

# Literaturverzeichnis

- [1] Blahut, R.: *Theory and Practice of Error Control Codes*. Addison-Wesley 1984.
- [2] Viterbi, A. und Omura, J.: *Principles of Digital Communication and Coding*. McGraw-Hill Book Company 1979.
- [3] Papoulis, A.: *Circuits and Systems, a Modern Approach*. Holt-Saunders 1980.
- [4] Jayant, N. und Noll, P.: *Digital Coding of Waveforms*. Prentice Hall 1984.
- [5] Clarke, R.: *Transform Coding of Images*. Academic Press 1985.
- [6] Netravali, A. und Haskell, B.: *Digital Pictures-Representation and Compression*. Plenum Press 1988.
- [7] Entenmann, W.: Optimierungsverfahren in der Nachrichtentechnik. *NTZ Arbeitsblätter* Heft 9/1982 – Heft 5/1983 (1982/1983).
- [8] Marko, H.: *Methoden der Systemtheorie*. Springer 1982.
- [9] Unbehauen, R.: *Systemtheorie*. Oldenbourg 1983.
- [10] Byatt, W. und Karni, S.: *Mathematical Methods in Continuous and Discrete Systems*. Holt-Saunders 1982.
- [11] Hölzler, E. und Holzwarth, H.: *Pulstechnik*. Springer 1982.
- [12] Papoulis, A.: *Probability, Random Variables and Stochastic Processes*. McGraw-Hill Book Company 1984.
- [13] Davenport, W. und Root, W.: *An Introduction to the Theory of Random Signals and Noise*. IEEE Press 1987.
- [14] Hänsler, E.: *Grundlagen der Theorie statistischer Signale*. Springer 1983.
- [15] Gardiner, C.: *Handbook of Stochastic Methods*. Springer 1983.
- [16] Taub, H. und Schilling, D.: *Principles of Communication Systems*. McGraw-Hill Book Company 1986.
- [17] Morgenstern, G.: Zur Berechnung der spektralen Leistungsdichte von digitalen Basisband-Signalen. *Der Fernmelde-Ingenieur* 33 Heft 12 (1979).
- [18] Bronstein, I. und Semendjajew, K.: *Taschenbuch der Mathematik*. Verlag Harri Deutsch 1977.
- [19] Abramowitz, M. und Stegun, I.: *Handbook of Mathematical Functions*. Dover Publications 1965.
- [20] Lüke, D.: *Signalübertragung*. Springer 1985.
- [21] Costas, P.: Synchronous Communications. *Proceedings of the IRE* 44 (1956), S. 1713–1718.
- [22] Hancock, J.: *An Introduction to the Principles of Communication Theory*. McGraw-Hill Book Company 1961.

- [23] Blachman, N. und McAlpine, G.: The Spectrum of a High-Index FM Waveform: Woodward's Theorem Revisited. *IEEE Trans. on Communications* COM-17 (1969), S. 201–208.
- [24] Best, R.: *Theorie und Anwendung des Phase-Locked Loops*. AT-Verlag 1981.
- [25] Panter, P.: *Modulation, Noise and Spectral Analysis*. McGraw-Hill Book Company 1965.
- [26] Sakrison, D.: *Communication Theory*. John Wiley & Sons 1968.
- [27] Rice, S.: Noise in FM Receivers. In Rosenblatt, M. (Editor) *Proceedings Symposium of Time Series Analysis*, S. 375–424: John Wiley & Sons (1963).
- [28] Rice, S.: Statistical Properties of a Sine Wave plus Random Noise. *Bell Syst. Tech. Journal* (1948), S. 109–157.
- [29] Gardner, F.: *Phaselock Techniques*. John Wiley & Sons 1979.
- [30] Max, J.: Quantizing for Minimum Distortion. *IEEE Trans. on Information Theory* (1960), S. 7–12.
- [31] Lloyd, S.: Least Squares Quantization in PCM. *IEEE Trans. on Information Theory* IT-28 (1982), S. 129–137.
- [32] Shanmugam, K.: *Digital and Analog Communication Systems*. John Wiley & Sons 1979.
- [33] Söder, G. und Tröndle, K.: *Digitale Übertragungssysteme*. Springer 1985.
- [34] Slepian, D.: On Delta Modulation. *Bell Syst. Tech. Journal* 51 (1972) Nr. 10, S. 2101–2136.
- [35] Greenstein, L.: Slope Overload Noise in Linear Delta Modulators with Gaussian Inputs. *Bell Syst. Tech. Journal* 52 (1973) Nr. 3, S. 387–421.
- [36] Lindsey, W. und Simon, M.: *Telecommunication Systems Engineering*. Prentice-Hall 1973.
- [37] Marcum, J.: A Statistical Theory of Target Detection by Pulsed Radar. *IEEE Trans. on Information Theory* IT-6 (1960), S. 59–144.
- [38] Brennan, L. und Reed, S.: A Recursive Method of Computing the Q Function. *IEEE Trans. on Information Theory* IT-11 (1965), S. 312–313.
- [39] Stein, S. und Jones, J.: *Modern Communication Principles*. McGraw-Hill Book Company 1967.
- [40] Proakis, J.: *Digital Communications*. McGraw-Hill Book Company 1983.
- [41] Shannon, C.: A Mathematical Theory of Communications. *Bell Syst. Tech. Journal* (1948), S. 379–423 und S. 623–656.
- [42] Viterbi, A.: Error Bounds for Convolutional Codes and an Asymptotically Optimum Decoding Algorithm. *IEEE Trans. on Information Theory* IT-13 (1967), S. 260–269.
- [43] Heller, J. und Jacobs, I.: Viterbi Decoding for Satellite and Space Communication. *IEEE Trans. on Communication Technology* COM-19 (1971), S. 835–848.
- [44] Wiggert, D.: *Codes for Error Control and Synchronization*. Artech House 1988.

