

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung in die Gebäudeautomation	17
1.1	Bedeutung der Gebäudeautomation	17
1.1.1	Automatisierungsfunktionen im privaten Wohnungsbau	17
1.1.2	Automatisierungssysteme in Zweckbauten	18
1.2	Gebäudeautomation vs. Gebäudesystemtechnik.....	19
1.2.1	Gewerke in der Gebäudeautomation	20
1.2.2	Gewerke in der Gebäudesystemtechnik.....	22
1.3	Strukturen.....	24
1.3.1	Hierarchische Struktur in der Gebäudeautomation.....	24
1.3.2	Hierarchische Struktur in der Gebäudesystemtechnik	26
1.4	Energiemanagementfunktionen	27
1.4.1	Amortisationszeit.....	27
1.4.2	Energiemanagementfunktionen auf der Automationsebene.....	28
1.4.2.1	Bedarfsgerechte Sollwertanpassung.....	28
1.4.2.2	Enthalpiesteuerung.....	29
1.4.2.3	Ereignisabhängiges Schalten	29
1.4.2.4	Gleitendes Schalten (Optimum – Start – Stop)	29
1.4.2.5	Nachtkühlbetrieb	30
1.4.2.6	Nullenergieband-Steuerung	30
1.4.2.7	Zyklisches Schalten	30
1.4.3	Energiemanagementfunktionen auf der Managementebene.....	31
1.4.3.1	Energiecontrolling	31
1.4.3.2	Höchstlastbegrenzung/Lastspitzenbegrenzung.....	32
1.4.3.3	Zeitabhängiges Schalten	32
1.5	Komfort- und Energiemanagementfunktionen in der Raumautomation.....	33
1.6	Genormte Bussysteme und Netze in der Gebäudeautomation	34
1.6.1	Anforderungen	35
1.6.2	Einsatzgebiete.....	36
1.6.2.1	Lichtsteuerung und Beschattung mit dem Europäischen Installationsbus..	36
1.6.2.2	Regelung von Heizungs-, Klima-, Lüftungsanlagen mit LonWorks	37
1.6.2.3	Kopplung von Leitrechnern mit BACnet	37
1.6.3	Stand der Normung.....	38
1.7	Übungsaufgaben.....	39

1.8	Literatur.....	40
2	Grundlagen der industriellen Kommunikationstechnik	41
2.1	Industrielle Kommunikation.....	41
2.1.1	Kommunikation über Feldbusse	41
2.1.2	Kommunikation über Computernetze.....	42
2.2	Digitale Datenübertragung.....	43
2.2.1	Grundbegriffe.....	43
2.2.1.1	Bits und Bytes	43
2.2.1.2	Binär- und Hexadezimalzahlen	44
2.2.1.3	Bitrate.....	45
2.2.1.4	Modulationsgeschwindigkeit.....	45
2.2.1.5	Zusammenhang zwischen Bitrate und Modulationsgeschwindigkeit	45
2.2.2	Digitales Datenübertragungssystem	46
2.2.3	Quellencodierung/-decodierung	47
2.2.4	Kanalcodierung/-decodierung	49
2.2.4.1	Paritätsprüfung.....	50
2.2.4.2	Kreuzparitätsprüfung (Blockprüfung).....	50
2.2.4.3	Zyklische Redundanzprüfung	51
2.2.5	Leitungscodierung/-decodierung.....	53
2.2.5.1	Non-Return-to-Zero-Code (NRZ-Code)	53
2.2.5.2	Manchester-Code (Biphase-L)	54
2.2.5.3	Differential-Manchester-Code	55
2.3	Kommunikation gemäß dem ISO/OSI-Referenzmodell	56
2.3.1	Datenübertragung und Kommunikation.....	56
2.3.2	Regeln zum Ablauf einer Kommunikation	56
2.3.3	Die Schichten des ISO/OSI-Referenzmodells	57
2.4	Feldbus- und Netztopologien.....	59
2.5	Kanalzugriffsverfahren	59
2.5.1	Kanalzugriff nach Zuteilung	60
2.5.2	Kanalzugriff nach Bedarf.....	60
2.6	Übungsaufgaben	61
2.7	Literatur.....	62
3	Der Europäische Installationsbus KNX	63
3.1	Einführende Übersicht	63
3.1.1	Was ist KNX?	63
3.1.2	Historie des KNX.....	63
3.1.3	Der Nutzen von KNX.....	64
3.1.3.1	Gebäudefunktionen und Kommunikationsteilnehmer.....	64
3.1.3.2	Konventionelle Realisierung von Gebäudefunktionen	65
3.1.3.3	Realisierung von Gebäudefunktionen mit dem KNX.....	65

