

Vorwort zur 3. Auflage

In unserer modernen Industriegesellschaft werden immer mehr Abläufe und Prozesse automatisiert. Auch in Wohn- und Zweckgebäuden steigt weltweit der Grad der Automatisierung ständig an, weil sich die Bewohner und Betreiber immer mehr Komfort, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit wünschen.

Die Gebäudeautomation hat sich dabei zu einem wichtigen Teilgebiet der Automatisierungstechnik entwickelt und bietet kundengerechte Lösungen für alle Arten von Gebäuden. Die hier eingesetzten Sensoren, Aktoren, Steuer- und Regelgeräte sowie Visualisierungen benötigen zur Abwicklung teils sehr komplexer Funktionen geeignete industrielle Kommunikationssysteme für den Datenaustausch untereinander und ggf. zu externen Systemen. Hierbei kommen insbesondere (Gebäude-)Feldbusse und Computernetze zum Einsatz.

Dieses Buch liefert neben einer Einführung in die Gebäudeautomation und die Gebäudesystemtechnik auch detaillierte Einblicke in folgende Themengebiete:

- Einsatz der DDC-Automationsgeräte und Energiemanagementfunktionen
- Grundlagen der industriellen Kommunikationstechnik
- Europäischer Installationsbus (KNX)
- Local Operating Network (LON)
- TCP/IP-Computernetze und das Kommunikationsprotokoll BACnet.

Für die konstruktiven Rückmeldungen zur 1. und 2. Auflage bedanken wir uns bei allen Leserinnen und Lesern. So konnten wir auch erfahren, dass unser Buch in vielen Schulen, Berufsschulen, Fachhochschulen und Universitäten seinen Einsatz findet. Hierüber haben wir uns sehr gefreut. In der vorliegenden 3. Auflage wurden viele Abbildungen aktualisiert, im Kapitel 1 ein Unterkapitel zum Einsatz und zur planerischen Auslegung von DDC-Automationsgeräten ergänzt und im Kapitel 3 eine Umstellung auf die Inbetriebnahme-Software ETS 5 vorgenommen.

Auf der Internetseite <http://www.hanser-fachbuch.de/buch/Gebaeudeautomation/9783446446625> stehen die Lösungen der Übungsaufgaben zum Herunterladen bereit.

Mannheim, im April 2016

Thomas Hansemann
Christof Hübner
Hermann Merz

Inhalt

1	Einführung in die Gebäudeautomation	13
1.1	Bedeutung der Gebäudeautomation	13
1.1.1	Automatisierungsfunktionen im privaten Wohnungsbau	13
1.1.2	Automatisierungssysteme in Zweckbauten	14
1.2	Gebäudeautomation vs. Gebäudesystemtechnik	15
1.2.1	Gewerke in der Gebäudeautomation	17
1.2.2	Gewerke in der Gebäudesystemtechnik	19
1.3	Strukturen	21
1.3.1	Hierarchische Struktur in der Gebäudeautomation	21
1.3.2	Hierarchische Struktur in der Gebäudesystemtechnik	24
1.4	Einsatz der DDC-Automationsgeräte	25
1.4.1	Grundfunktionen der Gebäudeautomation	25
1.4.2	Anlagen-Informationen-Schema	29
1.4.3	Funktionen innerhalb von Lüftungsanlagen	31
1.4.4	Liefer- und Leistungsumfang	34
1.5	Energiemanagementfunktionen	35
1.5.1	Amortisationszeit	35
1.5.2	Energiemanagementfunktionen auf der Automationsebene	36
1.5.3	Energiemanagementfunktionen auf der Managementebene	39
1.6	Komfort- und Energiemanagementfunktionen in der Raumautomation	43
1.7	Genormte Bussysteme und Netze in der Gebäudeautomation	44
1.7.1	Anforderungen	45
1.7.2	Einsatzgebiete	46
1.7.3	Stand der Normung	48
1.8	Übungsaufgaben	49
1.9	Literatur	50

2 Grundlagen der industriellen Kommunikationstechnik	51
2.1 Industrielle Kommunikation	51
2.1.1 Kommunikation über Feldbusse	51
2.1.2 Kommunikation über Computernetze	52
2.2 Digitale Datenübertragung	53
2.2.1 Grundbegriffe	53
2.2.2 Digitales Datenübertragungssystem	57
2.2.3 Quellencodierung/-decodierung	58
2.2.4 Kanalcodierung/-decodierung	60
2.2.5 Leitungscodierung/-decodierung	64
2.3 Kommunikation gemäß des ISO/OSI-Referenzmodells	67
2.3.1 Datenübertragung und Kommunikation	67
2.3.2 Regeln zum Ablauf einer Kommunikation	67
2.3.3 Die Schichten des ISO/OSI-Referenzmodells	68
2.4 Feldbus- und Netztopologien	70
2.5 Kanalzugriffsverfahren	70
2.5.1 Kanalzugriff nach Zuteilung	71
2.5.2 Kanalzugriff nach Bedarf	71
2.6 Übungsaufgaben	72
2.7 Literatur	73
3 Der Europäische Installationsbus KNX	74
3.1 Einführende Übersicht	74
3.1.1 Was ist KNX?	74
3.1.2 Historie des KNX	75
3.1.3 Der Nutzen von KNX	75
3.1.4 Motivation für die Beschäftigung mit dem KNX	76
3.2 Konventionelle Elektroinstallationstechnik	77
3.2.1 Sicherheitshinweise	77
3.2.2 Aufgabenstellung: Treppenhaus- und Flurbeleuchtung	78
3.2.3 Ausschaltung	79
3.2.4 Wechselschaltung	80
3.2.5 Kreuzschaltung	81
3.3 Überblick über den KNX	82
3.4 Übertragungsmedien und Eigenschaften von KNX.TP	83
3.4.1 Übertragungsmedien	83
3.4.2 Kriterien für die Auswahl des Übertragungsmediums	84
3.4.3 Eigenschaften von KNX.TP	84

3.5	Busgeräte	87
3.5.1	Typen und Ausführungsformen	87
3.5.2	Häufig eingesetzte Busgeräte	88
3.6	Topologie	91
3.6.1	Begriffsdefinition	91
3.6.2	Teilnehmer, Linien, Bereiche	92
3.6.3	Spannungsversorgungen	93
3.6.4	Koppler	94
3.6.5	Installationsrichtlinien	96
3.6.6	Blockschaltbilder und genormte Gerätesymbole	97
3.7	Teilnehmeradressierung	98
3.7.1	Physikalische Adressen	99
3.7.2	Gruppenadressen (logische Adressen)	101
3.7.3	Zieladressbit (Adresstyp)	103
3.8	Kommunikationsobjekte	103
3.8.1	Begriffsdefinition	103
3.8.2	Eigenschaften von Kommunikationsobjekten	104
3.8.3	Kommunikationsobjekte von Sensorapplikationen	105
3.8.4	Kommunikationsobjekte von Aktorapplikationen	106
3.8.5	Zuordnung von Kommunikationsobjekten zu Gruppenadressen	107
3.9	Nutzdaten	109
3.9.1	Aufruf von Diensten der Anwendungsschicht	110
3.9.2	EIB Interworking Standard (EIS)	110
3.9.3	Länge der Nutzdaten	112
3.10	Kommunikationsablauf	112
3.10.1	Telegrammarten	113
3.10.2	Struktur eines Standarddatentelegramms	114
3.10.3	Universal Asynchronous Receive Transmit (UART)	114
3.10.4	Busarbitrierung	115
3.10.5	Weiterleitung von Datentelegrammen	121
3.10.6	Datensicherung	122
3.10.7	Bestätigungstelegramme	123
3.10.8	Zeitlicher Ablauf der Kommunikation	125
3.11	Zusammenfassung der Telegrammstrukturen	127
3.11.1	Standarddatentelegramm	127
3.11.2	Bestätigungstelegramm	130
3.12	Hardware	130
3.12.1	„Äußere“ Hardware	131
3.12.2	„Innere“ Hardware	132

