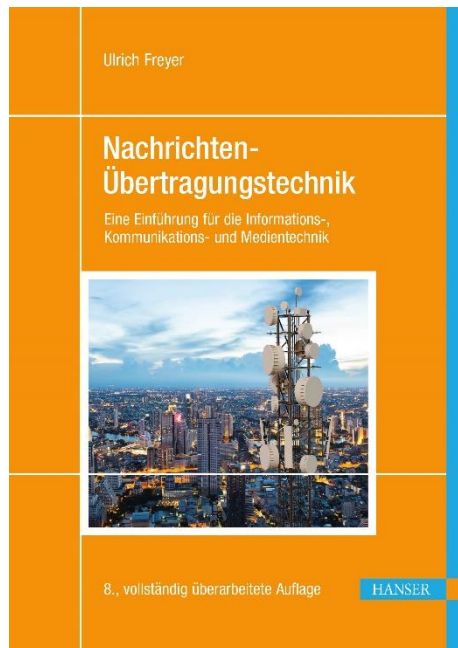


# HANSER



## Leseprobe

zu

## Nachrichten-Übertragungstechnik

von Ulrich Freyer

Print-ISBN: 978-3-446-47584-7

E-Book-ISBN: 978-3-446-47889-3

Weitere Informationen und Bestellungen unter

<https://www.hanser-kundencenter.de/fachbuch/artikel/9783446475847>

sowie im Buchhandel

© Carl Hanser Verlag, München



# Vorwort

Die Informations-, Kommunikations- und Medientechnik hat sich in den letzten Jahren stetig weiterentwickelt. Es handelt sich dabei um eine konsequente Evolution bei den Verfahren, den Technologien, der Frequenznutzung und dem Software-Einsatz. Daraus resultieren höherwertigere kennzeichnende Merkmale für die meisten Systeme und Anwendungen.

Inzwischen ist auch der Übergang von der analogen in die digitale Welt fast vollständig abgeschlossen, was eine erhebliche Steigerung der Leistungsfähigkeit für die Nachrichten-Übertragungstechnik bedeutet. Deshalb lässt sich eine große Zahl neuer Dienste realisieren. Das gilt für alle Übertragungsmedien.

Während früher die Frequenz-Bandbreite das Maß aller Dinge war, ist es nun die üblicherweise als Datenrate oder Bitrate bezeichnete Datenübertragungsgeschwindigkeit. Neben dieser spielen zunehmend auch die Laufzeiten der Signale eine wichtige Rolle, weil sie deren verzögerte Übertragung bewirken und damit Echtzeitübertragung verhindern.

Ein großer Teil der Übertragung von Signalen in der Informations-, Kommunikations- und Medientechnik erfolgt auf Basis des Internet-Protokolls (IP). Dieses international vereinbarte Regelwerk wurde zwar primär für das Internet entwickelt, hat sich aber inzwischen auf allen Ebenen der digitalen Welt etabliert.

In dieser neuen Auflage der „Nachrichten-Übertragungstechnik“ wurde das seit Jahren bewährte Konzept der inhaltlichen Strukturierung beibehalten, jedoch um die aktuellen Entwicklungen in allen Bereichen erweitert. Damit ist der Nutzer des Buches „up to date“ hinsichtlich des fachlichen Wissensstandes.

Die einzelnen Themen der Nachrichten-Übertragungstechnik werden aus physikalischer und mathematischer Sicht betrachtet. Dabei stehen an erster Stelle die Begriffsbestimmungen und die Erklärungen von Funktionen, aber ebenso die technischen Spezifikationen. Tabellen und Bilder bieten außerdem relevante Übersichten, um auf einfache Weise Zusammenhänge erkennen und Vergleiche anstellen zu können.

Auch in dieser Auflage sind die bei der Informations-, Kommunikations- und Medientechnik verwendeten englischen Ausdrücken in eckigen Klammern angegeben, außerdem übliche Kunstworte (Akronyme) und Abkürzungen. Eine hilfreiche Ergänzung zu den Texten, Tabellen und Bildern stellen zahlreiche Beispiele dar. Zu den einzelnen Abschnitten stehen Aufgaben samt Lösungen auf *plus.hanser-fachbuch.de* zur Verfügung. Den Zugangscode finden Sie auf der ersten Seite des Buchs.

Dieses Buch ist für das Studium, aber ebenso zum Lernen, Lesen und Nachschlagen bestens geeignet und stellt deshalb eine sinnvolle Investition dar.

Köln, im Juni 2024

*Ulrich Freyer*

# 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 Mehrfore</b>	<b>45</b>
5.1	Begriffsbestimmungen	45
5.2	Arten	46
5.3	Kenngroßen	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	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 Audiobereich .....	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

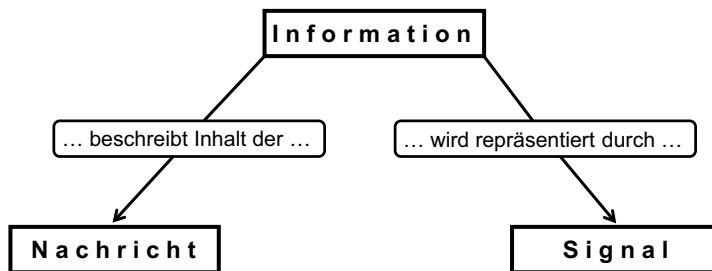
<b>34</b>	<b>Fernsehen (TV)</b>	<b>365</b>
34.1	Grundlagen des digitalen Fernsehens	365
34.2	DVB-Übertragung auf Basis der Broadcast-Standards	372
34.3	DVB-Übertragung auf Basis des Internet-Protokolls (IP)	378
34.4	HbbTV	386
34.5	DVB-I	390
34.6	Mediatheken	393
<b>35</b>	<b>Internet</b>	<b>395</b>
35.1	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>

# 1

## Ausgangslage

Die Nachrichten-Übertragungstechnik nutzt elektrische, optische und magnetische Größen für die Übertragung, Bearbeitung (z. B. Wandlung) und Speicherung von Informationen. Diese beschreiben einerseits die Inhalte der damit verbundenen Nachrichten, während sie andererseits durch physikalische Größen als Signale repräsentiert werden, die als Transportmittel für die Informationen dienen (Bild 1.1). Als Beispiel sei eine gesprochene Information betrachtet. Bei ihr ist die Nachricht ein Schalldrucksignal.



**Bild 1.1** Grundbegriffe der Medientechnik



**Informationen** beschreiben den Inhalt von Nachrichten und werden durch physikalische Größen als Signale repräsentiert.

Der Austausch von Informationen zwischen zwei und mehr Stellen wird als Kommunikation bezeichnet. Dabei muss für jedes Signal der Informationsgehalt bekannt sein, um die Eindeutigkeit der Kommunikation zu gewährleisten. Deshalb ist es zum Beispiel bei gesprochenen Informationen erforderlich, dass die angesprochene Person die verwendete Sprache beherrscht.



**Kommunikation** ist der Austausch von Informationen mithilfe von Signalen.

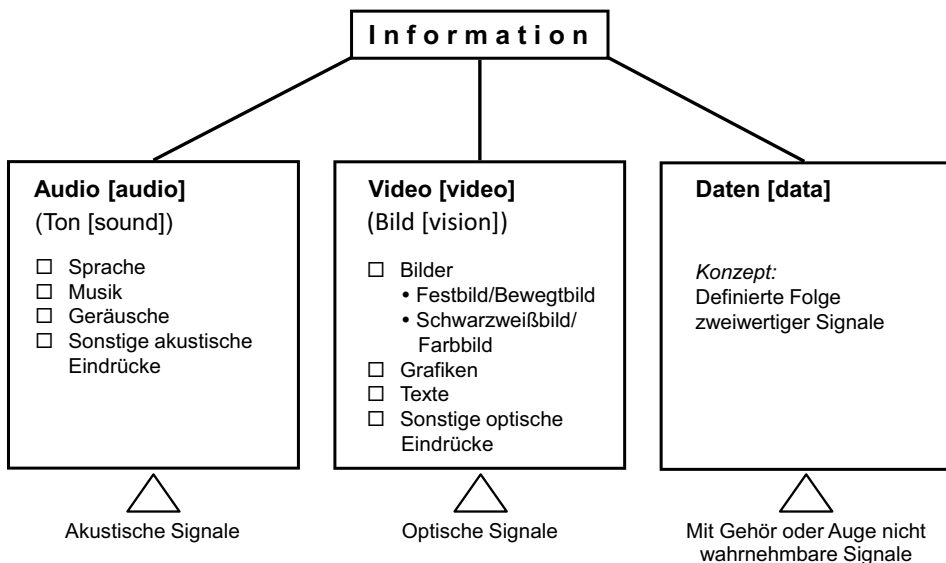
In den meisten Fällen sollen Informationen als Nachrichten über unterschiedliche Entfernungen übertragen werden. Daraus erklärt sich die Bezeichnung Telekommunikation (Tk oder auch TK). Die Vorsilbe „tele“ stammt aus der griechischen Sprache und steht für das Wort „fern“.



