

# Inhalt

|  |            |
|--|------------|
| <b>Vorwort</b> .....                             | <b>V</b>   |
| <b>Inhalt</b> .....                              | <b>VII</b> |
| <b>1 Ausgangslage</b> .....                      | <b>1</b>   |
| <b>Teil I Grundlagen der Übertragungstechnik</b> |            |
| <b>2 Pegel</b> .....                             | <b>7</b>   |
| 2.1 Arten .....                                  | 7          |
| 2.2 Anwendungen .....                            | 12         |
| <b>3 Signale und Frequenzen</b> .....            | <b>15</b>  |
| 3.1 Zeitfunktion und Frequenzfunktion .....      | 15         |
| 3.2 Analoge und digitale Signale .....           | 20         |
| 3.3 NutzsSignale und Störsignale .....           | 24         |
| 3.4 Signalanalyse und Signalsynthese .....       | 30         |
| 3.5 Dämpfung und Verstärkung .....               | 34         |
| 3.6 Kopplungsarten .....                         | 36         |
| <b>4 Licht und Farbe</b> .....                   | <b>39</b>  |
| 4.1 Farbspektrum .....                           | 39         |
| 4.2 Farbdarstellung .....                        | 41         |
| 4.3 Anwendungen .....                            | 43         |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| <b>5</b>  | <b>Eintore und Mehr Tore</b> .....              | <b>45</b> |
| 5.1       | Begriffsbestimmungen .....                      | 45        |
| 5.2       | Arten .....                                     | 46        |
| 5.3       | Kenngößen .....                                 | 47        |
| 5.4       | Anwendungen .....                               | 49        |
| <b>6</b>  | <b>Anpassung und Fehlanpassung</b> .....        | <b>51</b> |
| 6.1       | Wirkungsmechanismus .....                       | 51        |
| 6.2       | Bewertungsgrößen .....                          | 53        |
| 6.3       | Rauschanpassung .....                           | 56        |
| <b>7</b>  | <b>Kommunikation</b> .....                      | <b>57</b> |
| 7.1       | Kommunikationsarten .....                       | 57        |
| 7.2       | Kommunikationsverfahren .....                   | 58        |
| 7.3       | Übertragungsmodi .....                          | 60        |
| 7.4       | Referenzmodell .....                            | 62        |
| 7.5       | Kommunikationsstruktur .....                    | 65        |
| <b>8</b>  | <b>Elektromagnetische Wellen</b> .....          | <b>69</b> |
| 8.1       | Schwingung und Welle .....                      | 69        |
| 8.2       | Elektromagnetisches Feld .....                  | 74        |
| 8.3       | Frequenz- und Wellenbereiche .....              | 78        |
| 8.4       | Wellenausbreitung .....                         | 80        |
| <b>9</b>  | <b>Elektromagnetische Verträglichkeit</b> ..... | <b>89</b> |
| 9.1       | Begriffsbestimmung .....                        | 89        |
| 9.2       | Störstrahlung .....                             | 90        |
| 9.3       | Störfestigkeit .....                            | 91        |
| <b>10</b> | <b>Frequenzmanagement</b> .....                 | <b>95</b> |
| 10.1      | Frequenzbedarfe .....                           | 95        |
| 10.2      | Frequenzuteilungen .....                        | 96        |
| 10.3      | Zuständigkeiten .....                           | 97        |
| <b>11</b> | <b>Standardisierung</b> .....                   | <b>99</b> |
| 11.1      | Aufgabenstellung .....                          | 99        |
| 11.2      | Varianten der Standards .....                   | 100       |
| 11.3      | Zuständigkeiten .....                           | 101       |

