

Inhalt

1	Einführung	11
1.1	Nachrichtentechnik – ein Überblick	11
1.2	Digitale und analoge Übertragung	13
1.3	Standardisierung	16
1.4	Zum Inhalt dieses Buches	17
2	Signalübertragung	19
2.1	Lineare zeitinvariante Systeme	19
2.1.1	Impulsantwort und Faltung	20
2.1.2	Fourier-Transformation	25
2.1.3	Übertragungsfunktion	32
2.1.4	Verzerrungsfreies System	36
2.1.5	Der ideale Tiefpass	38
2.1.6	Der ideale Bandpass	39
2.2	Energie- und Leistungssignale	40
2.2.1	Normierte Energie und normierte Leistung	40
2.2.2	Korrelation von Energie- und Leistungssignalen	41
2.2.3	Energie- und Leistungsdichtespektrum	43
2.3	Zufallssignale	45
2.3.1	Beschreibung von Zufallssignalen durch Erwartungswerte	46
2.3.2	Verteilungsfunktion und Wahrscheinlichkeitsdichte	48
2.3.3	Leistungsdichtespektrum von Zufallssignalen	55
2.3.4	Übertragung von Zufallssignalen über LTI-Systeme	58
2.3.5	Weißes Rauschen, Rauschbandbreite und additives Rauschen	60
2.4	Weiterführende Hinweise	65
2.5	Übungsaufgaben	65
3	Signalabtastung und Quantisierung	67
3.1	Abtasttheorem	67
3.2	Abtastung von Bandpasssignalen	73
3.3	Lineare Quantisierung	76
3.4	Nichtlineare Quantisierung und Pulsmodulation (PCM)	79
3.5	Weiterführende Hinweise	83
3.6	Übungsaufgaben	83

4	Digitale Signalverarbeitung in der Nachrichtentechnik	85
4.1	Zeitdiskrete Signale und Systeme	85
4.1.1	Energie, Leistung und Korrelationsfunktion	86
4.1.2	Diskrete Faltung	88
4.1.3	Fourier-Transformation zeitdiskreter Signale	91
4.1.4	Diskrete Fourier-Transformation	93
4.2	Digitale Filter	99
4.3	Weiterführende Hinweise	108
4.4	Übungsaufgaben	109
5	Digitale Nachrichtenübertragung im Basisband	111
5.1	Basisbandsignale und Leitungscodes	111
5.2	Intersymbol-Interferenz und Nyquist-Pulsformung	115
5.2.1	Nyquist-Bandbreite	115
5.2.2	Das erste Nyquist-Kriterium	116
5.2.3	Kosinus-roll-off-Filter	118
5.2.4	Das Augendiagramm	121
5.2.5	Leistungsdichtespektrum digitaler Basisbandsignale	123
5.3	Fehlerwahrscheinlichkeit	127
5.3.1	Fehlerwahrscheinlichkeit bei binärer Übertragung	127
5.3.2	Signalangepasstes Filter	131
5.3.3	Fehlerwahrscheinlichkeit bei Mehrpegelübertragung	136
5.4	Kanalverzerrungen	140
5.4.1	Symboltaktentzerrer	140
5.4.2	Entzerrer mit Doppelabtastung	143
5.4.3	Vergleich der verschiedenen Empfängerkonzepte	147
5.4.4	Adaptive Entzerrung	148
5.5	Scrambling	150
5.6	Synchronisation	154
5.6.1	Symboltakt synchronisation	154
5.6.2	Rahmensynchronisation	157
5.7	Weiterführende Hinweise	159
5.8	Übungsaufgaben	160
6	Modulationsverfahren	161
6.1	Bandpasssignale	162

6.1.1	Bandpasssignal und äquivalentes Tiefpasssignal	162
6.1.2	Äquivalentes Tiefpasssystem	166
6.1.3	Leistungsdichtespektrum von Bandpassrauschen	170
6.2	Analoge Modulationsverfahren	171
6.2.1	Amplitudenmodulation	172
6.2.2	Frequenz- und Phasenmodulation	179
6.3	Digitale Modulationsverfahren	189
6.3.1	Quadraturmodulator	189
6.3.2	Amplitudenumtastung	191
6.3.3	Phasenumtastung	193
6.3.4	Quadratur-Amplitudenmodulation	198
6.3.5	Frequenzumtastung	200
6.4	Demodulation und Fehlerwahrscheinlichkeit digitaler Modulationsverfahren .	209
6.4.1	Kohärente Demodulation	210
6.4.2	Inkohärente Demodulation	222
6.4.3	Modulationsfehler, EVM und MER	228
6.5	Entzerrung von Bandpasssignalen	229
6.6	Multiträgersysteme und Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)	231
6.7	Empfängerarchitekturen	239
6.8	Weiterführende Hinweise	243
6.9	Übungsaufgaben	244
7	Kanalcodierung	247
7.1	Kanalkapazität	248
7.2	Blockcodes	251
7.2.1	Eigenschaften von Blockcodes	251
7.2.2	Hamming-Codes	255
7.2.3	Codiergewinn	259
7.2.4	Zyklische Codes	260
7.3	Faltungscodes	266
7.3.1	Codierung	267
7.3.2	Viterbi-Decodierung	271
7.3.3	Decodierung mit/ohne Zuverlässigkeitsinformation	275
7.4	Interleaving	277
7.5	Turbo-Codes und LDPC-Codes	280
7.6	Weiterführende Hinweise	282
7.7	Übungsaufgaben	283

8	Kommunikationsnetze	285
8.1	Das OSI-Referenzmodell	285
8.2	Mehrfachzugriffsverfahren	288
8.2.1	Prinzipien des Mehrfachzugriffs	288
8.2.2	Dezentrale Zugriffssteuerung	292
8.3	Leitungs- und Paketvermittlung	296
8.4	Zuverlässige Datenübertragung	302
8.5	Weiterführende Hinweise	306
8.6	Übungsaufgaben	307
	Anhang	309
	Anhang 1: Kleine Formelsammlung	309
	Anhang 2: Tabellen und Theoreme der Fourier-Transformation	313
	Anhang 3: Die Hilbert-Transformation	316
	Anhang 4: Die erfc-Funktion	318
	Anhang 5: Lösungen zu den Übungsaufgaben	320
	Verzeichnis der Beispiele	331
	Verzeichnis der Symbole und Formelzeichen	333
	Abkürzungsverzeichnis	335
	Literatur	339
	Index	343