**Telekommunikation** = technische Kommunikation über beliebige Entfernungen

Bei den Informationen lassen sich bezogen auf ihre Wahrnehmbarkeit folgende Arten unterscheiden (Bild 1.2):

- **Audio** [audio], auch als Ton [sound] bezeichnet, umfasst alle mit dem Gehör wahrnehmbaren akustischen Signale. Dazu gehören Sprache, Musik, Geräusche und alle sonstigen Höreindrücke.
- **Video** [video], auch als Bild [vision] bezeichnet, umfasst alle mit dem Auge wahrnehmbaren optischen Signale. Dazu gehören Bilder, Grafiken, Texte und alle sonstigen Seheindrücke. Die Bilder können feststehend oder bewegt sein, wobei schwarz-weiße oder farbige Darstellung möglich ist.
- **Daten** [data] sind alle Informationen, die weder mit dem Gehör noch mit dem Auge unmittelbar wahrgenommen werden können. In der Regel handelt es sich um zweiwertige Signale.



**Bild 1.2** Arten der Information

Bei jeder technischen Kommunikation sind Menschen und/oder technische Einrichtungen beteiligt. Dafür gelten üblicherweise folgende Bezeichnungen:

- Mensch → Nutzer [*user*] oder Teilnehmer (Tln)
- Technische Einrichtung → Maschine

Es lassen sich deshalb folgende Konstellationen unterscheiden:

- **Mensch-Mensch-Kommunikation**

Informationsübertragung von Mensch zu Mensch mithilfe einer technischen Einrichtung.

Beispiel: Telefongespräch

- **Mensch-Maschine-Kommunikation**

Eingabe von Informationen durch einen Menschen in eine technische Einrichtung und Ausgabe von Informationen durch eine technische Einrichtung.

Beispiel: Informationssuche im Internet mithilfe eines Notebooks

- **Maschine-Mensch-Kommunikation**

Eingabe von Informationen durch eine technische Einrichtung und Ausgabe von Informationen an einen Menschen durch eine technische Einrichtung.

Beispiel: elektronischer Programmführer bei TV-Geräten

- **Maschine-Maschine-Kommunikation (M2M)**

Informationsübertragung zwischen technischen Einrichtungen ohne Beteiligung von Menschen.

Beispiel: Computernetze

Die vorstehend aufgezeigte Kommunikation erfolgt entweder **unidirektional** (also einseitig gerichtet von einer Stelle zu einer oder mehreren anderen Stellen) oder **bidirektional** (also gleichzeitig oder wechselseitig in beiden Richtungen zwischen zwei Stellen). Die sendende Stelle wird als **Quelle** Q [*source*] bezeichnet, bei der empfangenden Stelle ist es **Senke** S [*sink*].

Bei der Übertragung von Daten haben sich auch die Begriffe Server und Client eingebürgert. Der **Server** ist als technische Dienstleistungseinrichtung zu verstehen, die Informationen bereitstellt, während der **Client** (= Nutzer) als technische Einrichtung die von einem Server bereitgestellten Informationen aufnimmt und nutzt.



Bei der im Rahmen der Kommunikation erforderlichen Übertragung von Signalen sollen diese möglichst unverändert bleiben.



**I**

# **Grundlagen der Übertragungs- technik**





# 2

## Pegel

Physikalische Größen können unterschiedliche Werte aufweisen, von sehr klein bis sehr groß. Häufig ist dabei nicht der absolute Wert einer Größe von Interesse, sondern das Verhältnis von zwei gleichartigen Größen oder der Bezug auf einen Referenzwert. Das führt zu einem dimensionslosen Ausdruck, der allerdings vielstellig sein kann. Um dieses zu vermeiden, wird für das Größenverhältnis der dekadische Logarithmus ( $\lg$ ) verwendet. Dafür gilt die Bezeichnung **Pegel** [*level*] und der Großbuchstabe  $L$  als Formelzeichen.



Der **Pegel  $L$**  ist das logarithmierte Verhältnis von zwei gleichartigen physikalischen Größen.

### 2.1 Arten

Signale sind bekanntlich Verläufe physikalischer Größen. In der Informations- und Kommunikationstechnik spielen dabei die **elektrische Spannung  $U$**  und die **elektrische Wirkleistung  $P$**  eine wesentliche Rolle. Die Angabe eines Spannungswertes erfolgt als Vielfaches der Einheit Volt (V), beim Leistungswert ist es die Einheit Watt (W). Dabei kann es sich um ganze Zahlen, aber auch um beliebig gebrochene Zahlen handeln. Bei der Spannung ist zur Angabe der Polarität zusätzlich auch das Minuszeichen möglich.

Bei Systemen mit Glasfaserleitungen treten funktionsbedingt nur optische Größen auf, von denen aus messtechnischen Gründen nur die Leistung von Bedeutung ist. Es besteht deshalb stets der Bedarf, zwischen der **elektrischen Leistung  $P_{\text{el}}$**  und der **optischen Leistung  $P_{\text{opt}}$**  zu unterscheiden.

Physikalische Größen, die der elektrischen Wirkleistung proportional sind, werden als **Leistungsgrößen** bezeichnet. Dazu gehören:

- Energie, Arbeit  $P$  (Einheit: J)
- Leistungs(fluss)dichte  $P/A$  (Einheit:  $\text{W/m}^2$ )
- Energiedichte  $W/A$  (Einheit:  $\text{J/m}^2$ )

Beschreiben physikalische Größen den Zustand eines elektrischen, magnetischen oder sonstigen Feldes, dann liegen **Feldgrößen** vor. Dazu gehören:

- elektrische Spannung  $U$  (Einheit: V)
- elektrische Stromstärke  $I$  (Einheit: A)
- elektrische Feldstärke  $E$  (Einheit:  $\text{V/m}$ )
- magnetische Feldstärke  $H$  (Einheit:  $\text{A/m}$ )
- Kraft  $F$  (Einheit: N)
- Schalldruck  $p$  (Einheit: Pa)

Da Pegelangaben per Definition keine Dimension aufweisen, wurde die Pseudoeinheit Bel (B) als Kennzeichnung festgelegt. In der Praxis hat sich allerdings **Dezibel (dB)** durchgesetzt, also das Zehntel-Bel, weil damit auch große Wertverhältnisse mit überschaubaren Zahlen angegeben werden können. Es gilt:

$$1 \text{ dB} = \frac{1}{10} \text{ B} \Leftrightarrow 1 \text{ B} = 10 \text{ dB} \quad (2.1)$$

Der Leistungspegel weist damit folgende Form auf:

$$L_P = 10 \cdot \lg \frac{P_a}{P_b} \text{ dB} \quad (2.2)$$

Mithilfe der Leistungsformel  $P = U^2/R$  ergibt sich unter der Voraussetzung  $R_a = R_b = R$  für den Spannungspegel folgende Form:

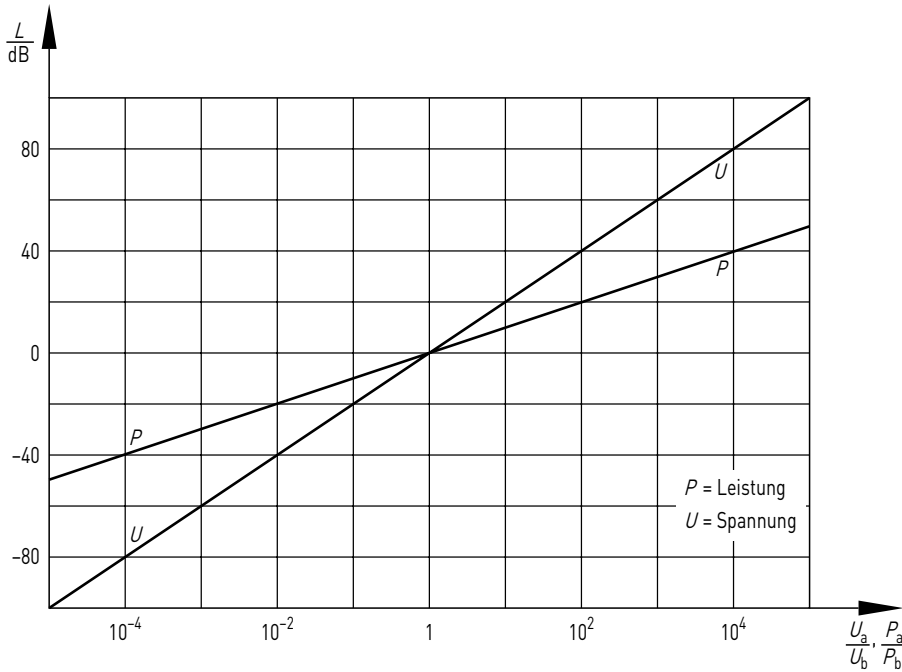
$$L_U = 20 \cdot \lg \frac{U_a}{U_b} \text{ dB} \quad (2.3)$$



Angaben in Dezibel (dB) ermöglichen die Erfassung beliebiger Wertverhältnisse physikalischer Größen mit überschaubaren Zahlen (Bild 2.1).

