

## Informationsübertragung

Grundlagen der Kommunikationstechnik

Bearbeitet von  
Jürgen Lindner

1. Auflage 2004. Taschenbuch. xv, 474 S. Paperback

ISBN 978 3 540 21400 7

Format (B x L): 15,5 x 23,5 cm

Gewicht: 737 g

[Weitere Fachgebiete > Technik > Nachrichten- und Kommunikationstechnik](#)

Zu [Leseprobe](#)

schnell und portofrei erhältlich bei



Die Online-Fachbuchhandlung beck-shop.de ist spezialisiert auf Fachbücher, insbesondere Recht, Steuern und Wirtschaft. Im Sortiment finden Sie alle Medien (Bücher, Zeitschriften, CDs, eBooks, etc.) aller Verlage. Ergänzt wird das Programm durch Services wie Neuerscheinungsdienst oder Zusammenstellungen von Büchern zu Sonderpreisen. Der Shop führt mehr als 8 Millionen Produkte.

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Grundlagen: Signale und Systeme</b>	1
1.1	Signale .....	1
1.1.1	Definitionen .....	1
1.1.2	Energie- und Leistungssignale, Korrelationsfunktionen..	3
1.1.3	Signalräume .....	6
1.1.4	Orthogonalreihen, Fourier-Transformation .....	9
1.1.5	Elementarsignale und deren Spektren .....	11
1.1.6	Stochastische Signale .....	13
1.2	Systeme .....	21
1.2.1	LTI-Systeme, Faltungsoperation .....	23
1.2.2	Elementarsysteme .....	25
1.3	Übertragung von stochastischen Signalen über LTI-Systeme ..	26
1.3.1	Übertragung über allgemeine LTI-Systeme .....	26
1.3.2	Übertragung von WGR über einen idealen Tiefpass ..	27
1.3.3	WGR am Eingang von zwei LTI-Systemen .....	28
1.4	BP-Signale und BP-Systeme im äquivalenten TP-Bereich ..	29
1.4.1	Analytisches Signal und Hilbert-Transformation .....	29
1.4.2	BP-TP-Transformation .....	30
1.4.3	BP-Systeme im äquivalenten TP-Bereich .....	35
1.4.4	BP-TP-Transformationen bei beliebigen Signalen .....	37
1.4.5	BP-Rauschen und äquivalentes TP-Rauschen .....	39
1.4.6	Korrelationsfunktionen, Energien und Leistungen bei äquivalenten TP-Signalen .....	41
1.5	Abtasttheorem für bandbegrenzte Signale .....	45
1.6	Zusammenfassung und bibliographische Anmerkungen.....	49
1.7	Aufgaben .....	50
<b>2</b>	<b>Grundlegende Verfahren zur Übertragung digitaler Signale</b>	53
2.1	Übertragungsmodelle, Kanäle .....	53
2.2	Übertragung von Signalen und Information .....	56
2.3	Binäre Übertragung .....	62

2.3.1	Optimales Empfangsverfahren . . . . .	63
2.3.2	Empfängerstrukturen . . . . .	68
2.3.3	Berechnung der Fehlerwahrscheinlichkeit . . . . .	71
2.3.4	Spezialfälle: bipolar, unipolar, orthogonal . . . . .	74
2.3.5	Kontinuierliche Übertragung, erstes Nyquist-Kriterium . . . . .	78
2.4	M-wertige Übertragung . . . . .	82
2.4.1	Optimales Empfangsverfahren, Empfängerstrukturen . . . . .	82
2.4.2	Fehlerwahrscheinlichkeiten . . . . .	84
2.4.3	Verallgemeinertes erstes Nyquist-Kriterium . . . . .	92
2.5	Zusammenfassung und bibliographische Anmerkungen . . . . .	94
2.6	Anhang . . . . .	95
2.6.1	ML-Regel für zeitkontinuierliche Signale und für Signalvektoren . . . . .	95
2.7	Aufgaben . . . . .	98
<b>3</b>	<b>Spezielle Verfahren zur Übertragung digitaler Signale . . . . .</b>	<b>107</b>
3.1	Übertragungsmodell, Modulationsverfahren . . . . .	107
3.1.1	Übertragungsmodell . . . . .	108
3.1.2	Lineare Modulationsverfahren . . . . .	110
3.1.3	Freiheitsgrade . . . . .	112
3.2	Übertragung über TP-Kanäle . . . . .	114
3.2.1	TP-Kanäle . . . . .	114
3.2.2	Charakteristika einiger Modulationsverfahren . . . . .	115
3.3	Übertragung mit linearen Modulationsverfahren über BP-Kanäle . . . . .	118
3.3.1	BP-Kanäle . . . . .	118
3.3.2	Übertragungsmodelle mit BP-TP-Transformation . . . . .	118
3.3.3	Übertragungsmodell mit BP-Signalen . . . . .	125
3.3.4	Zwei-, Ein- und Restseitenband-Modulationsverfahren . . . . .	128
3.3.5	Charakteristika einiger Modulationsverfahren . . . . .	131
3.3.6	Kohärente und inkohärente Übertragung, DPSK . . . . .	137
3.3.7	Träger- und Takt synchronisation . . . . .	143
3.4	Frequency-Shift-Keying-Übertragungsverfahren . . . . .	146
3.4.1	FSK und Übertragung mit orthogonalen Elementarsignalen . . . . .	146
3.4.2	MSK und GMSK . . . . .	148
3.4.3	CPM und CPFSK . . . . .	152
3.5	Fehlerwahrscheinlichkeiten, Bandbreite- und Leistungsausnutzung . . . . .	155
3.6	Zusammenfassung und bibliographische Anmerkungen . . . . .	164
3.7	Aufgaben . . . . .	165

