

Thomas Hansemann
Christof Hübner
Kay Böhnke



Gebäude- automation

Kommunikationssysteme mit
EIB/KNX, LON, BACnet und Funk



5., aktualisierte und erweiterte Auflage

HANSER

Disclaimer zur Barrierefreiheit

Der Carl Hanser Verlag unternimmt große Anstrengungen, um seine Produkte barrierefrei zu machen. Dazu gehört auch, dass Bilder oder Tabellen für blinde und sehbehinderte Menschen zugänglich gemacht werden. Dies geschieht durch zusätzliche beschreibende Texte (Alternativtexte), die in den Daten integriert sind. Die Alternativtexte können von assistiven Technologien (z. B. Screenreadern) vorgelesen werden. Bei der Erstellung dieser Texte kommt eine KI zum Einsatz. Die inhaltliche Verantwortung liegt weiterhin bei den Lektor:innen und Autor:innen.

Hansemann / Hübner / Böhnke
Gebäudeautomation



Ihr Plus – digitale Zusatzinhalte!

Auf unserem Download-Portal finden Sie zu diesem Titel kostenloses Zusatzmaterial.

Geben Sie dazu einfach diesen Code ein:

plus-mbunz-uyk1w

plus.hanser-fachbuch.de



Bleiben Sie auf dem Laufenden!

Hanser Newsletter informieren Sie regelmäßig über neue Bücher und Termine aus den verschiedenen Bereichen der Technik. Profitieren Sie auch von Gewinnspielen und exklusiven Leseproben. Gleich anmelden unter

www.hanser-fachbuch.de/newsletter

Thomas Hanseemann
Christof Hübner
Kay Böhnke

Gebäudeautomation

Kommunikationssysteme mit EIB/KNX, LON,
BACnet und Funk

5. aktualisierte und erweiterte Auflage

HANSER

Über die Autoren:

Prof. Dipl.-Ing. Thomas Hanseemann, Prof. Dr. Christof Hübner und Prof. Dr. Kay Böhnke sind alle an der Fakultät für Elektrotechnik der Technischen Hochschule Mannheim tätig.



Print-ISBN: 978-3-446-48287-6

E-Book-ISBN: 978-3-446-48443-6

Die allgemein verwendeten Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.

Alle in diesem Werk enthaltenen Informationen, Verfahren und Darstellungen wurden zum Zeitpunkt der Veröffentlichung nach bestem Wissen zusammengestellt. Dennoch sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Aus diesem Grund sind die im vorliegenden Werk enthaltenen Informationen für Autor:innen, Herausgeber:innen und Verlag mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Autor:innen, Herausgeber:innen und Verlag übernehmen infolgedessen keine Verantwortung und werden keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Weise aus der Benutzung dieser Informationen – oder Teilen davon – entsteht. Ebenso wenig übernehmen Autor:innen, Herausgeber:innen und Verlag die Gewähr dafür, dass die beschriebenen Verfahren usw. frei von Schutzrechten Dritter sind. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt also auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Die endgültige Entscheidung über die Eignung der Informationen für die vorgesehene Verwendung in einer bestimmten Anwendung liegt in der alleinigen Verantwortung des Nutzers.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

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

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Werkes, oder Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Einwilligung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder einem anderen Verfahren), auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung – mit Ausnahme der in den §§ 53, 54 UrhG genannten Sonderfälle –, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Wir behalten uns auch eine Nutzung des Werks für Zwecke des Text und Data Mining nach § 44b UrhG ausdrücklich vor.

© 2025 Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, München

Kolbergerstraße 22 | 81679 München | info@hanser.de

www.hanser-fachbuch.de

Lektorat: Dipl.-Ing. Natalia Silakova-Herzberg

Herstellung: Frauke Schafft, Agnes Thieml

Coverkonzept: Marc Müller-Bremer, www.rebranding.de, München

Covergestaltung: Thomas West

Titelmotiv: © ABB Group

Satz: Eberl & Koesel Studio, Kempten

Druck: CPI Books GmbH, Leck

Printed in Germany

Inhalt

Vorwort zur 5. Auflage	VII
1 Einführung in die Gebäudeautomation	1
1.1 Bedeutung der Gebäudeautomation	1
1.1.1 Automatisierungsfunktionen im privaten Wohnungsbau	1
1.1.2 Automatisierungssysteme in Zweckbauten	2
1.2 Gebäudeautomation vs. Gebäudesystemtechnik	4
1.2.1 Gewerke in der Gebäudeautomation	5
1.2.2 Gewerke in der Gebäudesystemtechnik	8
1.3 Strukturen	10
1.3.1 Hierarchische Struktur in der Gebäudeautomation	10
1.3.2 Hierarchische Struktur in der Gebäudesystemtechnik	13
1.4 Einsatz der DDC-Automationsgeräte	14
1.4.1 Grundfunktionen der Gebäudeautomation	14
1.4.2 Automationsschema	19
1.4.3 Funktionen innerhalb von Lüftungsanlagen	23
1.4.4 Liefer- und Leistungsumfang	26
1.5 Energiemanagementfunktionen	27
1.5.1 Amortisationszeit	28
1.5.2 Energiemanagementfunktionen auf der Automationsebene	28
1.5.3 Energiemanagementfunktionen auf der Managementebene	32
1.6 Komfort- und Energiemanagementfunktionen in der Raumautomation ..	36

1.7	Genormte Bussysteme und Netze in der Gebäudeautomation	38
1.7.1	Anforderungen	39
1.7.2	Einsatzgebiete	40
1.7.3	Stand der Normung	42
1.8	Übungsaufgaben	43
2	Grundlagen der industriellen Kommunikationstechnik	45
2.1	Industrielle Kommunikation	45
2.1.1	Kommunikation über Feldbusse	46
2.1.2	Kommunikation über Computernetze	47
2.2	Digitale Datenübertragung	47
2.2.1	Grundbegriffe	48
2.2.2	Digitales Datenübertragungssystem	52
2.2.3	Quellencodierung/-decodierung	53
2.2.4	Kanalcodierung/-decodierung	56
2.2.5	Leitungscodierung/-decodierung	60
2.3	Kommunikation gemäß des ISO/OSI-Referenzmodells	63
2.3.1	Datenübertragung und Kommunikation	63
2.3.2	Regeln zum Ablauf einer Kommunikation	64
2.3.3	Die Schichten des ISO/OSI-Referenzmodells	65
2.4	Feldbus- und Netztopologien	67
2.5	Kanalzugriffsverfahren	67
2.5.1	Kanalzugriff nach Zuteilung	68
2.5.2	Kanalzugriff nach Bedarf	68
2.6	Übungsaufgaben	69
3	Der Europäische Installationsbus KNX	71
3.1	Einführende Übersicht	71
3.1.1	Was ist KNX?	71
3.1.2	Historie des KNX	72
3.1.3	Der Nutzen von KNX	73
3.1.4	Motivation für die Beschäftigung mit dem KNX	74
3.2	Konventionelle Elektroinstallationstechnik	75
3.2.1	Sicherheitshinweise	75
3.2.2	Aufgabenstellung: Treppenhaus- und Flurbeleuchtung	76

