

# Literaturverzeichnis

- [Air08] AirMagnet: *AirMagnet-Homepage*. <http://www.airmagnet.com>, 2008
- [AMB08] AMBER: *Amber Wireless*. <http://www.amber-wireless.de>, 2008
- [Awa05] Awad, Mohamed: Promise of Embedded Wireless Networks. In: *D&E ZigBee&Co-Entwicklerforum*, 2005
- [BEFM12] Böhringer, Florian; Ernst, Nikolai; Funkner, Eugen; Merkle, Sebastian: *Untersuchung und Implementierung Eingebetteter Funksysteme – Funkauto Teil I*. Abschlussbericht Bachelor, Interdisziplinäres Projektlabor (Sommersemester), Hochschule Heilbronn, Campus Künzelsau, 2012
- [Bfs08] Bfs: *Bundesamt für Strahlenschutz*. <http://www.bfs.de/de/elektro>, 2008
- [BGF03] Bergmann, Fridhelm; Gerhardt, Hans-Joachim; Froberg, Wolfgang: *Taschenbuch der Telekommunikation*. Fachbuchverlag Leipzig, 2003. – ISBN 3-446-21750-9
- [BH01] Beierlein, Thomas; Hagenbruch, Olaf: *Taschenbuch Mikroprozessortechnik*. Fachbuchverlag Leipzig, 2001
- [Blu08a] Bluetooth: *Bluetooth-Homepage*. <http://www.bluetooth.com>, 2008
- [Blu08b] Bluetooth: *Qualifikations-Programm*. <http://german.bluetooth.com/Bluetooth/Technology/Building/Qualification/>, 2008
- [Brü08] Brückmann, Dieter: High-Speed-Funk mit vielen Chancen. In: *Elektronik Scout 2008*, 2008
- [Buf08] Bufalino, Alexander: Kaffeeklatsch der Maschinen. In: *Elektronik Wireless 1/08*, 2008
- [Der99] Derr, Frowin: *Skript Nachrichtentechnik 2*. HS ULM, 1999

- [DHLS13] Dorsch, Christian; Herrmann, Thomas; Loßner, Ronny; Strobel, Stephan: *Hausautomatisierung mit dem CC430 und FHEM*. Abschlussbericht Bachelor, Interdisziplinäres Projektlabor (Sommersemester), Hochschule Heilbronn, Campus Künzelsau, 2013
- [EF08] EnOcean-Funksysteme: *EnOcean-Homepage*. <http://www.enocean.com>, 2008
- [EK08] Elektronik-Kompendium: *ELKO-Homepage*. <http://www.elektronik-kompendium.de>, 2008
- [Eri08] Ericsson: *Ericsson-Homepage*. <http://www.ericsson.com>, 2008
- [Esc05] Esch, Wolfgang: Fallstricke in der Bluetooth-Entwicklung. In: *D&E ZigBee&Co-Entwicklerforum*, 2005
- [ET06] Eisenreich, Andreas; Thiem, Lasse: Koexistenz nicht gewährleistet. In: *Funkschau 25/2006*, 2006
- [ETS08] ETSI: *DECT-Homepage*. <http://www.etsi.org/WebSite/Technologies/DECT.aspx>, 2008
- [Fre00] Freyer, Ulrich: *Nachrichten-Übertragungstechnik: Grundlagen, Komponenten, Verfahren und Systeme der Telekommunikationstechnik*. Hanser, 2000. – ISBN 3-446-21407-0
- [Fur02] Furber, Steve: *ARM-Architekturen für System-on-Chip-Design*. MITP-Verlag, 2002. – ISBN 3-8266-0854-2
- [Göb99] Göbel, Jürgen: *Kommunikationstechnik*. Hüthig Verlag, 1999. – ISBN 3-7785-3904-3
- [Ges00] Gessler, Ralf: *Ein portables System zur subkutanen Messung und Regelung der Glukose bei Diabetes mellitus Typ-I*. Shaker Verlag, 2000. – ISBN 3-8265-7814-7
- [GES13a] Grüb, Christian; Ernst, Nikolai; Strecker, Timo: *Aufbau einer WLAN Verbindung mittels Arduino Wifi Shield*. Abschlussbericht Master, Interdisziplinäres Projektlabor (Sommersemester), Hochschule Heilbronn, Campus Künzelsau, 2013
- [GES13b] Grüb, Christian; Ernst, Nikolai; Strecker, Timo: *Bidirektionale Funkverbindungen und Betriebssystem RTOS – Funkauto Teil II*. Abschlussbericht Master, Interdisziplinäres Projektlabor (Wintersemester), Hochschule Heilbronn, Campus Künzelsau, 2013

- [Ges14] Gessler, Ralf: *Entwicklung Eingebetteter Systeme*. Springer Vieweg, 2014. – ISBN 978–3–8348–1317–6
- [GM07] Gessler, Ralf; Mahr, Thomas: *Hardware-Software-Codesign*. Vieweg Verlag, 2007
- [GS98] Geppert, L.; Sweet, R.: Technology 1998, Analysis and Forecast. In: *IEEE Spectrum, January 1998*, 1998
- [Ham86] Hamming, Richard W.: *Coding and Information Theory*. Prentice Hall, 1986
- [Has02] Hascher, Wolfgang: nanoNET: sichere Verbindung für Sensor-/Aktor-Netzwerke der Zukunft. In: *Elektronik 22/2002*, 2002
- [Has08] Hascher, Wolfgang: Wireless LAN auf einen Blick. In: *Elektronik Scout 2008*, 2008
- [HL00] Herter, Eberhard; Lörcher, Wolfgang: *Nachrichtentechnik: Übertragung, Vermittlung und Verarbeitung*. Hanser, 2000. – ISBN 3–446–21405–4
- [Hoh07] Hohl, Markus: Flexible Produktion mit energieautarken Sensoren. In: *ETZ, S6/2007*, 2007
- [IEE08a] IEEE: *IEEE 802.15.4-Homepage*. <http://www.ieee802.org/15/pub/TG4.html>, 2008
- [IEE08b] IEEE: *IEEE-Homepage*. <http://www.ieee.org>, 2008
- [Ins08] Instruments, Texas: *Introduction to SimpliciTl*. Texas Instruments (swru130b.pdf), 2008
- [Ins14a] Instruments, Texas: *Chronos: Wireless development tool in a watch*. <http://www.ti.com/tool/ez430-chronos>, 2014
- [Ins14b] Instruments, Texas: *Homepage Wireless Connectivity*. <http://www.ti.com/wirelessconnectivity>, 2014
- [Ins14c] Instruments, Texas: *Smart Protocol Packet Sniffer*. <http://www.ti.com/tool/packet-sniffer>, 2014
- [Ins14d] Instruments, Texas: *SmartRF Studio*. <http://www.ti.com/tool/smartrftm-studio>, 2014
- [IO08] IEE-Online: *Direkt per Luftlinie, IEE04-2008*. <http://www.all-electronics.de>, 2008

