

---

# Wireless-Netzwerke für den Nahbereich

---

Ralf Gessler · Thomas Krause

# Wireless-Netzwerke für den Nahbereich

Eingebettete Funkssysteme: Vergleich von standardisierten und proprietären Verfahren

2., aktualisierte und erweiterte Auflage

 Springer Vieweg

Ralf Gessler  
Campus Künzelsau  
Hochschule Heilbronn  
Künzelsau, Deutschland

Thomas Krause  
Widdern, Deutschland

ISBN 978-3-8348-1239-1  
DOI 10.1007/978-3-8348-2075-4

ISBN 978-3-8348-2075-4 (eBook)

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Vieweg

© Springer Fachmedien Wiesbaden 2009, 2015

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media ([www.springer.com](http://www.springer.com))

# Vorwort

Wireless-Technologien ziehen von jeher sowohl Entwickler als auch Anwender in ihren Bann. **Titel**

Anfang der 90er Jahre begann mit GSM<sup>1</sup> ein revolutionärer Wandel in der mobilen Kommunikation. Der Mobilfunk ermöglichte das mobile und drahtlose Telefonieren zu jeder Zeit an jedem Ort. Zu Beginn des neuen Jahrtausends, nachdem die benötigte Hardware deutlich preiswerter geworden war, trat Wireless LAN aus seinem Schattendasein. Wireless LAN wurde schnell das Verfahren, um Computer drahtlos untereinander und mit dem Internet zu verbinden. Heute stehen wir vor der nächsten Entwicklungsstufe – den Wireless-Netzwerken für den Nahbereich. Diese Netzwerke erlauben die massenhafte Anwendung von drahtlosen Technologien im alltäglichen Leben. Die Anwendungsgebiete reichen von der Unterhaltungs- und Haushaltselektronik<sup>2</sup> über die Industrie- bis zur Gebäudeautomatisierung. Aus diesem Grund wird den Funknetzwerken im Nahbereich (SRWN<sup>3</sup>) in Zukunft ein hoher Marktanteil prognostiziert [Kno08].

Die vorliegende Arbeit dient als technische und ökonomische Entscheidungshilfe. Sie liefert Grundlagen aus den Gebieten Nachrichten-, Kommunikationstechnik und Eingebettete Systeme. Aus diesen drei Gebieten werden wichtige Parameter („Stellschrauben“) für den Vergleich erarbeitet.

Die einzelnen standardisierten Verfahren wie Bluetooth, ZigBee, WLAN und weitere proprietäre Verfahren werden anhand des ISO/OSI-Modells als zentrales Ordnungselement vorgestellt.

Das Buch liefert in Theorie und Praxis eine durchgehende und vollständige Darstellung der Implementierung von Eingebetteten Funksystemen. Beispiele, Aufgaben, Einstiegshilfen und Literaturhinweise zur weiteren Vertiefung runden das Werk ab. **Didaktik**

In der zweiten Auflage des Buches wurden Fehler, insbesondere im Kapitel „Grundlagen“, korrigiert. Die standardisierten und proprietären Verfahren des Kapitels „Verfahren“ wurden auf den Stand der Technik gebracht und zur schnellen Erschließung in „Steckbriefen“ katalogisiert. Einen „Vergleich“ der vorgestellten Verfahren vereinfacht der gleichnamige Eintrag im Stichwortverzeichnis. Das Kapitel „Entwicklung“ liefert hierzu aktuelle Werkzeuge und Chipsätze. Das Kapitel „Trends“ gibt einen Ausblick über mögliche zukünftige Entwicklungen. **2. Auflage**

<sup>1</sup>GSM = Global System For Mobile Communication

<sup>2</sup>engl.: Consumer Electronics

<sup>3</sup>SRWN = Short Range Wireless Networks

gen und Begriffsbestimmungen. Die Optimierung der Didaktik im Buch erfolgt mittels weiterer Begriffserläuterungen, Aufgaben und Beispiele. Hinzu kommt die Erweiterung des Abkürzungs- und Literaturverzeichnisses und die Ergänzung durch Abbildungs- und Tabellenverzeichnisse.

**Danksagung**

Wir möchten uns bei Herrn Günther Hunn für die sprachliche Überprüfung des Manuskriptes bedanken. Herrn Reinhard Dapper und Frau Andrea Brossler vom Springer Vieweg Verlag gilt unser Dank für das Lektorat. Des Weiteren bedanken sich die Autoren bei den Herren Florian Krämer und Robin Kroschwald für die tatkräftige Unterstützung beim Kapitel „Verfahren“.