# Sachverzeichnis

- A/D-Umsetzer, 160
- Abtast- und Halteglied, 143, 146, 154
- Abtasttheorem im Frequenzbereich, 136
- Abtasttheorem im Zeitbereich, 136
- Abtasttheorem von Shannon, 131, 134, 140
- Abtastung, 5
- Abtastung im Frequenzbereich, 132, 133
- Abtastung im Zeitbereich, 129, 159
- Amplitude, 11
  - komplexe, 11
- Amplitudendichte, 18
- Amplitudenmodulation, 63
  - AM-Schwelle, 84
  - Einseitenbandmodulation, 70
  - Hüllkurvendemodulation, 73
  - Hüllkurvendemodulation und Rauschen, 82–85
  - Hüllkurvendemodulator, 65–67, 76
  - kohärente Demodulation und Rauschen, 78–82
  - Modulationsgrad, 63
  - Restseitenbandmodulation, 74
  - Seitenbänder, 63
  - Signalleistung, 63
  - Spektrum, 63
  - Synchrondemodulation, 72
  - Synchrondemodulator, 66, 67, 76
  - Trägerrückgewinnung, 66, 68
- Amplitudenuntastung, 199
  - Bitfehlerwahrscheinlichkeit, 202, 206, 208, 211
  - Degradation, 212
  - kohärente Demodulation, 201, 208
  - mehrstufige, 227–230
  - Symbolfehlerwahrscheinlichkeit, 229
  - nichtkohärente Demodulation, 202
  - Spektrum, 200
- Augenmuster, 173
  - maximale Öffnung, 174
- Autokorrelationsfunktion eines energiebegrenzten Signals, 181
- Bandpaßübertragungssystem, 59
  - Normalkomponente, 60
  - Quadraturkomponente, 60
- Bessel-Funktion, 87, 88, 91, 119, 120, 148, 150, 154
  - modifizierte, 205, 208
- Binärcodierung, 176
- Bit, 160
- Bitsynchronisation, 196
- Bittaktrückgewinnung, 196
- Blockcode, 255
- Code
  - redundanter, 255
  - redundanzfreier, 255
- Coderate, 256
- Codewortsynchronisation, 197
- Costas-Regelschleife, 68
- Deemphasefilter, *siehe* Frequenzmodulation, *siehe* Phasenmodulation
- Deltamodulation, 191
  - adaptive, 195
  - Geräuschspannungsabstand, 194
  - Hunting, 192
  - Zusammenhang
    - zwischen Abtasttakt und Modulationssignalspektrum, 193