- [IW08] IT-Wissen: *IT-Wissen-Homepage*. <http://www.itwissen.info/>, 2008
- [Jöc01] Jöcker, Peter: *Computernetze*. VDE Verlag, 2001. – ISBN 3-8007-2621-1
- [KA08] Konnex-Association: *Konnex-Homepage*. <http://www.knx.org/>, 2008
- [Kar06] Kartes, Christoph: Interferenz im 2,4-GHz-Band. In: *Funkschau 11/2006*, 2006
- [Kha04] Khan, Haroon: Transceiver für das 2,4 GHz-ISM-Band. In: *Elektronik Wireless März 2004*, 2004
- [KK05] Kupris, Gerald; Kremser, Hans-Günter: Reichweitenuntersuchungen in ZigBee-Netzwerken. In: *D&E ZigBee&Co-Entwicklerforum*, 2005
- [KK08] Kumar, Ramesh; Kumar, Sandeep: Von 3G nach 4G. In: *Elektronik Wireless 01/08*, 2008
- [Kla08] Klaus, R.: *Wireless LAN (WLAN)*. <https://home.zhaw.ch/~kls/kt/WLAN.pdf>, 2008
- [Kno08] Knoll, Andrea: *Industrielle Kommunikation: Wireless im Aufwind*. <http://www.elektroniknet.de>, 2008
- [Kol07] Kolokowsky, Steve: Drei Verfahren für drahtloses USB. In: *Elektronik Wireless 4/07*, 2007
- [KS07] Kupris, Gerald; Sikora, Axel: *ZigBee*. Franzis Verlag, 2007. – ISBN 978-3-7723-4159-5
- [LG04] Lasse, Thiem; Gober, Peter: Drahtlose Gerätevernetzung. In: *Funkschau 21/2004*, 2004
- [Lin08] LinuxDevices: *Wi-Fi stack targets wide range of embedded Linux devices*. <http://www.linuxdevices.com/news/NS9778903611.html>, 2008
- [Mag13] Magazin c't: *c't Security*. Heise Zeitschriften Verlag, 2013
- [MG02] Mäusl, Rudolf; Göbel, Jürgen: *Analoge und digitale Modulationsverfahren*. Hüthig, 2002. – ISBN 3-7785-2886-6
- [MK05] Mackensen, Elke; Kuntz, Walter: Bluetooth, ZigBee und nanoNET. In: *Elektronik 24/2005*, 2005

- [MSK<sup>+</sup>14] Mayer, Timo; Schmelcher, Christian; Krause, Jochen; Baudermann, Philipp; Göcker, Chrisoph: *Aufbau einer Sub-1-GHz Funkstrecke mit dem Simpliciti Stack – Funkroboter*. Abschlussbericht Bachelor, Interdisziplinäres Projektlabor (Wintersemester), Hochschule Heilbronn, Campus Künzelsau, 2014
- [Nan08] Nanotron: *Nanotron*. <http://www.nanotron.com>, 2008
- [Neu07] Neumann, Peter: Wireless Sensor Networks in der Prozessautomation, Übersicht und Standardisierungsaktivitäten. In: *Tagung Wireless Automation 2007*, 2007
- [Pal08] PaloWireless: *Bluetooth*. <http://www.palowireless.com/bluetooth>, 2008
- [Peh01] Pehl, Erich: *Digitale und analoge Nachrichtenübertragung*. Hüthig Verlag, 2001. – ISBN 3-7785-2801-7
- [PG04] Polz, Roman; Grabienski, Peter: Wireless LAN - ein Ausblick in die Zukunft. In: *Elektronik Wireless März 2004*, 2004
- [Rhe08] Rheinland, TÜV: *Zertifizierung*. <http://www.tuv.com/de/zigbee.html>, 2008
- [RK02] Rothammel, Karl; Kruschke, Alois: *Rothammels Antennenbuch*. DARC-Verlag, 2002. – ISBN 3-88692-033-X
- [Rom01] Rommel, Thomas: *Programmierbare Logikbausteine*. Vorlesungsskript, TUI, 2001
- [Rop06] Roppel, Carsten: *Grundlagen der digitalen Kommunikationstechnik: Übertragungstechnik - Signalverarbeitung - Netze*. Carl-Hanser-Verlag, 2006. – ISBN 3-446-22857-8
- [Sau08] Sauter, Martin: *Grundkurs Mobile Kommunikationssysteme*. Vieweg Verlag, 2008. – ISBN 978-3-8348-0397-9
- [Sch78] Schumny, Harald: *Signalübertragung*. Vieweg, 1978. – ISBN 3-528-04072-6
- [Sch06] Schneier, Bruce: *Angewandte Kryptographie: Protokolle, Algorithmen und Sourcecode in C*. Pearson Studium, 2006. – ISBN 3-8273-7228-3
- [Sem08] Semiconductor, National: *NSC-Homepage*. <http://www.wireless.national.com>, 2008

- [Sik04a] Sikora, Axel: Funkvernetzung - zuverlässig und einfach. In: *Elektronik Wireless 10/2004*, 2004
- [Sik04b] Sikora, Axel: Der Mikrocontroller-Report 2004. In: *Elektronik 3/2004*, 2004
- [Sik05] Sikora, Axel: Eine systematische Einführung in standardisierte drahtlose Netzwerke. In: *D&E ZigBee&Co-Entwicklerforum*, 2005
- [Sik07] Sikora, Axel: Big Brother – Lokalisierung von Personen und Objekten mittels Funkwellen. In: *Elektronik Wireless Oktober 2007*, 2007
- [Sol08] Sollae: *Systems*. <http://www.sollae.co.kr>, 2008
- [Ste04] Stelzer, Gerhard: Der 8-Bit Mikrocontroller Report. In: *Elektronik 21/2004*, 2004
- [Ste07] Steinmüller, D.: ZigBee - ein Standard kommt. In: *VDI, Wireless Automation 2007*, 2007
- [Stu06] Sturm, Matthias: *Mikrocontrollertechnik*. Fachbuchverlag Leipzig, Hanser, 2006. – ISBN 3-446-21800-9
- [Sul08] Sullivan, Forst : *Forst & Sullivan-Homepage*. <http://www.wireless.frost.com>, 2008
- [SUR<sup>+</sup>14] Sawallisch, Daniel; Unger, Daniel; Rottner, Jochen; Kraft, Christoph; Göcker, Chrisoph: *Funkkommunikation zwischen Fußball-Schiedsrichter und seinen Assistenten mittels SimpliCI*. Abschlussbericht Bachelor, Interdisziplinäres Projektlabor (Wintersemester), Hochschule Heilbronn, Campus Künzelsau, 2014
- [TAM03] TAMS: *Technische Informatik 3*. <http://tams-www.informatik.uni-hamburg.de/lehre/ws2003/vorlesungen/t3/v02.pdf>, 2003
- [Tan03] Tanenbaum, Andrew S.: *Computernetzwerke*. Pearson Studium, 2003. – ISBN 978-3-8273-7046-4
- [Thi06] Thiel, Frank: *TCP/IP-Ethernet bis Web-IO*. Wiesemann und Theis GmbH, 5. Auflage, 2006
- [TI06] TI: *MSP430*. <http://www.ti.com/msp430>, 2006
- [TI08a] TI: *eZ430-RF2500*. <http://www.ti.com/ez430-rf>, 2008