3.13 Software	135
3.13.1 Überblick	135
3.13.2 Softwarekomponenten eines Kompaktgeräts	136
3.13.3 Softwarekomponenten eines modularen Geräts	137
3.13.4 Systemsoftware	138
3.13.5 Anwendungsprogramme	138
3.13.6 Engineering Tool Software (ETS 5)	139
3.14 Schulungsanlage	142
3.15 Übungsprojekt Lichtsteuerung	144
3.15.1 Kundenauftrag	144
3.15.2 Benötigte Geräte	145
3.16 Projektierung mit der ETS 5	145
3.16.1 Vorüberlegungen	145
3.16.2 Starten der ETS 5	147
3.16.3 Neues Projekt anlegen	147
3.16.4 Produktdaten importieren	147
3.16.5 Bereiche und Linien definieren, Geräte einfügen	148
3.16.6 Geräteparameter einstellen	149
3.16.7 Gruppenadressen anlegen	153
3.16.8 Kommunikationsobjekte den Gruppenadressen zuordnen	154
3.17 Inbetriebnahme	156
3.17.1 Hardwareaufbau	156
3.17.2 Programmierung der Geräte	157
3.17.3 Test der Lichtsteuerung	158
3.17.4 Diagnose/Busmonitoring	158
3.18 Trends im Umfeld des KNX	160
3.18.1 Touchscreens	160
3.18.2 Integration der Gebäudesystemtechnik in IP-Netze	162
3.19 Übungsaufgaben	163
3.20 Literatur	166
4 Gebäudeautomation mit LonWorks	167
4.1 Technologischer Wandel in der Gebäudeautomation	167
4.2 Nutzen der LonWorks-Technologie	169
4.2.1 Einsatz in der Gebäudesystemtechnik	169
4.2.2 Einsatz der LON-Technik auf der Automationsebene	173
4.3 Historie der LonWorks-Technologie	174
4.3.1 Einsatzgebiete der LonWorks-Technologie	175
4.3.2 Organisationseinheiten	175
4.3.3 Normung	176

4.4	Grundlagen der LonWorks-Technologie	176
4.4.1	Elemente der LonWorks-Technologie	176
4.4.2	Aufbau und Funktionsweise eines LON-Knotens	178
4.5	Informationsübertragung zwischen LON-Geräten	187
4.5.1	Physikalische Netzstrukturen	187
4.5.2	Telegrammstruktur	191
4.5.3	Buszugriffsverfahren und Signalcodierung	192
4.5.4	Logische Netzwerkstrukturen mit Netzwerkvariablen	193
4.5.5	Interoperabilität von LON-Geräten	196
4.6	LonWorks-Tools	202
4.6.1	Entwicklerwerkzeuge LonBuilder und NodeBuilder	202
4.6.2	Inbetriebnahmewerkzeuge	202
4.7	Systemstrukturen der LonWorks-Technologie	206
4.7.1	Gebäudeautomationssystem mit LON	206
4.7.2	Web-Anbindung von LON-Netzen	207
4.8	Applikationsbeispiele	208
4.8.1	Lichtsteuerung über LON	208
4.8.2	Lichtsteuerung mit Panikschtaltung über LON	210
4.9	Übungsaufgaben	212
4.10	Literatur	214
5	BACnet	215
5.1	Einführende Übersicht	215
5.1.1	Was ist BACnet?	215
5.1.2	BACnet-Organisationen	216
5.1.3	Einsatzgebiete	216
5.1.4	Grundkonzepte im Überblick	218
5.2	Bitübertragungsschicht und Sicherungsschicht	221
5.2.1	Master-Slave/Token-Passing	221
5.2.2	Point-to-Point-Verbindung	225
5.2.3	Ethernet	226
5.2.4	Attached Resource Computer Network (ARCNET)	245
5.2.5	LonTalk	245
5.3	Vermittlungsschicht	246
5.3.1	Aufgabe	246
5.3.2	Router	246
5.3.3	BACnet und das Internet Protocol (IP)	248
5.3.4	Transmission Control Protocol (TCP)	254
5.3.5	User Datagram Protocol (UDP)	257

5.3.6	Protokolle für die Zuordnung von MAC- und IP-Adressen	257
5.3.7	Vernetzung von BACnets über das Internet	259
5.4	Anwendungsschicht	261
5.4.1	Dateneinheit und Aufgaben	261
5.4.2	BACnet-Objektkonzept	262
5.4.3	Standardisierte Objekte	265
5.4.4	Dienste	283
5.4.5	Prozeduren	289
5.5	BACnet-Geräte und Interoperabilität	291
5.5.1	Interoperabilitätsbereiche (IOB) und -bausteine	292
5.5.2	Device-Profile	294
5.5.3	Protokollumsetzungsbestätigung und BTL-Zeichen	297
5.6	Gateways zu anderen Systemen	298
5.7	Übungsaufgaben	299
5.8	Literatur	303
	Sachwortverzeichnis	304

■ 2.1 Industrielle Kommunikation



Mit industrieller Kommunikation wird, im Gegensatz z. B. zur Sprachkommunikation zwischen Menschen, die Kommunikation zwischen Geräten der industriellen Automatisierungstechnik bezeichnet.

In einer automatisierten Anlage oder in einem automatisierten Prozess gibt es einen großen Kommunikationsbedarf. In den hierarchischen Ebenenmodellen der Automatisierungstechnik, wie z. B. dem 3-Ebenen-Modell der Gebäudesystemtechnik (siehe Abschnitt 1.3), lassen sich Informationsflüsse innerhalb der einzelnen Ebenen (horizontale Kommunikation) und zwischen den Ebenen (vertikale Kommunikation) unterscheiden (Bild 2.1).

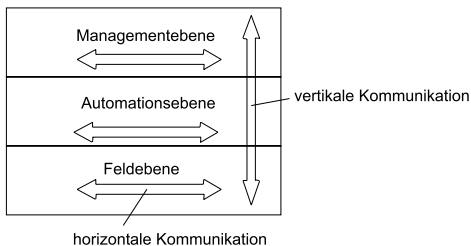


Bild 2.1 Horizontale und vertikale Kommunikation im 3-Ebenen-Modell der Gebäudesystemtechnik

Für die Abwicklung der horizontalen und vertikalen Kommunikation kommen insbesondere industrielle Kommunikationssysteme, wie Feldbusse und Computernetze, zum Einsatz.

2.1.1 Kommunikation über Feldbusse

In der Feldebene (vor Ort, in der Anlage, im Prozess) befinden sich Sensoren und Aktoren, die so genannten Feldgeräte. Typische Funktionen der Feldebene sind Schalten, Stellen, Melden, Messen und Zählen. Busfähige Feldgeräte sind mit Mikrocontrollern ausgestattet

und werden darum als „intelligent“ bezeichnet. Sie versenden und empfangen Bitinformationen in Form von Datentelegrammen über einen Feldbus.



Ein Feldbus ist ein digitaler, serieller Datenbus für die Kommunikation zwischen Geräten der industriellen Automatisierungstechnik, wie z. B. Messeinrichtungen, Reglern und speicherprogrammierbaren Steuerungen [DIN EN 61158, DIN EN 61784].

Die Feldbustechnik wurde in den 1980er-Jahren im Zuge einer immer weiter voranschreitenden Dezentralisierung von Automatisierungslösungen entwickelt, um die bis dahin übliche parallele Verdrahtung mit analoger Datenübertragung (4 mA ... 20 mA, 0 V ... 10 V) durch digitale Übertragungstechnik mit serieller Datenübertragung zu ersetzen.