**Teil II Signalübertragung und Signalspeicherung**

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| <b>12</b> | <b>Übertragungskriterien</b> .....         | <b>107</b> |
| 12.1      | Übertragungssystem .....                   | 107        |
| 12.2      | Übertragungskonzept .....                  | 108        |
| 12.3      | Übertragungskanal .....                    | 110        |
| 12.4      | Übertragungsparameter .....                | 110        |
| <b>13</b> | <b>Netze und Dienste</b> .....             | <b>113</b> |
| 13.1      | Funktionskonzepte .....                    | 113        |
| 13.2      | Netzarten .....                            | 116        |
| 13.3      | Bewertungskriterien von Netzen .....       | 118        |
| 13.4      | Strukturen von Leitungsnetzen .....        | 119        |
| 13.5      | Hybride Leitungsnetze .....                | 122        |
| 13.6      | Passive optische Netze (PON) .....         | 123        |
| 13.7      | Struktur von Funknetzen .....              | 126        |
| 13.8      | Dienste .....                              | 128        |
| <b>14</b> | <b>Schnittstellen und Protokolle</b> ..... | <b>131</b> |
| 14.1      | Grundlagen .....                           | 131        |
| 14.2      | Hardware-Schnittstellen .....              | 133        |
| 14.3      | Software-Schnittstellen .....              | 139        |
| 14.4      | Protokolle .....                           | 140        |
| <b>15</b> | <b>Signalsicherheit</b> .....              | <b>143</b> |
| 15.1      | Aufgabenstellung .....                     | 143        |
| 15.2      | Zugangsverfahren .....                     | 144        |
| 15.3      | Realisierung .....                         | 147        |
| <b>16</b> | <b>Speicherverfahren</b> .....             | <b>149</b> |
| 16.1      | Grundlagen .....                           | 149        |
| 16.2      | Magnetische Signalspeicherung .....        | 151        |
| 16.3      | Optische Signalspeicherung .....           | 153        |
| 16.4      | Elektrische Signalspeicherung .....        | 157        |

### Teil III Komponenten

|           |                                     |            |
|-----------|-------------------------------------|------------|
| <b>17</b> | <b>Verstärker</b> .....             | <b>163</b> |
| 17.1      | Funktionsprinzip .....              | 163        |
| 17.2      | Kenngrößen .....                    | 163        |
| 17.3      | Arten .....                         | 165        |
| <b>18</b> | <b>Sender</b> .....                 | <b>167</b> |
| 18.1      | Funktionsprinzip .....              | 167        |
| 18.2      | Kenngrößen .....                    | 167        |
| 18.3      | Arten .....                         | 168        |
| <b>19</b> | <b>Empfänger</b> .....              | <b>169</b> |
| 19.1      | Funktionsprinzip .....              | 169        |
| 19.2      | Kenngrößen .....                    | 169        |
| 19.3      | Arten .....                         | 170        |
| <b>20</b> | <b>Elektrische Leitungen</b> .....  | <b>171</b> |
| 20.1      | Grundlagen .....                    | 171        |
| 20.2      | Kenngrößen .....                    | 172        |
| 20.3      | Arten .....                         | 175        |
| 20.4      | Leitung als Übertragungskanal ..... | 180        |
| 20.5      | Leitung als Bauelement .....        | 182        |
| <b>21</b> | <b>Optische Leitungen</b> .....     | <b>185</b> |
| 21.1      | Grundlagen .....                    | 185        |
| 21.2      | Kenngrößen .....                    | 189        |
| 21.3      | Arten .....                         | 191        |
| <b>22</b> | <b>Antennen</b> .....               | <b>195</b> |
| 22.1      | Grundlagen .....                    | 195        |
| 22.2      | Kenngrößen .....                    | 196        |
| 22.3      | Ausführungsformen .....             | 203        |
| 22.4      | Mehr-Antennensysteme .....          | 209        |
| <b>23</b> | <b>Umsetzer und Wandler</b> .....   | <b>211</b> |
| 23.1      | Analog-Digital-Umsetzer .....       | 211        |
| 23.2      | Digital-Analog-Umsetzer .....       | 215        |
| 23.3      | Optoelektrische Umsetzer .....      | 217        |