Durch Entlogarithmieren kann von jedem Pegelwert das Verhältnis der Leistungen und Spannungen einfach ermittelt werden. Grundsätzlich gilt:

$$y = \lg x \Leftrightarrow x = 10 \cdot y \quad (2.4)$$



**Bild 2.1** Pegel für Leistung und Spannung

Daraus folgt:

$$\frac{P_a}{P_b} = 10^{\frac{L_P}{10 \text{ dB}}} \quad (2.5)$$

$$\frac{U_a}{U_b} = 10^{\frac{L_U}{20 \text{ dB}}} \quad (2.6)$$

Die bisherigen Betrachtungen der Pegel bezogen sich auf beliebige Stellen in einem Übertragungssystem. In der Praxis ist jedoch der Bezug auf definierte Stellen typisch. Dazu zählen die Eingänge und Ausgänge von Geräten, Baugruppen und sonstigen Funktionseinheiten. Der Eingang wird dabei durch den Index 1 und der Ausgang durch den Index 2 gekennzeichnet. Es handelt sich dann um **relative Pegel**. Dabei kann der Bezug auf den Eingang (Index 1) oder den Ausgang (Index 2) erfolgen. Es sind deshalb folgende Pegelangaben möglich:

$$L_{P(1/2)} = 10 \cdot \lg \frac{P_1}{P_2} \text{ dB} \quad (2.7)$$

und

$$L_{P(2/1)} = 10 \cdot \lg \frac{P_2}{P_1} \text{ dB} \quad (2.8)$$

Beide Pegelangaben weisen gleiche Zahlenwerte, jedoch unterschiedliche Vorzeichen auf.

$$L_{P(1/2)} = -L_{P(2/1)} \quad (2.9)$$

$$L_{P(2/1)} = -L_{P(1/2)} \quad (2.10)$$

Bisher wurde an allen Stellen der gleiche Widerstandswert vorausgesetzt, was allerdings nicht immer der Fall ist. Liegt für  $U_1$  der Widerstand  $R_1$  vor und für  $U_2$  der Widerstand  $R_2$ , dann lässt sich die Auswirkung der unterschiedlichen Widerstände wie folgt berechnen:

$$L_p = L_U + 10 \cdot \lg \frac{R_2}{R_1} \text{ dB} \quad (2.11)$$

Daraus ergibt sich folgende Erkenntnis: Wenn  $R_1 = R_2$ , dann  $L_p = L_U$ .

Bei Pegelangaben können auch festgelegte Werte als Bezugsgrößen verwendet werden. Es handelt sich dann um **absolute Pegel**.

Wird für den allgemeinen Fall für den Bezugswert der Index „abs“ verwendet, dann gelten folgende Beziehungen:

Absoluter Leistungspegel

$$(L_p)_{\text{abs}} = 10 \cdot \lg \frac{P}{P_{\text{ref}}} \text{ dB} \quad (2.12)$$

Absoluter Spannungspegel

$$(L_U)_{\text{abs}} = 20 \cdot \lg \frac{U}{U_{\text{ref}}} \text{ dB} \quad (2.13)$$

Diese Kennzeichnung kann entfallen, wenn nach dem dB-Zeichen die Einheit der Referenzgröße in Klammern angegeben ist. Von dieser genormten Form wird allerdings häufig abgewichen und ein direktes Anhängsel an das dB-Zeichen verwendet.



### Beispiel 2.1

Varianten der Angabe des absoluten Leistungspegels mit 1 W als Referenzwert

$$(L_p)_{\text{abs}} = 10 \cdot \lg \frac{P}{1 \text{ W}} \text{ dB}$$

$$L_p = 10 \cdot \lg \frac{P}{1 \text{ W}} \text{ dB (W)}$$

$$L_p = 10 \cdot \lg \frac{P}{1 \text{ W}} \text{ dBW}$$

# Index

## Symbole

3D sound 384  
3GPP 408  
5G 408  
6G 417  
 $\lambda/2$ -Leitung 183  
 $\lambda/4$ -Leitung 183

## A

Ableitung 93  
Abrufdienst 129  
Abschirmung 91  
Abschlussimpedanz 182  
Absorption 189  
Abstand 12  
Abtastfrequenz 33  
Abtastintervall 33  
Abtasttheorem 33  
Abtastung 21, 31  
Abwärtskompatibilität 134  
Abzisse 12  
access network 433  
Access Point 433  
Achsenversatz 189  
Adapter 138  
ADC 150  
Ader 175  
Adressierung 63  
ADSL 420  
ADU 150  
Aktor 462  
Akzeptanzkegel 187  
Aliasing 33  
Allgemeinzuteilung 97  
alternative frequencies 350  
AMI-(alternate mark inversion)-  
    Format 308  
Amplitude 17  
amplitude frequency response 19  
Amplitudendemodulation 272  
Amplituden-Frequenzgang 19  
Amplitudengang 19  
Amplitudenmodulation 263, 264  
    – digitale 282  
Amplituden-Phasen-Umtastung 286  
Amplitudenumtastung 282  
Amplitudenverzerrung 27  
amplitude shift keying 282  
AM-Signal 264  
Analog-Digital-Umsetzer 150, 211  
analog-to-digital converter 150, 211  
Anpassung (matching) 51  
Anpassungsfaktor 54

Anschalteinheit 442  
 Antenne 195  
   – Impedanz 196  
   – Ortskurve 196  
 Antennenanschluss 195  
 Antennen-Array 210  
 Antennengewinn 198, 453  
 Antennenwahlschalter 451  
 Anti-Aliasing-Filter 33  
 Anwendungs-Programmierschnitt-  
   stelle 139  
 Anwendungsprotokoll 461  
 Anzeigefunktion 258  
 API 139  
 Apogäum 447  
 application layer 64  
 application programming interface 139  
 Applikation 370  
 Arbeitsgeschwindigkeit 213  
 Architektur 431  
 ARQ 378  
 ASCII 306  
 asymmetrical digital subscriber  
   line 420  
 attenuation 34  
 Audio 2  
 Audiocodierung 312  
 Audio on Demand 361, 364  
 Audiothek 364  
 Aufbaustruktur 431  
 Auflösung 211  
 Aufnahmeeinheit 232  
 Aufnahmeröhre 220  
 Augenempfindlichkeitskurve 42  
 Ausgangsrahmenbreite 322  
 Ausgangsspannung 48  
 Ausgangsstrom 48  
 Ausgangswiderstand 48  
 Auslesen 150  
 Ausleuchtzone 449, 453  
 Aussendung 195  
 Außeneinheit 454  
 Außenleiter 178

Außenwiderstand 51  
 Auswerteelektronik 251  
 Autorisierungsprüfung 147  
 Azimut 469  
 Azimutwinkel 200

## B

Backbone (Rückgrat) 121, 402  
 back-up 459  
 Bandbreiten-Entfernungs-Produkt 189  
 Bandbreiten-Längen-Produkt 189  
 Bändchenmikrofon 234  
 Bandpass 243  
 Bandsperre 243  
 bandwidth 35  
 base station 406  
 Basisbandlage 23, 431  
 Basisbandsignal 23, 261  
 Basisstation 127, 406  
 Baumnetz 120  
 BD 156  
 Beamforming 412  
 Beeinflussungslänge 322  
 Bel 8  
 Beleuchtungsstärke 218  
 Benutzergruppe, geschlossene 117  
 Beobachtungssatellit 454  
 BER (Bitfehlerquote) 111  
   – geforderte 111  
   – vorhandene 111  
 Bessel-Funktion 275  
 Betrieb  
   – bidirektionaler 58  
   – unidirektionaler 57  
 Betriebs-Dämpfungsfaktor 49  
 Betriebs-Dämpfungsmaß 50  
 Betriebssystem 139  
 Betriebs-Verstärkungsfaktor 49  
 Betriebs-Verstärkungsmaß 50  
 Beugung 80, 85  
 Bewegungsenergie 69  
 Bewegungsschätzung 316

Bezahldienst 129  
Bezahl-Radio 361  
Bezugsantenne 199  
Bildauflösung 223  
Bildbereich 221  
Bildelement 218  
Bildqualität 218, 369  
Bildröhre 222  
Bildsensor 218, 220  
– Auflösung 221  
Binärcode 304  
binary coded decimal 305  
binary digit 22  
binary phase shift keying 284  
Biphase-Format 308  
Bi-Phasen-Codierung 348  
Bit 22  
– höchstwertiges 304  
– niedrigstwertiges 304  
Bitdauer 22  
bit error ratio 111  
Bitfehler 320  
Bitfehlerquote 111  
Bitfehlerrate 281  
Bitfolge 22  
Bitrate 22  
bit/s 22  
Blockcodierung 320  
block matching 316  
Bluetooth 139, 438  
blu-ray disc 156  
BNetzA 95  
Bodenwelle 80  
Boltzmann-Konstante 24  
Brechungsindex 186  
Brechzahl 186  
Breitbandantenne 198  
Breitbandkommunikation  
– mobile 405  
– stationäre 419  
Breitband-Verstärker 165  
Bridge 254  
Broadcast 113, 366

Brutto-Datenrate 434  
Bundesnetzagentur 95  
Burstfehler 320  
Busnetz 119  
Byte 22