**Internet**

Weiterführende Hinweise zum Buch „Wireless-Netzwerke für den Nahbereich“ finden sich auf der Verlagsseite<sup>4</sup> im Internet (URL<sup>5</sup>).

**Literatur**

Die Bücher „Hardware-Software-Codesign“ [GM07] und „Entwicklung Eingebetteter Systeme“ [Ges14] können als Grundlagenwerke für die Entwicklung von Eingebetteten Funksystemen gelten.

Ravensburg, im Januar 2015

Ralf Gessler

Thomas Krause

---

<sup>4</sup>URL: <http://www.springer.com>

<sup>5</sup>URL = Uniform Resource Locator

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b>	<b>V</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>XIII</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Grundlagen</b>	<b>3</b>
2.1 Einführung . . . . .	3
2.1.1 Was heißt Kommunikation? . . . . .	4
2.1.2 Struktur eines natürlichen Kommunikationssystems . . . . .	5
2.1.3 Begriffserläuterungen . . . . .	8
2.1.4 Struktur eines technischen Kommunikationssystems . . . . .	9
2.1.5 Codierung und Decodierung . . . . .	11
2.1.6 Quellencodierung und Kanalcodierung . . . . .	12
2.1.7 Definitionen . . . . .	16
2.2 Kommunikationstechnik . . . . .	17
2.2.1 Quellencodierung . . . . .	17
2.2.2 Kanalcodierung . . . . .	19
2.2.2.1 Rückwärtskorrektur . . . . .	22
2.2.2.2 Vorwärtskorrektur . . . . .	31
2.2.2.3 Fehlererkennung und -korrektur . . . . .	38
2.2.2.4 Kanalkapazität . . . . .	41
2.2.3 Leitungscodierung . . . . .	43
2.2.4 Datenschutz und Datensicherheit . . . . .	45
2.2.4.1 Begriffe . . . . .	47
2.2.4.2 Geheimhaltung durch Verschlüsselung . . . . .	47
2.2.4.3 Datenintegrität und Datenauthenzizität . . . . .	48
2.2.4.4 Verbindlichkeit von Daten . . . . .	49
2.2.4.5 Verschleierung von Datenverkehr . . . . .	50
2.2.4.6 Fazit . . . . .	50
2.2.5 Netzwerke . . . . .	51
2.2.5.1 Kategorien . . . . .	51
2.2.5.2 Abgrenzung . . . . .	53
2.2.5.3 Topologien . . . . .	55

2.2.5.4	ISO/OSI-Referenzmodell . . . . .	59
2.2.5.5	Protokolle . . . . .	66
2.2.5.6	Standards . . . . .	67
2.2.5.7	Kanalzugriffs-Verfahren . . . . .	69
2.3	Nachrichtentechnik . . . . .	72
2.3.1	Einführung und Überblick . . . . .	73
2.3.1.1	Drahtlose Sende- und Empfangstechniken . . . . .	73
2.3.1.2	Funktechnik . . . . .	74
2.3.1.3	ISM-Band . . . . .	75
2.3.1.4	Leistungsbilanz . . . . .	76
2.3.1.5	Reichweiten-Abschätzung . . . . .	81
2.3.2	Modulation . . . . .	83
2.3.2.1	Einführung und Überblick . . . . .	84
2.3.2.2	Analoge Modulationsverfahren . . . . .	84
2.3.2.3	Digitale Modulationsverfahren . . . . .	92
2.3.3	Sender- und Empfängertechnik . . . . .	102
2.3.3.1	Senderaufbau . . . . .	102
2.3.3.2	Empfangsprinzipien . . . . .	107
2.3.3.3	Antennentechnik . . . . .	118
2.3.4	Betriebsarten . . . . .	128
2.3.4.1	Mehrwege-Empfang und Schwund . . . . .	128
2.3.4.2	Diversity-Verfahren . . . . .	132
2.3.4.3	Multiplex-Verfahren . . . . .	135
2.3.5	Frequenzspreiz-Verfahren . . . . .	151
2.3.5.1	Frequenzsprung . . . . .	151
2.3.5.2	Direkte Spreizspektrum . . . . .	154
2.4	Eingebettete Systeme . . . . .	164
2.4.1	Definition . . . . .	164
2.4.2	Entwicklung . . . . .	166
2.4.2.1	Software-Entwicklung . . . . .	169
2.4.2.2	Rechnerarchitekturen . . . . .	170
2.4.2.3	Rechenbaustein und Hardware-Technologie . . . . .	171
2.4.2.4	Rechenmaschine . . . . .	172
2.4.3	Mikroprozessoren . . . . .	174
2.4.3.1	Grundlegende Funktionsweise . . . . .	174
2.4.3.2	Arten . . . . .	178
2.4.4	Energieverbrauch . . . . .	180
2.4.5	Echtzeit-Datenverarbeitung . . . . .	184
2.4.6	Eingebettete Funksysteme . . . . .	187