<b>4 Übertragung analoger Signale . . . . .</b>	179
4.1 Anwendung des Abtasttheorems . . . . .	180
4.1.1 Übertragung digitalisierter Abtastwerte, PCM . . . . .	180
4.1.2 Zeitdiskrete Übertragungsverfahren . . . . .	184
4.2 Übertragung mit linearen Modulationsverfahren über BP-Kanäle . . . . .	184
4.2.1 QAM . . . . .	184
4.2.2 ZSB-AM ohne Träger . . . . .	187
4.2.3 ZSB-AM mit Träger, inkohärenter Empfang . . . . .	188
4.2.4 ESB-AM und RSB-AM . . . . .	191
4.3 Winkelmodulationsverfahren . . . . .	194
4.4 Störverhalten von Übertragungsverfahren für analoge Signale .	199
4.5 Zusammenfassung und bibliographische Anmerkungen . . . . .	201
4.6 Aufgaben . . . . .	202
<b>5 Übertragungskanäle, Kanalmodelle . . . . .</b>	205
5.1 Übertragungskanäle mit linearen Verzerrungen . . . . .	205
5.2 Zeitvariante und stochastisch-zeitvariante Kanäle, Fading . .	211
5.2.1 Zeitvariante Stoßantwort . . . . .	211
5.2.2 Zeitvariante Übertragungsfunktion . . . . .	216
5.2.3 BP-TP-Transformation bei zeitvarianten Systemen . . .	220
5.2.4 Zusammenschaltungen bei zeitvarianten Systemen . . .	221
5.2.5 Fadingkanäle . . . . .	223
5.2.6 Systemfunktionen von zeitvarianten Kanälen . . . . .	225
5.3 Kanalmodelle . . . . .	231
5.3.1 Rayleigh-Kanal (Rayleigh-Fading) . . . . .	232
5.3.2 Rice-Kanal (Rice-Fading) . . . . .	239
5.3.3 WSSUS-Kanal . . . . .	240
5.4 Zusammenfassung und bibliographische Anmerkungen . . . . .	242
5.5 Aufgaben . . . . .	243
<b>6 Digitale Übertragung über linear verzerrende Kanäle . . . . .</b>	249
6.1 Übertragungsmodell, Empfangsverfahren . . . . .	249
6.1.1 Maximum Likelihood Sequence Estimation (MLSE) . .	249
6.1.2 Empfangsverfahren mit Matched-Filter . . . . .	252
6.2 Adaptive Entzerrung . . . . .	256
6.2.1 Ansätze für Nicht-ML-Empfangsalgorithmen . . . . .	257
6.2.2 Transversalentzerrer (TE) . . . . .	258
6.2.3 Entzerrer mit Entscheidungsrückführung (DFE) . . .	260
6.2.4 Optimale Koeffizienten beim DFE und TE . . . . .	263
6.2.5 MLSE-Entzerrung mit dem Viterbi-Algorithmus (VA)	270
6.3 Adaptive Echokompensation . . . . .	279
6.4 Adoptionsverfahren, Kanalschätzung . . . . .	281
6.4.1 Gradientenverfahren bei DFE und TE . . . . .	282
6.4.2 Kanalschätzung . . . . .	284