## C

CA 144  
– externe 147  
– integriertes 147  
cable 175  
CAI 138  
CAM 147  
Campus-Netz 416  
carrier reduction 270  
carrier sense multiple access with  
collision detection 336  
carrier suppression 270  
carrier-to-noise ratio 26  
CD 156  
cell 115  
CEN 102  
CENELEC 102  
CEPT 80, 97  
Chat 401  
Chrominanzsignal C 40  
CI 147  
CICAM 147  
CIE (Commission International de  
l'Eclairage) 40  
CIE-Farbtafel 40  
Client 3, 256  
Closed Systems Interconnection 61  
closed user group 117  
Cloud-Anwendung 459  
Cluster 127, 407  
coarse WDM 125  
Code 304  
– alphanummerisch 306  
code division multiple access 339  
Codemultiplex 331  
Codewort 304



Codierung 293, 303  
 Commercial Internet Exchange  
   (CIX) 402  
 common air interface 138  
 common interface 147  
 common interface conditional access  
   module 147  
 common interface plus 147  
 compact disc 156  
 Conditional Access 119, 130, 144  
 conditional access module 147  
 Container-Konzept 367  
 Content Aggregator 392  
 content distribution network 362  
 Control Word 145  
 conversion time 213  
 copy protection 143  
 crosstalking 28  
 CSI 61  
 CSMA/CD 336  
 cut-off frequency 35

## D

DAB 352  
   – Datendienste 358  
   – Rahmenstruktur 355  
 DAB-Frequenzblock 356  
 DAB-Multiplexsignal 354  
 DABplus 358  
 DAC 150  
 Dämpfung 34, 80  
   – längenabhängige 110  
 Dämpfungsbelag 180  
 Dämpfungsfaktor 34  
 Dämpfungsmaß 34  
 Dämpfungsverzerrung 27  
 Darstellungsprotokoll 65  
 Darstellungsschicht 64  
 data link layer 63  
 data reduction 109  
 Daten 2  
 Datenkabel 177  
 Datenkommunikation, lokal 429  
 Datenrate 22, 407  
 Datenreduktion 109  
 Datenübertragungsgeschwindigkeit 407  
 DAU 150  
 Dauerleistung 239  
 DE-CIX 402  
 Decoder 303  
 Decodierung 303  
 decryption 145  
 DECT 439  
 Deemphasis 345  
 Deltamodulation 297  
 Demodulation 262  
   – inkohärente 272  
   – kohärente 272  
 Demodulator 262  
 Demultiplexierung 325  
 DEMUX 325  
 DENIC 397  
 dense WDM 125  
 descrambling 145  
 Detektor 251  
 Deutsche Elektrotechnische Kommission 101  
 Deutsches Institut für Normung 101  
 Dezibel 8  
 Dezimeterwelle 85  
 Dialog 57  
 Dienst 128  
   – freier 129  
 Diensteanbieter 128  
 Dienstebene 443  
 Dienste-integrierende Netze 444  
 Dienstenutzer 128  
 Dienstgüte 117, 129  
 Differenzmethode 311  
 Differenz-Pulscodemodulation 296  
 Digital-Analog-Umsetzer 150, 215  
 digital audio broadcast 352  
 Digital Enhanced Cordless Telecommunications 439

- Digital Living Network Alliance 460
  - Digitalradio 352
  - digital subscriber line 420
  - digital subscriber line access multiplexer 421
  - digital-to-analog converter 150, 215
  - digital versatile disc 156
  - digital video broadcasting 366
  - DIN-Norm 102
  - Dioden-Demodulator 273
  - Dipol 73, 195
    - geschlossener 203
    - offener 203
    - $\lambda$ - 197
    - $\lambda/2$ - 197
  - Dipolstab 203
  - Dipolwand 210
  - Direktempfang 379
  - Direktor 203
  - Discrete Multitone Transmission 420
  - Diskrete Cosinus-Transformation 316
  - Dispersion 188, 189
  - distortion 27
  - distortion attenuation figure 28
  - distortion factor 28
  - distribution 59, 113
  - DKE 101
  - DLNA 460
  - DMT 420
  - Doppelader 175
  - downlink 360
  - downloadable CA 148
  - downscaling 370
  - Downstream 119
  - DRAM 159
  - Dreitor 46
  - Drillingsantenne 210
  - DRM 134
  - DSL 420
  - DSLAM 421
  - DSL-Router 421
  - DSL-Splitter 421
  - Dual-Slope-Verfahren 214
  - duct 85
  - Dunkelstrom 219
  - Durchgangs-Vermittlungsstelle 444
  - Durchlassbereich 243
  - Durchschaltevermittlung 114
  - DVB 366
  - DVB-C 374
  - DVB-C-Radio 360
  - DVB-I 390
  - DVB-S 372
  - DVB-T 374
  - DVB-T2 375
  - DVB-Übertragung
    - Broadcast 372
    - Internet-Protokoll 378
  - DVD 156
- ## E
- Echtzeit 58
  - EEPROM 159
  - Effizienz, spektrale 281
  - E-Government 476
  - E-Health 478
  - Eindrahtleitung 175
  - Einfallswinkel 186
  - Einflugzeichen 472
  - Eingangsrahmenbreite 322
  - Eingangsspannung 48
  - Eingangsstrom 48
  - Eingangswiderstand 48, 182
  - Einleiterkabel 175
  - Einlesen 150
  - Ein-Rampen-Umsetzer 214
  - Einseitenband-Amplitudenmodulation 270
  - Eintor 46
    - aktives 47
    - passives 47
  - Ein-Träger-Verfahren 261
  - Einzelkanalträger 338
  - Einzelzugriff 335
  - Einzelzuteilung 96

- EIRP 453
  - Eklipseschutz 452
  - electrically erasable programmable read-only memory 159
  - Elektret 236
  - Elektretmikrofon 236
  - Elektronenstrahlablenkung 223
  - Elektronenstrahlerzeugung 223
  - Elektronenstrahlfokussierung 223
  - Elektrosensibilität 94
  - Elektrosmog 90
  - Elementarentscheidung 21
  - Elementarmagnet 151
  - Elevation 469
  - Elevationswinkel 200
  - E-Mail 400
  - eMBB 414
  - embedded CA 147
  - EMC 89
  - Empfang 195
    - zeitversetzt 379
  - Empfänger 169
  - Empfangsantenne 196
  - Empfangseinrichtung 126
  - Empfindlichkeit 112, 169, 218, 232, 345
  - EMV 89
  - EN 103
  - Encoder 303
  - encryption 144
  - Ende-zu-Ende-Protokoll 141
  - Ende-zu-Ende-Verschlüsselung 144
  - Endgerät 57
  - Energie
    - kinetische 69
    - potentielle 69
  - Energietechnik 457
  - enhanced other networks 351
  - Entitlement Control Message 145
  - Entitlement Management Message 145
  - Entlogarithmieren 8
  - Entschlüsselung 145
  - Entwürfelung 145
  - EOTF 382
  - EPROM 159
  - erasable programmable read-only memory 159
  - Erdefunkstelle 449
  - Erdnetz 205
  - Erhebungswinkel 200
  - Erkundungssatellit 454
  - error protection 109
  - Ersatzschaltplan 47
  - Ethernet 429
  - ETSI 102
    - Standard 103
  - Europäischer Standard 103
  - Europäisches Institut für Telekommunikationsstandards 102
  - Europäisches Komitee für elektrotechnische Normung 102
  - Europäisches Komitee für Normung 102
  - external CA 147
- F**
- fading 82
  - Faltdipol 203
  - Faltungscode 321
  - Faltungscodierung 320
  - Faraday'scher Käfig 92
  - Farbart 39
  - Farbdifferenzsignal 42, 314
  - Farbe 39
  - Farbfilter 219
  - Farbkreis 41
  - Farbmischung, additive 41, 222
  - Farbräume 381
  - Farbsättigung 39
  - Farbspektrum 39
  - Farbton 39
  - Farbzeiger 41
  - fast information channel 354
  - feedback 36
  - Fehlanpassung (mismatching) 51
  - Fehlerschutz 109, 154, 319
  - Fehlwinkel 189

- Feld
  - elektrisch 69
  - elektromagnetische 126
  - elektromagnetisches 74, 89
  - magnetisch 70
- Feldgröße 8
- Feldkonstante
  - elektrische 76
  - magnetische 76
- Feldstärke
  - magnetisch 69
  - magnetische 75
- Feldwellenwiderstand 76
- FeMBMS 414
- Ferneinstellung 462
- Fernempfangszone 82
- Fernfeld 75
- Fernmeldenetz 441
- Fernnetzebene 444
- Fernsehen 365
- Fernsteuerung 458, 459
- Fernüberwachung 459
- Fernvermittlungsstelle 444
- Ferritantenne 206
- Ferritstab 206
- Festkörperspeicher 157
- Festnetz 118
- Festzielunterdrückung 470
- fiber to the home 359
- fibre to the building 122
- fibre to the curb 122
- fibre to the device 123
- fibre to the home 122
- figure 12
- file transfer protocol 398
- Filter 243
- Firewall 402
- Flachantenne 208
- Flachbildschirm 222
  - OLED 224
- Flachkabel 178
- Flankendiskriminator 278
- Flankensteilheit 243
- flash converter 214
- Flash-Speicher 158
- footprint 449
- Forum 401
- forward channel 119
- Fotodiode 188
- Fotoeffekt 218
- Fotokatode 220
- Fotozelle 217
- Fourier-Analyse 30
- Fourier-Koeffizient 30
- Fourier-Reihe 30
- Fourier-Synthese 30
- FR1 411
- FR2 411
- frame 115
- Frame-Transfer 221
- free services 130
- Freiraum-Dämpfungsmaß 86
- Freiraum-Feldwellenwiderstand 76
- frequency division multiple access 338
- Frequenzbedarf 95
- Frequenzdemodulation 278
- Frequenzfunktion 18
- Frequenzgang 233, 238
- Frequenzhub 274
- Frequenz-Interleaving 324
- Frequenz, kritische 180
- Frequenzmanagement 95
- Frequenzmodulation 263, 273
  - digitale 282
- Frequenzmultiplex 328
  - orthogonaler 298
- Frequenzplan 95
- Frequenzteilung 225
- Frequenzumsetzer 225
- Frequenzumtastung 282
- Frequenzverdoppelung 225
- Frequenzverordnung 95
- Frequenzvervielfachung 225
- Frequenzzuteilung 96
- Fresnel-Zone 85
- Frontend 376