Heute werden über Hundert Feldbussysteme am Markt angeboten [GRUHLER00]. Charakteristisch für Feldbusse ist, dass wenige digitale Daten (Bits, Bytes) in kurzer Zeit (μ s, ms) übertragen werden müssen. Die Anforderungen an Feldbusse, z. B. die Bitübertragungsrate, die maximale Leitungslänge oder die mögliche Anzahl von Teilnehmern, sind je nach Einsatzgebiet sehr unterschiedlich ausgeprägt, so dass es „den einen“ Feldbus nicht geben kann. In Tabelle 2.1 sind einige Feldbusse mit ihren Haupteinsatzgebieten beispielhaft genannt.

Tabelle 2.1 Beispiele für Feldbusse und ihre Haupteinsatzgebiete

Feldbus	Haupteinsatzgebiet
CAN (Controller Area Network) LIN (Local Interconnect Network)	Automobiltechnik
Foundation Field Bus Interbus Profibus (Process Field Bus)	Prozess- und Fabrikautomation
KNX (Europäischer Installationsbus) LON (Local Operating Network)	Gebäudeautomation
SERCOS Interface (Serial Realtime Communication System)	Antriebstechnik

2.1.2 Kommunikation über Computernetze

Aus der Automationsebene werden Informationen z. B. an Visualisierungs- und Produktionsplanungssysteme auf der Managementebene übermittelt. Hierbei werden im Vergleich zur Kommunikation in der Feldebene größere Datenmengen übertragen, und es steht auch mehr Zeit zur Verfügung. Die Kommunikation in den höheren Automatisierungsebenen wird vorwiegend über Computernetze (Local Area Networks – LANs) abgewickelt.



Ein Computernetz, kurz Netz, ist ein Zusammenschluss (über Leitungen oder Funk) von verschiedenen technischen Systemen (z. B. Leitrechnern, Regelgeräten), so dass die Kommunikation der einzelnen Systeme untereinander ermöglicht wird. Die Kommunikation kann mittels des ISO/OSI-Referenzmodells strukturiert werden und wird nach Maßgabe bestimmter Regeln, so genannter Protokolle, abgewickelt.

In der Gebäudeautomation spielen Netze und das Kommunikationsprotokoll BACnet eine wichtige Rolle. Mittels BACnet können die unterschiedlichsten Geräte und Systeme der Gebäudeautomation Informationen austauschen. Die Datenübertragung kann über folgende Netze erfolgen: MS/TP (Master-Slave/Token-Passing), LON, ARCNET, Ethernet. Zusätzlich werden Wählverbindungen über Telefonnetze unterstützt (siehe Kapitel 5).

■ 2.2 Digitale Datenübertragung

Mittels Feldebussen und Netzen werden automatisierungstechnische Daten aus einer Anlage oder einem Prozess als Folge von Bits, z.B. 01101001, übertragen. Je nach Medium wird bei binärer Übertragung für ein Nullbit und für ein Einsbit jeweils ein bestimmtes Signalelement festgelegt, z.B. ein hoher und ein niedriger Spannungspegel bei Übertragung über eine Kupferleitung. Die Bitfolge wird also vom Sender in ein physikalisches Signal umgewandelt. Beim Empfänger muss dies wieder rückgängig gemacht werden. Dies ist eine typische Aufgabe der digitalen Datenübertragung. Einige wichtige Grundbegriffe aus diesem Teilgebiet der industriellen Kommunikationstechnik werden im Folgenden erläutert.

2.2.1 Grundbegriffe

2.2.1.1 Bits und Bytes

Bit leitet sich aus dem englischen Wort Binary Digit (Binärziffer) ab und ist laut DIN 1301, Teil 1, Beiblatt 1, der Name für die Einheit, welche bei der Datenverarbeitung und der digitalen Übertragung für die Größen Anzahl der Binärenentscheidungen, Entscheidungsgehalt und Informationsgehalt anstelle der impliziten Einheit Eins benutzt wird. Bit ist also demzufolge also eine Einheit für Größen mit der Dimension 1, ähnlich wie Neper und Dezibel bei Pegeln in der Nachrichtentechnik oder Akustik.

Mit n Bits (n binären Datenelementen) lassen sich 2^n Informationen darstellen, z.B. $2^1 = 2$ für $n = 1$ und $2^2 = 4$ für $n = 2$. Um Binärinformationen mathematisch darzustellen, wird das binäre Zahlensystem (Dualzahlensystem) verwendet. Ein Bit kann den Wert 0 (Nullbit) oder den Wert 1 (Einsbit) annehmen. Der Zusammenhang zwischen den (z.B. einstelligen oder zweistelligen) Binärzahlen und der in ihnen enthaltenen Information könnte dann beispielsweise so sein, wie es in Tabelle 2.2 dargestellt ist.

Tabelle 2.2 Beispiele für den Informationsgehalt von einstelligen bzw. zweistelligen Binärzahlen

Binärzahl	Information	Binärzahl	Information
0	Licht ist aus	00	Tank ist leer
1	Licht ist ein	01	Tank ist halb voll
		10	Tank ist dreiviertel voll
		11	Tank ist voll

Gemäß DIN EN 60027, Teil 2, ist Bit auch der Einheitenname für die Größe Speicherkapazität (Vorzugsformelzeichen: M). Hierbei ist noch das Datenelement festzulegen, auf das sich die Speicherkapazität bezieht, z.B. Bit oder Byte.

Ein Byte (byte), auch Oktett (octet) genannt, entsteht durch die Zusammenfassung von 8 Bits zu einer Bitgruppe. Für die drei Einheiten Bit, Byte und Oktett werden die Einheitenzeichen gemäß Tabelle 2.3 verwendet.

Tabelle 2.3 Einheitenzeichen für die Einheiten Bit, Byte und Oktett

Einheit	Einheitenzeichen
Bit	bit
Byte	B
Oktett	o

Die (dimensionslose) Größe „Speicherkapazität für Bits“, Formelzeichen M_b oder M_{bit} , ist z.B. bei 256 binären Datenelementen anzugeben als $M_b = 256$, worin offensichtlich die Einheit Eins enthalten ist. Häufig schreibt man hierfür jedoch $M_b = 256$ bit.

Die Einheitenzeichen bit und B dürfen mit SI-Vorsätzen (für dezimale Vielfache) oder Vorsätzen für binäre Vielfache kombiniert werden, z.B.:

• 1 kbit	(sprich: 1 Kilobit)	$= (10^3)^1 \text{ bit}$	$= 10^3 \text{ bit}$	$= 1000 \text{ bit}$
• 1 MB	(sprich: 1 Megabyte)	$= (10^3)^2 \text{ B}$	$= 10^6 \text{ B}$	$= 1\,000\,000 \text{ B}$
• 1 GB	(sprich: 1 Gigabyte)	$= (10^3)^3 \text{ B}$	$= 10^9 \text{ B}$	$= 1\,000\,000\,000 \text{ B}$
• 1 Kibit	(sprich: 1 Kibibit)	$= (2^{10})^1 \text{ bit}$	$= 2^{10} \text{ bit}$	$= 1024 \text{ bit}$
• 1 MiB	(sprich: 1 Mebibyte)	$= (2^{10})^2 \text{ B}$	$= 2^{20} \text{ B}$	$= 1\,048\,576 \text{ B}$
• 1 GiB	(sprich: 1 Gibibyte)	$= (2^{10})^3 \text{ B}$	$= 2^{30} \text{ B}$	$= 1\,073\,741\,824 \text{ B}$

Das Kurzzeichen SI kommt hierbei von Le Système International d’Unités – Das internationale Einheitensystem –, siehe DIN EN 1301, Teil 1.

2.2.1.2 Binär- und Hexadezimalzahlen

Die Darstellung von Bitfolgen durch Binärzahlen führt im Allgemeinen zu unübersichtlichen Zahlenkolonnen, z.B. 0100 1011 0100 1110 0101 1000. In solchen Fällen zieht man die Darstellung durch Hexadezimalzahlen vor. Um eine Binärzahl in eine Hexadezimalzahl umzuwandeln, werden immer 4 Bits zusammengefasst, siehe Tabelle 2.4.