3.2.3	Ausschaltung	77
3.2.4	Wechselschaltung	78
3.2.5	Kreuzschaltung	79
3.3	Überblick über den KNX	81
3.4	Übertragungsmedien und Eigenschaften von KNX TP	82
3.4.1	Übertragungsmedien	82
3.4.2	Kriterien für die Auswahl des Übertragungsmediums	83
3.4.3	Eigenschaften von KNX TP	83
3.5	Busgeräte	86
3.5.1	Typen und Ausführungsformen	86
3.5.2	Häufig eingesetzte Busgeräte	88
3.6	Topologie	90
3.6.1	Begriffsdefinition	90
3.6.2	Teilnehmer, Linien, Bereiche	91
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)	104
3.8	Kommunikationsobjekte	104
3.8.1	Begriffsdefinition	104
3.8.2	Eigenschaften von Kommunikationsobjekten	105
3.8.3	Kommunikationsobjekte von Sensorapplikationen	106
3.8.4	Kommunikationsobjekte von Aktorapplikationen	107
3.8.5	Zuordnung von Kommunikationsobjekten zu Gruppenadressen ..	108
3.9	Telegramme	111
3.9.1	Datentelegramme	112
3.9.2	Abfragetelegramm	116
3.9.3	Bestätigungsdiagramm	117
3.10	Kommunikationsablauf	117
3.10.1	Universal Asynchronous Receive Transmit (UART)	118

3.10.2	Busarbitrierung	119
3.10.3	Weiterleitung von Datentelegrammen	126
3.10.4	Datensicherung	127
3.10.5	Bestätigungstelegramme	128
3.10.6	Zeitlicher Ablauf der Kommunikation	130
3.11	Zusammenfassung der Telegrammstrukturen	132
3.11.1	Standarddatentelegramm	132
3.11.2	Bestätigungstelegramm	136
3.12	Hardware	136
3.12.1	„Äußere“ Hardware	137
3.12.2	„Innere“ Hardware	138
3.13	Software	141
3.13.1	Überblick	142
3.13.2	Softwarekomponenten eines Kompaktgeräts	142
3.13.3	Softwarekomponenten eines modularen Geräts	143
3.13.4	Systemsoftware	144
3.13.5	Anwendungsprogramme	145
3.13.6	Engineering Tool Software (ETS)	146
3.14	Virtuelles Beispielprojekt	149
3.15	Übungsprojekt Lichtsteuerung	151
3.15.1	Kundenauftrag	151
3.15.2	Benötigte Geräte	152
3.16	Projektierung	152
3.16.1	Vorüberlegungen	152
3.16.2	Starten der Projektierungssoftware ETS	154
3.16.3	Neues Projekt anlegen	154
3.16.4	Produktdaten importieren	154
3.16.5	Bereiche und Linien definieren, Geräte einfügen	155
3.16.6	Geräteparameter einstellen	156
3.16.7	Gruppenadressen anlegen	159
3.16.8	Kommunikationsobjekte den Gruppenadressen zuordnen	160
3.17	Inbetriebnahme	162
3.17.1	Programmierung der Geräte	162
3.17.2	Test der Lichtsteuerung	163
3.17.3	Diagnose/Busmonitoring	164

3.18	Trends im Umfeld des KNX	166
3.18.1	Touchscreens	166
3.18.2	Integration der Gebäudesystemtechnik in IP-Netze	167
3.18.3	Drahtlose Kommunikation mit KNX RF	168
3.19	Übungsaufgaben	170
4	Gebäudeautomation mit LonWorks	175
4.1	Technologischer Wandel in der Gebäudeautomation	175
4.2	Nutzen der LonWorks-Technologie	178
4.2.1	Einsatz in der Gebäudesystemtechnik	178
4.2.2	Einsatz der LON-Technik auf der Automationsebene	182
4.3	Historie der LonWorks-Technologie	183
4.3.1	Einsatzgebiete der LonWorks-Technologie	183
4.3.2	Organisationseinheiten	184
4.3.3	Normung	184
4.4	Grundlagen der LonWorks-Technologie	185
4.4.1	Elemente der LonWorks-Technologie	185
4.4.2	Aufbau und Funktionsweise eines LON-Knotens	188
4.5	Informationsübertragung zwischen LON-Geräten	198
4.5.1	Physikalische Netzstrukturen	198
4.5.2	Telegrammstruktur	203
4.5.3	Buszugriffsverfahren und Signalcodierung	203
4.5.4	Logische Netzwerkstrukturen mit Netzwerkvariablen	205
4.5.5	Interoperabilität von LON-Geräten	208
4.6	LonWorks-Tools	214
4.6.1	Entwicklerwerkzeuge LonBuilder und NodeBuilder	214
4.6.2	Inbetriebnahmewerkzeuge	215
4.7	Systemstrukturen der LonWorks-Technologie	219
4.7.1	Gebäudeautomationssystem mit LON	219
4.7.2	Web-Anbindung von LON-Netzen	220
4.8	Applikationsbeispiele	221
4.8.1	Lichtsteuerung über LON	221
4.8.2	Lichtsteuerung mit Panikschtaltung über LON	224
4.9	Übungsaufgaben	226

5	BACnet	229
5.1	Einführende Übersicht	229
5.1.1	Was ist BACnet?	229
5.1.2	BACnet-Organisationen	230
5.1.3	Einsatzgebiete	231
5.1.4	Grundkonzepte im Überblick	232
5.2	Bitübertragungsschicht und Sicherungsschicht	235
5.2.1	Master-Slave/Token-Passing	236
5.2.2	Point-to-Point-Verbindung	240
5.2.3	Ethernet	242
5.2.4	Attached Resource Computer Network (ARCNET)	263
5.2.5	LonTalk	263
5.3	Vermittlungsschicht	264
5.3.1	Aufgabe	264
5.3.2	Router	264
5.3.3	BACnet und das Internet Protocol (IP)	266
5.3.4	Transmission Control Protocol (TCP)	274
5.3.5	User Datagram Protocol (UDP)	277
5.3.6	Protokolle für die Zuordnung von MAC- und IP-Adressen	277
5.3.7	Vernetzung von BACnets über das Internet	279
5.4	Anwendungsschicht	282
5.4.1	Dateneinheit und Aufgaben	282
5.4.2	BACnet-Objektkonzept	283
5.4.3	Standardisierte Objekte	287
5.4.4	Dienste	308
5.4.5	Prozeduren	315
5.5	BACnet-Geräte und Interoperabilität	318
5.5.1	Interoperabilitätsbereiche (IOB) und -bausteine	318
5.5.2	Device-Profile	321
5.5.3	Protokollumsetzungsbestätigung und BTL-Zeichen	325
5.6	Gateways zu anderen Systemen	325
5.7	Weiterentwicklung von BACnet	326
5.8	Übungsaufgaben	327

6	Funksysteme in der Gebäudeautomation	333
6.1	Einführende Übersicht	333
6.2	Technische Merkmale	335
6.2.1	Reichweite und Topologie	335
6.2.2	Datenübertragungsrate und Latenzzeit	337
6.2.3	Energieversorgung	338
6.3	Funksysteme im Vergleich	338
6.3.1	Herstellerspezifische Funksysteme	338
6.3.2	Bluetooth	339
6.3.3	Wireless LAN (WLAN)	340
6.3.4	ZigBee	341
6.3.5	KNX RF	341
6.3.6	LON RF	342
6.3.7	EnOcean	342
6.3.8	Mobilfunk	342
6.3.9	LoRa und LoRaWAN	344
6.3.10	Weitere Funktechnologien	346
6.4	Anwendungsbeispiel	347
6.5	Übungsaufgaben	349
Index	351	

Vorwort zur 5. 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 in den letzten Jahren beständig weiterentwickelt 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,
- Funksysteme in der Gebäudeautomation.

Für die konstruktiven Rückmeldungen zu den ersten vier Auflagen bedanken wir uns bei allen Leserinnen und Lesern sehr herzlich. So konnten wir erfahren, dass unser Buch auch weiterhin an vielen Schulen, Berufsschulen, Fachhochschulen und Universitäten seinen Einsatz findet. Hierüber haben wir uns sehr gefreut.