FTP 398  
 FTTD 123  
 FTTX 123  
 full scale 211  
 Funkdienst  
 – primärer 96  
 – sekundärer 96  
 Funkempfänger 170  
 Funkmesstechnik 465  
 Funknavigation 465  
 Funknetz, zelluläres 127  
 Funkortung 465  
 Funkschnittstelle 138  
 Funksender 168  
 Funkverbindung 167  
 Funkzelle 127, 405

## G

gain 34  
 Galileo 474  
 GAN 116  
 Gauß-Kanal 375  
 GBG 117  
 Gbit 22  
 Gbit/s 22  
 GByte 22  
 Gegenbetrieb 58  
 Gegenkopplung 37  
 Gegenphasigkeit 36  
 Gegentakt-Diodenmodulator 289  
 Geldverkehr, elektronischer 475  
 Gemeinschaftskommunikation 59  
 Generatorpolynom 322  
 Geräuschabstand 27  
 Gf-LWL 193  
 Gigabit 22  
 Gigahertz 20  
 Glasfaserleitung 185, 192  
 Glasfaser-Lichtwellenleiter 193  
 Glasfasernetz 426  
 Gleichfeld 89  
 Gleichlauf 60  
 Gleichphasigkeit 36

Gleichwellennetz 301  
 Gleitwegsender 472  
 global area network 116  
 Global Positioning System 474  
 global system mobile 445  
 GMS-Standard 445  
 GPON 124  
 Gradientenindex 191  
 Gradientenprofil-LWL 191  
 Grenzfläche 186  
 Grenzfrequenz 35, 249  
 – obere 35  
 – untere 35  
 Größtwert 15  
 Grundfarben 41  
 Gütemaß 453

## H

Halbduplexbetrieb 57  
 Halbleiterspeicher 157  
 – flüchtiger 158  
 – nicht-flüchtiger 158  
 Halbwellendipol 197  
 Halte-Schaltung 31  
 Handschlagverfahren 133  
 handshake procedure 133  
 Hardware-Schnittstelle 132, 133  
 Harmonische 31  
 Hauptkeule 200  
 Hausverteilanlage 123  
 HbbTV 386  
 HDB-3-Format 309  
 HDCP 134  
 HDMI 134  
 – Kabel 136  
 HDR 382  
 – Varianten 384  
 HE AAC+ 358  
 header 115, 429  
 Heimnetz 460  
 Heimvernetzung 458, 459  
 Helligkeit 39  
 HFC-Netz 122

HF-Verstärker 165  
 high-definition multimedia inter-  
   face 134  
 high dynamic range 382  
 High Frame Rate 384  
 Hinleiter 171  
 HLG 384  
 Hochfrequenz-Verstärker 165  
 Hochpass 243  
 Hochskalieren 369  
 Höchstfrequenz-Verstärker 165  
 Höhenmess-Radar 469  
 Hohlleiter 179  
 hold circuit 31  
 Höreindruck 346  
 Hörer 227, 237  
   – elektrodynamischer 240  
   – elektrostatischer 241  
   – geschlossener 240  
   – halboffener 240  
   – offener 240  
   – piezoelektrischer 240  
 Hörfunk 343  
   – analog terrestrisch 344  
   – digital terrestrisch 352  
 Horizontal-Richtcharakteristik 200  
 Hörschall 227  
 Hörschwelle 229  
 hot plugging 138  
 HPHT 415  
 HTTP 398  
 HTTPS 398  
 Hub 254, 425, 431  
 Hüllkurve 265  
 Hüllkurvendetektor 273  
 HW-Schnittstelle 132, 133  
 hybrid fibre coax 122  
 Hyperbelverfahren 473  
 Hyperlink 401  
 hypertext markup language 398  
 hypertext transfer protocol 398  
 hypertext transfer protocol secure 398

## I

IAB 399  
 IANA 399  
 IDTV 377  
 IEC 102  
 IESG 399  
 IETF 399  
 IFTTT 462  
 Impulsfolge 17  
 IMUX (input multiplexer) 451  
 Individualkommunikation 59  
 indoor reception 356  
 Induktionsprinzip 206, 231  
 Induktivitätsbelag 173  
 Industriestandard 101  
 Information 1  
 Informationsträger, portabler 149  
 Infrarot (IR)-Strahlung 39  
 Infraschall 227  
 In-Haus-Empfang 356  
 INIC 399  
 Innenleiter 178  
 Innenwiderstand 47  
 Inphase-Komponente 272, 286  
 Instrumenten-Landesystem 471  
 integrated digital television 377  
 interconnected networks 395  
 interface 131  
 Interferenz 80  
 Interferenzzone 82  
 Interleaving 323  
 Interline-Transfer 221  
 Intermodulationsprodukt 164  
 Internationale Elektrotechnische  
   Kommission 102  
 Internationale Feldmeldeunion 97  
 Internationale Fernmeldeunion 102  
 Internationale Organisation für Standar-  
   disierung 102  
 International Telecommunication  
   Union 97  
 Internet 395  
 Internet Exchange Point (IXP) 402

Internet Network Information Center  
(INIC) 397  
internet of things 415  
internet protocol 395  
Internetradio 361  
Internettelefonie 445  
Intersymbol-Interferenz 299  
Intersymbolstörung 309  
Intranet 401  
inverse standing wave ratio 53  
Inversionsschicht 85  
Ionosphäre 80  
Ionosphärenschicht 80  
IP 395  
IP-Adresse 395, 396  
IP-basiert 408  
IP over DAB 358  
IP-Telefonie 398, 445  
IPTV 380  
IPv4-Adresse 396  
IPv6-Adresse 397  
Irrelevanz 311  
Irrelevanzreduktion 109  
ISM-Band 139  
ISO 102  
ISOC 399  
Isolationsspannung 249  
Isolationswiderstand 249  
ITU 97, 102

## J

Jitter 29, 253

## K

Kabel 175  
Kabelnetz 359  
Kabelradio 360  
Kabeltelefonie 445  
Kabelverzweiger 122  
Kanalcodierung 319, 368  
Kanalkapazität 110

Kanalraster 344  
Kanaltrennung 28  
Kapazitätsbelag 174  
Kapazitätsdiode 277  
Kapazitätsveränderung 231  
kbit 22  
kbit/s 22  
KByte 22  
Kehrlage 266  
Kennlinie, quadratische 267  
Kern-Mantel-Grenzfläche 187  
Kernmaterial 187  
Kilobit 22  
Kilohertz (kHz) 20  
Kippwinkel 189  
Kleinstwert 15  
Klirrdämpfungsmaß 28  
Klirrfaktor 28  
Koaxialkabel 178  
Kommunikation 1, 57  
– bidirektional 3  
– unidirektional 3  
Kommunikationsschicht 64  
Kommunikationssteuerungs-  
protokoll 65  
Kommunikationssystem, offenes 62  
Kompatibilität 346  
Kondensatormikrofon 236  
Konstantspannungsquelle 47  
Konstantstromquelle 47  
Konstellationsdiagramm 284  
Kontrastumfang 383  
Konverter, rauscharm 454  
Kopfteil 115, 429  
Kopierschutz 134, 143  
Ko-Positionierung 452  
Koppelfeld 114, 442  
Koppler 247  
– elektrische 247  
– induktive 247  
– kapazitive 248  
Kopplungsverlust 190  
Kreisfrequenz 17

Kreis, magnetischer 231  
Kreuzdipol 203  
Kristallmikrofon 237  
Kugelkoordinaten 74, 76  
Kugelstrahler 77, 198  
Kurzschluss 48  
Kurzschluss-Eingangswiderstand 182  
Kurzschlussstrom 47  
Kurzwellen 83