<b>3</b>	<b>Verfahren</b>	<b>191</b>
3.1	Steckbriefe . . . . .	192

3.1.1	Steckbrief WLAN . . . . .	193
3.1.2	Steckbrief ZigBee . . . . .	195
3.1.3	Steckbrief Bluetooth . . . . .	196
3.1.4	Steckbrief Proprietäre Verfahren . . . . .	198
3.2	Standardisierte Verfahren . . . . .	201
3.2.1	Bluetooth . . . . .	201
3.2.1.1	Schichtenmodell . . . . .	203
3.2.1.2	Physikalische Schicht . . . . .	203
3.2.1.3	Sicherungsschicht . . . . .	205
3.2.1.4	Schichten 3 bis 7 . . . . .	210
3.2.1.5	Protokolle . . . . .	210
3.2.1.6	Profile . . . . .	211
3.2.2	ZigBee . . . . .	214
3.2.2.1	Schichtenmodell . . . . .	215
3.2.2.2	Kernprotokolle . . . . .	217
3.2.2.3	Angepasste Protokolle . . . . .	224
3.2.2.4	Anwendungs-Profile . . . . .	231
3.2.3	WLAN . . . . .	232
3.2.3.1	Schichtenmodell . . . . .	233
3.2.3.2	Physikalische Schicht . . . . .	233
3.2.3.3	MAC-Teilschicht . . . . .	235
3.2.3.4	Schichten 3 bis 7 . . . . .	240
3.2.3.5	Topologie . . . . .	240
3.2.3.6	Datensicherheit . . . . .	241
3.2.3.7	Strom-Spar-Funktionen . . . . .	242
3.3	Proprietäre Verfahren . . . . .	243
3.3.1	EnOcean . . . . .	243
3.3.2	KNX-RF . . . . .	246
3.3.3	Z-Wave . . . . .	249
3.4	Weitere Verfahren . . . . .	250
3.4.1	IrDA . . . . .	251
3.4.2	nanoNET . . . . .	252
3.4.3	Wireless USB . . . . .	253
3.4.4	HomeRF . . . . .	254
3.4.5	HiperLAN . . . . .	254
3.4.6	DECT . . . . .	255
<b>4</b>	<b>Vergleich</b>	<b>257</b>
4.1	Standardisierte Verfahren . . . . .	257
4.1.1	Kommunikationstechnik . . . . .	258
4.1.2	Nachrichtentechnik . . . . .	260
4.1.3	Eingebettete Systeme . . . . .	266



4.1.4	ZigBee versus Bluetooth . . . . .	267
4.1.5	Bluetooth versus WLAN . . . . .	271
4.1.6	Koexistenz . . . . .	272
4.2	Proprietäre Verfahren . . . . .	273
4.3	Automatisierungstechnik . . . . .	273
<b>5</b>	<b>Entwicklung</b>	<b>281</b>
5.1	Aufgabenstellung und Randbedingungen . . . . .	282
5.2	Standardisierung versus proprietäre Lösung . . . . .	283
5.3	Hardware . . . . .	285
5.3.1	Schnittstellen . . . . .	287
5.3.2	Evaluationssysteme . . . . .	289
5.4	Software . . . . .	292
5.5	Test-Werkzeuge . . . . .	293
5.5.1	Messgeräte . . . . .	294
5.5.1.1	Interne Messtechnik und Selbsttests . . . . .	294
5.5.1.2	Netzwerkanalyse und Protokollanalysator . . . . .	296
5.5.1.3	Hochfrequenz-Messtechnik . . . . .	298
5.5.2	Vorgehensweise und Sukzessiver Test . . . . .	300
<b>6</b>	<b>Trends</b>	<b>305</b>
6.1	Ultra Wide Band . . . . .	305
6.2	Software Defined Radio . . . . .	308
6.2.1	Signalprozessoren und Programmierbare Logikbausteine . . . . .	312
6.2.2	Rekonfigurierbare Architekturen . . . . .	312
6.3	Fazit . . . . .	314
<b>A</b>	<b>Anhang</b>	<b>317</b>
A.1	Logarithmische Verhältnisgrößen . . . . .	317
A.2	Verstärkung und Dämpfung eines Systems . . . . .	317
A.3	Signalpegel . . . . .	322
A.4	Pegelplan . . . . .	323
A.5	Rauschpegel . . . . .	325
A.6	Signal-Rausch-Abstand . . . . .	326
A.7	Messung . . . . .	326
A.7.1	Kleine Signale . . . . .	327
A.7.2	Signal-Rausch-Abstand . . . . .	327
A.7.3	SINAD-Wert . . . . .	328
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>329</b>
	<b>Stichwortverzeichnis</b>	<b>339</b>