Die verwendete Technik in der Gebäudeautomation unterliegt einem ständigen technischen und auch marktwirtschaftlichen Wandel. Neben kleineren Ergänzungen wurden in der vorliegenden 5. Auflage eine umfangreiche Aktualisierung des Kapitels zum Europäischen Installationsbus (KNX) mit der Anpassung an die neueste ETS-Software sowie der Überarbeitung der Telegrammstrukturen vorgenommen und ein virtuelles Schulungsmodell eingeführt. Da Funktechnik im Bereich der verwendeten Bussysteme immer häufiger zu finden ist, wurde ein zusätzliches Kapitel zu den gebräuchlichsten Funksystemen in der Gebäudeautomation ergänzt.

Beim Verfassen der Texte wurde möglichst eine geschlechtsneutrale Sprache verwendet. Sollte dies einmal nicht der Fall sein, so sind mit der im Text verwendeten Form stets alle Geschlechter gemeint.

Auf der Internetseite *plus.hanser-fachbuch.de* stehen die Lösungen der Übungsaufgaben zum Herunterladen bereit.

Mannheim, im Juni 2025

Thomas Hansemann

Christof Hübner

Kay Böhnke

1

Einführung in die Gebäudeautomation

1.1 Bedeutung der Gebäudeautomation

Im privaten Wohnungsbau wie auch im Zweckbau nimmt der Automatisierungsgrad seit Jahren stetig zu. Dies hat seinen Grund zum einen im gesteigerten Komfortbedürfnis der Nutzer, zum anderen in der Bedeutung der Gebäudeautomation für die Energieeinsparung und das Energiemanagement. Im privaten Wohnungsbau kommt der Aspekt der Sicherheit hinzu, im Zweckbau wird eine große Flexibilität im Hinblick auf Nutzungsänderungen erwartet.

1.1.1 Automatisierungsfunktionen im privaten Wohnungsbau

Im privaten Wohnungsbau ist mittlerweile eine Vielzahl von Automatisierungsfunktionen beinahe unbemerkt zum Standard geworden. Eine Selbstverständlichkeit sind insbesondere in die Heizungsanlagen integrierte Regelungsfunktionen, die den Energieverbrauch optimieren. Wird heutzutage eine neue Anlage installiert, so gehören eine ausgeklügelte Brennersteuerung und eine optimierte Raumtemperaturregelung dazu. In die Komponenten zur Temperaturregelung werden üblicherweise ab Werk auch bereits Zeitschaltprogramme zur Nachtabsenkung integriert. Diese Programme sind zur Selbstverständlichkeit geworden, weil sie für einen Großteil der Anwendungen bereits mit der Erstinbetriebnahme ohne weiteren Aufwand funktionieren. Hierbei steht der Aspekt der Energieeinsparung im Vordergrund.

Als weiteres Beispiel für eine Automatisierungsfunktion im privaten Wohnungsbau kann man die automatische Lichtsteuerung heranziehen. In vielen Fällen schaltet sich die Außenbeleuchtung von Wohnanlagen durch installierte Bewegungsmelder selbsttätig ein. Hier wird die Wärmestrahlung einer sich nähernden Person von ei-

nem Sensor erfasst und mit den Signalen eines Helligkeitssensors so kombiniert, dass sich das Licht dann nur bei ausreichender Dunkelheit einschaltet. Auch wenn es sich hierbei um eine vergleichsweise einfache Automatisierungsfunktion handelt, so zeigt sich doch die Kombination einer sogenannten Ereignissteuerung und einer logischen Verknüpfung. Bei diesem Beispiel steht der Aspekt des Komforts an erster Stelle.

Eine weitaus kompliziertere Funktion ergibt sich, wenn im Wohnhaus die zentrale Ein- oder Ausschaltung der gesamten Beleuchtung gewünscht wird. Versucht man einmal, eine derartige Aufgabe mit einer konventionellen Elektroinstallation zu lösen, so ist dies nur mit einem sehr hohen Verkabelungsaufwand umsetzbar. Hier zeigt sich, dass der Einsatz von Bussystemen und die damit verbundene Kommunikation zwischen allen Licht-schaltenden Komponenten ganz neue Möglichkeiten eröffnen. Der Einsatz einer zentralen Einschaltfunktion vom Schlafzimmer aus lässt sich so im Sinne einer Panikschtaltung bei nächtlichen Geräuschen im Wohnhaus mit vertretbarem Aufwand realisieren. Hierbei handelt es sich in erster Linie um eine Funktion zur Befriedigung des Sicherheitsbedürfnisses.

Zusammenfassend kann man feststellen, dass Automatisierungsfunktionen im privaten Wohnungsbau eine hohe Bedeutung in den Bereichen

- Wirtschaftlichkeit/Energieeinsparung,
 - Komfort,
 - Sicherheit
- erlangt haben.

1.1.2 Automatisierungssysteme in Zweckbauten

Unter Zweckbauten versteht man Gebäude, die einen funktionalen Sinn erfüllen. Hierunter fallen beispielsweise Bürohäuser, Einkaufszentren, Krankenhäuser, Bahnhöfe, Flughafenterminals oder auch Tiefgaragen. Diese Art von Bauten steht daher im deutlichen Gegensatz zu den Gebäuden des privaten Wohnungsbaus. Insbesondere kann ein Zweckbau als ein Produkt verstanden werden.

In den heutigen Gebäuden findet man eine Vielzahl von Automatisierungssystemen. Neben Anlagen zur Wärmeerzeugung sind häufig auch Kälte- und Lüftungsanlagen installiert, siehe Bild 1.1.

Damit all diese Anlagen wirtschaftlich zu betreiben sind, werden sie mit aufwendigen Regelungssystemen ausgestattet. Diese gewährleisten den reibungslosen Betrieb der einzelnen Anlagen und sind in vielen Fällen untereinander vernetzt sowie mit einem Leitrechner (siehe Bild 1.4) verbunden. Die Kommunikation erfolgt hierbei über Bussysteme und Computernetze. Der Energieverbrauch wird optimiert, und ein wirtschaftlicher Einsatz des Betreuungspersonals wird ermöglicht.

**Bild 1.1**

Lüftungsanlage in einem Zweckbau [ABB]

In Untersuchungen hat man festgestellt, dass die Leistungsfähigkeit von Mitarbeitern in einem behaglichen Umfeld am höchsten ist. Im Gegenzug sinkt die Leistungsfähigkeit erheblich, wenn die Mitarbeiter beispielsweise im Sommer zu hohen Temperaturen ausgesetzt sind. Dieses hat in neuen Zweckbauten dazu geführt, dass Büroräume immer häufiger mit einer Kühlung ausgestattet werden. Auch die Bedienung der Systeme im Büroraum hat sich zunehmend verändert. So lassen sich Jalousien oder Leuchten heutzutage auch direkt am Arbeitsplatz mithilfe eines Rechners bedienen. Beides steigert den Komfort und führt zu einer höheren Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter [STAUB01].

Eine weitere Anforderung an die Systeme im Zweckbau ergibt sich aus dem Nutzerverhalten. Die Ansprüche an die Raumaufteilung können sich aufgrund von Umstrukturierungen innerhalb der Firma verändern. Beispielsweise kann sich ein Bedarf nach mehreren kleinen Büroräumen statt eines bisherigen großen Konferenzraums ergeben. Hier müssen sowohl die bauliche Substanz als auch die betriebstechnische Ausstattung diese Änderung ermöglichen. Die Zuordnung der Lichtschalter zu den Leuchten beispielsweise wird dann nicht mehr durch eine Änderung der elektrischen Verkabelung, sondern durch eine Umprogrammierung von intelligenten Komponenten angepasst. Hierbei steht der Aspekt einer hohen Flexibilität im Vordergrund.

