

# Inhalt

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| <b>Vorwort</b> .....        | <b>V</b>   |
| <b>Inhalt</b> .....         | <b>VII</b> |
| <b>1 Ausgangslage</b> ..... | <b>1</b>   |

## Teil I Grundlagen der Übertragungstechnik

|                                             |           |
|---------------------------------------------|-----------|
| <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 Nutzsignale 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       | Kenngrößen .....                                | 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      | Frequenzzuteilungen .....                       | 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      | Kenngößen .....                     | 163        |
| 17.3      | Arten .....                         | 165        |
| <b>18</b> | <b>Sender</b> .....                 | <b>167</b> |
| 18.1      | Funktionsprinzip.....               | 167        |
| 18.2      | Kenngößen .....                     | 167        |
| 18.3      | Arten .....                         | 168        |
| <b>19</b> | <b>Empfänger</b> .....              | <b>169</b> |
| 19.1      | Funktionsprinzip.....               | 169        |
| 19.2      | Kenngößen .....                     | 169        |
| 19.3      | Arten .....                         | 170        |
| <b>20</b> | <b>Elektrische Leitungen</b> .....  | <b>171</b> |
| 20.1      | Grundlagen.....                     | 171        |
| 20.2      | Kenngößen .....                     | 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      | Kenngößen .....                     | 189        |
| 21.3      | Arten .....                         | 191        |
| <b>22</b> | <b>Antennen</b> .....               | <b>195</b> |
| 22.1      | Grundlagen.....                     | 195        |
| 22.2      | Kenngößen .....                     | 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</b> | <b>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</b> | <b>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</b> | <b>Zugriffsverfahren .....</b>                          | <b>335</b> |
| 32.1      | Einzelzugriff .....                                     | 335        |
| 32.2      | Vielfachzugriff .....                                   | 337        |

## Teil V Systeme und Anwendungen

|           |                                             |            |
|-----------|---------------------------------------------|------------|
| <b>33</b> | <b>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      | Kenngößen                              | 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 Kenngößen                  | 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> |