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>347</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>353</b>

# Abkürzungsverzeichnis

6LoWPAN.....	IPv6 Over Low power WPAN
ACL.....	Asynchronous Connectionless Link
ADC.....	Analog Digital Converter ( <i>deutsch: Analog-Digital-Wandler</i> )
ALU.....	Arithmetical Logical Unit ( <i>deutsch: Arithmetische Logische Einheit</i> )
AM.....	AmplitudenModulation
AMPS.....	Advanced Mobile Phone System
AP.....	Access Point
API.....	Application Programming Interface ( <i>deutsch: Programmierschnittstelle</i> )
APP.....	APPLication Software
APSK.....	Amplitude Phase Shift Keying ( <i>deutsch: Amplituden-Phasen-Umtastung</i> )
ARQ.....	Automation Repeat ReQuest
ASCII.....	American Standard for Code Information Interchange
ASIC.....	Application Specific Integrated Circuit ( <i>deutsch: Anwendungsspezifische Integrierte Schaltung</i> )
ASIP.....	Application Specific Instruction Set Processor
ASK.....	Amplitude Shift Keying ( <i>deutsch: Amplitudenumtastung</i> )
ATM.....	Asynchronous Transfer Mode
AWGN.....	Additive White Gaussian Noise
BER.....	Bit Error Rate

BLE .....	<b>B</b> luetooth <b>L</b> ow <b>E</b> nergy
BPS .....	<b>B</b> its <b>P</b> er <b>S</b> econd
BPSK.....	<b>B</b> inary <b>P</b> hase <b>S</b> hift <b>K</b> eysing
BSS .....	<b>B</b> asic <b>S</b> ervice <b>S</b> et
BT .....	3dB <b>B</b> andbreite-Symboldauer( <b>T</b> )-Produkt
CDMA .....	<b>C</b> ode <b>D</b> ivision <b>M</b> ultiple <b>A</b> ccess ( <i>deutsch: Codemultiplex</i> )
CENELEC.....	<b>C</b> omité <b>E</b> uropéen de <b>N</b> ormalisation <b>E</b> LECtrotechnique
CF.....	<b>C</b> ompact <b>F</b> lash
CIS .....	<b>C</b> omputing <b>I</b> n <b>S</b> pace
CIT.....	<b>C</b> omputing <b>I</b> n <b>T</b> ime
CMOS .....	<b>C</b> omplementary <b>M</b> etal- <b>O</b> xid- <b>S</b> emiconductor
COTS .....	<b>C</b> ommercial <b>O</b> ff- <b>T</b> he- <b>S</b> helf ( <i>deutsch: Kommerzielle Produkte aus dem Regal</i> )
CPS .....	<b>C</b> yber- <b>P</b> hysical <b>S</b> ystems ( <i>deutsch: Cyber-Physische Systeme</i> )
CPU .....	<b>C</b> entral <b>P</b> rocessing <b>U</b> nit ( <i>deutsch: Zentrale Verarbeitungseinheit</i> )
CRC.....	<b>C</b> yclic <b>R</b> edundancy <b>C</b> heck ( <i>deutsch: Zyklische Redundanzprüfung</i> )
CSMA .....	<b>C</b> arrier <b>S</b> ense <b>M</b> ultiple <b>A</b> ccess
CSMA/CA .....	<b>C</b> arrier <b>S</b> ense <b>M</b> ultiple <b>A</b> ccess/ <b>C</b> ollision <b>A</b> voidance
CSMA/CD .....	<b>C</b> arrier <b>S</b> ense <b>M</b> ultiple <b>A</b> ccess/ <b>C</b> ollision <b>D</b> etection
CTS .....	<b>C</b> lear <b>T</b> o <b>S</b> end
CVSD.....	<b>C</b> ontinuous <b>V</b> ariable <b>S</b> lope <b>D</b> elta-Modulation
DAC.....	<b>D</b> igital <b>A</b> nalog <b>C</b> onverter ( <i>deutsch: Digital-Analog-Wandler</i> )
dB.....	<b>D</b> ezi <b>B</b> el
dBd.....	<b>d</b> B <b>d</b> ipolar