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| 23.4      | Elektrooptische Umsetzer .....                       | 222        |
| 23.5      | Frequenzumsetzer .....                               | 225        |
| 23.6      | Umsetzer für LWL-Systeme .....                       | 226        |
| 23.7      | Wandler für den Audibereich .....                    | 227        |
| 23.7.1    | Grundlagen .....                                     | 227        |
| 23.7.2    | Mikrofone als Aufnahmeeinheiten .....                | 232        |
| 23.7.3    | Lautsprecher und Hörer als Wiedergabeeinheiten ..... | 237        |
| <b>24</b> | <b>Filter und Weichen .....</b>                      | <b>243</b> |
| 24.1      | Filter .....   | 243        |
| 24.2      | Weichen .....  | 245        |
| <b>25</b> | <b>Koppler .....</b>                                 | <b>247</b> |
| 25.1      | Elektrische Koppler .....                            | 247        |
| 25.2      | Optokoppler .....                                    | 248        |
| <b>26</b> | <b>Sensoren .....</b>                                | <b>251</b> |
| <b>27</b> | <b>Netzwerkkomponenten .....</b>                     | <b>253</b> |
| <b>28</b> | <b>Sonstige .....</b>                                | <b>257</b> |

## Teil IV Varianten der Signalaufbereitung

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| <b>29</b> | <b>Modulation und Demodulation .....</b>                | <b>261</b> |
| 29.1      | Analoges Trägersignal/analoges Modulationssignal .....  | 263        |
| 29.1.1    | Amplitudenmodulation (AM) .....                         | 264        |
| 29.1.2    | Frequenzmodulation (FM) .....                           | 273        |
| 29.1.3    | Phasenmodulation (PM) .....                             | 279        |
| 29.2      | Analoges Trägersignal/digitales Modulationssignal ..... | 280        |
| 29.2.1    | Amplitudenumtastung (ASK) .....                         | 282        |
| 29.2.2    | Frequenzumtastung (FSK) .....                           | 282        |
| 29.2.3    | Phasenumtastung (PSK) .....                             | 283        |
| 29.2.4    | Amplituden-Phasen-Umtastung (QAM) .....                 | 286        |
| 29.3      | Digitales Trägersignal/analoges Modulationssignal ..... | 288        |
| 29.3.1    | Pulsamplitudenmodulation (PAM) .....                    | 288        |
| 29.3.2    | Pulsfrequenzmodulation (PFM) .....                      | 290        |

|  |            |
|--|------------|
| 29.3.3 Pulsphasenmodulation (PPM) .....                      | 290        |
| 29.3.4 Pulsdauermodulation (PDM) .....                       | 291        |
| 29.4 Digitale Modulation und Demodulation im Basisband ..... | 293        |
| 29.4.1 Pulscodemodulation (PCM) .....                        | 293        |
| 29.4.2 PCM-Varianten .....                                   | 296        |
| 29.5 Mehr-Träger-Verfahren OFDM .....                        | 297        |
| <b>30 Codierung und Decodierung .....</b>                    | <b>303</b> |
| 30.1 Grundlagen .....  | 303        |
| 30.2 Leitungscodierung .....                                 | 307        |
| 30.3 Quellencodierung .....                                  | 310        |
| 30.4 Kanalcodierung .....                                    | 319        |
| <b>31 Multiplexierung und Demultiplexierung .....</b>        | <b>325</b> |
| 31.1 Zeitmultiplex (TDM) .....                               | 326        |
| 31.2 Frequenzmultiplex (FDM) .....                           | 328        |
| 31.3 Codemultiplex (CDM) .....                               | 331        |
| 31.4 Raummultiplex (SDM) .....                               | 332        |
| 31.5 Polarisationsmultiplex (PDM) .....                      | 333        |
| <b>32 Zugriffsverfahren .....</b>                            | <b>335</b> |
| 32.1 Einzelzugriff .....                                     | 335        |
| 32.2 Vielfachzugriff .....                                   | 337        |

## Teil V Systeme und Anwendungen

|  |            |
|--|------------|
| <b>33 Hörfunk (Radio) .....</b>                  | <b>343</b> |
| 33.1 Analoger terrestrischer Hörfunk UKW .....   | 344        |
| 33.2 Digitaler terrestrischer Hörfunk DAB+ ..... | 352        |
| 33.3 Hörfunk über Kabelnetze .....               | 359        |
| 33.4 Hörfunk über Satellit .....                 | 360        |
| 33.5 Internetradio .....                         | 361        |
| 33.6 Podcast .....                               | 362        |
| 33.7 Audiotheken .....                           | 364        |