Tabelle 2.4 Zusammenhang zwischen (vierstelligen) Binärzahlen, Hexadezimal- und Dezimalzahlen

binär	hexadezimal	dezimal	binär	hexadezimal	dezimal
0000	0	0	1000	8	8
0001	1	1	1001	9	9
0010	2	2	1010	A	10
0011	3	3	1011	B	11
0100	4	4	1100	C	12
0101	5	5	1101	D	13
0110	6	6	1110	E	14
0111	7	7	1111	F	15

Die Bitfolge 0100 1011 0100 1110 0101 1000 lässt sich nun wesentlich kürzer darstellen:

$4B4E58_{\text{HEX}}$

Man kann Bitfolgen auch als Folge von Bytes darstellen, wobei je 4 Bits eines Bytes durch eine Hexadezimalzahl dargestellt werden, im Beispiel:

$4B_{\text{HEX}}, 4B_{\text{HEX}}, 58_{\text{HEX}}$ oder $0x4B, 0x4E, 0x58$

2.2.1.3 Bitrate

Die binäre Digitrate, meist als *Bitrate* bezeichnet, Vorzugsformelzeichen r_b oder r_{bit} , ist definiert als Kehrwert der Bitperiode, Vorzugsformelzeichen T_b oder T_{bit} :

$$r_b = \frac{1}{T_b}$$

Die Einheit der Bitrate r_b ist also Sekunde hoch minus eins:

$$[r_b] = \frac{1}{s} = s^{-1}$$

Die Bitrate wird aber gewöhnlich in Bit durch Sekunde, Einheitenzeichen bit/s, angegeben. Dabei wird die Bezeichnung Bit, obwohl sie in diesem Zusammenhang keine Einheit kennzeichnet, als Einheit anstelle der impliziten Einheit Eins verwendet [DIN EN 60027-2:2007]. Das Einheitenzeichen bit/s darf mit Vorsätzen kombiniert werden, z.B. kbit/s oder Mbit/s.

Analog zur Bitrate ist die Byterate r_B definiert. Sie wird gewöhnlich in Byte durch Sekunde, Einheitenzeichen B/s, angegeben. Vorsätze, z.B. kB/s oder MB/s, sind erlaubt.

Beim KNX werden z. B. rund 9600 Bits pro Sekunde übertragen, d. h., es ist:

$$r_b \approx 9600 \frac{\text{bit}}{\text{s}} = 9,6 \frac{\text{kbit}}{\text{s}}$$

2.2.1.4 Modulationsgeschwindigkeit

Die Modulationsgeschwindigkeit (auch: Schrittgeschwindigkeit), Vorzugsformelzeichen r_m oder u , ist der Kehrwert der kürzesten Dauer eines Signalelements (siehe Abschnitt 2.2.5). Die Einheit von r_m bzw. u ist Baud nach dem französischen Telegrafentechniker Jean-Maurice-Émile Baudot (1845 – 1903). Das Einheitenzeichen ist Bd. Baud ist ein spezieller Name für „Sekunde hoch minus eins“. Der Ausdruck Baud darf mit Vorsätzen kombiniert werden, z. B. kBd oder MBd.

2.2.1.5 Zusammenhang zwischen Bitrate und Modulationsgeschwindigkeit

Bei binären Signalen werden für die Leitungscodierung der beiden möglichen Zustände (Werte) eines Bits zwei Signalelemente verwendet. Dies bedeutet, dass die Maßzahlen der Bitrate r_b und der Modulationsgeschwindigkeit r_m (bzw. u) gleich groß sind, da je Schritt genau ein Bit übertragen wird. (Schritt bedeutet hierbei das Versenden eines Signalelements.)

Man kann aber auch beispielsweise 2 Bits (ein Dibit) je Schritt übertragen, indem man 4 verschiedene Signalelemente definiert und jeder Bitkombination eines davon zuordnet (Tabelle 2.5). (Wie die Signalelemente aussehen können, wird in Abschnitt 2.2.5 erläutert).

Tabelle 2.5 Zuordnung von Bitkombinationen zu Signalelementen

Bitkombination (Dibit)	Signalelement
00	1
01	2
10	3
11	4

Der Bitkombination „10“ beispielsweise wird das Signalelement 3 zugeordnet. Die Bitrate ist jetzt doppelt so groß wie die Modulationsgeschwindigkeit, denn bei einem Schritt werden zwei Bits versendet. Allgemein lässt sich der Zusammenhang zwischen Bitrate und Modulationsgeschwindigkeit (mit n : Anzahl der Signalelemente) durch die folgende Formel beschreiben:

$$r_b = \text{lb}(n) \cdot r_m = \text{lb}(n) \cdot u$$

2.2.2 Digitales Datenübertragungssystem

Mit Hilfe eines digitalen Datenübertragungssystems werden Bits von einer Quelle über einen Kanal zu einer Senke übertragen. Bild 2.2 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines solchen Systems.

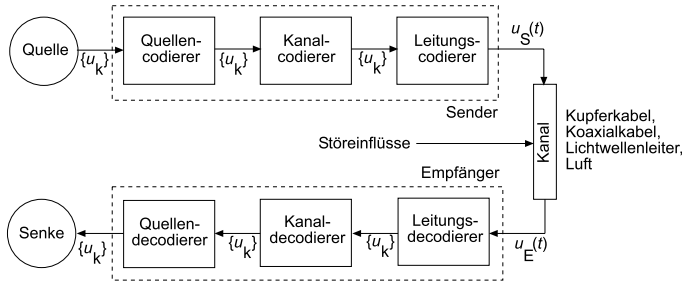


Bild 2.2 Prinzipieller Aufbau eines digitalen Datenübertragungssystems

Die Bits einer Quelle können z. B. den aktuellen Zustand eines Prozesses beschreiben, was auch als Prozessabbild bezeichnet wird:

- Motor 1 läuft (codiert mit 1)
- Motor 2 läuft nicht (codiert mit 0)
- Tank 1 ist voll (codiert mit 1)
- Tank 2 ist leer (codiert mit 0)

Dieses von binären Sensoren gelieferte Prozessabbild (1010) muss dann über einen Feldbus oder ein Computernetz (als Kanal) z.B. an eine SPS (speicherprogrammierbare Steuerung) als Empfänger übertragen, dort gespeichert und weiterverarbeitet werden. Die Speicherstelle in der SPS entspricht der Senke im Sinne der Datenübertragung.

Der Sender entnimmt die zu übertragenden Bits der Quelle. Die Bitfolge durchläuft dann im Allgemeinen die Komponenten Quellen-, Kanal- sowie Leitungscodierer und gelangt schließlich als physikalisches Signal $u_S(t)$ auf den Kanal. Bei leitungsgebundener Übertragung über die Kanäle Kupfer- oder Koaxialkabel handelt es sich meist um Spannungssignale. Es können aber auch Lichtsignale sein, die in Lichtwellenleiter eingespeist werden, oder Funksignale mit der Luft als Kanal. Die Eigenschaften des Kanals selbst und äußere Störeinflüsse verformen das Sendesignal. Der Empfänger mit den Komponenten Leitungs-, Kanal- und **Quellendecodierer** rekonstruiert aus dem Empfangssignal $u_E(t)$ die Quellenbitfolge und speichert sie in der Senke.

Die einander entsprechenden Komponenten von Sender und Empfänger haben die in Tabelle 2.6 aufgeführten Aufgaben zu erfüllen.