3.1.4	Motivation für die Beschäftigung mit dem KNX.....	65
3.2	Konventionelle Elektroinstallationstechnik.....	66
3.2.1	Sicherheitshinweise.....	66
3.2.2	Aufgabenstellung: Treppenhaus- und Flurbeleuchtung.....	67
3.2.3	Ausschaltung.....	68
3.2.4	Wechselschaltung.....	69
3.2.5	Kreuzschaltung.....	70
3.3	Überblick über den KNX.....	71
3.4	Übertragungsmedien und Eigenschaften von KNX.TP.....	72
3.4.1	Übertragungsmedien.....	72
3.4.2	Kriterien für die Auswahl des Übertragungsmediums.....	72
3.4.3	Eigenschaften von KNX.TP.....	73
3.4.3.1	Busleitung.....	73
3.4.3.2	Bussignal.....	74
3.4.3.3	Bitrate.....	75
3.5	Busgeräte.....	75
3.5.1	Typen und Ausführungsformen.....	76
3.5.2	Häufig eingesetzte Busgeräte.....	77
3.5.2.1	Spannungsversorgung mit integrierter Drossel.....	77
3.5.2.2	Schaltaktor (6-fach).....	77
3.5.2.3	Tastsensor (4-fach).....	78
3.6	Topologie.....	79
3.6.1	Begriffsdefinition.....	79
3.6.2	Teilnehmer, Linien, Bereiche.....	80
3.6.3	Spannungsversorgungen.....	81
3.6.4	Koppler.....	82
3.6.4.1	Koppler als Linienverstärker.....	83
3.6.4.2	Koppler als Linienkoppler.....	83
3.6.4.3	Koppler als Bereichskoppler.....	84
3.6.5	Installationsrichtlinien.....	84
3.6.6	Blockschaltbilder und genormte Gerätesymbole.....	85
3.7	Teilnehmeradressierung.....	85
3.7.1	Physikalische Adressen.....	86
3.7.1.1	Physikalische Adressen von Kopplern und Linienverstärkern.....	88
3.7.1.2	Physikalische Adressen an den Hauptlinien und der Bereichslinie.....	88
3.7.1.3	Beispiele für physikalische Adressen.....	89
3.7.2	Gruppenadressen (logische Adressen).....	89
3.7.2.1	2-Ebenen-Adressierung.....	89
3.7.2.2	3-Ebenen-Adressierung.....	90
3.7.2.3	Hauptgruppen 14 und 15.....	90
3.7.2.4	Zuordnung von Funktionen zu Hauptgruppen.....	91
3.7.3	Zieladressbit (Adresstyp).....	91

3.8	Kommunikationsobjekte.....	91
3.8.1	Begriffsdefinition.....	91
3.8.2	Eigenschaften von Kommunikationsobjekten.....	92
3.8.2.1	Strukturierter Aufbau.....	92
3.8.2.2	Attribute.....	92
3.8.2.3	Zugriffsmethoden.....	93
3.8.3	Kommunikationsobjekte von Sensorapplikationen.....	93
3.8.4	Kommunikationsobjekte von Aktorapplikationen.....	94
3.8.5	Zuordnung von Kommunikationsobjekten zu Gruppenadressen.....	95
3.8.5.1	Allgemeine Regeln.....	95
3.8.5.2	Praktisches Beispiel.....	96
3.9	Nutzdaten.....	97
3.9.1	Aufruf von Diensten der Anwendungsschicht.....	97
3.9.2	EIB Interworking Standard (EIS).....	98
3.9.2.1	EIS-Typ 1: Schalten.....	98
3.9.2.2	EIS-Typ 2: Dimmen.....	99
3.9.3	Länge der Nutzdaten.....	99
3.10	Kommunikationsablauf.....	100
3.10.1	Telegrammarten.....	100
3.10.1.1	Datentelegramm.....	100
3.10.1.2	Abfragetelegramm.....	100
3.10.1.3	Bestätigungstelegramm.....	101
3.10.1.4	Angabe der Telegrammart im Kontrollfeld.....	101
3.10.2	Struktur eines Standarddatentelegramms.....	101
3.10.3	Universal Asynchronous Receive Transmit (UART).....	102
3.10.3.1	Aufbau eines UART-Zeichens.....	102
3.10.3.2	Versenden eines UART-Zeichens.....	102
3.10.4	Busarbitrierung.....	103
3.10.4.1	Freier Bus.....	103
3.10.4.2	Zugriffsklassen.....	103
3.10.4.3	Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance (CSMA/CA).....	104
3.10.4.4	Kriterien für die Buszuteilung.....	106
3.10.4.5	Beispiel für die Busarbitrierung.....	107
3.10.5	Weiterleitung von Datentelegrammen.....	109
3.10.5.1	Filterfunktion von Kopplern und Linienverstärkern.....	109
3.10.5.2	Routingzähler.....	109
3.10.6	Datensicherung.....	110
3.10.6.1	Kreuzparitätsverfahren.....	110
3.10.6.2	Beispiel.....	111
3.10.7	Bestätigungstelegramme.....	111
3.10.7.1	Inhalte von Bestätigungstelegrammen.....	111
3.10.7.2	Reaktionen des Senders auf das Bestätigungstelegramm.....	112

