

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Aufgaben und Grundbegriffe der Nachrichtentechnik</b>	<b>1</b>
1.1	Entwicklung der Nachrichtentechnik	2
1.2	Nachrichtentechnik, Informationstechnik und Telekommunikation	7
1.3	Nachrichtenübertragung	11
1.4	Telekommunikationsnetze	14
1.5	Zusammenfassung	18
1.6	Lösungen zu den Aufgaben	19
	Literatur	19
<b>2</b>	<b>Signale und Systeme</b>	<b>21</b>
2.1	Klassifizierung von Signalen	24
2.1.1	Zeitkontinuierliche und zeitdiskrete Signale	24
2.1.2	Analoge und digitale Signale	25
2.1.3	Periodische und aperiodische Signale	27
2.1.4	Deterministische und stochastische Signale	28
2.1.5	Energie- und Leistungssignale	29
2.2	RLC-Netzwerke	30
2.2.1	Bauelemente und Quellen	30
2.2.2	Lineares zeitinvariantes System	35
2.3	Harmonische Analyse	37
2.4	Methode der Ersatzspannungsquellen	41
2.5	Spektrum und Frequenzgang	44
2.5.1	Spektrum von Signalen mit Fourier-Reihe	44
2.5.2	Frequenzgang	47
2.5.3	Frequenzgang des RC-Glieds	48
2.5.4	Rechnen mit Frequenzgang und komplexer Fourier-Reihe	50
2.5.5	Beispiel: RC-Hochpass	52
2.6	Fourier-Transformation und lineare Filterung	56
2.6.1	Fourier-Transformation	56
2.6.2	Lineare Filterung	60
2.6.3	Verzerrungsfreie Übertragung	66

2.6.4	Zeitdauer-Bandbreite-Produkt . . . . .	69
2.7	Charakterisierung von LTI-Systemen . . . . .	72
2.7.1	Impulsfunktion und Impulsantwort . . . . .	73
2.7.2	Lineare Filterung und Faltung . . . . .	79
2.8	Zusammenfassung . . . . .	87
2.9	Lösungen zu den Aufgaben . . . . .	89
2.10	Abkürzungen und Formelzeichen . . . . .	95
	Literatur . . . . .	96
<b>3</b>	<b>Digitale Signalverarbeitung und Audiocodierung . . . . .</b>	<b>99</b>
3.1	Digitale Signalverarbeitung . . . . .	101
3.1.1	Digitalisierung analoger Signale . . . . .	102
3.1.2	Abtasttheorem . . . . .	103
3.1.3	Quantisierung . . . . .	106
3.1.4	Analog-Digital-Umsetzer . . . . .	114
3.2	Digitale Filter . . . . .	118
3.2.1	Digitale Signalverarbeitung . . . . .	118
3.2.2	Spektrum von Abtastfolgen . . . . .	119
3.2.3	Simulation . . . . .	121
3.2.4	FIR-Filter . . . . .	123
3.2.5	IIR-Filter . . . . .	126
3.3	Diskrete Fourier-Transformation . . . . .	130
3.3.1	Fourier-Summe . . . . .	131
3.3.2	Diskrete Fourier-Transformation . . . . .	133
3.3.3	Kurzzeitspektralanalyse . . . . .	136
3.4	Audiocodierung . . . . .	140
3.4.1	PCM in der Telefonie . . . . .	140
3.4.2	Moderne Audiocodierung . . . . .	148
3.5	Zusammenfassung . . . . .	155
3.6	Lösungen zu den Aufgaben . . . . .	156
3.7	Abkürzungen und Formelzeichen . . . . .	161
	Literatur . . . . .	163
<b>4</b>	<b>Digitale Übertragung im Basisband . . . . .</b>	<b>165</b>
4.1	Grundbegriffe . . . . .	167
4.2	RS-232-Schnittstelle . . . . .	170
4.3	Digitale Basisbandübertragung . . . . .	174
4.3.1	Sender . . . . .	175
4.3.2	Übertragungskanal . . . . .	177
4.3.3	Empfänger . . . . .	178
4.4	Scrambler und Descrambler . . . . .	179
4.5	Leitungscodierung . . . . .	182