Tabelle 2.6 Komponenten von Sender und Empfänger und ihre Aufgaben

Komponente	Aufgabe
Quellencodierer	Entfernen von redundanten Datenbits der Quelle
Quellendecodierer	Hinzufügen der redundanten Datenbits der Quelle
Kanalcodierer	Hinzufügen von Bits zwecks Datensicherung, verbunden mit einer Redundanzserhöhung
Kanaldecodierer	Entfernen der Datensicherungsbits
Leitungscodierer	Umwandlung der Bitfolge in ein physikalisches Signal
Leitungsdecodierer	Umwandlung des physikalischen Signals in eine Bitfolge

2.2.3 Quellencodierung/-decodierung

Bei der Übertragung von Bits versucht man immer, möglichst wenig Bits für eine bestimmte Information zu verwenden, um Übertragungszeit einzusparen. Man nützt aus, dass bestimmte Bitkombinationen eine höhere Auftretenswahrscheinlichkeit haben als andere, und codiert die Quellencodewörter so um, dass den am häufigsten vorkommenden die kürzesten Codewörter zugeordnet werden und den am seltensten vorkommenden die längsten. Dadurch erreicht man eine Reduzierung der im Mittel benötigten Codewortlänge. Eine häufig eingesetzte Umcodierungsmethode ist die Shannon-Fano-Codierung. Ein Beispiel soll die prinzipielle Vorgehensweise bei dieser Methode zeigen.

Eine Quelle liefere vier (nicht gleichwahrscheinlich auftretende) Symbole, z.B. vier 8-Bit-Messwerte A, B, C und D, die allgemein Quellencodewörter genannt werden:

A: 01000001 B: 01000010 C: 01000011 D: 01000000

Eine naheliegende Vorgehensweise wäre es nun, die vier Symbole wie folgt umzucodieren:

A: 01 B: 10 C: 11 D: 00,

da die ersten 6 Bits identisch sind, und zu übertragen (Aufwand: 2 bit je Symbol). Der Empfänger würde bei Erkennen der Bitkombination 11 wissen, dass der 8-Bit-Messwert 01000011 aufgetreten ist, bei den anderen entsprechend. Allerdings bleibt hierbei unberücksichtigt, dass die Symbole bzw. Messwerte nicht gleichwahrscheinlich auftreten.

Die einzelnen Symbole mögen folgende Auftretenswahrscheinlichkeiten P haben:

$$P(A) = 0,5 \quad P(B) = 0,125 \quad P(C) = 0,25 \quad P(D) = 0,125$$

(Die Wahrscheinlichkeit, dass einer der Messwerte auftritt, ist 1, also das sichere Ereignis.)

Bei der Umcodierung nach Shannon-Fano geht man nun wie folgt vor:

1. Sortiere die Symbole nach fallender Auftretenswahrscheinlichkeit!

A	C	B	D
0,5	0,25	0,125	0,125

(B und D könnte man auch vertauschen.)

2. Bilde zwei Gruppen von Symbolen mit (möglichst) gleicher Auftretenswahrscheinlichkeit!

A	C	B	D
0,5	0,25	0,125	0,125

0,5 0,5

3. Ordne den Spalten der linken Gruppe die 0 und den Spalten der rechten Gruppe die 1 zu!

A	C	B	D
0,5	0,25	0,125	0,125
0	1	1	1

4. Wiederhole die Schritte 2 bis 3 so lange, bis jedes Symbol eindeutig umcodiert ist!

A	C	B	D
0,5	0,25	0,125	0,125
0	1	1	1
	0	1	1
		0	1

Den Symbolen (hier: Messwerten) A bis D sind nun folgende Codewörter zugeordnet:

A:0 B:110 C:10 D:111

Auf den ersten Blick scheint es, als hätte man durch die Umcodierung nichts gewonnen, denn es werden sogar 9 Bits statt 8 benötigt. Aber da ja das Symbol A, welches mit nur einem Bit codiert ist, im Mittel 4-mal vorhanden ist, wenn 8 Bits gesendet werden, z. B.

ACBAACAD oder CAABADAC oder ADABACAC,

ergibt sich schließlich doch eine Reduzierung der im Mittel benötigten Codewortlänge:

$$1 \frac{\text{bit}}{\text{Symbol}} \cdot 0,5 + 3 \frac{\text{bit}}{\text{Symbol}} \cdot 0,125 + 2 \frac{\text{bit}}{\text{Symbol}} \cdot 0,25 + 3 \frac{\text{bit}}{\text{Symbol}} \cdot 0,125 = 1,75 \frac{\text{bit}}{\text{Symbol}}$$

Auch die Redundanz (Weitschweifigkeit) der Quellencodewörter wird durch die Umcodierung verringert. Beispielsweise sind die führenden 6 Bits (010000) bei allen vier Messwerten gleich. Nur die 2 letzten Bits unterscheiden sich. Dort steckt die Information, die übertragen werden muss. Die anderen Bits sind redundant, denn sie liefern keine neue Information.

Ein letztes Beispiel zur Redundanz aus dem Bereich der Mathematik sei noch ergänzt. Wenn für drei Variablen gilt:

$$A = B, \quad B = C, \quad A = C,$$

dann ist eine der drei Gleichungen überflüssig (redundant), denn die Information

$$A = B = C$$

lässt sich mit nur zwei Gleichungen beschreiben.

Bei der Datenübertragung auf der Feldebene ist es generell schwierig, Auftretenswahrscheinlichkeiten für die vorkommenden Quellencodewörter anzugeben, bzw. die Redundanz der Quellencodewörter ist gering. Daher wird bei Feldbusübertragungen im Allgemeinen auf die Quellencodierung/-decodierung verzichtet.

2.2.4 Kanalcodierung/-decodierung

Bei der Übertragung von Bits treten immer wieder Fehler auf, d.h., es wird ein Einsbit gesendet und ein Nullbit empfangen oder umgekehrt. Es ist eine Erfahrungstatsache, dass es keine sichere Datenübertragung gibt und Übertragungsfehler im Allgemeinen zufällig auftreten. Bei Wiederholung der Datenübertragung tritt der Fehler in der Regel nicht mehr auf.

Die Aufgabe der Kanalcodierung ist es, die zu sendende Bitfolge so umzugestalten, dass eine möglichst sichere Datenübertragung ermöglicht wird. Dies bedeutet, dass entweder

- Fehler (auf der Empfängerseite) entdeckt werden und die Datenübertragung wiederholt wird – das ist die häufigste Methode –, oder dass
- Fehler entdeckt und korrigiert werden.

Um diese Aufgaben zu erfüllen, werden der zu sendenden Bitfolge häufig zusätzliche Bits hinzugefügt, was die Redundanz zwar erhöht, aber dafür eine Datensicherung ermöglicht. Drei oft verwendete Verfahren der Kanalcodierung:

- Paritätsprüfung,
- Kreuzparitätsprüfung (auch: Blockprüfung) und
- zyklische Redundanzprüfung (Cyclic Redundancy Check – CRC)

werden nachfolgend beschrieben.

Sachwortverzeichnis

A

Abdeckrahmen 90
Abhängigkeit 45
Abluft 37
Abrechnungssystem 41
Abschaltphase 38
Abschlusswiderstand 188, 209
Abwasser 17
ACCUMULATOR 283
ACK 123, 124
Adernpaar 85
Adress 233
– -klasse 249
– -tabelle 233, 235
Adresse 82, 95
– Gruppen- 101, 107
– physikalische 99
Adressierung 101
– 2-Ebenen 101, 153
– 3-Ebenen 102
Adressierungsbereich 190
Aggregate 22
Akkumodul 88
Aktor 21f.
Alarm 173
– -anlage 173
– -telegramm 118
Alarm- und Ereignis-Dienste 285
Alarm- und Ereignisprioritätsgruppen 287
Algorithmic Change Reporting 287
Amortisationszeit 35
amortisiert 36
Analog-Ausgabe-Objekt 269
Analog-Eingabe-Objekt 266, 268
ANALOG_INPUT 268
ANALOG_OUTPUT 269
Analogregler 38
ANALOG_VALUE 269
Analogwert-Objekt 269, 271
Anfahrerschaltung 33
Anfrage 196
Anlage 51
– betriebstechnische 17, 21
Anlagenbetriebszeit 39
Anlagen-Informations-Schema 29
Anschluss 131
– -bedingungen 131
– -bild 131
– -klemme 88, 131
– -leistung 40
Antwort 196
Anwendungen 88
– -modul 88, 90, 134
– -programm 107, 138
– -schicht 105
– -schnittstelle 133f.
APB-Datei 205
APDU 220, 261
Applikation 68, 136
Applikationsprogramm 138
ARCNET 245
arp -a 257
ARP-Tabelle 257
ASCII-Zeichen 72
ASHRAE 215
AST 90, 133f.
– AST-Typ 16 137
asynchrone Datenübertragung 222
Atomic 289
Attribute 104
Auftrittenswahrscheinlichkeit 58
Ausbaureserve 93