## L

Lageenergie 69  
LAN 116, 429  
– Adresse 429  
Landekurssender 472  
Längsparitätsprüfung 321  
Längsspuraufzeichnung 152  
Längswellen 83  
Langwellen 83  
Laserdiode 188  
Latenz 253  
Laufzeit 253  
Laufzeitverzerrung 27  
Lautsprecher 227, 237  
– elektrodynamischer 239  
– elektrostatischer 239  
– piezoelektrischer 240  
layer 61  
LCD-Technologie 223  
least significant bit 304  
Leerlauf 48  
Leerlauf-Eingangswiderstand 182  
Leerlaufspannung 47  
Leistung  
– elektrische 7  
– optische 7  
Leistungsanpassung 52  
Leistungsflussdichte 77, 453  
Leistungsgröße 8  
Leistungspegel 8  
– absoluter 10  
Leistungs-Verstärker 165  
Leitfähigkeit, optische 186  
Leitung  
– einadrige 175  
– elektrische 118, 171  
– homogene 173  
– optische 119, 185  
– verlustfreie 174  
– zweiadrige 175  
Leitungsabschlusseinheit 123  
Leitungscodierung 307  
Leitungsempfänger 170  
Leitungsgleichung 174  
Leitungskonstante 173  
Leitungssender 168  
Leitungstechnologie 419  
Leistungsverbindung 167  
Leistungsvermittlung 114  
Leitwertbelag 174  
Letzte Meile 402  
Leuchtstoffanregung 223  
level 7  
Licht  
– einwelliges 188  
– monochromatisches 188  
– sichtbares 39  
Lichtgeschwindigkeit 71, 171  
Lichtstrom 218  
Lichtwellenleiter 185  
linear distortion 27  
Linearitätsfehler 212  
line switching 114  
Livestream 364, 394  
local area network 116, 429  
long term evolution 408  
Löschkopf 151  
LPLT 415  
LTE 408  
LUF 84  
Luftschall 227  
Luftschnittstelle 138  
Luftspalt 151  
Luftspaltbreite 152  
Luminanz 39  
Luminanzsignal Y 40, 42  
LWL 185



**M**

- M2M 3
- MAC-Adresse 253
- machine to machine 415
- Magnetkopf 151
- main service channel 354
- MAN 116
- Manchester-Format 308
- Mantelmaterial 187
- Mark 307
- Maschennetz 120
- Maschine-Maschine-Kommunikation 3
- Maschine-Mensch-Kommunikation 3
- Maß 12
- Massiv-MIMO 413
- Master-Slave-Konzept 439
- Maximalwert (Größtwert) 17
- Maxwell'sche Gleichungen 74
- Mbit 22
- Mbit/s 22
- MByte 22
- Mediathek 393
- Megabit 22
- Megahertz (MHz) 20
- Mehr-Antennensystem 209
- Mehr-Dienste-Fähigkeit 142
- Mehrebenen-Antenne 209
- Mehrfachreflexion 83
- Mehrfachzugriff 326
- Mehrfrequenznetz 301
- Mehrkanalträger 338
- Mehrleiterkabel 177
- Mehrmoden-LWL 191
- Mehrter 46, 245
- Mehr-Träger-Verfahren 262, 297
- memory stick 158
- Mensch-Maschine-Kommunikation 3
- Mensch-Mensch-Kommunikation 3
- Mesh-WLAN 437
- Meterwellen 84
- metropolitan area network 116
- Mikrofon 227, 232
  - elektromagnetisches 237
- Mikrowellen-Landesystem 472
- Millimeterwelle 86
- MIME 399
- MIMO 434
  - multi user 436
  - single user 436
- Mithörschwelle 312
- Mitkopplung 36
- Mittelwellen 83
- mMTC 414
- mobile payment 476
- Mobilfunk 405
- Mobilfunknetz 405
- Mobilnetz 118
- Mobilstation 127, 406
- Modem 433
- Moden 179
- Modendispersion 188
- Modulation 261
- Modulationsgrad 264
- Modulationssignal 261, 263
  - analog 288
  - digital 280
- Modulationsverfahren 262
  - höherwertiges 281
- Modulator 261
- Mono 346
- Monoempfänger 347
- Monofonie 346
- Monomode-LWL 191
- Monomode-Stufenprofil-LWL 191
- Monopol 204
- most significant bit 304
- M-Payment 476
- MPEG-1 Layer 1 313
- MPEG-1 Layer 2 313
- MPEG-1 Layer 3 313
- MPEG-2 314
- MPEG-4 318
- MPEG-4 AAC 313

MPEG-Videocodierung 316  
MTI-Verfahren 470  
MUF 84  
multi carrier system 262  
Multicast 113  
Multimode-Gradientenprofil-LWL 191  
Multimode-LWL 191  
Multimode-Stufenprofil-LWL 191  
multiple access 111  
multiplex configuration information 354  
Multiplexierung 325  
Multiplexsignal 325  
multipurpose internet mail extension 399  
MU-MIMO 436  
MUSICAM 313, 353  
Musikleistung 239  
MUX 325

## N

NA 187  
Nachricht 1  
Nachrichtenmenge 108  
Nachrichtenquader 108  
Nachrichtentechnik 457  
Nahempfangszone 81  
Nahfeld 75  
Navigationssatellit 454  
Nebenkeule 200  
Nebensprechen 28  
Nebenzipfel 200  
negative feedback 37  
Nennimpedanz 239  
Nennleistung 239  
Netto-Datenrate 434  
network 59  
network administration 141  
network maintenance 141  
network node 441  
network operation 141  
network operator 118  
Network Slicing 416  
network termination 421  
Netz 59  
– diensteintegrierendes 116  
– dienstespezifisches 116  
– funkgestützt 118  
– leitungsgebunden 118  
– öffentliches 117  
– passives optisches 123  
– privates 117  
– zellulares 406  
Netzabschluss 421  
Netzabschlusseinheit 123  
Netzbetreiber 118  
Netzebene 419  
Netzfreeschaltung 94  
Netzhierarchie 121  
Netzknoten 399, 441  
Netzkonfiguration 141  
Netzsegment 402  
Netztopologie 119  
Netzverwaltung 141  
Netzwartung 141  
Netzwerkkomponente 253  
Netzwerkname 436  
Newsgroup 401  
Next Generation Audio 384  
Next Generation Network 481  
NF-Verstärker 165  
Niederfrequenz-Verstärker 165  
Niedrig-Energie-Modus 139  
nit 383  
noise 24  
noise figure 26  
noise matching 56  
nonlinear distortion 27  
non programme associated data 354  
non-volatile semiconductor memory 158  
NRZ-AMI-Format 308  
NRZ-Format 307  
Nullmeridian 448  
Numerische Apertur 187

Nur-Lese-Speicher 156  
 Nutzer 128  
 Nutzer-Schnittstelle 132  
 Nutzinformation 141  
 Nutzlast 115  
 Nutzsignal 24  
 Nutzungsfreundlichkeit 130  
 Nutzungsinformation 148

## O

Oberschwingung 28, 31  
 Oberwellenfilter 184  
 object ID 403  
 Objektkennung 403  
 OETF 382  
 Offline 58  
 Offline-Betrieb 149  
 Öffnungswinkel 201  
 Offset-Antenne 207  
 Offsetfehler 212  
 OMUX (output multiplexe)r 451  
 Online 58  
 Online-Banking 476  
 Open Systems Interconnection 61  
 operating system 139  
 optical line terminal 123  
 optical network terminal 123  
 optical network unit 123  
 Optisch dichtes Medium 186  
 Optisch dünnes Medium 186  
 Optokoppler 248  
 Orbit 447  
 – Varianten 448  
 Ordinate 12  
 orthogonal frequency division  
   multiplex 298  
 Ortsnetzebene 444  
 Ortsvermittlungsstelle 444  
 OS 139  
 OSI 61  
 OSI-Referenzmodell 62, 396  
 Oszillator  
 – spannungsgesteuert 278  
 OTT 380  
 Overlay 403  
 Overlay-Netz 121  
 oversampling 33

## P

P2MP 113  
 P2P 113  
 packet 115, 429  
 packet switching 115  
 Paket 115, 429  
 Paketvermittlung 115  
 PAM-Signal  
 – bipolares 289  
 – unipolares 289  
 PAN 116  
 Parabolantenne 207  
 – Offset- 207  
 – zentralgespeiste 207  
 Parabolspiegel 207  
 Parallel-Resonanzkreis 69  
 Parallelumsetzer 214  
 passive optical network 123  
 pay load 115  
 pay services 130  
 Peering 402  
 Peer-to-Peer-Architekturen 403  
 Pegel 7  
 – absoluter 10  
 – relativer 9  
 Pegelplan 12  
 Peilantenne 206  
 Perigäum 447  
 Periodendauer 17  
 Permeabilitätszahl 171  
 Permittivitätszahl 171, 179  
 personal area network 116  
 personal identification number 145  
 phase frequency response 19  
 phase-locked loop 278  
 Phasenbelag 180  
 Phasendemodulation 280  
 Phasen-Frequenzgang 19