- [TI08b] TI: *IEEE 802.15.4 MAC Software Stack*. <http://www.ti.com/simpliciti>, 2008
- [TI08c] TI: *MSP-EXP430FG4618*. <http://www.ti.com/msp430wireless>, 2008
- [TI08d] TI: *SimpliciTI*. <http://www.ti.com/simpliciti>, 2008
- [TI08e] TI: *ZigBee Protokoll Stack*. <http://www.ti.com/z-stack>, 2008
- [UK08] Universität-Konstanz: *Wiki-Homepage*. <http://wiki.uni-konstanz.de/wiki/bin/view/Wireless/>, 2008
- [VG00] Vahid, Frank; Givargis, Tony: *Embedded Systems Design: A Unified Hardware/Software Introduction*. <http://esd.cs.ucr.edu/>, 2000
- [VG02] Vahid, Frank; Givargis, Tony: *Embedded System Design: A Unified HW/SW Introduction*. John Wiley & Sons, 2002. – ISBN 0–471–38678–2
- [VG13] VDI/VDE-Gesellschaft, Mess-und A.: *Cyber-Physical Systems: Chancen und Nutzen aus Sicht der Automation*. [http://www.vdi.de/uploads/media/Stellungnahme\\_Cyber-Physical\\_Systems.pdf](http://www.vdi.de/uploads/media/Stellungnahme_Cyber-Physical_Systems.pdf), 2013
- [VPHD14] Vogt, Björn; Poks, Agnes; Hackert, Björn; Djurdjevic, Daniel: *Konstruktion und Entwicklung eines Deltaroboters – WLAN und Beagle Bonn Black*. Abschlussbericht Bachelor, Interdisziplinäres Projektlabor (Sommersemester), Hochschule Heilbronn, Campus Künzelsau, 2014
- [Wal05] Walter, Udo: *Eigenschaften des IEEE 802.15.4 Standards in unterschiedlichen Frequenzbändern*. In: *D&E ZigBee&Co-Entwicklerforum*, 2005
- [Wei91] Weiser, M.: *The Computer of the 21th Century*. In: *Scientific American*, 1991
- [Wei05] Weinzierl, Thomas: *Stack Implementierung für KNX-RF*. <http://www.weinzierl.de/>, 2005
- [Wer09] Werner, Martin: *Information und Codierung*. Springer Vieweg, 2009. – ISBN 978–3–8348–9550–9
- [WiF08] WiFi: *WiFi-Alliance-Homepage*. <http://www.wi-fi.org>, 2008

- [Wik08] Wikipedia: *Wikipedia-Homepage*. <http://de.wikipedia.org/>, 2008
- [Wik14] Wikipedia: *Die freie Enzyklopädie*. <http://de.wikipedia.org/>, 2014
- [WiM08] WiMAX: *WiMAX-Homepage*. <http://www.wimaxforum.org>, 2008
- [Wit00] Witzak, Michael P.: *Echtzeit-Betriebssysteme*. Franzis Verlag, 2000. – ISBN 3-7723-4293-0
- [WLA08] WLAN: *Association*. <http://www.WLANA.org>, 2008
- [Wob98] Wobst, Reinhard: *Abenteuer Kryptologie*. Addison-Wesley, 1998. – ISBN 3-8273-1413-5
- [Wol02] Wollert, Jörg F.: *Das Bluetooth-Handbuch*. Franzis Verlag, 2002. – ISBN 3-7723-5323-1
- [Wol05] Wollert, Jörg F.: Die nächste Generation Wireless. In: *Elektronik Wireless Oktober 2005*, 2005
- [Wol07a] Wollert, Jörg F.: UWB, ZigBee und Z-Wave in der Automatisierung. In: *Elektronik 2/2007*, 2007
- [Wol07b] Wollert, Jörg F.: Wireless in der industriellen Anwendung. In: *Elektronik Scout 2007*, 2007
- [Wür04] Württemberg, Jens: Software-Oszilloskop für WLANs. In: *Elektronik Wireless März 2004*, 2004
- [WS08] Wi-Spy: *Wi-Spy-Homepage*. <http://www.wi-spy.com/>, 2008
- [WSS05] Wiest, Joachim; Scholz, Alexander; Schmidhuber, Michael: Drahtlos-Voltmeter via Bluetooth. In: *Elektronik 24/2005*, 2005
- [WV04] Wollert, Jörg; Vedral, Andreas: Bluetooth-Sicherheit: Wie viel Persönlichkeit gebe ich preis? In: *Elektronik Wireless März 2004*, 2004
- [WV05] Wollert, Jörg F.; Vedral, Andreas: Bluetooth – Integrations-technologie für automotive Anwendungen. In: *D&E ZigBee&Co-Entwicklerforum*, 2005
- [You08] Young, Joel K.: Kombination mehrerer Funknetzwerke. In: *Elektronik Wireless 01/08*, 2008



- [ZA07a] ZigBee-Alliance: ZigBee Cluster Library Specification. In: *Specification 10/2007*, 2007
- [ZA07b] ZigBee-Alliance: ZigBee Home Automation Public Application Profile V1.0. In: *Specification 10/2007*, 2007
- [ZA08] ZigBee-Alliance: ZigBee Specification R17. In: *Specification 01/2008*, 2008
- [ZG14] Zimmermann, Thomas; Gansky, Tillmann: *Home Automation Server/Android-App – WLAN und Beagle Bone Black*. Abschlussbericht Bachelor, Interdisziplinäres Projektlabor (Sommersemester), Hochschule Heilbronn, Campus Künzelsau, 2014
- [Zig08] ZigBee: *ZigBee-Homepage*. <http://www.zigbee.org>, 2008
- [Zog02] Zogg, Jean-Marie: *Telemetrie mit GSM/SMS und GPS-Einführung*. Franzis-Verlag, 2002
- [ZW08] Z-Wave: *Z-Wave-Alliance*. <http://www.z-wavealliance.org>, 2008

# Stichwortverzeichnis

- $\lambda/4$ -Antenne, 127
- 1G, 53
- 2G, 53
- 3G, 53
- 4G, 54
- 6LoWPAN, 192
- ACL, 271
- Ad-hoc, 52
- ADC, 176, 178, 290
- Aktivantenne, 125
- Aloha-Prinzip, 71, 72
- ALU, 178
- AM, 84, 85, 92
- Amplitudenmodulation, *siehe* AM
- Amplitudenumtastung, *siehe* ASK
- AMPS, 53
- Android, 315
- Antennen, 118
  - anpassung, 106
  - gewinn, 77
  - verstärkung, 124
  - weiche, 106
- Anwendungsschicht, 63
- AP, 239
- API, 199, 292
- APP, 315
- APSK, 93
- ARQ, 207, 262
- ASCII, 12
- ASIC, 166
- ASIP, 171
- ASK, 92, 97
- asynchrone Programmierung, 186
- ATM, 57
- Auftrittswahrscheinlichkeit, 18
- Automatisierungstechnik, 273
- AWGN, 307
- Backoff, 237
- Bandbreite, 90
  - effizienz, 260
- Basisband, 61, 154
  - signal, 74, 87
- Baud, 263
  - Rate, 93
- Baum-Routing, 227
- Befehlsverarbeitung, 177
- BER, 77, 205, 220, 248, 262
- Betriebsarten, 128
- Bit
  - Fehlererkennung, 39
  - Rate, 94
- BLE, 192, 197
- Bluetooth, 196, 201
- BPS, 262
- BPSK, 99, 307
- Broadcast, 55
- BSS, 240
- BT, 204
- Bus, 175
- CablefreeUSB, 253
- Carrier Sense, 70
- CDMA, 135, 161
- CENELEC, 69
- CF, 292
- Chip, 156