Zusammenfassend kann man festhalten, dass Gebäudeautomationssysteme im Zweckbau eine hohe Bedeutung in den Bereichen

- Wirtschaftlichkeit und Energieeinsparung,
 - Kommunikation über Bussysteme und Netze,
 - Komfort,
 - Flexibilität
- erlangt haben.

1.2 Gebäudeautomation vs. Gebäudesystemtechnik

Wenn die Rede von Automatisierungsfunktionen in Gebäuden ist, so stellt man fest, dass sowohl der Begriff Gebäudeautomation als auch der Begriff Gebäudesystemtechnik verwendet werden. Diese Begriffe erscheinen auf den ersten Blick gleichbedeutend. Jedoch gibt es Unterscheidungen abhängig von der Branche der am Gebäude beteiligten Firmen.

Zur Klarstellung der Begriffe trägt die Definition der Gebäudeautomation nach VDI bei:



Unter Gebäudeautomation werden alle Maßnahmen, Einrichtungen, Prozesse, Software und Dienstleistungen zur automatischen Steuerung und Regelung, Überwachung, Optimierung und Bedienung sowie für das Management zum zielsetzungsgerechten Betrieb der Technischen Gebäudeausrüstung verstanden. Die Gebäudeautomation ist damit das zentrale Werkzeug zum energieeffizienten und sicheren Betrieb der Gebäude selbst [VDI19].

Hieraus kann man ableiten, dass Gebäudeautomation als Oberbegriff zu verstehen ist und somit die Gebäudesystemtechnik mit einschließt.

Historisch gesehen hat die Gebäudeautomation zuerst Einzug in die Zweckbauten gehalten, da dort Gebäudelfunktionen automatisch ablaufen sollten. Es wurden auch die ersten aufwendigen Regelungen für Heizungs-, Kälte- und Lüftungsanlagen installiert. Die dabei eingesetzten, zentral angeordneten Regelbausteine (Bild 1.2) werden als DDC-Bausteine (DDC: Direct Digital Control) bezeichnet. Hier werden frei programmierbare Bausteine mit universellen Eingabe- und Ausgabefunktionen verwendet. Durch den Einsatz eines Leitrechners, auch Leitstand genannt, kann darüber hinaus die Bedienung und Überwachung vereinfacht sowie eine gewerkeübergreifende Vernetzung realisiert werden.



Bild 1.2

Ein typischer Regelbaustein (DDC-Baustein)
[TAC02]

Die Gebäudesystemtechnik hingegen ist ein spezielles Teilgebiet der Gebäudeautomation, das sich vorrangig auf die Elektroinstallation bezieht, wie die Definition nach VDI klarstellt:



Die Gebäudesystemtechnik beschreibt die Vernetzung von Systemkomponenten und Teilnehmern über einen Installationsbus zu einem auf die Elektroinstallation abgestimmten System, das Funktionen und Abläufe sowie deren Verknüpfung in einem Gebäude sicherstellt. Die Intelligenz ist auf die Komponenten verteilt. Der Informationsaustausch erfolgt direkt zwischen den Teilnehmern [VDI15].

Die Komponenten der Gebäudesystemtechnik, z. B. ein 4-fach-Jalousieaktor (Bild 1.3), haben ihren Einsatzort meist in Elektrounterverteilern, werden aber auch direkt neben den zu steuernden Baugruppen montiert.



Bild 1.3

Jalousiesteuerungskomponente der Gebäudesystemtechnik zur Montage im Verteilerschrank [Busch-Jaeger Elektro]

Die Komponenten weisen hierbei einen ab Werk festgelegten, begrenzten Funktionsumfang auf. Alle verwendeten Komponenten ergeben mit ihren Einzelfunktionen dann das Gesamtsystem. In der Gebäudesystemtechnik werden üblicherweise keine zentralen DDC-Bausteine zur Abarbeitung der Steuer- und Regelfunktionen benötigt.

1.2.1 Gewerke in der Gebäudeautomation

In der technischen Gebäudeausrüstung findet sich eine Vielzahl von Anlagen, die zum Betrieb des Gebäudes benötigt wird. Zu den wichtigsten betriebstechnischen Anlagen (BTA) gehören solche für die Versorgung mit Wärme, Kälte, Frischluft, Wasser und elektrischer Energie. Darüber hinaus existieren aber auch Anlagen zur Entsorgung, z. B. Hebeanlagen für das Abwasser. Je nachdem, welche Handwerksbetriebe diese Anlagen installieren, werden die Anlagen einem bestimmten Gewerk zugeordnet. Als Gewerk bezeichnet man handwerkliche oder bautechnische Arbeiten. Klassische Gewerke sind z. B. Maurer-, Klempner- oder Elektroarbeiten.

Ein Überblick der in der Gebäudeautomation zusammengefassten Gewerke kann der Tabelle 1.1 entnommen werden.

Tabelle 1.1 Gewerke in der Gebäudeautomation (GA)

Gewerk	Üblicherweise in die GA integriert	Zunehmend in die GA integriert	Wahlweise mit DDC-Bausteinen oder Komponenten der Gebäudesystemtechnik gesteuert/ geregelt
Heizung	x		x
Kälte	x		x
Lüftung	x		x
Elektroversorgung	x		
Lichtsteuerung	x		x
Beschattung/Jalousie	x		x
Sanitär	x		x
Brandmeldezentrale	x		
Einbruchmeldeanlage		x	
Zutrittskontrolle		x	
Videoüberwachung		x	
Netzwerktechnik		x	
Multimedia		x	
Aufzüge		x	
Telefonanlagen		x	
Wartungsmanagement		x	
Abrechnungssysteme		x	
Facility-Management		x	

Da heutzutage die Funktionsabläufe im Sinne der Wirtschaftlichkeit automatisch erfolgen sollen, sind Regel- und Steuerbausteine notwendig. Für einen Teil der Gewerke stellt der Lieferant die für die Gebäudeautomation erforderlichen DDC-Bausteine zur Verfügung. Er ist dann für die Mess-, Steuer- und Regeltechnik (MSR-Technik) dieser Gewerke verantwortlich. Vorrangig handelt es sich hierbei um Heizungs-, Kälte- und Lüftungsanlagen (HKL-Anlagen), die man häufig auch als MSR-Anlagen bezeichnet.

Die Gebäudeautomation übernimmt eine koordinierende und zusammenfassende Rolle. Die für eine informationstechnische Zusammenfassung nötige Einbindung der Gewerke kann dabei auf drei Arten erfolgen:

1. Die Gewerke werden über die für die Regelung eingesetzten DDC-Bausteine und Komponenten der Gebäudesystemtechnik eingebunden. Dies ist bei den Gewerken Heizung, Kälte und Lüftung wie auch der Licht- und Beschattungssteuerung üblich.
2. Die Einbindung kann über spezielle DDC-Bausteine ohne Regelungsfunktionen erfolgen. Hierbei handelt es sich um Bausteine, die nur Eingabe- und Ausgabefunktionen bereitstellen. Dies ist bei Gewerken üblich, die über eigene Automatisierungsmechanismen verfügen. Die Aufschaltung der Informationen aus den Gewerken Sanitär und Elektroversorgung wird in dieser Weise ausgeführt.
3. Es erfolgt eine direkte Kopplung zwischen dem betroffenen Gewerk und dem Leitreechner der Gebäudeautomation. Sind die zu übertragenden Informationen sehr umfangreich oder das aufzuschaltende Gewerk verfügt über einen eigenen Rechner, so bietet sich diese Möglichkeit an. Hierbei wird die Datenübertragung anstelle von vielen drahtgebundenen Einzelinformationen über ein Bussystem oder ein Netz hergestellt. Dies ist beispielsweise für die Aufschaltung von unterlagerten Videosystemen oder überlagerten Abrechnungssystemen üblich.