- Phasengang 19
  - Phasenmaß 180
  - Phasenmodulation 263, 279
  - Phasenregelkreis 278
  - Phasenumtastung 283
    - asymmetrische 287
    - höherwertige 284
    - vierwertige 284
    - zweiwertige 284
  - Phasenverschiebungswinkel 17
  - Phasenverzerrung 27
  - Phon 229
  - physical layer 63
  - Piezeffekt 232
  - Pilot 347
  - Pilotfrequenz 347
  - PIN 145
  - Piraterie 144
  - Pit 153
  - Pixel 218
  - Planarantenne 208
  - Plasma-Technologie 224
  - Podcast 362
  - Podcasting 401
  - Podcatcher-Software 363
  - POF 185, 193
  - point-to-multipoint connection 113
  - point-to-point connection 113
  - Polarisation 201, 449
  - polarisation division multiple access 339
  - Polarisationsentkopplung 202
  - Polarisationsmultiplex 333
  - Polarisationsweiche 333
  - Polymerfaserleitung 185, 193
  - PON 123
  - Port 253
  - positive feedback 36
  - power flux density 77, 453
  - Poynting-Vektor 78
  - Preemphasis 345
  - presentation layer 64
  - Primär-Radar 467
  - private network 117
  - procedure 141
  - Produktdetektor 273
  - Programm 365
  - programmable read-only memory 159
  - programme associated data 354
  - programme identifier 350
  - programme service name 350
  - programme type 351
  - Programmführer, elektronischer 370
  - PROM 159
  - protocol 140
  - protocol stack 142
  - Protokoll 140
  - Protokollarchitektur 141
  - Protokollstapel 142
  - Prozedur 141
  - public network 117
  - Pull-Dienst 129
  - Puls 17
  - Pulsamplitudenmodulation 288
  - Pulsbreitenmodulation 291
  - Pulscodemodulation 293
    - Varianten 296
  - Pulsdauermodulation 291
  - Pulsfolgefrequenz 468
  - Pulsfrequenzmodulation 290
  - Pulsängenmodulation 291
  - Pulsmodulation 262
  - Pulsphasenmodulation 290
  - Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindung 113
  - Punkt-zu-Punkt-Verbindung 113
  - Push-Dienst 129
- ## Q
- Quadratur-Amplitudenmodulation 271
  - quadrature phase shift keying 284
  - Quadratur-Komponente 272, 286
  - quality of service 117
  - Quantisierung
    - lineare 295
    - nichtlineare 295

Quelle 51  
– belastet 51  
Quellencodierung 310, 367  
Querparitätsprüfung 321

## R

Radar 467  
Radio 343  
Radio-Daten-System 348  
Radiokompass 471  
radio link 85  
Radio Regulations 97  
radio text 351  
Rahmen 115  
Rahmenantenne 206  
RAM 158  
random access memory 158  
ratio 12  
Raumklang 384  
Raummultiplex 332  
Raumtemperatur 25  
Raumwelle 81  
Rauschabstand 26  
Rauschanpassung 56  
Rauschen 24, 56  
– farbiges 25  
– thermisches 24  
– weißes 25  
Rauschleistung 24  
Rauschmaß 26  
Rauschpegel 25  
Rauschquelle 24  
Rayleigh-Kanal 375  
RDS 348  
RDS-Coder 349  
RDS-Decoder 349  
RDS-Funktionen 350  
RDS-Standard 349  
read-only memory 158  
realtime 58  
realtime control protocol 398  
realtime transfer protocol 398  
receiver 169

Redundanz 304, 311  
– psycho-optische 315  
– räumliche 314  
– statistische 315  
– zeitliche 314  
Redundanzprüfung 321  
Redundanzreduktion 109, 316  
reflection coefficient 53  
Reflektor 204  
Reflexion 80, 84  
Reflexionsfaktor 53, 181  
Regellage 265  
Regenerator 190  
Regional-Vermittlungsstelle 444  
Release 409  
remote control 458  
Repeater 253  
Requests for Comments (RFC) 399  
Restseitenband-Amplitudenmodulation 271  
Restträger 270  
return channel 119  
return loss 53  
Reziprozitätsgesetz 196  
RGB-Verfahren 41  
Rice-Kanal 375  
Richtantenne 204  
Richtcharakteristik 233, 238  
Richtfunkverbindung 85  
Richtungsbetrieb 57  
Richtungswinkel 200  
Ringnetz 120  
Ripple 245  
ROM 158  
Router 255  
Routing 61, 63, 395  
Routingprotokoll 255  
Routing-Prozedur 399  
Routingtabelle 255  
RTCP 398  
RTP 398  
Rückflusdämpfung 53  
Rückkanal 119, 420  
Rückkopplung 36

Rückleiter 171  
Rückwärtsfehlerkorrektur 320  
Rumpfteil 115  
Rundfunksatellit 454  
Rundsicht-Radar 469  
Rundumklang 384  
Runterskalieren 370  
RZ-AMI-Format 308  
RZ-Format 307

## S

Sägezahnumsetzer 214  
sampling 21, 31  
Satellit 447  
Satellitenempfangsanlage 449  
Satellitenradio 360  
Satellitentelefonie 446  
Schallausbreitung 228  
Schalldruck 228  
Schallgeschwindigkeit 228  
Schallwelle 228  
Schalter 254, 257  
Schaltfunktion 257  
Schicht 61  
Schirmdämpfungsmaß 92  
Schirmung 91  
Schlaglänge 176  
Schlüsselwort 144  
Schmalband-Verstärker 165  
Schnittstelle 131, 461  
– funkgestützte 138  
– leitungsgebundene 133  
– standardisierte 133  
Schnittstellenbedingung 61  
Schnittstellenbeschreibung 131  
Schrägsपुरaufzeichnung 152  
Schreib-/Lese-Speicher 156  
Schutzintervall 299, 411  
Schwingkreis  
– geschlossener 71  
– offener 72, 195  
Schwingung 69  
– elektromagnetische 70  
Schwingungsmodulation 262  
Schwingungssystem, elektrisches 69  
Schwund 82  
scrambling 130, 144  
SDR 382  
SDRAM 159  
Sechspol 46  
Seitenband  
– oberes 265  
– unabhängig 271  
– unteres 265  
Seitenbandleistung 269  
Seitenfrequenz 275  
Seitenschwingung 276  
Sekundär-Radar 470  
Selbsterregung 36  
semiconductor memory 157  
Semiduplexbetrieb 57  
Sendeantenne 196  
Sende-einrichtung 126  
Sende-/Empfangseinrichtung 126  
Sende-Empfangs-Weiche 450  
Sender 167  
Senderabstand 374  
sensitivity 112, 169, 218, 232, 345  
Sensor 251, 462  
Sensorik 251  
Serienumsetzer 216  
Server 3, 256  
Server-Client-Kommunikation 256  
Server-Client-Konzept 433  
service information 354  
Service-Information (SI) 370  
Serviceliste 391  
service provider 128  
service set identifier 436  
service user 128  
session layer 64  
Set-Top-Box 376  
shared medium 410  
shift keying 280  
Sicherheit 143  
Sicherungsprotokoll 65  
Sicherungsschicht 63

- Signal 1
  - analog 20
  - digital 21
  - rücklaufend 54
  - vorlaufend 53
  - wertequantisiertes 21
  - zeitquantisiertes 21
- Signallaufzeit 19
- Signalperiode 20
- Signal-Rausch-Abstand 25
- Signal-Rausch-Verhältnis 110
- Signalsicherheit 143
- Signalspeicherung
  - elektrische 157
  - magnetische 151
  - optische 153
  - portable 149
  - stationäre 150
- Signalstrom 218
- SIM-Card 145
- simple mail transfer protocol 399
- Simplexbetrieb 57
- single carrier system 261
- Singlemode-LWL 191
- Skalierbarkeit 117
- Skalierer 369
- slope 214
- Smart Card 145
- Smart Home 457
- Smart TV 386
- SMTP 399
- S/N 26
- SNR 26, 110
- Software-Schnittstelle 132, 139
- solid state drive 158
- solid state memory 157
- Sonnenfleckenzahl 83
- sound 2
- Space 307
- space division multiple access 339
- space time coding 434
- Spannung, elektrische 7
- Spannungs-Frequenz-Umsetzer 213
- Spannungspegel 8
  - absoluter 10
- Spannungs-Verstärker 165
- Spannungs-Verstärkungsmaß 163
- Speicherbereich 221
- Speicherkapazität 150
- Speicherstift 158
- Speicherverfahren 149
- Speicherzelle 157
- Speisesystem 207
- Spektrallinie 20
- Sperrbereich 243
- Spiegel, farbempfindlich (dichroitisch) 219
- Spitzenleistung 239, 268
- Spitzenwertgleichrichter 273
- Splitter, optische 124
- Spreizung 331, 339
- Sprungdistanz 83
- Spur 152
- Spurführung 155
- SRAM 158
- SSD 158
- SSID 436
- Stabantenne 205
- stand alone 458
- Standard
  - de-facto 101
  - de-jure 101
  - offener 100
- standard dynamic range 382
- Standardisierung 99
- standing wave ratio 53, 54
- Station 429
- STC 434
- Steckerleiste 178
- Stehwellenverhältnis 54
- Stereo 346
- Stereo-Coder 347
- Stereo-Decoder 347
- Stereoempfänger 347
- Stereofonie 346
- Stereo-Multiplexsignal 347