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| <b>34</b> | <b>Fernsehen (TV)</b> .....                                  | <b>365</b> |
| 34.1      | Grundlagen des digitalen Fernsehens .....                    | 365        |
| 34.2      | DVB-Übertragung auf Basis der Broadcast-Standards .....      | 372        |
| 34.3      | DVB-Übertragung auf Basis des Internet-Protokolls (IP) ..... | 378        |
| 34.4      | HbbTV .....  | 386        |
| 34.5      | DVB-I .....  | 390        |
| 34.6      | Mediatheken .....  | 393        |
| <b>35</b> | <b>Internet</b> .....  | <b>395</b> |
| 35.1      | Funktionskonzept .....                                       | 395        |
| 35.2      | Organisationsstruktur .....                                  | 399        |
| 35.3      | Dienste und Anwendungen .....                                | 400        |
| 35.4      | Betriebsvarianten .....                                      | 401        |
| <b>36</b> | <b>Mobile Breitbandkommunikation (Mobilfunk)</b> .....       | <b>405</b> |
| 36.1      | Funktionskonzept .....                                       | 405        |
| 36.2      | Entwicklung der Leistungsmerkmale .....                      | 407        |
| 36.3      | Standardisierung durch 3GPP .....                            | 408        |
| 36.4      | Netzarchitekturen und Betrieb .....                          | 409        |
| 36.5      | Perspektive 6G .....   | 417        |
| <b>37</b> | <b>Stationäre Breitbandkommunikation</b> .....               | <b>419</b> |
| 37.1      | Netzebenen und Leitungstechnologien .....                    | 419        |
| 37.2      | Breitbandkommunikation über das Telefonnetz .....            | 420        |
| 37.3      | Breitbandkommunikation über Breitbandkabelnetze .....        | 423        |
| 37.4      | Breitbandkommunikation über Glasfasernetze .....             | 426        |
| <b>38</b> | <b>Lokale Datenkommunikation</b> .....                       | <b>429</b> |
| 38.1      | LAN .....  | 429        |
| 38.2      | WLAN .....   | 433        |
| 38.3      | Bluetooth .....  | 438        |
| 38.4      | DECT .....   | 439        |
| <b>39</b> | <b>Telefonie</b> .....                                       | <b>441</b> |
| 39.1      | Stationäre Telefonie .....                                   | 441        |
| 39.2      | Mobile Telefonie .....                                       | 445        |
| 39.3      | Kabeltelefonie .....   | 445        |
| 39.4      | Satellitentelefonie .....                                    | 446        |

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| <b>40</b> | <b>Satellitenkommunikation</b> .....         | <b>447</b> |
| 40.1      | Funktionsprinzip .....                       | 447        |
| 40.2      | Übertragungssystem .....                     | 449        |
| 40.3      | Kenngrößen .....                             | 452        |
| 40.4      | Anwendungen .....                            | 454        |
| <b>41</b> | <b>Smart Home</b> .....                      | <b>457</b> |
| 41.1      | Zielvorstellung .....                        | 457        |
| 41.2      | Heimvernetzung .....                         | 459        |
| 41.3      | Anwendungen .....                            | 463        |
| <b>42</b> | <b>Ortung und Navigation</b> .....           | <b>465</b> |
| 42.1      | Funktionsprinzip .....                       | 465        |
| 42.2      | Systeme und Kenngrößen .....                 | 467        |
| <b>43</b> | <b>Weitere Systeme und Anwendungen</b> ..... | <b>475</b> |
| 43.1      | Elektronischer Geldverkehr .....             | 475        |
| 43.2      | Elektronische Verwaltung .....               | 476        |
| 43.3      | Elektronisches Gesundheitswesen .....        | 478        |
| <b>44</b> | <b>Perspektiven</b> .....                    | <b>481</b> |
|           | <b>Literatur</b> .....                       | <b>483</b> |
|           | <b>Index</b> .....                           | <b>485</b> |