Ausgleichsimpuls 86
Ausschalter 79
Ausschalttelegramm 106, 108
Ausschaltung 79
Außenbeleuchtung 13
Außenluft 37
Außentemperatur 36
Austauschbarkeit 183
Automationsebene 19, 49, 173, 217
Automatisierungsfunktionen 13
Automatisierungssysteme 14
Auto Negotiation 230
Auto Sensing 231
AVERAGING 270

B

Backbone 186, 190
Backup 289
BACnet 48, 215
– BACnet Advanced Application Controller (B-AAC) 296
– BACnet Application Specific Controller (B-ASC) 296
– BACnetArray 263
– BACnet Building Controller (B-BC) 295
– BACnet Device Profiles 294
– BACnet/IP 260
– BACnet Operator Workstation (B-OWS) 294
– BACnet-Prioritätsstufen 290
– BACnet-Router 296
– BACnet-Schichten 219
– BACnet Smart Actuator (B-SA) 296
– BACnet Smart Sensor (B-SS) 296

Bandbreiten-Längen-Produkt 240
Barcodeleser 182
Basis-Emitter-Spannung 117
Baud 56
Bauform 130 f.
Baumtopologie 70, 92
BBMD 261
Bedienstation 47
Bedienteil 208
Beleuchtung 14
Bereich 92
Bereichsline 100
Beschriftungsbogen 88, 99
Bestätigungsnummer 255
Betriebskalender-Objekt 272
Betriebskosten 35 f.
Bewegungsmelder 13
BIBBs 292
BIG-EU 216
BIM M113 134
Binär-Ausgabe-Objekt 271
Binär-Eingabe-Objekt 270
BINARY_INPUT 271
BINARY_OUTPUT 271
BINARY_VALUE 271
Binärzahl 53 f.
Binding 210 f.
Binding-Tool 195
Biphase-L 65
B/IP PAD 259
Bit 53
- -folge 53
- -höchstwertiges 114
- -niedrigstwertiges 114
- -periode 55, 64
- -rate 55
- -Reihenfolge auf dem Bus 115
- -übertragungsschicht 69, 70
Blinksignale 182
Block 61
- -prüfung 60
- -schaltbild 97
- -sicherungsverfahren 122
Bluetooth 243
Brandfall 172
Brandlast 76
Brechungsindex 238
Bridge 233
Broadcast 224, 236, 245, 260
- Domäne 234, 236
- Rahmen 234
BTA 17
BTA-Schnittstelle 22, 29

BTL-Zeichen 298
Buchungssystem 37
Bus 84
- -aktivität 86, 115
- -ankoppler 88, 90
- -arbitrierung 96, 115, 118 f.
- -belastung 189
- -geräte 51, 87
- -interfacemodul 134
- -koppler 168, 179, 183
- -last 189
- -monitor 142, 158
- -spannung 89
- -zugriffskonflikt 115, 119
Busgerät 87
- Aufputz- 88
- Einbau- 88
- kompakt 88
- modular 88
- Reiheneinbau- 88
- Unterputz- 87
BUSY 123 f.
Byte 54
Byterate 55

C

Cable sharing 228
CALENDAR 272
Change Of Value 285
Channel 190
Client 217
Client-Server-Prinzip 203
Code 58
- Differential-Manchester- 66, 193
- Manchester- 65
- NRZ- 64
- -wörter 58
- -wortlänge 58
COMMAND 272
COS 285
COV 285
CRC 60, 62
- 16-Prüfpolynom 62
- Prüfsumme 245
Cross-over-Kabel 231
CSMA 71, 192
CSMA/CA 71, 115 ff., 120
CSMA/CD 232

D

Dämpfung 227, 239
Dämpfungswerte 240
Darstellungsschicht 220
Datei-Objekt 275
Dateizugriff-Dienste 288
Daten 53
- -bitfolge 62
- -bits 114
- -einheit 220
- -punktliste 25
- -sicherung 62
- -typ 263
- -übertragung 53
- -zeichen 61
DDC 217
DDC-Baustein 16, 18, 23
Destination Address Flag 103
deterministisch 225
Device 264, 274
- Objekt 273
- Template 204
Device- und Netzmanagement-Dienste 287
Dibit 56
Dienst 68, 105, 110
Differenzspannung 85
Digitrate 55
Dimmbefehl 111
Dimmen-Stopp-Telegramm 106
Display 24
Divisionsrest 63
Domain 191
dominant 116
Drossel 86
Drucktaste 182
Dualzahlensystem 53
Dunkler-Dimmen-Telegramm 106
Durchschleifung 185

E

Ebenenmodell 21, 24, 51
Echelon 47
EEPROM 99, 180
EIA-485 187, 224
EIB 46
EIBA 46, 75
Eingabe- und Ausgabe-beschaltung 181
Einheitensystem 54
Einheitenzeichen 54

Einsatzgebiete 175
Einsbit 53, 86
Einschalttelegramm 106, 108
Einzelmeldung 167
Einzelprozessor 176
Einzelraumregelung 20
EIS 110
– Typ 1 110
– Typ 2 111
Elektroinstallationshandwerk 46
EN 49
Endebit 114
Energie 17, 40
– -beratung 41
– -controlling 41
– -einsparcontracting 42
– -einsparpotenzial 36
– -einsparung 41
– -erhaltungssatz 223
– -kosten 38
– -kostenrechnung 36
– -managementfunktion 36, 38 ff.
– -sparlampen 186
– -verbrauchskosten 36
– -verbrauchsoptimierung 36
– -versorger 40
– -versorgungsnetz 91
– -zähler 187
Enthalpie 37
– -steuerung 37
Ereigniskategorie-Objekt 274
Ethernet 66, 226
Ethernet-Varianten 227
ETS 5 135, 139, 145
EVENT_ENROLLMENT 274

F

Facility-Managementsystem 23
Fast Ethernet 228
Feld 49
– -bus 52
– -bustechnik 52
– -ebene 49, 51, 217
Fenster 256
FILE 275
Filterfunktion 121
Filterung 102, 190
FIP 49
Firewall 238
Flag 109
Flanke 65, 86, 193

Flankenwechsel 193
Flexibilität 15
FND-Protokoll 49
Freie-Topologie 184
Frequenzband 186
Frostschutzüberwachung 31
Frostschutzwächter 21, 31
FT 5000 185
FTT-10A 183 f.
Funksysteme 243
Funktionsprofil 196 f., 204, 209, 212
Funkübertragung 187
FZE 1066 133

G

galvanisch 91
Gateway 203, 298
Gebäude 13
– -automation 16, 18
– -automationsstruktur 48
– -erstellungskosten 35
– -funktionen 75
– -leittechnik 19
– -systemtechnik 15 f., 19, 74
Gefahrenmelder-Objekt 276
Gewerke 20, 43
Gibibyte 54
Gigabyte 54
Glasfaser 238
Glasfaserübertragung 242
Gleichanteilfeiheit 66
Gleichspannungsfreiheit 64
Gleichtaktstörungen 223
Grad 63
Großverbraucher 40
GROUP 276
Grunddatentypen 263
Grundfunktionen 25
Grundplatine 178
Gruppenadressfenster 153
Gruppenauftrag-Objekt 272
Gruppen-Objekt 275

H

Halbduplex 223, 235
Halbduplex-Betrieb 243
Halbleiterlaser 241
Halbrouter 225
Handwerksbetrieb 17
Hardware 130
Hauptgruppe 102