- Chip Select, *siehe* CS
- Chip-Rate, 164
- Chip-Sequenz, 137
- CIS, 170, 184
- CIT, 170
- Client/Server, 58
- Cloud-Computing, 315
- Cluster Library, 231
- CMOS, 181
- Codemultiplex, 137
- Codierungsvorschrift, 38
- Collision Detection, 70
- COTS, 168
- CPS, 316
- CPU, 170
- CRC, 23, 48, 207, 221, 235, 241, 247, 260
- CS, 175
- CSMA, 69, 236, 277
- CSMA/CA, 69, 71, 222, 236
- CSMA/CD, 69, 70, 236
- CTS, 238
- CVSD, 209
- CWUSB, 253
- Cyber-Physical Systems, 316
  
- Dämpfungsfaktoren, 79
- DAC, 179
- Darstellungsschicht, 59, 63
- Datendienst, 221
- Datenkompression, 18
- Datensicherheit, 45, 241, 259
- Datenkompression, 19
- Datenschutz, 45
- dB, 76, 260
- dBd, 78
- dB<sub>i</sub>, 78
- DCF, 236
- DDS, 103, 111
- De-Spreizung, 156
- DECT, 201, 255
- Dezibel, 317
  
- Dienste, 65
- Differenz-Encoder, 219
- DIFS, 236
- Digitale Modulationsverfahren, 92
- digitales Signal, 9
- DIN, 69
- Direktmischung, 111
- Diversity-Betriebsarten, 132
- DKE, 69
- DMAP, 201
- Doppelseitenbandmodulation, 88
- DQDB, 57
- drahtgebunden, 57
- drahtlos, 57
- DS UWB, 306
- DS-Stern, 166
- DSL, 54
- DSP, 117, 179, 308
- DSSS, 154, 218, 263
- DTIM, 242
- Duplex, 59
- Duplexbetrieb, 136
- Durchgangsleistungsmesser, 299
- DUT, 299
- Duty Cycles, 270
  
- E/A, 184, 288
- Echtzeit, 184, 262
- Echtzeitsystem, 184
- EDGE, 54
- EIB, 246
- Eingebettete Funksysteme, 187
- Eingebettete Systeme, 164, 165, 178, 266
- EIRP, 79
- elektromagnetische Wellen, 74
- Empfänger, 107
- Energie, 134
- Energieverbrauch, 180
- EnOcean, 243
- ESS, 240, 258
- Ethernet, 236

- ETSI, 69, 218, 254  
 Evaluation Kit, 292  
 Evaluationssysteme, 289  
 Even Parity, 22  
 Explosionsschutz, 278
- Fading, 128, 275  
 Faltungscodierer, 36  
 FCC, 305  
 FCS, 26, 234  
 FDD, 201  
 FDDI, 57  
 FDMA, 135, 150  
 FEC, 21, 207  
 Fehlanpassung, 105  
 Fehler  
     -erkennung, 38  
     -korrektur, 38  
     -syndrom, 35  
 Feldstärkemessgerät, 298  
 Fernfeld, 81, 118  
 FFD, 221  
 FFH, 152  
 FHSS, 151, 152, 204, 263  
 FM, 88, 92  
 FPGA, 117, 308  
 Fragmentierung, 234  
 Fraunhofer-Region, 82  
 Freiraumformel, 81  
 Frequenz  
     -Diversity, 133  
     -bänder, 217  
     -modulation, *siehe* FM  
     -spreiz-Verfahren, 151  
     -sprung-Verfahren, *siehe* FHSS  
     -umtastung, *siehe* FSK
- Fresnel-Zone, 80  
 FSK, 92, 98, 204  
 FTP, 60  
 Funkkanal, 72  
 Funktechnik, 74
- GAN, 57  
 GAP, 212  
 Geradeusempfänger, 107  
 Gesundheit, 79  
 GFSK, 249  
 GMSK, 45, 101  
 GOEP, 212  
 Gold-Codes, 144  
 GPP, 178  
 GPRS, 201  
 GPS, 305  
 Groundplane-Antenne, 127  
 GSM, V, 53, 201
- H-, E-Feldkomponente, 118  
 Halbduplex, 59  
 Hamming-Distanz, 38  
 Hammingcodierer, 31  
 Hardware, 285  
 HART, 276  
 harte Echtzeit, 185  
 HCI, 210, 211, 288  
 Heterodyn, 309  
 HF, 204, 287  
 Hidden-Station, 238  
 Hilbert-Transformation, 116  
 HiperLAN, 254  
 HL, 273  
 Home Automation Profile, 231  
 HomeRF, 254  
 Homodyn, 309  
 HSCSD, 53  
 HSDPA, 54  
 HTTP, 63  
 Huffman-Code, 18
- I-Signal, 114, 309  
 IBSS, 240  
 IC, 28, 181, 285, 298  
 IEC, 69  
 IEEE, 68, 69, 232  
 IEEE 802, 67

- IEEE 802.11b, 219
- IF, 108
- IFS, 236
- Industrie 4.0, 316
- Information, 8
- Infrastruktur, 240
- Inquiry, 209, 260
- Instruction Register, *siehe* IR
- Integrität, 45
- Interoperabilität, 211
- Internet der Dinge, 192
- Interrupts, 186
- IOT, 192
- IP, 66, 198, 211
- IR, 177
- IrDA, 201, 251, 271
- ISB, 88
- ISM, 75, 197, 204, 217, 291, 296
- ISM-Band, 75
- ISO, 59, 69
- ISO/OSI, 11, 22, 59, 74
- isotrop
  - Antenne, 124
  - Kugelstrahler, 77, 124
- ITU, 69, 313
  
- JPEG, 19
  
- Kabelersatz, 282
- Kanal
  - überschneidung, 218
  - codierung, 14, 19, 260
  - decodierer, 23, 37
  - kapazität, 41
  - zugriff, 69, 222
- KDS, 166
- Kennzustände, 93
- KNX-RF, 246
- Koexistenz, 218, 272
- Kommunikation, 4
- Kryptographie, 47
  
- L2CAP, 210
- L3NET, 53
- LAN, 67, 232
- Latenz, 266
- LCD, 179
- Leistungs
  - bilanz, 76
  - flussdichte, 124
  - messgerät, 299
  - regelung, 142
  - steuerung, 205
  - stufe, 105
- Leitungs
  - codierung, 14, 43
  - vermittlung, 61
- LFSR, 28
- Liquid Cristal Display, *siehe* LCD
- LLC, 68, 205
- LM, 205, 210
- LON, 57
- LOS, 263, 278
- LSB, 87
- LTE, 55
  