Sternnetz 119  
 Stichleitung 184  
 Stirnflächenabstand 189  
 Stirnflächenfehler 189  
 Störabstand 25  
 store and forward 58  
 Störimpfänger 90  
 Störimpfindlichkeit 90  
 Störfeldstärke 91  
 Störfestigkeit 90  
 Störimmission 90  
 Störkanal 90  
 Störquelle 90  
 Störsender 90  
 Störsenke 90  
 Störsignal 24  
 Störsignalkompensation 93  
 Störsignalunterdrückung 93  
 Störstrahlung 90  
   – impulsförmig 91  
   – kontinuierlich 91  
 Störstrahlungsleistung 91  
 Strahlablenkung 222  
 Strahler  
   – isotrop 77  
 Strahlungsdiagramm 200  
 Strahlungskeule 413  
 Strahlungsleistung 77, 126  
   – effektive 453  
 Strahlungsvektor 78  
 Stratosphäre 80  
 Streaming 401  
 Streifenfilter 219  
 Streuung 80  
 Stromsteuerung 230  
 stub 184  
 Stufenindex 191  
 Stufenprofil-LWL 191  
 Stufenumsetzer 213, 216  
 Subband-Codierung 311  
 subsampling 33  
 subscriber interface module card 145  
 subscriber line 441

Subscriber Management System 146  
 Subwoofer 384  
 SU-MIMO 436  
 Summensignal 347  
 Summierstufe 217  
 surround sound 384  
 Switch 254  
 switching 59, 113  
 SW-Schnittstelle 132, 139  
 Symbolfehler 320  
 Synchrondemodulator 273  
 synchronisation channel 354  
 Synchronität 60  
 Syntax 60  
 System  
   – biologisch 89  
   – geschlossenes 61  
   – offenes 142  
   – technisch 89  
 Systempegelplan 453

## T

Taktfrequenz 60  
 Taktsignal 60  
 TAL 122  
 Targeted Advertising 389  
 Tauchspulmikrofon 235  
 TDMS 135  
 Teilbandverfahren 353  
 Teilnehmer-Anschlussleitung (TAL) 122, 441  
 Teilnehmer (TIn) 57  
 Teilnehmer-Vermittlungsstelle 444  
 Teilnetz 121  
 Teilvermaschung 121  
 Telefon-Banking 476  
 Telefonie 441  
   – Kabel- 445  
   – mobile 445  
   – Satelliten- 446  
   – stationäre 441  
 Telekommunikation 2



- Telekommunikationsgesetz 95
- Telekommunikationskabel 177
- Telekommunikationssatellit 454
- Telemedizin 479
- terminal 57
- Tiefpass 243
- time division multiple access 337
- TKG 95
- Token 335
- Token-Ring-Verfahren 335
- Ton 2
- Totalreflexion 186
- Tote Zone 82
- touchscreen 458
- traffic announcement identification 350
- traffic message channel 351
- traffic programme identification 350
- Trägerabsenkung 270
- Trägerfrequenz-Technik 328
- Trägerleistung 268
- Träger Rausch-Abstand 26
- Trägersignal
  - analog 280
  - digital 288
  - pulsförmig 261
  - sinusförmig 261
- Trägerunterdrückung 270
- Transmission Control Protocol (TCP) 398
- transmitter 167
- transport layer 64
- Transport-Multiplex 354
- Transport-MUX 355
- Transportprotokoll 65, 396
- Transportschicht 64
- Transportsteuerung 61
- Triple Play 405, 419
- Troposcatter 86
- Troposphäre 80
  
- U**
- Überabtastung 33
- Übermodulation 265
- Überreichweite 85
- Übersichtsschaltplan 45
- Übersprechdämpfungsmaß 28
- Übersprechen 28
- Übersteuerung 170
- Übersteuerungsgrenze 234
- Übertragung
  - asynchrone 60
  - parallele 132
  - serielle 132
  - synchrone 60
- Übertragungsebene 443
- Übertragungsfaktor 50, 232, 238
- Übertragungsfunktion 233, 238
- Übertragungskanal 107
- Übertragungsmaß 50, 180, 232, 238
- Übertragungsprotokoll 65
- Übertragungsschicht 63
- UHD 380
- UKW 344
- Ultra High Definition 380
- Ultrakurzwellenbereich 344
- Ultraschall 228
- Ultraviolett (UV)-Strahlung 39
- Umsetzer
  - elektrooptischer 222
  - LWL-Systeme 226
  - optoelektrischer 217
- Umsetzerkennlinie 211
- Umsetzfrequenz 213
- Umsetzzyklus 213
- Umtastung 280
- UMTS-Standard 445
- Unbuntpunkt 40
- Unicast 113
- Unicode 307
- universal mobile telecommunication
  - system 445
- Universal Plug and Play 460
- universal resource locator 400
- Universal Serial Bus 136
- Unterabtastung 33
- uplink 360

UPnP 460  
upscaling 369  
Upstream 119  
URL 400  
URLLC 414  
usability 130  
usage rules information 148  
USB 136  
USB-Stick 158  
user 57, 128  
User Datagram Protocol (UDP) 398  
user interface 132

## V

Vakuumröhre 218  
Varicap-Diode 277  
Vectoring 420  
Verarbeitungsprotokoll 65  
Verarbeitungsschicht 64  
Verbandsstandard 100  
Verbindungssteuerung 141  
Verbindung, virtuelle 115  
Verdrillung 176  
Verfügbarkeit 117  
Vergleichsantenne 471  
Verkabelung  
– anwendungsneutral 431  
– strukturiert 431  
Verkürzungsfaktor 172  
Vermittlung 59, 113  
– verbindungslose 115  
– verbindungsorientierte 114  
Vermittlungsebene 443  
Vermittlungseinrichtung 114  
Vermittlungsprotokoll 65  
Vermittlungsstelle 441  
Verschlüsselung 130, 144  
Verschlüsselungsverfahren 119  
Verseilung 176  
Verstärker 163  
Verstärkung 34  
Verstärkungsfaktor 34, 50  
Verstärkungsfehler 212  
Verstärkungsmaß 50, 34  
– änderbares 165  
– festes 165  
Verteildienst 129  
Verteiler 245  
Verteilung 59, 113  
Vertikal-Richtcharakteristik 200  
Vertikalstrahler 205  
Verträglichkeit, elektromagnetische 89  
Verwürfelung 144  
Verwürfelungsalgorithmus 148  
Verzerrung 27  
– lineare 27  
– nichtlineare 27  
VHF-Drehfunkfeuer 471  
Video 2  
Videocodierung 314, 367  
video on demand 391  
Vielfachzugriff 111, 326, 337  
– Frequenzbereich 451  
– im Codemultiplex 339  
– im Frequenzmultiplex 338  
– im Polarisationsmultiplex 339  
– im Raummultiplex 339  
– im Zeitmultiplex 337  
– Raumbereich 451  
– Zeitbereich 451  
Vierlingsantenne 210  
Vierpol 46  
Vierpolparameter 48  
vision 2  
Viterbi-Decoder 357  
VoD 391  
Voice over IP 445  
volatile semiconductor memory 158  
Vollduplexbetrieb 58  
Vollvermaschung 120  
Vollwellendipol 197  
Voreinflugzeichen 472  
Vor-Rück-Verhältnis (VRV) 201  
Vorverstärker, rauscharm 450  
Vorwärtsfehlerkorrektur 109, 320, 369  
Vorwärtskanal 119, 420

**W**

WAN 116  
 Wandler, elektroakustischer 230  
 Wandlungszeit 213  
 Watermarking 389  
 wavelength division multiplex 125  
 Webradio 361  
 Wechselbetrieb 57  
 Wechselfeld 89  
 Weiche 245  
 Weißpunkt 40  
 Weitverkehrs-Vermittlungsstelle 444  
 Welle 70  
   – elektromagnetische 39, 71  
   – rücklaufende 181  
   – stehende 53, 181  
   – vorlaufende 181  
 Wellenabstrahlung 73  
 Wellenausbreitung 80  
   – quasioptische 84  
 Wellenlänge 70  
 Wellenlängenmultiplex 125, 330  
 Wellenleitung 171  
 Wellenwiderstand 174  
 Welligkeit 164  
 Welligkeitsfaktor 54  
 Wertebereich 15  
 Wertequantisierung 293  
 wide area network 116  
 Widerstandsanpassung 52, 55, 181  
 Widerstandsbelag 173  
 Widerstandstransformation 183  
 Wiedergabeeinheit 237  
 Wi-Fi 434  
 Winkelmodulation 264  
 Wireless Fidelity 434  
 wireless local area network 116, 433  
 Wirkleistung, elektrische 7

WLAN 116, 433  
   – Repeater 436  
 World Wide Web 400  
 WRC 97

**Y**

Yagi-Antenne 204  
 YC-Verfahren 43

**Z**

Zähldiskriminator 279  
 Zahlungsverkehr 475  
 Zeigerdarstellung 267  
 Zeitfunktion 15  
   – rechteckförmig 17  
 Zeit-Interleaving 324  
 Zeitmultiplex 326  
 Zeitquantisierung 293  
 Zeitversatz 58  
 Zelle 115  
 Zentimeterwelle 86  
 Zentraleinheit 458  
 Zieladresse 115  
 Zugangsberechtigung 144  
 Zugangsnetz 433  
 Zugriffsverfahren 335  
 Zweidrahtleitung 175  
 Zweileiterkabel 175  
 Zweipol 46  
 Zweiseitenband-Amplituden-  
   modulation 269  
 Zweitor 46, 243, 251  
   – aktives 49  
   – belastetes 49, 164  
   – passives 49  
 Zweitorparameter 48  
 Zweiwertigkeit 17  
 Zwillingsantenne 210