dBi .....	<b>dB isotrop</b>
DCF .....	<b>D</b> istributed <b>C</b> oordination <b>F</b> unction
DDS .....	<b>D</b> irect <b>D</b> igital <b>S</b> ynthesis
DECT .....	<b>D</b> igital <b>E</b> nhanced <b>C</b> ordless <b>T</b> elecommunications
DIFS .....	<b>D</b> istributed (coordination function) <b>I</b> nter <b>F</b> rame <b>S</b> pace
DIN .....	<b>D</b> eutsches <b>I</b> nstitut für <b>N</b> ormung
DKE .....	<b>D</b> eutsche <b>K</b> ommission <b>E</b> lektrotechnik
DMAP .....	<b>D</b> ECT <b>M</b> ultimedia <b>A</b> ccess <b>P</b> rofile
DQDB .....	<b>D</b> istributed <b>Q</b> ueue <b>D</b> ual <b>B</b> us
DS* .....	<b>D</b> igitale <b>S</b> chaltungen aus VDS und KDS
DSL .....	<b>D</b> igital <b>S</b> ubscriber <b>L</b> ine
DSP .....	<b>D</b> igital <b>S</b> ignal <b>P</b> rocessor
DSSS .....	<b>D</b> irect <b>S</b> equence <b>S</b> pread <b>S</b> pectrum
DTIM .....	<b>D</b> elivery <b>T</b> raffic <b>I</b> ndicator <b>M</b> ap
DUT .....	<b>D</b> evice <b>U</b> nder <b>T</b> est
E/A .....	<b>E</b> in-/ <b>A</b> usgänge
EDGE .....	<b>E</b> nhanced <b>D</b> ata Rate For The <b>G</b> SM <b>E</b> volution
EIB .....	<b>E</b> uropäischer <b>I</b> nstallations <b>b</b> us
EIRP .....	<b>E</b> quivalent <b>I</b> sotronic <b>R</b> adiated <b>P</b> ower
ESS .....	<b>E</b> xtended <b>S</b> ervice <b>S</b> et
ETSI .....	<b>E</b> uropean <b>T</b> elecommunications <b>S</b> tandards <b>I</b> nstitute
FCC .....	<b>F</b> ederal <b>C</b> ommunications <b>C</b> ommission
FCS .....	<b>F</b> rame <b>C</b> heck <b>S</b> equence
FDD .....	<b>F</b> requency <b>D</b> ivision <b>D</b> uplex
FDDI .....	<b>F</b> iber <b>D</b> istributed <b>D</b> ata <b>I</b> nterface

FDMA .....	<b>F</b> requency <b>D</b> ivision <b>M</b> ultiple <b>A</b> ccess ( <i>deutsch: Frequenzmultiplex</i> )
FEC .....	<b>F</b> orward <b>E</b> rror <b>C</b> orrection ( <i>deutsch: Vorwärtskorrektur</i> )
FFD .....	<b>F</b> ull <b>F</b> unction <b>D</b> evice
FFH .....	<b>F</b> ast <b>F</b> requency <b>H</b> opping
FHSS .....	<b>F</b> requency <b>H</b> opping <b>S</b> pread <b>S</b> pectrum
FM .....	<b>F</b> requenz <b>M</b> odulation
FPGA .....	<b>F</b> ield <b>P</b> rogrammable <b>G</b> ate <b>A</b> rray
FSK .....	<b>F</b> requency <b>S</b> hift <b>K</b> eying ( <i>deutsch: Frequenzumtastung</i> )
FTP .....	<b>F</b> ile <b>T</b> ransfer <b>P</b> rotocol
GAN .....	<b>G</b> lobal <b>A</b> rea <b>N</b> etworks
GAP .....	<b>G</b> eneric <b>A</b> ccess <b>P</b> rofile
GFSK .....	<b>G</b> aussian <b>F</b> requency <b>S</b> hift <b>K</b> eying
GMSK .....	<b>G</b> aussian <b>M</b> inimum <b>S</b> hift <b>K</b> eying
GOEP .....	<b>G</b> eneric <b>O</b> bject <b>E</b> xchange <b>P</b> rofile
GPP .....	<b>G</b> eneral <b>P</b> urpose <b>P</b> rocessor ( <i>deutsch: Universalprozessor</i> )
GPRS .....	<b>G</b> eneral <b>P</b> acket <b>R</b> adio <b>S</b> ervice
GPS .....	<b>G</b> lobal <b>P</b> ositioning <b>S</b> ystem
GSM .....	<b>G</b> lobal <b>S</b> ystem For <b>M</b> obile Communication
HART .....	<b>H</b> ighway <b>A</b> ddressable <b>R</b> emote <b>T</b> ransducer
HCI .....	<b>H</b> ost <b>C</b> ontroller <b>I</b> nterface
HF .....	<b>H</b> igh <b>F</b> requency ( <i>deutsch: Hoch-Frequenz</i> )
HiperLAN .....	<b>H</b> igh <b>P</b> erformance <b>R</b> adio <b>L</b> AN
HL .....	<b>H</b> iper <b>L</b> AN
HSCSD .....	<b>H</b> igh <b>S</b> peed <b>C</b> ircuit <b>S</b> witched <b>D</b> ata
HSDPA .....	<b>H</b> igh <b>S</b> peed <b>D</b> ownlink <b>P</b> acket <b>A</b> ccess