- M2M, 53
- MAC, 68, 205, 221, 233, 235
- MAN, 67
- Managementdienst, 221
- MC, 176, 178
- Mehrwegeempfang, 128
- Mesh-Routing, 228
- Messgeräte, 294
- Mikrocomputer, 177
- Mikrocontroller, 178, 287
- MIMO, 262
- Minimalsystem, 176
- MIPS, 179, 183
- Mischung, 108
- Mobilität, 134
- Modem, 15, 287
- Modulation, 83
- Modulationsgrad, 85

- Modulationsindex, 89  
 Modulo-2-Addition, 23  
 Modulo-Division, 24  
 Moore's Gesetz, 171  
 MP, 176  
 MPEG, 19  
 MSB, 28  
 MSK, 100  
 Multi-Chip-Lösung, 285  
 Multi-Hop, 226  
 Multicast, 55  
 Multiple Access, 70  
 Multiplex-Betriebsarten, 135
- Nachricht, 8  
 Nachrichtenquader, 41  
 nanoNET, 252  
 NAV, 237  
 Netzwerkanalyse, 296  
 Netzwerke, 51  
 NFC, 192  
 Normierungsbehörden, 69  
 NRE, 168  
 NRZ, 44
- OBEX, 63, 67, 212  
 Odd Parity, 22  
 OFDM, 135, 146, 150, 306  
 OFDM UWB, 307  
 Orthogonale Vektoren, 143  
 Ortskurve, 121  
 OSI, 59  
 Oszillator, 103
- P2P, 55, 57, 271  
 Pairing, 259  
 Paketvermittlung, 61  
 PAN, 221  
 Paritätsprüfung, 22  
 PBCC, 233  
 PC, 164, 178  
 PCB, 57
- PCF, 236  
 PCM, 209  
 Peer-to-Peer, 240  
 Pegelplan, 323  
 PER, 77, 262  
 Pfadverlustexponent, 82  
 Phasenmodulation, *siehe* PM  
 Phasenumtastung, *siehe* PSK  
 PHY, 60  
 Physikalische Schicht, 60  
 Piconet, 206  
 PIN, 259  
 PM, 91, 93  
 PN, 154  
 Point-To-Multipoint, 55  
 Polling, 186  
 Polynom
  - darstellung, 25
  - division, 25
 Portabilität, 134  
 Power-Management, 242  
 PPP, 66, 211  
 pre-qualifiziert, 286  
 PRK, 99  
 Profile, 65  
 Program Counter, *siehe* PC  
 Programm, 177  
 Proprietäre
  - Lösungen, 284
  - Verfahren, 198, 243, 273
 Protokollanalytoren, 296  
 Protokolle, 65, 66  
 Protokollstapel, 65  
 PSK, 93, 99  
 PSWR, 295  
 PURL, 215
- Q-Signal, 114, 309  
 QAM, 93, 95, 101  
 QoS, 62, 258, 271, 307  
 Quellencodierung, 13, 17

- Rückwärtskorrektur, 22
- RAM, 175
- Randbedingung, 166
- Randbedingungen, 188, 282
  - ökonomische, 168
  - technische, 166
  - weitere, 168
- Rapid Prototyping, 286
- Raum-Diversity, 132
- Raummultiplex, 135
- Rauschpegel, 325
- RD, 175
- Read, *siehe* RD
- REC, 21
- Rekonfigurierbare Architekturen, 312
- Resonanzbetrieb, 120
- RF, 199, 200, 204
- RF4CE, 192, 196
- RFD, 221
- RFID, 57, 75, 192
- Richtantennen, 123
- RISC, 179
- ROM, 175
- RSSI, 205
- RTS, 238
  
- S/N, *siehe* SNR
- Sabotage, 46
- Sammelschiene, *siehe* Bus
- SAN, 53
- Scatternet, 206
- Schlafmodi, 183
- Schnittstellen, 287
- Schrittgeschwindigkeit, 93
- SCO, 271
- SDAP, 212
- SDMA, 135
- SDP, 211, 212
- SDR, 117, 308
- Selbsttest, 295
- Sendeleistung, 79
- Sender, 102
  
- SFH, 152
- Shannon-Theorem, 220
- Sicherungsschicht, 61
- SIFS, 236
- Signal-Rausch-Abstand, 326
- Signalpegel, 322
- Signalprozessor, 179
- Simplex, 59
- SINAD, 328
- sinusförmige Wechselspannung, 84
- sinusförmiger Träger, 92
- Sitzungsschicht, 63
- Skalarprodukt, 144
- Smart Antennas, 123
- Sniffer, 297, 298, 300
- SNR, 41, 220, 260, 326
- SOC, 196, 199, 200, 285
- Software, 292
- Software Defined Radio, 117, 308
- Spektrumanalysator, 300
- SPI, 287
- SPP, 212, 289
- Spreizspektrumtechnik, 154
- SQL, 60
- SRD, 249
- SRWN, V, 1, 52, 196
- SSB, 88
- SSID, 240, 276
- Standardisierte Verfahren, 201, 257
- Standardisierung, 283
- Standards, 67
- Steuerwerk, 177
- Strahlungsdiagramme, 122
- Strahlungswiderstand, 121
- Sukzessiver Test, 300
- Superframe Structure, 222
- Superheterodynprinzip, 108
- Symboldauer, 94
- synchrone Programmierung, 186
- Systemebene, 192
  
- TCP, 62, 66, 211

- TCP/IP, 64  
TDD, 136, 201, 206  
TDMA, 135, 255, 262, 277  
Telemetrie, 188  
Test-Problematik, 294  
Test-Werkzeuge, 293  
Texas Instruments, *siehe* TI  
TI, 179  
Topologien, 55  
Transceiver, 102, 287  
Transceivertechnik, 102  
Transportschicht, 62
- UART, 289  
Ubiquitous Computing, 188  
UDP, 62, 66, 211  
Ultra Wide Band, *siehe* UWB  
Umcodierung, 43  
UMTS, 54, 201  
Unicast, 55  
URL, VI  
USART, 179, 288  
UWB, 43, 52, 253, 305
- VCD, 233  
VDS, 166  
verbindungsorientiert, 61  
verbindungslos, 61  
Verfügbarkeit, 46  
Vergleich
  - Bluetooth vs. WLAN, 271
  - Echtzeit- vs. Informationssystem, 184
  - Eingebettete Systeme, 268, 269
  - Kommunikationstechnik, 261
  - Nachrichtentechnik, 264, 265
  - Proprietäre Verfahren, 192, 273
  - Standard vs. proprietär, 283
  - Standardisierte Verfahren, 192, 257
  - WiFi vs. WLAN, 193
  - ZigBee vs. Bluetooth, 267
- Vermittlungsschicht, 61  
Verteilte Systeme, 315  
Vertraulichkeit, 45  
VoIP, 259  
Vorwärtskorrektur, 31
- Wahrscheinlichkeit, 31  
Walsh-Hadamard-Transformation, 144  
WAP, 67, 211  
War-Driving, 242  
WBAN, 51  
weiche Echtzeit, 186  
Wellenwiderstand, 125  
WEP, 241, 259  
WGAN, 52  
WiFi, 192, 193, 232, 296  
WiMAX, 54, 305  
Wireless USB, 253  
WLAN, 1, 52, 193, 218, 232  
WMAN, 52  
WPA, 241  
WPAN, 1, 51, 203, 214, 267, 306  
WR, 175  
Write, *siehe* WR  
WSN, 316  
WUSB, 253  
WWAN, 52  
WWW, 192
- xG, 53
- Z-Wave, 249  
ZDO, 229  
Zeit-Diversity, 133  
Zeitmultiplex, 136  
Zeitscheibe, 186  
Zertifizierung, 285, 286  
ZF, 287, 309  
ZigBee, 196, 214