---

4.5.1	Binäre Leitungscodes	182
4.5.2	Ternäre Leitungscodes	183
4.6	Störung durch Rauschen	187
4.6.1	Rauschen	188
4.6.2	Bitfehlerwahrscheinlichkeit	197
4.6.3	Matched-Filter-Empfänger	201
4.7	Tiefpasskanal	208
4.7.1	Nachbarzeicheninterferenzen	208
4.7.2	Nyquist-Bandbreite	212
4.7.3	Impulsformung	214
4.8	Kanalkapazität	218
4.9	Digitaler Teilnehmeranschluss	222
4.10	Zusammenfassung	231
4.11	Lösungen zu den Aufgaben	232
4.12	Abkürzungen und Formelzeichen	237
	Literatur	239
<b>5</b>	<b>Modulation eines sinusförmigen Trägers</b>	<b>241</b>
5.1	Trägermodulation	245
5.2	Amplitudenmodulation	247
5.2.1	Prinzip der AM	247
5.2.2	Gewöhnliche AM	249
5.2.3	AM-Demodulation	251
5.2.4	Quadraturamplitudenmodulation	254
5.2.5	Empfänger mit Quadraturmischer	257
5.3	Frequenzmodulation	261
5.3.1	Modulation der Momentanfrequenz	261
5.3.2	Spektrum und Bandbreite von FM-Signalen	263
5.3.3	Demodulation von FM-Signalen	267
5.4	Digitale Modulation	269
5.4.1	Binäre Modulation	270
5.4.2	Mehrstufige Modulation	274
5.5	Orthogonal Frequency Division Multiplexing	286
5.5.1	Mehrträgerverfahren	286
5.5.2	Demodulation von OFDM-Signalen	288
5.5.3	Spektrum von OFDM-Signalen	291
5.5.4	Erzeugung von OFDM-Signalen	293
5.6	Zusammenfassung	298
5.7	Lösungen zu den Aufgaben	300
5.8	Abkürzungen und Formelzeichen	304
	Literatur	306

<b>6</b>	<b>Telekommunikationsnetze</b> . . . . .	309
6.1	Zeitmultiplexsysteme . . . . .	311
6.1.1	Plesiochrone digitale Hierarchie . . . . .	311
6.1.2	Synchrone digitale Hierarchie . . . . .	314
6.2	Nachrichtenübermittlung . . . . .	316
6.2.1	Telekommunikationsnetz . . . . .	316
6.2.2	Paketvermittlung . . . . .	319
6.2.3	OSI-Referenzmodell . . . . .	320
6.3	Datensicherungsschicht . . . . .	326
6.3.1	High-Level Data Link Control . . . . .	327
6.3.2	Flusssteuerung und Durchsatz . . . . .	332
6.3.3	Point-to-Point-Protokoll . . . . .	341
6.4	Breitband-ISDN und ATM . . . . .	345
6.4.1	Protokollreferenzmodell des B-ISDN . . . . .	346
6.4.2	ATM-Zellen . . . . .	347
6.4.3	B-ISDN . . . . .	351
6.4.4	ATM-Anpassungsschicht . . . . .	353
6.4.5	Fehlersicherung und Erkennung der Zellgrenzen . . . . .	354
6.4.6	Multiprotocol Label Switching . . . . .	357
6.5	Vielfachzugriff in lokalen Netzen . . . . .	360
6.5.1	Lokale Netze . . . . .	360
6.5.2	Aloha-Verfahren . . . . .	362
6.5.3	CSMA-Vielfachzugriffsverfahren . . . . .	366
6.5.4	Ethernet . . . . .	370
6.6	Internet und Inter-Networking . . . . .	372
6.6.1	Internet . . . . .	373
6.6.2	Protokollfamilie TCP/IP . . . . .	375
6.6.3	Internet Layer . . . . .	379
6.6.4	Adaptive Übertragungssteuerung . . . . .	391
6.7	Zusammenfassung . . . . .	396
6.8	Lösungen zu den Aufgaben . . . . .	398
	Abkürzungen und Formelzeichen . . . . .	403
	Literatur . . . . .	405
<b>7</b>	<b>Optische Nachrichtentechnik</b> . . . . .	407
7.1	Lichtwellenleiter . . . . .	411
7.1.1	Frequenzband der optischen Nachrichtentechnik . . . . .	411
7.1.2	Brechungsgesetz und Totalreflexion . . . . .	412
7.1.3	Bandbreite-Länge-Produkt . . . . .	415
7.1.4	Modendispersion, Gradientenindexfasern und Einmodenfasern . . . . .	417
7.1.5	Faserdämpfung . . . . .	420
7.1.6	Dispersion im Lichtwellenleiter . . . . .	423