3.10.7.3	Beispiel 1.....	112
3.10.7.4	Beispiel 2.....	113
3.10.8	Zeitlicher Ablauf der Kommunikation	113
3.11	Zusammenfassung der Telegrammstrukturen.....	114
3.11.1	Standarddatentelegramm	115
3.11.1.1	Kontrollfeld (Byte 0).....	115
3.11.1.2	Quelladresse (Byte 1 und Byte 2)	115
3.11.1.3	Zieladresse (Byte 3 und Byte 4)	115
3.11.1.4	Destination Address Field (DAF), Routingzähler, Länge (Byte 5)	116
3.11.1.5	Nutzdaten (Byte 6 und Byte 7)	117
3.11.1.6	Prüffeld (Byte 8).....	117
3.11.2	Bestätigungstelegramm	117
3.12	Hardware	118
3.12.1	„Äußere“ Hardware	118
3.12.2	„Innere“ Hardware	120
3.12.2.1	Prinzipieller innerer Aufbau eines KNX.TP-Kommunikationsgeräts	120
3.12.2.2	Transceiver (Übertragungsmodul)	120
3.12.2.3	Mikrocontroller	121
3.12.2.4	Anwendungsschnittstelle (AST)	122
3.13	Software	122
3.13.1	Überblick.....	123
3.13.2	Softwarekomponenten eines Kompaktgeräts.....	123
3.13.3	Softwarekomponenten eines modularen Geräts	124
3.13.4	Systemsoftware	125
3.13.5	Anwendungsprogramme.....	125
3.13.5.1	Auswahl der Applikation.....	125
3.13.5.2	Parameter von Applikationen	126
3.13.6	Engineering Tool Software (ETS 3)	126
3.13.6.1	Lizenzen	127
3.13.6.2	Projektdatenbank	127
3.13.6.3	Projektierung	127
3.13.6.4	Inbetriebnahme.....	128
3.14	Schulungsanlage	129
3.15	Übungsprojekt Lichtsteuerung.....	131
3.15.1	Kundenauftrag.....	131
3.15.2	Benötigte Geräte.....	132
3.16	Projektierung mit der ETS 3	133
3.16.1	Vorüberlegungen	133
3.16.2	Starten der ETS 3.....	134
3.16.3	Neues Projekt anlegen	134
3.16.4	Produktdaten importieren	134
3.16.5	Bereiche und Linien definieren, Geräte einfügen	136

3.16.6	Geräteparameter einstellen	137
3.16.6.1	Parameterdialog des 4-fach-Tastsensors	137
3.16.6.2	Parameterdialog des 6-fach-Schaltaktors.....	138
3.16.7	Gruppenadressen anlegen.....	140
3.16.8	Kommunikationsobjekte den Gruppenadressen zuordnen.....	141
3.17	Inbetriebnahme.....	142
3.17.1	Hardwareaufbau.....	142
3.17.2	Programmierung der Geräte.....	144
3.17.3	Test der Lichtsteuerung.....	145
3.17.4	Diagnose/Busmonitoring.....	145
3.18	Trends im Umfeld des KNX	147
3.18.1	Touchscreens.....	148
3.18.2	Integration der Gebäudesystemtechnik in IP-Netze	149
3.19	Übungsaufgaben	151
3.20	Literatur.....	154