Hauptlinie 92, 95
Hauptübertragungsleitung 186
Hebeanlage 17
Heizbetrieb 38
Heizkörper 20, 172
Heizungsanlage 36
Heizungsregler 40, 205
Heizventil 194
Heller-Dimmen-Telegramm 106
Helligkeitswert 106
Herzschlagfunktion 195
Hexadezimalcode 160
Hexadezimalzahl 54
HKL-Anlagen 18
Höchstlast 40
– -bedarf 40
– -begrenzung 40
Hop 250
Hop-Count 247
Hub 234

I

I_am-Dienst 288
ICMP 253
Identifikationsnummer 182
IEC 49
IEEE 243
I_have-Antwort 288
Inbetriebnahme 141
Inbetriebnahmetool 178, 199, 205
Industrial Ethernet 226
Informationsliste 25
Installationsrichtlinien 96 f.
Installationstechnik 76, 170
Interoperabilität 178, 219, 291
Interoperabilitätsbereiche 292
Intrinsic Reporting 286
Investition 36
IOB 292
– IOB Alarm- und Ereignisverarbeitung 293
– IOB Device- und Netzwerkmanagement 294
– IOB Gemeinsame Datennutzung 292
– IOB Trendaufzeichnung 293
– IOB Zeitplan 293
IP 248
– IP-Adressen 248
– IP-Gateway 163
– IP-Header 252

ipconfig /all 259
 ISO 49, 68
 ISO/OSI-Modell 180, 219
 ISO/OSI-Referenzmodell 67

J

Jalousieaktor 16

K

Kabelbruch 202
 Kabeleigenschaften 228
 Kälteenergieeinsparung 37
 Kältespeicher 38
 Kaltgerätestecker 142
 Kanal 57
 – -bandbreite 66
 – -codierer 58
 – -codierung 60
 Kanalzugriff 70
 – deterministischer 71
 – nach Bedarf 71
 – nach Zuteilung 71
 Kartenleser 37
 Kategorie-5-Kabel 228
 Kerndurchmesser 240 ff.
 Key Card 37
 Kibibit 54
 Kilobit 54
 Klappenstellung 37
 Klappensteuerung 21
 Klemmblock 88
 Klemmleiste 22
 Knoten 176
 Knotenanzahl 189
 Knotenzahl 193
 KNX 46, 49, 74 f.
 KNXnet/IP 83, 84
 KNX.PL 83
 KNX.RF 83 f.
 KNX.TP 83 f.
 Koaxialkabel 231
 Koaxialleitung 187
 Kollision 117, 232
 Kollisionsdomäne 233 f.
 kollisionsfrei 70
 Komfort 15
 Komfortfunktion 43
 Kommunikation 51, 67
 – horizontal 51
 – vertikal 51
 Kommunikationsdienst 110
 Kommunikationsmodul 132

Kommunikationsobjekt 103
 – empfangendes 107
 – sendendes 107
 – Zuordnung 108
 Kommunikationsprotokoll 177
 Kommunikationssystem 45
 Kompaktgerät 133
 Konfigurationsparameter 196,
 199, 210
 Konnex Association 46, 75
 Konstantlichtregelung 172
 Kontrollbitfolge 62
 Kontrollfeld 113 f.
 Konventionelle Installations-
 technik 170
 Koppler 94
 Kostenzuordnung 41
 Kreuz 81
 – -parität 122
 – -paritätsprüfung 60 f.
 – -schalter 81
 – -schaltung 81
 Kühl- und Heizbetrieb 38
 Kühlung 15

L

LAN 218
 Längenangabe 112
 Lastenheft 144
 Laststromkreis 89
 LED-Farben 139
 Leistungsfähigkeit 15
 Leistungspreis 40
 Leitreechner 18 f., 23, 41, 172
 Leitstand 44
 Leitsystem 167
 – zentrales 167
 Leitungs 56
 – -codierer 57 f.
 – -codierung 56
 – -länge 97
 – -segment 94, 189
 – -treiber 224
 – -verlegung 186
 Leuchtdiode 171
 Licht 13, 45
 – -steuerung 13, 47, 79
 – -wellenleiter 84
 Liefer- und Leistungsumfang 34
 LIFE_SAFETY_POINT 276
 LIFE_SAFETY_ZONE 277
 Linien 92
 – -segment 89

– -topologie 70
 – -verstärker 94, 121
 Link Pulses 230
 Lizenz 139
 LNS-Datenbanksystem 203
 Local Collision 233
 Localhost-Adresse 250
 LON 47, 167
 – LON-Nutzer-Organisation 175
 – Telegrammstruktur 191
 LonBuilder 178, 202
 LonMaker 178, 203, 208
 LonMark 47
 LonTalk-Protokoll 177
 LonWorks 47
 – Network-Service 174, 203
 LOOP 277
 LPT 184 f., 187, 209
 LPT-10 184
 Luftqualität 43
 Lüftungsanlage 14, 21, 22

M

MAC-Adresse 233, 244, 257
 Managementebene 19, 49, 217
 Mantelleitung 84
 Master-Slave-Verfahren 71
 Materialdispersion 241
 Maximalausbau 95
 Mebibyte 54
 Megabyte 54
 Mehrstufige-Ausgabe-Objekt
 279
 Mehrstufige-Eingabe-Objekt
 278
 Mehrstufiger-Wert-Objekt 279
 Melden 26
 Meldung bei Wertänderungen
 285
 Meldungsklassen-Objekt 279
 Messen 27
 Microsoft Visio 204
 Mikrocontroller 130, 134
 Mindestspannung 89, 96
 Mittelgruppe 102
 Mittelwert-Objekt 269
 MLT-3 228
 Modendispersion 240
 Modul 183
 Modulationsgeschwindigkeit
 56
 Modulo-2-Rechnung 63
 Monomode-Fasern 241

MSR-Technik 18

MS/TP 221

Multicast 244

Multimedia 44

Multimode-Fasern 241

Multipoint-Bussystem 223

MULTISTATE_INPUT 278

MULTISTATE_OUTPUT 279

MULTISTATE_VALUE 279

Mustervorlagen 204

N

Nachtabsenkung 40

Nachtkühlbetrieb 38

NAK 123f.

Network Address Translation
251

Netz 53

– -ausdehnung 187

– -auslastung 232

– -maske 249, 254

– -nummerierung 265

– -teil 181, 188

Netzwerk 91

– -graph 92

– -schnittstelle 183

– -variable 194, 200, 210

Neuron-C 202

Neuron-Chip 174, 176, 179

Neuron-ID 182

Niederspannungsnetz 79, 89

NodeBuilder 202

Norm 167, 176

Normaltelegramm 118

Normung 48

NOTIFICATION_CLASS 280

NPDU 220

Nullbit 53, 86

Nullenergieband 38

Nummernvergabe 265

Nutzdaten 109

Nutzdatenbytes 112

Nutzerverhalten 15

nvi 194

nvo 194

NXE-Datei 205

O

Object Identifier 264

Objekt 197, 209, 218, 262

objektinternes Melden 286

Objektzugriff-Dienste 284

Oktett 54

Oszilloskop 85

P

Packet-Assembler-Disassembler
259

Panikschaltung 14, 44, 173, 210

Parallelschaltung 94

Parameter 138

– -dialog 139, 149

Parametrierung 139

Parität 61

– gerade 61

– ungerade 61

Paritätsbit 61, 114

Paritätsprüfung 60

Parlamentsbauten 217

PCI-Steckkarte 203

PCMCIA-Karte 203

Peer-to-Peer-Verbindung 19

Pegel 66, 86

– -wechsel 66

PEI 133

Personenschutz 79

PE-Schutzleiter 79

Photodioden 241

PICS 297

ping 253

Pipelining 256

Platine 183

PLT 186

PLT-30 187

Plug-in 204

Polung 185, 189, 193

Polynomdivision 63

Port 233

Portnummer 256f.