HTTP .....	<b>H</b> yper <b>T</b> ext <b>T</b> ransfer <b>P</b> rotocol
I-Signal.....	<b>I</b> nphase- <b>S</b> ignal
IBSS .....	<b>I</b> ndependent <b>B</b> asic <b>S</b> ervice <b>S</b> et
IC .....	<b>I</b> ntegrated <b>C</b> ircuit ( <i>deutsch: Integrierter Schaltkreis</i> )
IEC .....	<b>I</b> nternational <b>E</b> lectrotechnical <b>C</b> ommission
IEEE .....	<b>I</b> nstitute of <b>E</b> lectrical And <b>E</b> lectronic <b>E</b> ngineers
IF.....	<b>I</b> ntermediate <b>F</b> requency
IFS .....	<b>I</b> nter <b>F</b> rame <b>S</b> pace
IOT.....	<b>I</b> nternet <b>O</b> f <b>T</b> hings
IP .....	<b>I</b> nternet <b>P</b> rotocol
IrDA .....	<b>I</b> nfrared <b>D</b> ata <b>A</b> ssociation
ISB .....	<b>I</b> ndependant <b>S</b> ide <b>B</b> and ( <i>deutsch: unabhängiges Seitenband</i> )
ISM.....	<b>I</b> ndustrial <b>S</b> cientific <b>M</b> edical
ISO .....	<b>I</b> nternational <b>S</b> tandard <b>O</b> rganisation
ITU.....	<b>I</b> nternational <b>T</b> elecommunications <b>U</b> nion
JPEG.....	<b>J</b> oint <b>P</b> hotographic <b>E</b> xperts <b>G</b> roup
KDS .....	<b>K</b> onfigurierbare <b>D</b> igitale <b>S</b> chaltung
L2CAP.....	<b>L</b> ogical <b>L</b> ink <b>C</b> ontrol And <b>A</b> daption <b>P</b> rotocol
L3NET.....	<b>L</b> ow Power <b>L</b> ow Cost <b>L</b> ow Datarate- <b>N</b> ETwork
LAN .....	<b>L</b> ocal <b>A</b> rea <b>N</b> etworks
LFSR.....	<b>L</b> inear <b>F</b> eedback <b>S</b> hift <b>R</b> egister ( <i>deutsch: linear rückgekoppeltes Schieberegister</i> )
LLC.....	<b>L</b> ogical <b>L</b> ink <b>C</b> ontrol
LM .....	<b>L</b> ink <b>M</b> anager
LON .....	<b>L</b> ocal <b>O</b> perating <b>N</b> etwork
LOS .....	<b>L</b> ine <b>O</b> f <b>S</b> ight ( <i>deutsch: Sichtverbindung</i> )