4 Gebäudeautomation mit LonWorks 155

4.1	Technologischer Wandel in der Gebäudeautomation	155
4.2	Nutzen der LonWorks-Technologie.....	157
4.2.1	Einsatz in der Gebäudesystemtechnik.....	157
4.2.1.1	Ersatz der konventionellen Verdrahtung in der Raumautomation	157
4.2.1.2	Wirtschaftliche Vorteile durch vernetzte Gewerke.....	158
4.2.1.3	Höhere Flexibilität durch Umprogrammierung statt Umverdrahtung	159
4.2.1.4	Bereitstellung zusätzlicher Sicherheitsfunktionen	160
4.2.2	Einsatz der LON-Technik auf der Automationsebene	160
4.3	Historie der LonWorks-Technologie.....	161
4.3.1	Einsatzgebiete der LonWorks-Technologie.....	162
4.3.2	Organisationseinheiten	162
4.3.3	Normung	162
4.4	Grundlagen der LonWorks-Technologie	163
4.4.1	Elemente der LonWorks-Technologie.....	163
4.4.1.1	Neuron-Chip	163
4.4.1.2	LonTalk-Protokoll.....	164
4.4.1.3	Transceiver	164
4.4.1.4	LonWorks-Tools	164
4.4.1.5	LonMark Interoperability Association.....	165
4.4.2	Aufbau und Funktionsweise eines LON-Knotens	165
4.4.2.1	Funktionsweise des Neuron-Chips mit Speicher.....	166
4.4.2.2	Eingabe- und Ausgabebeschaltung	167
4.4.2.3	Spannungsversorgung und Netzteil	168
4.4.2.4	Service-Taste und Neuron-ID	168
4.4.2.5	Service-LED	169

4.4.2.6	Transceiver.....	170
4.5	Informationsübertragung zwischen LON-Geräten	174
4.5.1	Physikalische Netzstrukturen.....	174
4.5.1.1	Netze in Linienstruktur	174
4.5.1.2	Netze in Stern- und Ringstruktur.....	174
4.5.1.3	Subnet als physikalische Netzstruktur	175
4.5.1.4	Domain als größte Netzstruktur	177
4.5.1.5	Erstellung der Netzstruktur.....	177
4.5.2	Telegrammstruktur.....	178
4.5.3	Buszugriffsverfahren und Signalcodierung	178
4.5.3.1	Prädiktives P-Persistent-CSMA-Verfahren.....	178
4.5.3.2	Differential-Manchester-Code.....	179
4.5.4	Logische Netzwerkstrukturen mit Netzwerkvariablen	179
4.5.4.1	Bedeutung der Netzwerkvariablen.....	180
4.5.4.2	Binding.....	181
4.5.4.3	Quittierungsprinzipien.....	181
4.5.5	Interoperabilität von LON-Geräten.....	182
4.5.5.1	Objekte und Funktionsprofile nach LonMark	183
4.5.5.2	Konfigurationsparameter.....	185
4.5.5.3	Standard-Netzwerkvariablen-Typen in der Gebäudeautomation	186
4.6	LonWorks-Tools	188
4.6.1	Entwicklerwerkzeuge LonBuilder und NodeBuilder.....	188
4.6.2	Inbetriebnahmewerkzeuge	188
4.6.2.1	LonWorks Network Services.....	189
4.6.2.2	Inbetriebnahmewerkzeug LonMaker	189
4.7	Systemstrukturen der LonWorks-Technologie	192
4.7.1	Gebäudeautomationssystem mit LON	192
4.7.2	Web-Anbindung von LON-Netzen	193
4.8	Applikationsbeispiele	194
4.8.1	Lichtsteuerung über LON.....	194
4.8.2	Lichtsteuerung mit Panikschtaltung über LON.....	196
4.9	Übungsaufgaben.....	198
4.10	Literatur	200
5	BACnet	201
5.1	Einführende Übersicht.....	201
5.1.1	Was ist BACnet?.....	201
5.1.2	BACnet-Organisationen.....	202
5.1.3	Einsatzgebiete.....	202
5.1.4	Grundkonzepte im Überblick	204
5.1.4.1	Arten von Information	204
5.1.4.2	Transportwege	204