In jedem Fall ist es bei der Ausführung besonders wichtig, dass die Schnittstelle zwischen den betriebstechnischen Anlagen der einzelnen Gewerke sowohl datentechnisch als auch logistisch genau beschrieben wird.

Die Gebäudeautomation fügt dabei alle Gewerke informationstechnisch zusammen und ermöglicht eine zentrale Überwachung über einen in der Managementebene installierten Leitreechner (Bild 1.4), der mit den Geräten auf der Automationsebene und ggf. weiteren Rechnern auf der Managementebene in Verbindung steht. Bei älteren Systemen übernahm der Leitreechner dabei zusätzlich auch Regelfunktionen, die heute ausschließlich durch die DDC-Automationsgeräte abgedeckt werden. Derartige Ausführungen bezeichnete man mit dem Begriff Gebäudeleittechnik GLT.

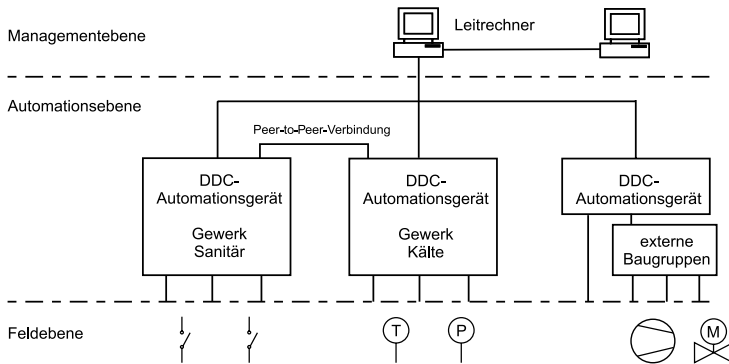


Bild 1.4 Informationstechnische Zusammenfassung der Gewerke in der Gebäudeautomation

Die örtliche Zusammenfassung gleicher Gewerke z. B. in einer Technikzentrale wird als Automationsschwerpunkt (ASP) oder Informationsschwerpunkt (ISP) bezeichnet. Sollen auch zwischen den einzelnen Gewerken Informationen ausgetauscht werden, so erfolgt dies im Allgemeinen direkt auf der Automationsebene. Die nötigen Informationen werden über sogenannte Peer-to-Peer-Verbindungen bereitgestellt. Diese sind als logische Verknüpfungen zu verstehen; sie nutzen physikalisch die Bus- oder Netzverbindungen.

Eine weitere Besonderheit stellt die rechts unten gezeigte externe Baugruppe dar. Hier bleiben die regelungstechnischen Aufgaben im zugehörigen DDC-Automationsgerät erhalten, die angeschaltete Baugruppe arbeitet jedoch bereits einen Teil der Aufgabe selbstständig ab. Zu den Beispielen zählen die einem großen Ventilator vorgeschalteten Frequenzumrichter zur Drehzahlbeeinflussung des antreibenden Motors oder aber auch elektronische Zähler zur Erfassung von Energieverbräuchen. In jedem Fall erfolgt die Anbindung der externen Baugruppe an das DDC-Automationsgerät dann typischerweise über eine Busverbindung.

1.2.2 Gewerke in der Gebäudesystemtechnik

Die Gebäudesystemtechnik (GST) stellt einen kleinen Ausschnitt der Gebäudeautomation dar. Hierbei sind die Anwendungen vorrangig in der Ausstattung einzelner Räume zu finden und übernehmen dann die Funktion der sogenannten Raumautomation, siehe Tabelle 1.2.

Tabelle 1.2 Gewerke in der Gebäudesystemtechnik (GST)

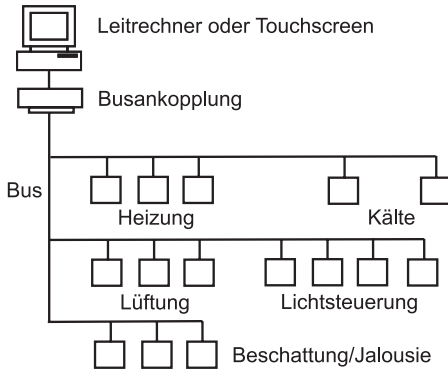
Gewerk	Raumautomation mit Komponenten der GST möglich
Heizung, Kühlung, Lüftung	x
Lichtsteuerung	x
Beschattung/Jalousie	x

Es handelt sich um einen örtlich begrenzten Anwendungsfall, bei dem alle in einem Raum befindlichen Anwendungen automatisiert werden. Man spricht daher auch von einer Einzelraumregelung. Die Komponenten der GST stellen dabei im Verbund alle Funktionen sicher, die einen komfortablen und energiesparenden Aufenthalt im Raum ermöglichen. Durch die Verteilung der Funktionen auf die einzelnen Komponenten der GST sind bei dieser Lösung prinzipiell keine zentralen DDC-Bausteine für einen Raum nötig. Jeweils für den Anwendungsfall ab Werk vorprogrammierte Einzelkomponenten übernehmen eine spezielle Aufgabe. Beispielsweise wird die Erfassung der Tastersignale zum Lichteinschalten über einen intelligenten, prozessorgesteuerten Taster mit eigenem Busanschluss vorgenommen. Zur Befehlsausführung wird eine weitere Komponente verwendet, ein intelligenter, prozessorgesteuerter Schaltaktor (siehe z. B. Bild 1.5). Dieser wird wahlweise in unmittelbarer Nähe des Leuchtmittels oder in einem Verteilerschrank montiert.

**Bild 1.5** GST-Schaltaktor zur Zwischendeckenmontage [ELKA]

Auch für die Ansteuerung von Raumheizkörpern gibt es derartige Systemkomponenten. Ein elektronischer Stellantrieb wird dabei am Heizkörper montiert und über das Bussystem mit dem in der Nähe der Tür angebrachten Temperatursensor verbunden. Die Besonderheit dieser Lösung liegt in der einfachen Verknüpfung der gewerkeübergreifenden Funktionen. So kann ein im Raum zusätzlich befestigter Präsenzmelder beim Verlassen des Raums durch den Nutzer sowohl die Beleuchtung ausschalten als auch die Raumtemperatur automatisch absenken. Die Abarbeitung der Automatisierungsfunktionen erfolgt dabei nicht durch einen zentralen DDC-Regelbaustein, sondern unmittelbar durch die GST-Komponenten.

Ein Überblick über die in einem Raum durch die Gebäudesystemtechnik zusammengefassten Gewerke kann Bild 1.6 entnommen werden.

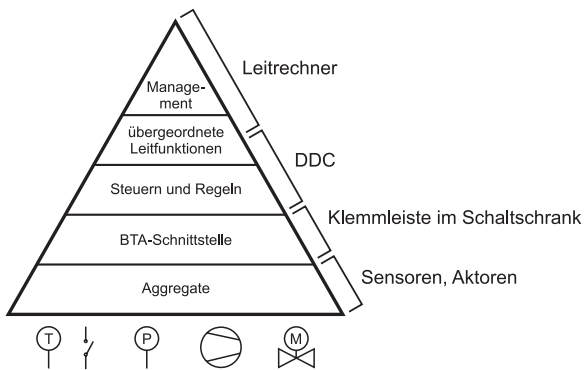
**Bild 1.6**

Gewerke eines Raums unter Berücksichtigung intelligenter Einzelkomponenten der Gebäudesystemtechnik

1.3 Strukturen

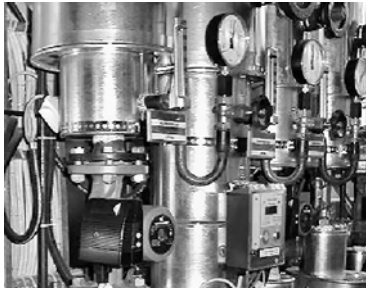
1.3.1 Hierarchische Struktur in der Gebäudeautomation

Bei Automatisierungssystemen sind die für die Abarbeitung von Steuer- und Regelfunktionen notwendigen Komponenten hierarchisch strukturiert. In Bild 1.7 ist eine in der Gebäudeautomation häufig anzutreffende Struktur dargestellt, welche aus fünf Ebenen besteht.