LSB .....	<b>L</b> ower <b>S</b> ide <b>B</b> and ( <i>deutsch: unteres Seitenband</i> )
LTE .....	<b>L</b> ong <b>T</b> erm <b>E</b> volution
M2M .....	<b>M</b> achine <b>T</b> o <b>M</b> achine
MAC.....	<b>M</b> edia <b>A</b> ccess <b>C</b> ontrol
MAN.....	<b>M</b> etropolitan <b>A</b> rea <b>N</b> etworks
MC.....	<b>M</b> ikro <b>C</b> ontroller
MIMO .....	<b>M</b> ultiple <b>I</b> nput <b>M</b> ultiple <b>O</b> utput
MIPS .....	<b>M</b> illion <b>I</b> nstructions <b>P</b> er <b>S</b> econd
Modem .....	<b>M</b> odulator <b>D</b> emodulator
MP .....	<b>M</b> ikro <b>P</b> rozessor ( $\mu$ P)
MPEG .....	<b>M</b> oving <b>P</b> icture <b>E</b> xperts <b>G</b> roup
MSB.....	<b>M</b> ost <b>S</b> ignificant <b>B</b> it ( <i>deutsch: höchstwertiges Bit</i> )
MSK.....	<b>M</b> inimum <b>S</b> hift <b>K</b> eying
NAV .....	<b>N</b> etwork <b>A</b> llocation <b>V</b> ector
NFC .....	<b>N</b> ear <b>F</b> ield <b>C</b> ommunication
NRE .....	<b>N</b> on <b>R</b> ecurring <b>E</b> ngineering ( <i>deutsch: Einmalige Entwicklungskosten</i> )
NRZ .....	<b>N</b> on <b>R</b> eturn <b>T</b> o <b>Z</b> ero
OBEX .....	<b>O</b> bject <b>E</b> xchange <b>P</b> rotocol
OFDM.....	<b>O</b> rthogonal <b>F</b> requency <b>D</b> ivision <b>M</b> ulticarrier
OSI.....	<b>O</b> pen <b>S</b> ystem <b>I</b> nterconnection
P2P .....	<b>P</b> oint <b>T</b> o <b>P</b> oint
PAN .....	<b>P</b> ersonal <b>A</b> rea <b>N</b> etworks
PBCC.....	<b>P</b> acket <b>B</b> inary <b>C</b> onvolution <b>C</b> oding
PCB.....	<b>P</b> rinted <b>C</b> ircuit <b>B</b> oard ( <i>deutsch: Leiterkarte</i> )
PCF .....	<b>P</b> oint <b>C</b> ooperation <b>F</b> unction



PCM .....	<b>P</b> ulse <b>C</b> ode <b>M</b> odulation
PER .....	<b>P</b> acket <b>E</b> rror <b>R</b> ate
PHY .....	<b>PHY</b> sikalische Schicht
PIN .....	<b>P</b> ersonal <b>I</b> dentification <b>N</b> umber
PM .....	<b>P</b> hasen <b>M</b> odulation
PN .....	<b>P</b> seudo Random <b>N</b> oise
PPP .....	<b>P</b> oint To <b>P</b> oint <b>P</b> rotocol
PRK .....	<b>P</b> hase <b>R</b> eversal <b>K</b> eying
PSK .....	<b>P</b> hase <b>S</b> hift <b>K</b> eying ( <i>deutsch: Phasenumtastung</i> )
PSWR .....	<b>P</b> ower <b>S</b> tanding <b>W</b> ave <b>R</b> atio
PURL .....	<b>P</b> rotocol For <b>U</b> niversal <b>R</b> adio <b>L</b> inks
Q-Signal .....	<b>Q</b> uadrature- <b>S</b> ignal
QAM .....	<b>Q</b> uadrature <b>A</b> mplitude <b>M</b> odulation
QoS .....	<b>Q</b> uality <b>O</b> f <b>S</b> ervice
RAM .....	<b>R</b> andom <b>A</b> ccess <b>M</b> emory
REC .....	<b>R</b> everse <b>E</b> rror <b>C</b> orrection ( <i>deutsch: Rückwärtskorrektur</i> )
RF .....	<b>R</b> adio <b>F</b> requency
RF4CE .....	<b>R</b> adio <b>F</b> requency <b>F</b> or <b>C</b> onsumer <b>E</b> lectronics
RFD .....	<b>R</b> educed <b>F</b> unction <b>D</b> evice
RFID .....	<b>R</b> adio <b>F</b> requency <b>I</b> dentification
RISC .....	<b>R</b> educed <b>I</b> nstruction <b>S</b> et <b>C</b> omputer
ROM .....	<b>R</b> ead <b>O</b> nly <b>M</b> emory
RSSI .....	<b>R</b> eceiver <b>S</b> ignal <b>S</b> trength <b>I</b> ndicator
RTS .....	<b>R</b> eady <b>T</b> o <b>S</b> end
SAN .....	<b>S</b> ensor <b>A</b> ctor <b>N</b> etworks
SCO .....	<b>S</b> ynchronous <b>C</b> onnection <b>O</b> riented Link