# Abbildungsverzeichnis

2.1	Elementarer Kommunikationsprozess . . . . .	5
2.2	Grundlegendes Schema eines Kommunikationssystems . . . . .	5
2.3	Struktur eines natürlichen (biologischen) Kommunikationssystems . . . . .	10
2.4	Grundlegendes Schema eines Kommunikationssystems auf der Basis elektromagnetischer Wellen. . . . .	10
2.5	Grundlegendes Schema eines Kommunikationssystems auf optischem Wege. . . . .	11
2.6	Eineindeutigkeit beim Vorgang der Codierung . . . . .	12
2.7	Prinzip des Codierungsvorganges . . . . .	12
2.8	Aufbau eines Blockcodes, hier ASCII . . . . .	13
2.9	Abbildung der Kommunikationsstruktur auf ein reales Kommunikationssystem . . . . .	15
2.10	Auftrittswahrscheinlichkeit der Buchstaben (in Prozent) in einem englischen Standardtext . . . . .	19
2.11	Codebaum eines Huffman-Codes für deutschsprachige Texte . . . . .	20
2.12	Anordnung von Kanalcodierer und -decodierer in einem Kommunikationssystem . . . . .	20
2.13	Prinzipielle Funktionsweise der Datenergänzung durch Prüf- oder Kontrollzeichen zum Zwecke der Fehlererkennung oder Fehlerkorrektur . . . . .	21
2.14	Ein-Bit-fehlererkennende Codierung mit gerader Parität . . . . .	22
2.15	Erkennung von Übertragungsfehlern im Kanaldecodierer . . . . .	24
2.16	Linear rückgekoppeltes Schieberegister zur CRC-Generierung mit variabler Einstellung des Prüfpolynoms (hier $(X^5 + X^4 + X^2 + 1)$ bzw. "110101") . . . . .	28
2.17	Linear rückgekoppeltes Schieberegister zur CRC-Generierung mit dem Polynom $X^5 + X^4 + X^2 + 1$ . . . . .	29
2.18	Grundaufbau einer fehlertoleranten Datenübertragung durch Kanalcodierung mittels Hamming-Code . . . . .	32
2.19	Zusammensetzung der Paritätsbits $P_0$ bis $P_2$ aus den Datenbits $D_0$ bis $D_3$ . . . . .	32
2.20	Technische Realisierung eines seriellen Hamming-Code-Generators mit einem rückgekoppelten Schieberegister . . . . .	33

2.21	Beispiel für die Speicherzustandsfolge beim Startwert „0101“ .	34
2.22	Serieller Ausgang für verschiedene Folgen von Eingangsdaten .	34
2.23	Schema für Codes mit den Hammingdistanzen $HD_{min} = 1$ a) bis $HD_{min} = 7$ g) . . . . .	39
2.24	Korrekturumgebung eines Code mit $HD_{min} = 6$ . . . . .	40
2.25	Nachrichtenquader und Umcodierung zwischen Quader 1 und Quader 2 . . . . .	43
2.26	Kategorien der Funkübertragungsverfahren [Wol07b] . . . . .	51
2.27	Drahtlose- und drahtgebundene Netze im Verbund . . . . .	53
2.28	a) Stern- und b) Baumnetz . . . . .	56
2.29	a) Maschen- und b) Ringnetz . . . . .	56
2.30	a) Liniennetz und b) Busstruktur . . . . .	57
2.31	Protokolle und Profile ([Wol02], S. 223) . . . . .	65
2.32	Aufbau des Internet Protocols ([BGF03], S. 91) . . . . .	67
2.33	Übersicht „IEEE 802-Standards“ mit physikalischer Schicht, Sicherungsschicht und oberen Schichten (ISO-OSI-Modell) für WPAN und WLAN . . . . .	68
2.34	Kollisionsentstehung beim CSMA-Verfahren . . . . .	71
2.35	Allgemeine Struktur eines Kommunikationssystems . . . . .	73
2.36	Struktur eines Funkkommunikationssystems . . . . .	75
2.37	Leistungsbilanz: $P_R = P_T - C_T + G_T - L_{Fs} - L_{Div} + G_R - C_R$	77
2.38	Fresnel-Zone . . . . .	80
2.39	Amplitudenmodulation eines Trägers mit einem Sinussignal, Darstellung der Signale im Zeitbereich . . . . .	86
2.40	Amplitudenmodulation eines Trägers mit einem Sinussignal, Darstellung der Signale im Frequenzbereich . . . . .	86
2.41	Amplitudenmodulation eines Trägers mit einem Basisbandspektrum von $f_{Smin}$ bis $f_{Smax}$ , Darstellung der Signale im Frequenzbereich . . . . .	87
2.42	Einseitenbandmodulation eines Trägers (USB) mit einem Basisbandspektrum von $f_{Smin}$ bis $f_{Smax}$ , Darstellung der Signale im Frequenzbereich . . . . .	89
2.43	Frequenzmodulation eines Trägers mit einem Sinussignal, Darstellung der Signale im Zeitbereich . . . . .	90
2.44	Zusammenhang zwischen Frequenzmodulation und Phasenmodulation . . . . .	92
2.45	Darstellung einer „1-0-1-0-Folge“ in verschiedenen Ebenen . .	96
2.46	Amplitudenspektrum eines pseudozufälligen binären Datensignals	97
2.47	Abbildung der binären Werte „1“ und „0“ auf die Amplitude eines Trägers . . . . .	98