**Bild 1.7** Hierarchische Struktur in der Gebäudeautomation (5-Ebenen-Modell)

In unmittelbarer Nähe zum Prozess finden sich die für die Erfassung der Systeminformationen notwendigen Sensoren. In der Gebäudeautomation können dies Temperatursensoren und Durchflussmesser, aber auch Geräte zur Zustandserfassung, wie z. B. Frostschutzwächter, sein. Darüber hinaus finden sich hier Aktoren, die der Regelung eine Befehlsausgabe an die betriebstechnischen Anlagen (BTA) ermöglichen. Bei einer

Lüftungsanlage wären es beispielsweise Ventile zur Regulierung der Durchflussmenge des Heizkreislaufs oder auch Stellantriebe zur Verstellung der Klappen für den Außenluftanteil. Die als Aggregate bezeichneten Sensoren und Aktoren sind, wie in Bild 1.8 dargestellt, unmittelbar an den Anlagen montiert.

**Bild 1.8**

Sensoren und Aktoren einer Lüftungsanlage [ABB]

Die Verbindung zu den zur Steuerung und Regelung eingesetzten DDC-Bausteinen erfolgt drahtgebunden. Einer Zustandsmeldung oder einem Sensorsignal entspricht jeweils ein Adernpaar. Der Montageort für die DDC-Bausteine befindet sich in einem Schaltschrank (Bild 1.9), der in unmittelbarer Nähe zu den betriebstechnischen Anlagen aufgestellt ist. Durch diese Nähe sollen die notwendigen Leitungslängen reduziert werden. Sie betragen allein bei einer üblichen Lüftungsanlage im Zweckbau insgesamt etwa 1,2 km für 40 notwendige Informationen von oder zu der Lüftungsanlage. Im Schaltschrank befindet sich eine Klemmleiste zur Aufnahme der Leitungen. Diese Klemmleiste stellt die Verbindung zur betriebstechnischen Anlage (BTA) her, sie wird als BTA-Schnittstelle bezeichnet.

**Bild 1.9**

Klemmleiste und DDC-Bausteine im Schaltschrank [ABB]

Die im Schaltschrank montierten DDC-Bausteine stellen den automatischen Betrieb der Anlage sicher. Es werden alle Steuerungs- und Regelfunktionen autark abgearbei-

tet. Eine Verbindung zu einem übergeordneten Leitrechner ist prinzipiell nicht notwendig.

Bereits auf dieser Ebene sind in der Software der Regelbausteine Funktionen für einen energiesparenden Betrieb enthalten. So kann bei einer Lüftungsanlage z. B. eine optimale Stellung der Klappen für den Außenluftanteil in Abhängigkeit der Außentemperatur und der Anforderungen des zu belüftenden Raums eingestellt werden. Derartige Funktionen sind aber auf diese eine Anlage beschränkt. Sind zusätzliche Leitfunktionen für eine übergeordnete Steuerung gewünscht, so übernimmt ein für diesen speziellen Zweck optimierter DDC-Baustein die übergeordneten Leitfunktionen. Das bietet sich an, wenn alle zu steuernden Anlagen örtlich begrenzt beieinanderstehen und hierzu keine stetige Anpassung durch den Betreiber des Gebäudes notwendig ist.

Alternativ dazu ist die Abarbeitung der übergeordneten Leitfunktionen auch durch einen als Managementsystem eingesetzten Leitrechner möglich. Da hier die Informationen aus allen aufgeschalteten Gewerken zusammenlaufen, können auch gewerkeübergreifende Funktionen hinterlegt werden. Ein typisches Beispiel hierfür ist ein den Betriebszeiten des Gebäudes angepasstes Zeitschaltprogramm für das morgendliche Anfahren und das abendliche Abschalten aller Anlagen. Neben diesem Einsatzzweck stellt der Leitrechner alle zum Management des Gebäudes nötigen Programme bereit. Auf ihm sind sämtliche Ereignis- und Alarmprotokollierungen, Messwertarchivierungsfunktionen und grafischen Darstellungen der Zustände der betriebstechnischen Anlagen verfügbar (Bild 1.10).

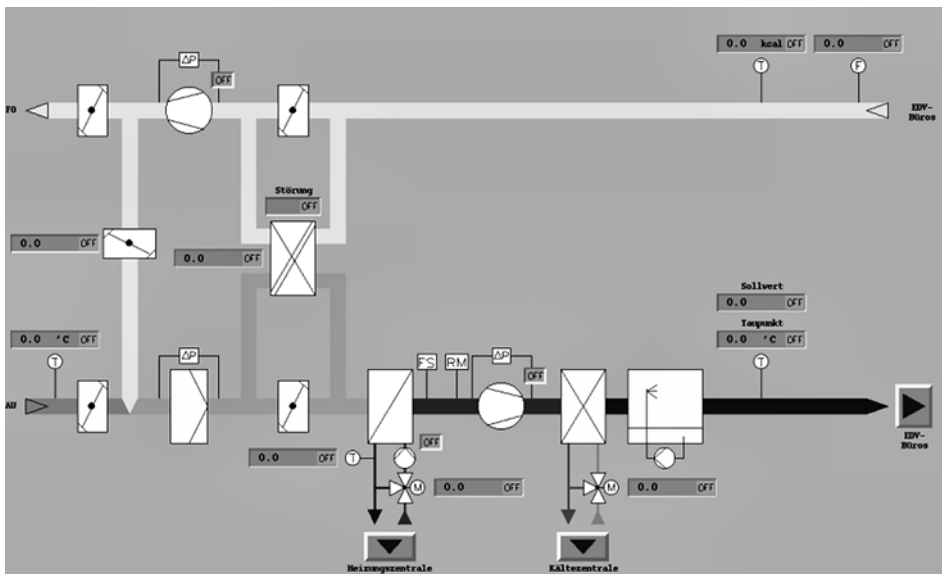


Bild 1.10 Darstellung einer Lüftungsanlage auf einem Leitrechner

Darüber hinaus kann auch die Weiterleitung von Informationen zu anderen Rechnersystemen erfolgen. So können beispielsweise Werte von Energie- und Verbrauchszählern an übergeordnete Abrechnungssysteme weitergegeben werden oder Wartungsinformationen an Facility-Managementsysteme.

1.3.2 Hierarchische Struktur in der Gebäudesystemtechnik

Beim Einsatz von Komponenten der Gebäudesystemtechnik ergibt sich eine besondere Situation: Durch die Kombination des eigentlichen Sensors in einem Gehäuse mit integriertem Prozessor und Busanschluss werden die unteren Ebenen des Gebäudeautomationsmodells (Bild 1.7) zu einer einzigen zusammengefasst, sodass eine hierarchische Struktur mit drei Ebenen entsteht (Bild 1.11).