7.1.7	LWL-Kabel . . . . .	426
7.1.8	Lichtwellenleiter aus Kunststoff . . . . .	429
7.2	Optische Sender, Empfänger und Verstärker . . . . .	431
7.2.1	Halbleiterdiodenlaser . . . . .	431
7.2.2	Modulation . . . . .	435
7.2.3	Lumineszenzdiode (LED) . . . . .	437
7.2.4	Fotodiode . . . . .	437
7.2.5	Regeneratoren und optische Verstärker . . . . .	439
7.2.6	Weitere optische Bauelemente . . . . .	442
7.3	Optische Übertragungssysteme . . . . .	443
7.3.1	Optische Transportnetze . . . . .	443
7.3.2	Optisches Ethernet . . . . .	448
7.3.3	Passive optische Netzwerke . . . . .	450
7.4	Zusammenfassung . . . . .	452
7.5	Lösungen zu den Aufgaben . . . . .	453
7.6	Abkürzungen und Formelzeichen . . . . .	456
	Literatur . . . . .	459
<b>8</b>	<b>Information und Codierung . . . . .</b>	<b>461</b>
8.1	Einführung in die Informationstheorie und die Quellencodierung . . . . .	462
8.1.1	Information, Entropie und Redundanz . . . . .	462
8.1.2	Huffman-Codierung . . . . .	467
8.1.3	Lempel-Ziv-Welch-Algorithmus . . . . .	472
8.2	Einführung in die Kanalcodierung und ihre Anwendungen . . . . .	480
8.2.1	Paritätscodes . . . . .	480
8.2.2	Symmetrischer Binärkanal . . . . .	482
8.2.3	Kanalcodierung zum Schutz gegen Übertragungsfehler . . . . .	484
8.2.4	Lineare binäre Blockcodes . . . . .	486
8.2.5	Cyclic-Redundancy-Check-Codes . . . . .	501
8.2.6	Faltungscodes . . . . .	515
8.3	Zusammenfassung . . . . .	531
8.4	Lösungen zu den Aufgaben . . . . .	532
8.5	Abkürzungen und Formelzeichen . . . . .	540
	Literatur . . . . .	542
<b>9</b>	<b>Mobilkommunikation . . . . .</b>	<b>545</b>
9.1	Mobile Funkkommunikation . . . . .	546
9.1.1	Von der drahtlosen Telegrafie zur globalen Mobilkommunikation . . . . .	546
9.1.2	Mobilkommunikation für jedermann . . . . .	547
9.1.3	Funkausbreitung und Mobilfunkkanal . . . . .	555
9.1.4	Zusammenfassung . . . . .	569

9.2	Global System for Mobile Communications (GSM)	569
9.2.1	Netzarchitektur	570
9.2.2	Funkzellen und Frequenzkanäle	573
9.2.3	Mobilfunkübertragung	578
9.2.4	Logische Kanäle und Burst-Arten	584
9.2.5	High-Speed Circuit Switched Data	590
9.2.6	Sicherheitsmerkmale	590
9.2.7	Zusammenfassung	595
9.3	General Packet Radio Service	596
9.3.1	Paketübertragung mit Dienstmerkmalen	596
9.3.2	Zugriff auf die GSM-Funkschnittstelle	601
9.3.3	GPRS-Systemarchitektur	604
9.3.4	Zustandsmodell für die Endgeräte	606
9.3.5	Enhanced Data Rates for GSM Evolution	609
9.3.6	Zusammenfassung	612
9.4	Universal Mobile Telecommunication System (UMTS)	613
9.4.1	UMTS-Dienste	615
9.4.2	UMTS-Systemarchitektur	616
9.4.3	UTRAN-FDD-Funkschnittstelle	619
9.4.4	High-Speed Packet Access (HSPA)	653
9.4.5	Zusammenfassung	663
9.5	Wireless Local Area Network	664
9.5.1	WLAN-Empfehlung IEEE 802.11	665
9.5.2	Zugriff auf Funkschnittstelle und Netzstrukturen	668
9.5.3	WLAN-Übertragung mit OFDM	675
9.5.4	High Throughput OFDM	679
9.5.5	Zusammenfassung	683
9.6	Lösungen zu den Aufgaben	684
9.7	Abkürzungen und Formelzeichen	693
	Literatur	700
	<b>Sachverzeichnis</b>	<b>703</b>