Potenzialdifferenz 86

Potenzialerhöhung 223

Power-Line 186

Power-over-Ethernet 231

Präambel 226

Präsenzmelder 20, 37

Präsenztaster 171

Primärbereich 242

Priorisierung von Aufträgen 289

Priorität 118

– Alarm- 118

– hohe 118

– niedrige 118

– System- 118

Prioritätenfenster 193

Privathaushalt 40

Produkt 14

– -daten 140, 147

– -datenbank 138, 148, 175

Profibus 49

PROGRAM 281

Programmier-LED 131, 150

Programmiertaste 131, 138, 141

Programmierung 157

Programm-Objekt 280

Projektdaten 140

Projektierung 140

Projektspeicher 140

Property 263, 265

Protokoll 45, 68

– -dateneinheiten 69

– -umsetzungsbestätigung 297

Prozess 51

– -abbild 57

– -automation 167

Prüfbit 61

– -folge 62

Prüffeld 122, 123

Prüfzeichen 61

PVC 84

Q

Quarzglas 238

Quelle 57

Quellencodierer 58

Quittierung 195

R

Rahmenlänge 244

RAM-Flags 136

RAM-Speicher 180

Raumaufteilung 15

Raumautomation 19, 43, 170,
173

Raumheizkörper 20

Raumluft 37

Raumtemperatur 36, 171

Raumtemperaturregler 24

Reaktionszeit 126

Redundanz 60

Referenzgleichspannung 86

regelbasiertes Melden 287

Regelbaustein 16

Regelschema 29

Regelsequenz 32f.

Regelwerk 68

Regler-Objekt 277

Reichtagsgebäude 217

Reichweite 244
 Remote Collision 233
 Repeater 189, 233
 rezessiv 116
 Ringtopologie 70
 Router 190, 246
 Routing 220, 246
 – dynamisch 251
 – statisch 251
 Routingzähler 121f.
 RS-232 222
 RS-485 187, 222
 Rückruf 225
 Rücksetzen 182
 Ruhestromeinstellung 224

S

Schaltaktor 20, 89, 197ff., 208, 211
 Schaltbefehl 110
 Schalten 28
 Schaltnetzteile 186
 Schaltschrank 22
 SCHEDULE 281
 Schicht 69
 Schichtenmodell 217
 Schichtprotokoll 69
 Schildträger 88, 99
 Schnittstelle 141
 Schraubklemme 90
 Schritt 56
 Schrittgeschwindigkeit 56
 Schutzkleinspannung 142
 Screened Shielded Twisted Pair 229
 Screened Twisted Pair 229
 ScTP 229
 Segmente 233
 Sekundärbereich 243
 Selbsttaktung 65
 Selbsttest 182
 Sendeberechtigung 71, 225
 Senke 57
 Sensor 21f., 88
 Sequenznummer 255
 Server 217
 Service-LED 182
 Services 283
 Service-Taste 182
 Shannon-Fano-Codierung 58
 Shared Medium 232
 Sicherheits 13f., 44, 77
 – -bereich-Objekt 276
 – -funktionen 172
 – -hinweise 77
 – -probleme 243
 Sicherungsschicht 69, 219, 224
 Signalelement 53, 56, 64 ff.
 Signalstörungen 186
 Signalverlauf 87
 Sitzungsschicht 220
 Smart-Transceiver 185
 SNVT 200f., 204
 Socket 256
 Sollwertsteller 171, 179
 Sommeranhebung 36
 Sommermonate 38
 Spannungsfall 96
 Spannungsprüfgerät 77
 Spannungsquelle 181
 Spannungsversorgung 88, 93
 Speicherkapazität 54
 SSTP 229
 Startbit 114, 222
 Steckverbindung 183
 Stellantrieb 24, 172
 Stellen 28
 Stemmarbeiten 186
 Sterntopologie 70
 Steuerleitung 84
 Steuerrahmen 226
 Stifteleiste 90
 Stop-and-Wait 256
 Stoppbit 222
 Straight-through-Kabel 231
 Strichcode 182
 Stromstoßschalter 77
 Struktur 187
 – hierarchische 21
 strukturierte Verkabelung 242
 Subnet 189
 Subnetze 253
 Subtraktion 63
 Switch 235
 Symbol 58
 Synchronisierung 193
 Systemgerät 88
 Systemhersteller 45
 Systemsoftware 135f., 138
 Systemtelegramm 118
 Systemuhr 112

Tarifgestaltung 40
 Tastsensor 24, 90
 TCP 254
 TCP-Header 255
 TCP/IP 216
 Teilvermaschung 70
 Telegramm 121
 – Abfrage- 113
 – Bestätigungs- 113, 123
 – -puffer 121
 – Standarddaten- 114
 – Summen- 112
 – Summenbestätigungs- 123
 Temperatursensor 20, 171
 Terminals 289
 Terminator 188
 Terminierung 223
 Tertiärbereich 243
 Three-Way-Handshake 255
 Token 71, 225
 Token-Passing 224
 Token-Passing-Verfahren 71
 Topologie 70, 91
 – Linien- 184
 – Ring- 188
 – Stern- 188
 Touchscreen 39, 160
 TPI-64 93
 TPI-256 93
 TP-UART 133
 tracer 253
 Transceiver 86, 130, 133, 177, 183
 Transistor 116
 Transportschicht 220
 Trend-Aufzeichnung-Objekt 281
 TREND_LOG 282
 Trenntransformator 85
 Treppenhausautomat 77
 Treppenhauslichtfunktion 151
 TTL (Time-to-live) 252
 Tunneling-Routing 259
 Twisted Pair 227
 – -Leitung 85
 Typerkennung 135

U

UART-Zeichen 114
 Übersetzer 67
 Übersprechen 227
 Übertragungsfehler 60, 122
 Übertragungskanal 70

T

Tagging 237
 Taktinformation 66
 Taktrückgewinnung 64

Übertragungsmedien 83
UDP 254, 257
UDP-Header 257
Umcodierung 60
Umprogrammierung 43, 172
Umverdrahtung 43, 172
Unicast 244
Unshielded Twisted Pair 229
Untergruppe 102
Unterverteiler 16
USB-Adapter 203
UTP 229

V

Verbinder 88
Verdrillung 227
Verkabelung 15
Verlegerichtlinien 189
Verlegungsart 185
Vermittlungsschicht 219, 246
Vermittlungstabellen 190
Verteilerschrank 20
Vertragskonstellation 40
Viertelstundenzeitraum 40
Virtual-Terminal-Dienste 289
Visualisierung 41

VLAN (virtuelles LAN) 237
VoIP 243
Voll duplex 223, 225, 235, 242
Vollvermaschung 70
Volumenstromreglers 172
Vorbeugender Frostschutz 32
Vorlauftemperatur 36
Vorzugsformelzeichen 54
Vorzugstelegramm 118

W

Wartezeit 192
Watch-Dog-Funktion 182
Webserver 203, 207
Wechselschalter 80 f.
Wechselschaltung 80
Weitschweifigkeit 60
Wellenwiderstand 223
Wetterzentrale 112
Who_has-Abfrage 288
Who_is-Abfrage 288
Wiederholungsbit 113
Wippe 24
Wired-And-Schaltung 116
Wirksinnumkehr 34
WLAN 243

WLAN-Varianten 243
Wohnungsbau 13

X

XFB-Datei 205
XIF-Datei 205, 208

Z

Zählen 27
Zählerdaten 41
Zählwert-Eingabe-Objekt 282
Zeitplan-Objekt 281
Zeitschaltprogramm 23, 37, 39
Zentralstrahl 241
Zertifizierung 132
Zertifizierungsnummer 85
Zigbee 243
Zimmerzutritt 37
Zugriffsklasse 115, 120
– 1 115, 125
– 2 116
Zweckbau 14, 43
Zweig 92
zyklisch 71
zyklische Redundanzprüfung 62