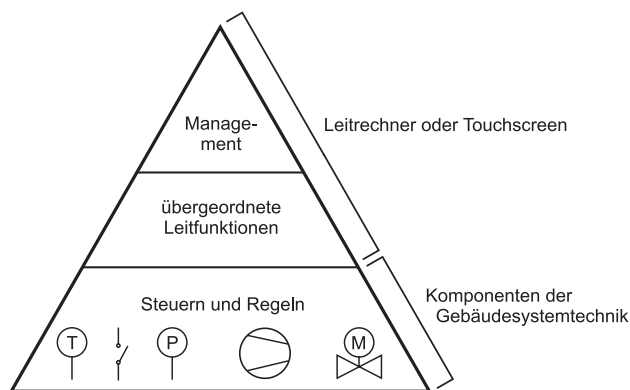


Bild 1.11 Besondere hierarchische Struktur in der Gebäudesystemtechnik (3-Ebenen-Modell)

Bei der in Bild 1.12 dargestellten Systemkomponente, einer Kombination aus 5-fach-Tastsensor und Raumtemperaturregler, befindet sich beispielsweise der Sensor unmittelbar im Gerät und gibt seinen Temperaturwert an den sich ebenfalls darin befindlichen Prozessor zur Bearbeitung weiter. Zusätzlich lässt sich ein programmierbarer Sollwert für die Raumtemperatur einstellen und beeinflussen. Der 5-fach-Tastsensor in Bild 1.12 kann z. B. Schalt-, Dimm-, Jalousie-, Wert- oder Lüftungstelegramme an Aktoren senden. Die oberen drei Wippen sind zur Bedienung des Raumtemperaturreglers vorgesehen. Die unteren beiden Wippen können optional zur Steuerung von Lichtszenen dienen. Im integrierten Display können folgende Informationen angezeigt werden: aktuelle Raumtemperatur, Sollwert, Betriebsart. Hierdurch ist die in Bild 1.7 gezeigte BTA-Schnittstelle nach außen nicht sichtbar. Weiterhin erfolgt die Steuer- und Regelfunktion unmittelbar durch den im Gerät eingebauten Mikrocon-

troller. Die Temperaturregelung geschieht sofort durch Vergleich mit dem eingestellten Sollwert, und das Ausgangssignal des Reglers wird über eine Busverbindung an den am Heizkörper montierten elektronischen Stellantrieb ausgegeben.



Bild 1.12

Temperatursensor mit Sollwertsteller und Regelungsfunktion (5-fach-Tastsensor und Raumtemperaturregler Busch-triton®) in der Gebäudesystemtechnik [Busch-Jaeger Elektro]

1.4 Einsatz der DDC-Automationsgeräte

In diesem Abschnitt werden die Ein-/Ausgabe-Funktionen der DDC-Automationsgeräte in der Gebäudeautomation im Einzelnen erläutert. Anhand einer Lüftungsanlage wird dann die Zuordnung des Gerätes zu einer betriebstechnischen Anlage exemplarisch dargestellt. Den Abschluss bildet eine Übersicht des bei einer schlüsselfertigen Anlage üblichen Lieferungs- und Leistungsumfangs.

1.4.1 Grundfunktionen der Gebäudeautomation

Die DDC-Automationsgeräte haben die Aufgabe, die in (siehe Abschnitt 1.2.1) aufgezeigten Gewerke eigenständig zu überwachen, zu steuern und zu regeln. Hierzu werden die Informationen aus dem Gewerk mittels Sensoren, Aktoren und Aggregaten, an die DDC angebunden. Diese Anbindung ist prinzipiell per Draht, man spricht dann von einer physikalischen Anbindung, oder per Bus, man spricht dann von einer kommunikativen Anbindung, möglich. Die benötigte Menge der erforderlichen Ein-/Ausgabe-Funktionen des DDC-Automationsgerätes ist stark abhängig von der Größe der anzubindenden betriebstechnischen Anlage. Andererseits sind die Sensoren und Aktoren sehr verschiedenartig, sodass auch eine Anpassung des Automationsgerätes an die unterschiedlichen Signalformen berücksichtigt werden muss.

Die Zuordnung dieser Funktionen und deren Anzahl zu den betriebstechnischen Anlagen erfolgt mittels der in Bild 1.13 gezeigten Funktionsliste nach VDI 3814 Blatt 4 bzw. EN ISO 16484. In der VDI 3814 finden sich auch ergänzende Angaben zur Struktur von Kennzeichnungs- und Adressierungssystemen sowie weitere Listen, die auch objektorientierten Verarbeitungen innerhalb der DDC-Automationsgeräte Rechnung tragen. Eine solche Funktionsliste wird auch als Informationsliste oder Datenpunktliste bezeichnet. Sie beschreibt in den Spalten 1–5 des Abschnitts 1, welche physikalischen Ein-/Ausgabefunktionen die erforderlichen DDC-Automationsgeräte aufweisen sollen. Die dort aufgeführten Funktionen bezeichnet man als Grundfunktionen. Die in Abschnitt 2 aufgeführten Funktionen beziehen sich darauf, dass die Anbindung der erforderlichen Sensoren und Aktoren nicht einzeln per Draht, sondern per Bus erfolgt. Aus Kostengründen erfolgt die Anbindung der einzelnen Signale meistens per Draht.

In den weiteren Spalten der Funktionsliste werden die in der DDC vorzusehenden Verarbeitungsfunktionen zur Überwachung, Steuerung, Regelung und Optimierung aufgeführt (Abschnitt 3 bis 6). In Abschnitt 6 finden sich beispielsweise viele der in Abschnitt 1.5 beschriebenen Energiemanagementfunktionen wieder. Den Abschluss bilden die hinteren Spalten für die Management- und Bedienfunktionen auf dem Leitrechner (Abschnitt 7 bis 8) [Balow12].

[illegible]

Bild 1.13 Funktionsliste nach VDI 3814 Blatt 4 bzw. EN ISO 16484

1.4.1.1 Grundfunktion Melden

Die Grundfunktion Melden dient der Zustandserfassung von Informationen aus der betriebstechnischen Anlage. Die dazugehörigen Eingänge der DDC-Automationsgeräte werden wahlweise mit den Begriffen Binäreingang (BE), Digitaleingang (DE), Binary Input (BI) oder Digital Input (DI) abgekürzt.

Bei der Funktion Melden werden grundsätzlich zwei Arten von Meldungen unterschieden. Zustands- und Wartungsmeldungen werden mittels eines in Bild 1.14 gezeigten Schließer-Kontaktes erfasst. Da dieser Kontakt im Normalzustand geöffnet ist, bezeichnet man die Schaltung auch als *normally open* (n.o.).



Bild 1.14

Grundfunktion Melden mittels Schließer-Kontakt
(*normally open*)

Besonders wichtige Informationen wie Störungs- und Alarmmeldungen werden mittels eines in Bild 1.15 gezeigten Öffner-Kontaktes erfasst. Da dieser Kontakt im Normalzustand geschlossen ist, bezeichnet man die Schaltung auch als *normally closed* (n.c.). Der Vorteil liegt hierbei in einer zusätzlichen Drahtbruchüberwachung, die dann ebenfalls zu einem Alarm führt.

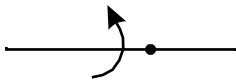


Bild 1.15

Grundfunktion Melden mittels Öffner-Kontakt
(*normally closed*) zur Drahtbruchüberwachung

1.4.1.2 Grundfunktion Zählen

Die Grundfunktion Zählen dient der Erfassung von Zählwerten wie z. B. für elektrische Energiezähler, Wasserzähler oder auch Wärmemengenzähler. Bei den dazugehörigen Eingängen der DDC-Automationsgeräte handelt es sich um spezielle Binäreingänge, die geräteintern mit einer Umrechnungsfunktion ausgestattet sind. Hier werden die von den Zählern über potenzialfreie Kontakte bereitgestellten Impulse erfasst und in Energiewerte umgerechnet. Typische Elektrozähler liefern z. B. 9 Impulse je kWh, die dann zur Energieerfassung und zu Abrechnungszwecken weiter verarbeitet werden können.