---

2.48	Abbildung der binären Werte „1“ und „0“ auf die Frequenz eines Trägers . . . . .	98
2.49	Abbildung der binären Werte „1“ und „0“ auf die Phase eines Trägers . . . . .	99
2.50	Differentielle PSK-Modulation . . . . .	100
2.51	Phasensprünge bei der PSK-Modulation . . . . .	100
2.52	Dämpfung der Amplitude beim Phasensprung . . . . .	101
2.53	Mehrbit-PSK mit 1- 2- oder 3-Bit pro Schritt . . . . .	102
2.54	16-QAM-Verfahren mit ASK- und PSK-Modulation . . . . .	103
2.55	Modulation eines Trägers mit einem binären Basisbandsignal, Darstellung von AM (ASK), FM (FSK) und PM (PSK) . . . . .	104
2.56	Vereinfachtes Blockschaltbild eines Hochfrequenzsenders . . . . .	105
2.57	Prinzipielles Blockschaltbild eines Empfängers . . . . .	107
2.58	Prinzip einer Frequenzmischung . . . . .	108
2.59	Blockschaltbild eines Superheterodynempfängers für das 800 MHz-Band . . . . .	109
2.60	Frequenzschema beim Spiegelfrequenzempfang . . . . .	110
2.61	Empfängerschaltung mit Direktmischung . . . . .	111
2.62	Quadraturdemodulatorschaltung . . . . .	113
2.63	Demodulatorschaltung nach Weaver . . . . .	117
2.64	Demodulatorschaltung für ein Software Defined Radio . . . . .	118
2.65	E- und H-Feld um eine Dipolantenne . . . . .	118
2.66	Elektromagnetisches Feld und Ausbreitungsrichtung . . . . .	119
2.67	Magnetische Antennen mit Anpassungstransformator . . . . .	119
2.68	Spannungs- und Stromverteilung auf einem Halbwellendipol . . . . .	121
2.69	Ersatzbild einer Dipolantenne in Nähe ihrer Resonanzfrequenz . . . . .	121
2.70	Verlauf des Fußpunktwiderstandes über die Betriebsfrequenz . . . . .	122
2.71	Strom- und Spannungsverteilung für resonante Dipole verschiedener Längen . . . . .	122
2.72	Links: Strahlungsdiagramm eines Halbwellendipols ( $l=\lambda/2$ ); rechts: Strahlungsdiagramm eines Vollwellendipols ( $l=\lambda$ ) . . . . .	123
2.73	Links: Monopol über leitender Fläche; Mitte: $\lambda/4$ -Monopolstrahler mit Gegengewicht; Rechts: Groundplane-Antenne . . . . .	128
2.74	Fernempfang bei Frequenzen unter 30 MHz Interferenzzonen . . . . .	129
2.75	Interferenzzonen . . . . .	129
2.76	Doppelempfang durch Reflexion . . . . .	130
2.77	Auswirkungen des Doppelempfangs . . . . .	130
2.78	Raummultiplex . . . . .	135
2.79	Zeitmultiplex . . . . .	136
2.80	Semiduplex-Verfahren; [K]: Komprimierer, [D]: Dekomprimierer . . . . .	136
2.81	Frequenzmultiplex . . . . .	137

2.82 Codemultiplex . . . . .	138
2.83 Beispiel für Codemultiplex . . . . .	139
2.84 De-Spreizung der Nachricht $A_N$ . . . . .	141
2.85 De-Spreizung der Nachricht $B_N$ . . . . .	143
2.86 Intersymbolinterferenzen durch Mehrwegeempfang . . . . .	147
2.87 Intersymbolinterferenzen durch Mehrwegeempfang bei Signalen mit Schutzintervall . . . . .	148
2.88 Auswirkungen der Schutzintervalle: $T_S$ : Symboldauer; $B_S$ : Sig- nalbandbreite; $G_I$ : Schutzintervall; $T_G$ : Schutzintervalldauer . .	149
2.89 Subträger $f_0$ , $f_1$ und $f_3$ mit der Symboldauer $T_S$ . . . . .	151
2.90 $\sin(x)/x$ -Funktion . . . . .	152
2.91 Anordnung der OFDM-Subträger $f_0$ , $f_1$ und $f_3$ im Frequenzbereich	153
2.92 Leistungsspektrum der OFDM-Subträger über den Frequenzbe- reich $f_0$ bis $N \cdot 1/T_S$ . . . . .	154
2.93 Gegenüberstellung von Einfrequenzsystem (links) und Mehrfre- quenzsystem (rechts) . . . . .	155
2.94 Slow (links) und Fast (rechts) Frequency Hopping . . . . .	156
2.95 Übersicht über die Bandbreiten bei der Erzeugung eines Spreiz- spektrumsignals . . . . .	157
2.96 Übersicht über die Bandbreiten beim Empfang und der De- spreizung eines Spreizspektrumsignals . . . . .	158
2.97 Erzeugung eines gespreizten Nachrichtensignals im Basisband	159
2.98 Rückgewinnung der Nachrichtenbitfolge aus einem Spreizspek- trumsignal (De-Spreizung) . . . . .	160
2.99 Störung des Spreizspektrumsignals durch einen Träger innerhalb der Übertragungsbandbreite . . . . .	162
2.100 Ablauf bei Empfang eines gestörten Spreizspektrumsignals . .	163
2.101 Entwicklung eingebetteter Systeme . . . . .	167
2.102 Ein parallelisierbarer Algorithmus kann parallel (CIS) oder se- quentiell (CIT) ausgeführt werden [Rom01]. . . . .	170
2.103 Geometrische Metapher für die Abdeckung von Anforderungen durch verschiedene Rechnerarchitekturen . . . . .	171
2.104 Moore's Gesetz: „Verdoppelung der Transistoren je Chip alle 18 Monate“ [GS98] . . . . .	172
2.105 Die Rechnerarchitektur lässt sich auf verschiedene Rechenma- schinen abbilden. . . . .	173
2.106 Prinzipieller Aufbau eines Mikroprozessors [BH01] . . . . .	175
2.107 CMOS-Inverter . . . . .	182
2.108 Echtzeit-Datenverarbeitung im Vergleich zur konventionellen Da- tenverarbeitung . . . . .	185
2.109 Einordnung der Eingebetteten Funksysteme [Sik05] . . . . .	187

2.110	Herausforderungen beim Entwurf von Wireless-Systemen [Sik05].	188
3.1	Maximale Datenrate ([Ins14b], S. 3) . . . . .	193
3.2	Minimaler Energieverbrauch ([Ins14b], S. 3) . . . . .	194
3.3	Drahtlose Standards im Vergleich bezüglich Datenrate und Reichweite [Sik05] . . . . .	202
3.4	Vergleich des ISO/OSI- mit dem Bluetooth-Schichten-Modell. Die physikalische Schicht wird auch als Bitübertragungsschicht bezeichnet (siehe Abschnitt 2.2.5.4) [Wol02]. . . . .	203
3.5	Piconet und Scatternet. Die Abkürzungen „M“ steht für Master und „S“ für Slave ([Wol02], S. 59). . . . .	206
3.6	Bluetooth-Profile ([Wol02], S. 224) . . . . .	214
3.7	Vergleich des ISO/OSI- mit ZigBee-Schichten-Modell . . . . .	216
3.8	Vergleich der Kanäle mit IEEE 802.11b . . . . .	219
3.9	Modulation I . . . . .	220
3.10	Modulation II . . . . .	220
3.11	Netzwerk-Topologie . . . . .	222
3.12	CSMA/CA . . . . .	223
3.13	Superframe Structure mit GTS . . . . .	224
3.14	PAN . . . . .	224
3.15	ZigBee-Netzwerk-Topologie . . . . .	225
3.16	Hierarchische Baumstruktur . . . . .	226
3.17	Beispiel-Netzwerk . . . . .	227
3.18	Baum-Routing . . . . .	228
3.19	Tabellenbasiertes Routing . . . . .	228
3.20	Mesh-Routing . . . . .	228
3.21	Überblick WLAN . . . . .	235
3.22	Kanalzugriff . . . . .	237
3.23	„Hidden-Station“-Problem . . . . .	238
3.24	Explizite Reservierung mit dem RTS/CTS-Verfahren . . . . .	239
3.25	EnOcean-Systemarchitektur [EF08] . . . . .	244
3.26	Telegrammaufbau: 1. Zeile: Byte-Nr. und 2. Zeile: Wert(hex.)	246
4.1	Anwendungsgebiete der einzelnen Verfahren. . . . .	275
5.1	Vereinfachter Entwicklungsprozess – von der Aufgabenstellung über den Prototyp zur Serie. . . . .	282
5.2	Multi-Chip-Lösungen mit Bluetooth und ZigBee. Hinweis: Eine Zwei-Chip-Lösung kann auch in einem einzigen IC in Form eines SOC realisiert werden ([MK05], S. 70 ff.). . . . .	286