- Demodulation, 62
  - inkohärente, 65
  - kohärente, 62, 66
- Detektionsgewinn, 79–82, 84
- differentielle Phasenumtastung, 223
  - Bitfehlerwahrscheinlichkeit, 226
  - Demodulation, 223
- Differenzpulsmodulation, 188
  - Hybrid-, 190
  - Prädiktoroptimierung, 190
  - Rauschen, 190
  - Redundanzreduktion, 189
- Diracimpuls, 19, 37, 44, 46, 63, 129, 132, 135, 143, 147, 172
- Dirichlet-Bedingungen, 14, 18
- DPCM, *siehe* Differenzpulsmodulation
- DPSK, *siehe* differentielle Phasenumtastung
- Elementarereignis, 34
- Energiedichtespektrum, 20
- Ereignis, 34
- error function, 52, 108, 109, 178, 206
- Eulersche Formel, 10
- Faltung, 135
- Faltungscodierung, 255
- Faltungscodierer, 256
- Faltungssatz, 22
- Fehlerschutzverfahren, 255
- FM-Schwelle, *siehe* Frequenzmodulation
- Formel von Carson, *siehe* Frequenzmodulation
- Formfilter, 175
- Fourierkoeffizienten, 13
- Fourierreihe, 9, 13
- Fourierrücktransformation, 18
- Fouriertransformation, 9, 17–19
  - Ähnlichkeitssatz, 21
  - Differentiationsgesetz, 22
  - diskrete, 135, 138, 139
  - einer komplexen Zeitfunktion, 21
  - einer konj. kompl. Zeitfunktion, 22
  - Faltungssatz, 22
  - Multiplikation mit einer Konstanten, 21
  - Superposition, 20
  - Verschiebung im Frequenzbereich, 22
  - Verschiebung im Zeitbereich, 22
  - Vertauschungssatz, 22
- Frequenzanalyse, 9
- Frequenzmodulation, 85
  - Bandbreite, 88
  - Breitband-, 90, 94, 102
  - Click, 105, 106, 108–110
  - Deemphasefilter, 102
  - Demodulation bei niedrigem Geräuschspannungsabstand, 104
  - Demodulation und Rauschen, 99
  - Diskriminator, 96, 103
  - Diskriminatorkonstante, 96, 97, 106
  - FM-Index, 90, 101
  - Formel von Carson, 90, 95, 99, 109
  - Frequenzgegenkopplungsempfänger als Demodulator, 112
  - Frequenzhub, 90
  - Hüllkurvendemodulator, 96
  - indirekte, 95
  - Nominalbandbreite, 90
  - Phasenregelschleife als Demodulator, 112, 115
  - Preemphasefilter, 102
  - Schmalband-, 88, 90, 92–94
  - Schwellenverhalten bei der Demodulation, 104, 105, 111, 112, 115, 117
  - Signalleistung, 89
  - Spektrum, 88
- Frequenzumtastung, 199, 212
  - Bitfehlerwahrscheinlichkeit, 215, 217, 218
  - kohärente Demodulation, 213, 214
  - mehrstufige, 230–234
    - Bitfehlerwahrscheinlichkeit, 233
    - Symbolfehlerwahrscheinlichkeit, 232
  - mit kontinuierlicher Phase, 219

- signalangepaßte
    - Hüllkurvendemodulation, 218
    - Spektrum, 213
- FSK, *siehe* Frequenzumtastung
- Gaußfunktion, 53
  - Faltung, 53
- Gaußkanal, 253
- Gaußverteilung, 51
  - Beschreibung, 51
  - statistische Unabhängigkeit, 53
  - Verbundwahrscheinlichkeitsverteilungsdichtefunktion, 52
- Gegentakt-Flankendemodulator, 97
- Geräuschspannungsabstand, 77
- Gram-Schmidt-Verfahren, 245
- Gruppenlaufzeit, 25, 26, 29
  - konstante, 29
- Hilberttransformation, 71
- Impulsantwort, 24, 48
  - bei Dämpfungsverzerrung, 32
  - bei nichtlinearer Phase, 30, 31
  - Echos, 30, 32
  - eines Bandpasses, 31
- Intersymbolinterferenz, 172
- Kanalcodierung, 255
- Kanalkapazität, 253
- Leistungsdichtespektrum, 16
  - eines Zufallssignals, 46
- Linienspektrum, 14, 16
- Marcumsche Q-Funktion, 208, 211, 217
- matched filter, *siehe* Pulscodemodulation, signalangepaßtes Filter
- Max-Lloyd-Algorithmus, 169
- Maximum-Likelihood-Empfänger, 248
- Minimum Shift Keying, 220
- Modulation, 6
  - nichtlineare, 86
- Modulationsgewinn, 242
- Modulationsindex, 86, 90–92, 118
- Modulationsverfahren, 32
  - lineares, 63
  - mehrstufige, 227
- Momentanfrequenz, 94
- Nachricht, 1
- Normalverteilung, 51
- Nyquist-Filter, 75, 76, 174
- Nyquist-Flanke, 75, 77
- Nyquist-Frequenzgang, 185, 186
  - Filterbestimmung, 185
- Nyquist-Impuls, 184
- Nyquist-Kriterium, 172
- Nyquist-Rate, 132, 134
- Optimalempfänger, 247–249
- PAM, *siehe* Pulsamplitudenmodulation
- Parsevals Theorem, 15
  - für aperiodische Signale, 20
  - für Signale endlicher Leistung, 15
- PCM, *siehe* Pulscodemodulation
- PDM, *siehe* Pulsdauermodulation
- Phase, 30
  - Reihenentwicklung, 30
- Phasenlaufzeit, 25, 26
- Phasenmodulation, 117
  - Breitband-, 120, 122
  - Deemphasefilter, 126
  - Detektionsgewinn, 126
  - Formel von Carson, 120, 124
  - PM-Index, 120
  - Preemphasefilter, 126
  - Schmalband-, 120, 121, 123
  - Signalleistung, 119
  - Spektrum, 119
- Phasenregelschleife, 115
- Phasenumtastung, 199, 220
  - Bitfehlerwahrscheinlichkeit, 222
  - kohärente Demodulation, 221
  - mehrstufige, 234–238
    - Spektrum, 238
    - Symbolfehlerwahrscheinlichkeit, 237
  - Spektrum, 221
- PPM, *siehe* Pulsphasenmodulation
- Preemphasefilter, *siehe* Frequenzmodulation, *siehe* Phasenmodulation
- PSK, *siehe* Phasenumtastung
- Puls, 7