5.1.4.3	Objekte.....	204
5.1.4.4	Kommunikationsarchitektur.....	205
5.2	Bitübertragungsschicht und Sicherungsschicht	207
5.2.1	Master-Slave/Token-Passing	207
5.2.1.1	Bitübertragungsschicht (EIA-485 und EIA-232)	207
5.2.1.2	Sicherungsschicht.....	210
5.2.2	Point-to-Point-Verbindung	211
5.2.2.1	Bitübertragungsschicht	211
5.2.2.2	Sicherungsschicht.....	211
5.2.3	Ethernet.....	212
5.2.3.1	Übertragung mit Twisted-Pair.....	212
5.2.3.2	Netzkomponenten (Repeater, Bridge, Hub, Switch).....	217
5.2.3.3	Übertragung mit Glasfasern.....	223
5.2.3.4	Strukturierte Verkabelung.....	227
5.2.3.5	Funkübertragung (Wireless LAN).....	228
5.2.3.6	Sicherungsschicht: Rahmenaufbau und MAC-Adresse	229
5.2.4	Attached Resource Computer Network (ARCNET)	230
5.2.5	LonTalk.....	231
5.3	Vermittlungsschicht.....	231
5.3.1	Aufgabe	231
5.3.2	Router	231
5.3.3	BACnet und das Internet Protocol (IP).....	233
5.3.3.1	IP-Adressen	233
5.3.3.2	Pfadermittlung.....	236
5.3.3.3	Paketaufbau	237
5.3.3.4	Subnetze.....	238
5.3.4	Transmission Control Protocol (TCP).....	240
5.3.5	User Datagram Protocol (UDP)	242
5.3.6	Protokolle für die Zuordnung von MAC- und IP-Adressen.....	242
5.3.6.1	Address Resolution Protocol (ARP)	243
5.3.6.2	Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP).....	243
5.3.7	Vernetzung von BACnets über das Internet	244
5.3.7.1	Tunneling Routing	244
5.3.7.2	BACnet/IP.....	245
5.4	Anwendungsschicht.....	246
5.4.1	Dateneinheit und Aufgaben.....	246
5.4.2	BACnet-Objektkonzept	247
5.4.2.1	Was ist ein Objekt?	247
5.4.2.2	Datentypen	248
5.4.2.3	Namenskonventionen und Adressvergabe	249
5.4.3	Standardisierte Objekte.....	250
5.4.3.1	Analog-Eingabe-Objekt	251

5.4.3.2	Analog-Ausgabe-Objekt.....	254
5.4.3.3	Analogwert-Objekt.....	254
5.4.3.4	Mittelwert-Objekt.....	254
5.4.3.5	Binär-Eingabe-Objekt.....	255
5.4.3.6	Binär-Ausgabe-Objekt.....	256
5.4.3.7	Binärwert-Objekt.....	256
5.4.3.8	Betriebskalender-Objekt.....	257
5.4.3.9	Gruppenauftrag-Objekt.....	257
5.4.3.10	Device-Objekt.....	258
5.4.3.11	Ereigniskategorie-Objekt.....	259
5.4.3.12	Datei-Objekt.....	260
5.4.3.13	Globales Gruppen-Objekt.....	260
5.4.3.14	Gefahrenmelder-Objekt.....	261
5.4.3.15	Sicherheitsbereich-Objekt.....	262
5.4.3.16	Regler-Objekt.....	262
5.4.3.17	Mehrstufige-Eingabe-Objekt.....	264
5.4.3.18	Mehrstufige-Ausgabe-Objekt.....	264
5.4.3.19	Mehrstufiger-Wert-Objekt.....	264
5.4.3.20	Meldungsklassen-Objekt.....	265
5.4.3.21	Programm-Objekt.....	266
5.4.3.22	Zeitplan-Objekt.....	267
5.4.3.23	Trend-Aufzeichnung-Objekt.....	267
5.4.3.24	Mehrfachtrend-Aufzeichnung-Objekt.....	268
5.4.3.25	Zählwert-Eingabe-Objekt.....	268
5.4.4	Dienste.....	269
5.4.4.1	Objektzugriff-Dienste.....	270
5.4.4.2	Alarm- und Ereignis-Dienste.....	270
5.4.4.3	Device- und Netzwerkmanagement-Dienste.....	274
5.4.4.4	Dateizugriff-Dienste.....	274
5.4.4.5	Virtual-Terminal-Dienste.....	275
5.4.5	Prozeduren.....	275
5.4.5.1	Datensicherung.....	275
5.4.5.2	Priorisierung von Aufträgen.....	275
5.5	BACnet-Geräte und Interoperabilität.....	277
5.5.1	Interoperabilitätsbereiche (IOB) und -bausteine.....	278
5.5.1.1	IOB Gemeinsame Datennutzung.....	278
5.5.1.2	IOB Alarm- und Ereignisverarbeitung.....	279
5.5.1.3	IOB Zeitplan.....	279
5.5.1.4	IOB Trendaufzeichnung.....	279
5.5.1.5	IOB Device- und Netzwerkmanagement.....	280
5.5.2	Device-Profile.....	280
5.5.2.1	BACnet Operator Workstation.....	280

5.5.2.2	BACnet Building Controller	281
5.5.2.3	BACnet Advanced Application Controller	282
5.5.2.4	BACnet Application Specific Controller	282
5.5.2.5	BACnet Smart Actuator und BACnet Smart Sensor	282
5.5.2.6	BACnet Router	283
5.5.3	Protokollumsetzungsbestätigung und BTL-Zeichen.....	283
5.6	Gateways zu anderen Systemen.....	283
5.7	Übungsaufgaben	285
5.8	Literatur.....	290