste und Anwendungen	681
19.2.2 Funkkanäle im GSM-System	683
19.2.3 Steuerungskanäle bei GSM	685
19.2.4 Systemarchitektur	687
19.2.5 Prozeduren vor dem Verbindungsaufbau	690
19.2.6 Verbindungsaufbau	692
19.2.7 Prozeduren zur Verbindungssteuerung	694
19.3 Long Term Evolution LTE	695
19.3.1 Dienste und Anwendungen	696
19.3.2 Frequenzbereiche	697
19.3.3 Übertragungstechnik	698
19.3.4 Konfiguration physikalischer Kanäle und Ressourcen- zuteilung	701
19.3.5 Systemarchitektur	704
19.3.6 Kommunikationsprotokolle in 4G/LTE und das Konzept des Bearers	708
19.3.7 Wichtige Prozeduren in einem LTE-Netz	711
19.4 Die 5. Generation Mobilfunk – 5G	715
19.4.1 Anwendungsbereiche von 5G	716
19.4.2 5G-Frequenzbereiche	719
19.4.3 Übertragungstechnik, Massive MIMO und Beamforming	719
19.4.4 Systemarchitektur und Network Slicing	722
19.5 Wireless Local Area Networks (WLAN)	727
19.5.1 Anwendungen und Netzstrukturen	727
19.5.2 Übersicht über den Standard	729
19.5.3 Zugriffsverfahren	730
19.5.4 Übertragungsverfahren bei Wireless LANs	733
19.6 Bluetooth	738
19.6.1 Überblick über den Bluetooth-Standard und seine Anwendungen	738
19.6.2 Übertragungstechnik	739
19.6.3 Netzstrukturen	741
19.7 ZigBee	742
19.8 Lernziel-Test	745
 Literaturverzeichnis	 749
Stichwortverzeichnis	753