

---

# 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<br>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> |



<http://www.springer.com/978-3-8348-2580-3>

Nachrichtentechnik

Eine Einführung für alle Studiengänge

Werner, M.

2017, XIV, 717 S. 416 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-8348-2580-3