- Pulsamplitudenmodulation, 140
  - 1. Art, 140, 146
  - 2. Art, 142
  - Demodulation eines PAM-Signals 1. Art, 144
  - Demodulation eines PAM-Signals 2. Art, 144
  - Spektrum, 141
- Pulsodemodulation, 159
  - A-Kompondierung, 167
  - bipolare, 176
  - Bit, 160
  - Bitfehler, 176
  - Bitfehlerwahrscheinlichkeit, 178, 183–185
  - Codierung, 159
  - direkte Methode, 171
  - Geräuschspannungsabstand, 187
  - Iterationsmethode, 171
  - Kompondierung, 164
  - Kompondierung und Quantisierungsgeräusch, 168
  - Kompondierungsgewinn, 166
  - Kompression, 164
  - Kompressionsfaktor, 166
  - Korrelationsfilterung, 182, 251
  - lineare Quantisierung, 163
  - matched filter, *siehe* Pulsodemodulation, signalangepaßtes Filter
  - $\mu$ -Kompondierung, 168
  - nichtlineare Quantisierung, 164
  - Optimalfilter, 180
  - Quantisiereroptimierung, 169
  - Quantisierung, 159
  - Quantisierungsfehler, 160, 162
  - Quantisierungsgeräusch, 163
  - Rahmendauer, 162
  - signalangepaßtes Filter, 180, 181, 251
  - Spektrum, 172
  - unipolare, 176
  - Zählmethode, 170
- Pulsdauermodulation, 140, 152
  - rückflankenmodulierte, 153, 154
  - Demodulation, 155
  - Spektrum, 155
  - symmetrisch modulierte, 153
  - Demodulation, 154
  - Spektrum, 153
  - vorderflankenmodulierte, 153, 155
  - Demodulation, 156
  - Spektrum, 156
- Pulsfrequenzmodulation, 140, 152
- Pulsphasenmodulation, 140
  - 1. Art, 146
  - 2. Art, 149
  - Demodulation, 149
  - Spektrum, 147, 150
- Pulspositionsmodulation, 156
  - Störabstand bei einer, 158
  - Störhub, 158
- QAM, *siehe* Quadraturamplitudenmodulation
- Quadraturamplitudenmodulation, 227, 238–242
  - Symbolfehlerwahrscheinlichkeit, 241
- Quadraturdemodulator, *siehe* Amplitudenmodulation, Hüllkurvendemodulator
- Quadraturmodulation, 62
- Quadraturphasenumtastung, 235
- Quantisierung, 5
- Rauschbandbreite, 56
  - äquivalente, 56
- Rauschen, 56
  - thermisches, 63
  - weißes, 56
  - weißes, 77, 98, 104, 144, 180
- Rayleigh-Verteilung, 84, 210, 216, 225
- Redundanz, 6
- Regenerativverstärker, 161
- Rekursivcode, 255
- Rice-Verteilung, 205, 210, 216, 225
- Scharmittelwert, 41
- Schmalbandrauschen, 54
  - Leistungsdichtespektrum, 56
- Schwarzsche Ungleichung, 179
- Schwingung, 10
  - harmonische, 10