5.3	Aufteilung einer Zwei-Chip-Lösung mit Schnittstellen (A.): Interchip und B.): Außen). Beispielhaft mit 2,4 GHz Transceiver. Anstelle eines Mikrocontrollers kann auch ein Mikroprozessor verwendet werden. . . . .	288
5.4	HCI-Schnittstelle [Wol02] . . . . .	289
5.5	HW/SW-Schnittstelle bei Bluetooth [Wol02] . . . . .	293
5.6	a) Feldstärkemessung b) Ausgangsleistungsmessung c) Durchgangsleistungsmessung . . . . .	298
5.7	Funktionsblöcke eines Systems zur Nahbereichs-Kommunikation auf Funkbasis . . . . .	301
5.8	Normal- und Testbetrieb für die Protokolle (oben) und den Sende-Empfangsteil (unten) . . . . .	302
6.1	Ultra-Wide-Band (IEEE 802.15.3a) [Brü08] . . . . .	306
6.2	Prinzip eines Software Defined Radios . . . . .	309
6.3	Hybrid-Empfänger (Heterodyn-Konzept) mit analog realisiertem I/Q-Demodulator . . . . .	310
6.4	Hybrid-Empfänger (Heterodyn-Konzept) mit SW-realisiertem I/Q-Demodulator . . . . .	310
6.5	Hybrid-Empfänger (Homodyn-Konzept) mit HW-realisiertem I/Q-Demodulator . . . . .	311
6.6	Prinzip der Signalaufbereitung für den Sendeteil . . . . .	311
A.1	Kenngrößen des Verstärkers . . . . .	318
A.2	Umrechnung zwischen verschiedenen Darstellungen von „ $G_{dB}$ “ in $G_{lin}$ , $G_{\%}$ , $\alpha_{lin}$ , $\alpha_{dB}$ und $\alpha_{\%}$ . . . . .	320
A.3	Aufbau einer Sende-/Empfangsstation für Mobilkommunikation . . . . .	324
A.4	Beispiel für einen Sender-Pegelplan . . . . .	324
A.5	Beispiel für einen Empfänger-Pegelplan . . . . .	325

# Tabellenverzeichnis

2.1	Kommunikation . . . . .	6
2.2	Modulo-2-Addition . . . . .	23
2.3	Zwischenzustände des Schieberegisters $X^5 + X^4 + X^2 + 1$ . . . . .	29
2.4	Fehlersyndromtabelle . . . . .	35
2.5	Fehlererkennungs- und Korrekturmöglichkeiten nach dem Schema von Abbildung 2.23 . . . . .	42
2.6	Mobilfunk-Generationen. Die Abkürzung „k. A.“ steht für keine „Angabe“ [EK08]. . . . .	54
2.7	Vergleich der Netzwerke ([Göb99], S. 789 ff.) . . . . .	57
2.8	Vergleich von drahtgebundenen mit drahtlosen Standards [Sik05, KK05] . . . . .	58
2.9	Aufgaben und Analogie der OSI-Schichten ([BGF03], S. 16) . . . . .	60
2.10	„QoS-Anforderungen“ bei Multimedia ([Wol02], S. 190) . . . . .	63
2.11	Einige wichtige „IEEE 802-Standards“ im Überblick . . . . .	69
2.12	Einige Normierungsbehörden ([BGF03], S. 569) . . . . .	70
2.13	ISM-Frequenzbereiche . . . . .	76
2.14	Pfadverlustexponenten für verschiedene Umgebungen . . . . .	82
2.15	Vergleich der Frequenzbänder 900 MHz und 2,45 GHz [Wal05] . . . . .	83
2.16	Zusammenfassung der grundlegenden Modulationsarten mit sinusförmiger Trägerschwingung (auch Cosinusschwingung) . . . . .	92
2.17	Kennzustände I . . . . .	93
2.18	Kennzustände II . . . . .	94
2.19	Amplitudenwerte für die ersten fünf Spektren nach Abbildung 2.45 . . . . .	97
2.20	Aufgabe SSB-Signal . . . . .	113
2.21	$\oplus$ -Funktion für die Addition binärer Pegel . . . . .	140
2.22	$\otimes$ -Funktion für analoge Pegel (Vorzeichenregel der Multiplikation, entspricht der Tabelle 2.21, jedoch ergänzt um den Eingangswert "0") . . . . .	142
2.23	Beispiel De-Spreizung I . . . . .	145
2.24	Beispiel De-Spreizung II . . . . .	145
2.25	$\otimes$ -Funktion für logische Signale (Äquivalenz-Funktion oder „Nicht“-EX-OR-Funktion) . . . . .	159

2.26	⊗-Funktion für binäre Pegel (physikalische Pegel) (entspricht den Vorzeichenregeln bei der Multiplikation) . . . . .	159
2.27	Artenvielfalt eingebetteter Systeme [TAM03]. Die Abkürzung „k. A.“ steht für „keine Angabe“. . . . .	180
2.28	Vergleich Informations- und Echtzeitsysteme . . . . .	185
3.1	Bluetooth-Profile [EK08] . . . . .	213
3.2	Bluetooth-Versionen ([Sau08], S. 347 ff) . . . . .	215
3.3	ZigBee-Frequenzbänder, -Datenraten und -Modulationsarten . . . . .	217
3.4	OSI-Schichten 1,2 bei WLAN . . . . .	233
3.5	WLAN-Standards [Wik08, EK08]. Die Abkürzung k. A. steht für „keine Angabe“. . . . .	234
3.6	Schichtenmodell von EnOcean . . . . .	244
3.7	Schichtenmodell der IrDA-Schnittstelle . . . . .	252
4.1	Vergleich der kommunikationstechnischen Parameter. Eine Bewertung erfolgt durch „Fettdruck“ [Sik05, MK05]. . . . .	261
4.2	Vergleich der nachrichtentechnischen Parameter I . . . . .	264
4.3	Vergleich der nachrichtentechnischen Parameter II [MK05]. Offene Umgebung: Freifeld und geschlossene Umgebung: Gebäude . . . . .	265
4.4	Vergleich der Parameter für eingebettete Systeme I [Sik05, MK05, Ste07, Awa05, IO08] . . . . .	268
4.5	Vergleich der Parameter für Eingebettete Systeme II [Ste07] . . . . .	269
4.6	Vergleich von Bluetooth und ZigBee ([Awa05], S. 7 ff) . . . . .	270
4.7	Vergleich proprietärer Verfahren [Sik05] . . . . .	274
6.1	Datenrate und Reichweite bei UWB [Wol07a] . . . . .	307
A.1	Signalpegel . . . . .	322