6.4.3	Besonderheiten bei zeitvarianten Kanälen . . . . .	285
6.5	Fehlerwahrscheinlichkeiten . . . . .	287
6.6	Anhang . . . . .	288
6.6.1	Anmerkung zu diskreten Faltungsprodukten . . . . .	288
6.7	Zusammenfassung und bibliographische Anmerkungen . . . . .	289
6.8	Aufgaben . . . . .	290
<b>7</b>	<b>Informationstheorie, Quellen- und Kanalcodierung . . . . .</b>	<b>301</b>
7.1	Grundlagen der Informationstheorie . . . . .	301
7.1.1	Vorbetrachtung . . . . .	301
7.1.2	Informationsgehalt und Entropie . . . . .	304
7.1.3	Codierung . . . . .	309
7.1.4	Diskrete Kanäle, Kanalkapazität . . . . .	310
7.1.5	Kapazität von kontinuierlichen Kanälen . . . . .	320
7.2	Einführung in die Quellencodierung . . . . .	326
7.2.1	Codierung von diskreten Quellen . . . . .	326
7.2.2	Codierung von kontinuierlichen Quellen . . . . .	330
7.3	Einführung in die Kanalcodierung . . . . .	334
7.3.1	Grundlagen . . . . .	334
7.3.2	Blockcodes . . . . .	349
7.3.3	Faltungscodes . . . . .	353
7.3.4	Anmerkungen zur Kanalcodierung . . . . .	357
7.4	Anhang . . . . .	359
7.4.1	Zur differentiellen Entropie der Gauß-Verteilung . . . . .	359
7.4.2	Additiver Gauß-Kanal: Verteilungsdichten, Entropien . . . . .	360
7.5	Zusammenfassung und bibliographische Anmerkungen . . . . .	362
7.6	Aufgaben . . . . .	364
<b>8</b>	<b>Teilungsverfahren, Multiplex . . . . .</b>	<b>373</b>
8.1	Grundlegende Multiplexverfahren . . . . .	374
8.1.1	Frequenzmultiplex (FDM) . . . . .	374
8.1.2	Zeitmultiplex (TDM) . . . . .	376
8.1.3	Multiplex bei räumlich verteilten Nutzern . . . . .	379
8.2	Multiplex bei linearen Modulationsverfahren . . . . .	380
8.2.1	Allgemeiner Fall . . . . .	380
8.2.2	Spezialfälle FDM und TDM . . . . .	382
8.2.3	Spezialfall CDM . . . . .	383
8.2.4	Spezialfall OFDM . . . . .	387
8.2.5	Multiplex-Übertragung von Analogsignalen . . . . .	395
8.3	Vektorwertige Übertragung mit linearen Modulationsverfahren . . . . .	396
8.3.1	Skalare Übertragung . . . . .	397
8.3.2	MIMO-Kanäle . . . . .	399
8.3.3	Vektor-Übertragungsmodell . . . . .	401
8.3.4	Vektor-Übertragungsmodell bei SISO-Kanälen . . . . .	404
8.3.5	Multiplexverfahren und Strukturen von R(k) . . . . .	405

8.3.6	Zerlegung von R(k) . . . . .	410
8.3.7	Diversität, räumliches Multiplex, Kanalkapazitäten . . . . .	412
8.3.8	Vektordetektion . . . . .	418
8.4	Zusammenfassung und bibliographische Anmerkungen . . . . .	422
8.5	Aufgaben . . . . .	423
<b>9</b>	<b>Vielfachzugriffsverfahren, Netze, Kommunikationssysteme</b> .	427
9.1	Vielfachzugriff . . . . .	427
9.1.1	Problemstellung . . . . .	427
9.1.2	Theorie der Warteschlangen . . . . .	430
9.1.3	Vielfachzugriff und Protokolle . . . . .	435
9.2	Kommunikationssysteme: Eine kurze Einführung . . . . .	443
9.2.1	Kommunikationssysteme – Kommunikationsnetze . . . . .	443
9.2.2	OSI-Modell . . . . .	445
9.2.3	Verbindung von Netzen . . . . .	448
9.3	Zusammenfassung und bibliographische Anmerkungen . . . . .	450
9.4	Aufgaben . . . . .	451
	<b>Symbolverzeichnis</b> . . . . .	455
	<b>Literaturverzeichnis</b> . . . . .	461
	<b>Sachverzeichnis</b> . . . . .	467