- Shannon-Grenze, 254
- si-Funktion, 31
- Signal, 1
  - Analog-, 5
  - Basisband-, 6
  - deterministisches, 33
  - Digital-, 5
  - Nutz-, 5
  - stochastisches, 33
  - Stör-, 6
  - Träger-, 6
  - wertdiskretes, 5
  - wertkontinuierliches, 5
  - zeitdiskretes, 5
  - zeitkontinuierliches, 5
  - zufälliges, 33
- Signalparameter, 5
- Signumfunktion, 70
- Spaltfunktion, 133, 134
- Standardabweichung, 38
- Symboldauer, 227
- Symbolfehlerwahrscheinlichkeit, 227
- System, 26, 27
  - Anstiegszeit, 28
  - nichtkausales, 27
  - Sprungantwort, 28
  - verzerrungsfreies, 26
- Theorem von Shannon, 252
- Theorem von Shannon-Hartley, 253
- Theorem von Wiener und Khintchine, 44
- Tiefpaß, 26
  - idealer, 26
  - Küpfmüller-, 26
- Tiefpaßsystem, 59
  - äquivalentes, 59, 76
  - gerader Anteil, 60
  - Hauptfrequenzbereich, 60
  - Nebenfrequenzbereich, 60
  - ungerader Anteil, 60
- Trellisdiagramm, 257
- Überabtastung, 132
- Übertragungsfunktion, 24, 48
  - Schreibweise, 26
- Unterabtastung, 132
- Varianz, *siehe* Zufallsvariable
- Verbundwahrscheinlichkeiten, 37
- Verteilungsdichtefunktion,
  - siehe* Wahrscheinlichkeitsverteilungsdichtefunktion, 94, 122
- Verteilungsfunktion, *siehe* Wahrscheinlichkeitsverteilungsfunktion
- Verzerrung, 29
  - lineare, 29
- Viterbi-Decoder, 257
- Viterbi-Decodierung, 255
- Wahrscheinlichkeit, 34
  - bedingte, 35
  - Definition, 34
- Wahrscheinlichkeitsverteilungsdichtefunktion, 37, 40, 48, 51
  - Eigenschaften, 37
- Wahrscheinlichkeitsverteilungsfunktion, 35, 40
  - Eigenschaften, 36
- Winkelmodulationsverfahren, 85, 117
  - Momentanfrequenz, 86, 118
  - Momentanphase, 86, 117
  - Signalleistung, 89
- Zeitfunktion, 10
  - komplexe, 10, 12
  - reelle, 12
- Zeitgesetz der Nachrichtentechnik, 21
- Zeitmittelwert, 41
- zentraler Grenzwertsatz, 51, 53
- Zufallsprozess, 39
  - Autokorrelationsfunktion, 41, 42
  - ergodischer, 43
  - Leistungsdichtespektrum, 44
  - Erwartungswerte, 41
  - Kreuzleistungsdichtespektrum, 50
  - Schmitttelwerte, 42, 49
  - stationärer, 42
  - Kreuzkorrelationsfunktion, 49
  - Leistung, 50
  - Leistungsdichtespektrum, 50
  - und Musterfunktion, 39
  - weißer, 54

- Zufallssignal, 39
  - Leistungsdichtespektrum, 47
- Zufallsvariable, 35, 39
  - diskrete, 35, 37
    - Erwartungswertberechnung, 38
  - kontinuierliche, 35
    - Momentenberechnung, 38
    - Varianzberechnung, 38

---

# Springer-Verlag und Umwelt

**A**ls internationaler wissenschaftlicher Verlag sind wir uns unserer besonderen Verpflichtung der Umwelt gegenüber bewußt und beziehen umweltorientierte Grundsätze in Unternehmensentscheidungen mit ein.

**V**on unseren Geschäftspartnern (Druckereien, Papierfabriken, Verpackungsherstellern usw.) verlangen wir, daß sie sowohl beim Herstellungsprozeß selbst als auch beim Einsatz der zur Verwendung kommenden Materialien ökologische Gesichtspunkte berücksichtigen.

**D**as für dieses Buch verwendete Papier ist aus chlofrei bzw. chlorarm hergestelltem Zellstoff gefertigt und im pH-Wert neutral.

---