## Abkürzungsverzeichnis

---

SDAP .....	<b>S</b> ervice <b>D</b> iscovery <b>A</b> pplication <b>P</b> rofile
SDMA .....	<b>S</b> pace <b>D</b> ivision <b>M</b> ultiplex <b>A</b> ccess ( <i>deutsch: Raummultiplex</i> )
SDP .....	<b>S</b> ervice <b>D</b> iscovery <b>P</b> rotocol
SDR .....	<b>S</b> oftware <b>D</b> efined <b>R</b> adio
SFH .....	<b>S</b> low <b>F</b> requency <b>H</b> opping
SIFS .....	<b>S</b> hort (coordination function) <b>I</b> nter <b>F</b> rame <b>S</b> pace
SINAD .....	<b>S</b> ignal <b>T</b> o <b>N</b> oise <b>A</b> nd <b>D</b> istortion
SNR .....	<b>S</b> ignal <b>T</b> o <b>N</b> oise <b>R</b> atio ( <i>deutsch: Signal-Rausch-Abstand oder -Verhältnis</i> )
SOC .....	<b>S</b> ystem <b>O</b> n <b>C</b> hip
SPI .....	<b>S</b> erial <b>P</b> eripheral <b>I</b> nterface
SPP .....	<b>S</b> erial <b>P</b> ort <b>P</b> rofile
SQL .....	<b>S</b> tructured <b>Q</b> uery <b>L</b> anguage
SRD .....	<b>S</b> hort <b>R</b> ange <b>D</b> evice
SRWN .....	<b>S</b> hort <b>R</b> ange <b>W</b> ireless <b>N</b> etworks
SSB .....	<b>S</b> ingle <b>S</b> ide <b>B</b> and ( <i>deutsch: Einseitenband</i> )
SSID .....	<b>S</b> ervice <b>S</b> et <b>I</b> Dentifier
TCP .....	<b>T</b> ransmission <b>C</b> ontrol <b>P</b> rotocol
TDD .....	<b>T</b> ime <b>D</b> ivision <b>D</b> uplex
TDMA .....	<b>T</b> ime <b>D</b> ivision <b>M</b> ultiplex <b>A</b> ccess ( <i>deutsch: Zeitmultiplex</i> )
Transceiver .....	<b>T</b> ransmitter <b>R</b> eceiver
UART .....	<b>U</b> niversal <b>A</b> synchronous <b>R</b> eceiver <b>T</b> ransmitter
UDP .....	<b>U</b> ser <b>D</b> ata <b>P</b> rotocol
UMTS .....	<b>U</b> niversal <b>M</b> obile <b>T</b> elecommunication <b>S</b> ystem
URL .....	<b>U</b> niform <b>R</b> esource <b>L</b> ocator

USART .....	<b>U</b> niversal <b>S</b> ynchronous <b>A</b> synchronous <b>R</b> eceiver <b>T</b> ransmitter
UWB .....	<b>U</b> ltra <b>W</b> ide <b>B</b> and
VCD .....	<b>V</b> irtual <b>C</b> ollision <b>D</b> etection
VDS .....	<b>V</b> erdrahtete <b>D</b> igitale <b>S</b> chaltung
VoIP .....	<b>V</b> oice <b>o</b> ver <b>I</b> nternet <b>P</b> rotocol
WAP .....	<b>W</b> ireless <b>A</b> pplication <b>P</b> rotocol
WBAN .....	<b>W</b> ireless <b>B</b> ody <b>A</b> rea <b>N</b> etworks
WEP .....	<b>W</b> ired <b>E</b> quivalent <b>P</b> rivacy
WGAN .....	<b>W</b> ireless <b>G</b> lobal <b>A</b> rea <b>N</b> etworks
WiFi .....	<b>W</b> ireless <b>F</b> idelity
WiMAX .....	<b>W</b> orldwide <b>I</b> nteroperability <b>F</b> or <b>M</b> icrowave <b>A</b> ccess
WLAN .....	<b>W</b> ireless <b>L</b> ocal <b>A</b> rea <b>N</b> etworks
WMAN .....	<b>W</b> ireless <b>M</b> etropolitan <b>A</b> rea <b>N</b> etworks
WPA .....	<b>W</b> iF <i>i</i> <b>P</b> rotected <b>A</b> ccess
WPAN .....	<b>W</b> ireless <b>P</b> ersonal <b>A</b> rea <b>N</b> etworks
WSN .....	<b>W</b> ireless <b>S</b> ensor <b>N</b> etwork
WUSB .....	<b>W</b> ireless <b>U</b> niversal <b>S</b> erial <b>B</b> us
WWAN .....	<b>W</b> ireless <b>W</b> ide <b>A</b> rea <b>N</b> etworks
WWW .....	<b>W</b> orld <b>W</b> ide <b>W</b> eb
xG .....	<b>x</b> Generation
ZDO .....	<b>Z</b> igBee <b>D</b> evice <b>O</b> bjects
ZF .....	<b>Z</b> wischen- <b>F</b> requenz