Der Nachteil bei der Erfassung von Zählwerten durch eine physikalische Drahtverbindung liegt darin, dass bei einer Unterbrechung durch Drahtbruch eine Abweichung zwischen dem auf dem eigentlichen Zähler angezeigten Wert und dem durch die DDC erfassten Wert auftreten kann. In diesem Fall muss dann ein Abgleich innerhalb des DDC-Programms erfolgen. Daher wird die Grundfunktion Zählen meist über eine kommunikative Verbindung mittels elektronischer Zähler mit Busanschluss realisiert (vgl. Bild 1.4 unten rechts). Sollte es hierbei zu einer Unterbrechung des Signalweges kommen, so aktualisiert sich das System anschließend wieder selbstständig.

1.4.1.3 Grundfunktion Messen

Die Grundfunktion Messen dient der Erfassung stetiger, analoger Messsignale aus der betriebstechnischen Anlage. Die dazugehörigen Eingänge der DDC-Automationsgeräte werden wahlweise mit den Begriffen Analogeingang (AE) oder Analog Input (AI) abgekürzt.

Bei der Funktion Messen werden grundsätzlich zwei Arten von Messungen unterschieden. Zum einen gibt es Sensoren, die geräteintern elektronische Bauelemente zur Umsetzung der erfassten physikalischen Größen besitzen. Zu dieser Kategorie gehören beispielsweise Sensoren zur Erfassung der relativen Feuchte im Raum. Die relative Feuchtigkeit kann nicht direkt gemessen werden, daher beinhalten solche Sensoren Schwingkreise mit feuchteempfindlichen Kondensatoren. Dieses Signal wird dann in eine der relativen Feuchtigkeit entsprechende elektrische Größe umgerechnet. Das DDC-Automationsgerät verarbeitet die Ausgangssignale solcher Sensoren dann als aktive Signale.

Das Gerät ist in der Lage, die beiden aktiven Signale

- 0/4–20 mA und
- 0/2–10 V

zu verarbeiten. Die wählbare Wertebereichseinschränkung nach unten dient zur Überwachung von Drahtbrüchen. Der Messbereich 0/2–10 V ist in der Gebäudeautomation weit häufiger vertreten. Signale mit einem Messbereich von 0/4–20 mA sind eher in der Industrieautomation üblich.

Die häufigsten Messwerte in der Gebäudeautomation stellen jedoch die Temperaturwerte dar. Aufgrund der Vielzahl der dafür nötigen Sensoren wird diese Messgröße aus Kostengründen an den Eingängen der DDC-Automationsgeräte in Zweileitertechnik als passives Signal erfasst. Hierzu erfolgt durch das Automationsgerät eine Widerstandsmessung im Bereich von 0–2000 Ω mit geräteinterner Umrechnung in den entsprechenden Temperaturwert. Bei dem in der Gebäudeautomation am häufigsten eingesetzten Temperatursensor handelt es sich um einen Pt-1000-Sensor. Dieser Platin-Sensor hat bei 0 °C einen Widerstandswert von genau 1000 Ω . Bei Temperaturen oberhalb des Gefrierpunktes nimmt der Widerstandswert dann um 3,85 Ω je Kelvin zu, bei Temperaturen unterhalb des Gefrierpunktes nimmt er entsprechend ab.

Bei der Grundfunktion Messen erfolgt in der DDC automatisch eine Überwachung von Grenzwertverletzungen mit 2 oberen und 2 unteren einstellbaren Werten.

1.4.1.4 Grundfunktion Schalten

Die Grundfunktion Schalten dient der Ansteuerung von z. B. Motoren, Ventilatoren oder Pumpen in der betriebstechnischen Anlage. Die dazugehörigen Ausgänge der DDC-Automationsgeräte werden wahlweise mit den Begriffen Binärausgang (BA), Digitalausgang (DA), Binary Output (BO) oder Digital Output (DO) abgekürzt. Bei der Funktion Schalten werden grundsätzlich zwei Arten von Signalausgaben unterschieden.

Zum einen kann ein Aggregat per Impulsbefehl angesteuert werden. Hier wird dann ein Ausgangssignal zum Einschalten, ein weiteres Ausgangssignal zum Ausschalten des Aggregats verwendet. Zusätzlich ist innerhalb des Schaltschranks noch eine Selbsthalteschaltung vorzusehen.

Zum anderen kann ein Aggregat per Dauerbefehl angesteuert werden. Solange der im DDC-Automationsgerät enthaltene Ausgangskontakt geschlossen ist, bleibt das zu schaltende Aggregat eingeschaltet; fällt das Ausgangssignal ab, so wird das Aggregat abgeschaltet. Diese Methode spart einen Ausgangskontakt sowie die sonst erforderliche Selbsthalteschaltung im Schaltschrank und wird daher meist bevorzugt.

Bei der Grundfunktion Schalten ist zu berücksichtigen, dass mit Ausnahme bei sehr kleinen Aggregaten zu jedem Schaltbefehl eine Rückmeldung zur Ausführungskontrolle sowie eine Störungsmeldung von z. B. der Motorschutzeinrichtung gehört.

1.4.1.5 Grundfunktion Stellen

Die Grundfunktion Stellen dient der Ausgabe von stetigen und nicht-stetigen Signalen.

Die Ausgabe von stetigen Signalen wird beispielsweise zur Ansteuerung von Heiz- und Kühlventilen oder auch stufenloser Motoren mittels Frequenzumrichter in der betriebstechnischen Anlage genutzt. Die dazugehörigen Ausgänge der DDC-Automationsgeräte werden wahlweise mit den Begriffen Analogausgang (AA) oder Analog Output (AO) abgekürzt. Hierzu können die Signale

- 0/4 – 20 mA und
- 0/2 – 10 V an den Anschlüssen des DDC-Gerätes ausgegeben werden.

Die in der Gebäudeautomation verwendeten Aktoren verarbeiten vorrangig das Spannungssignal.

Eine Besonderheit stellt die Ausgabe von nicht-stetigen Signalen dar. Diese Funktion wird beispielsweise zur Ansteuerung mehrstufiger Ventilatoren verwendet. Die Grundfunktion Stellen verwendet dazu die bereits bei der Grundfunktion Schalten vorgestellten Binärausgänge (BA). Für einen 2-stufigen Ventilator mit den Stufen 0-I-II sind dann bei einer Ansteuerung per Impulsbefehl insgesamt drei Binärausgänge nötig.

1.4.2 Automationsschema

Die planerische Zuordnung der Grundfunktionen zu den Gewerken erfolgt durch die Kombination aus der oben beschriebenen Funktionsliste sowie dem in Bild 1.16 gezeigten Automationsschema. Ein solches Schema wird auch als Regelschema oder Anlagen-Information-Schema bezeichnet. In diesem Fall ist das Automationsschema einer Mischluft-Lüftungsanlage abgebildet. Die Informationen unterhalb der Doppellinie geben schematisch die Regelaufgaben für das DDC-Automationsgerät wieder, unten rechts ist zusätzlich die Regelsequenz des Temperaturreglers RE1 für die Raumtemperaturregelung abgebildet. Auf die dargestellten Aufgaben wird in Abschnitt 1.4.3 eingegangen.

Richtungspfeile, die nach oben in die betriebstechnische Anlage weisen, stellen Ausgangssignale dar. Richtungspfeile, die nach unten weisen, stellen Eingangssignale für das DDC-Automationsgerät dar. Die auf der Doppellinie abgebildeten Buchstaben sind in der Regelungstechnik gebräuchliche Abkürzungen für die Ein-/Ausgabe-Funktionen:

- Meldungen werden mit dem Buchstaben E,
- Messwerte werden mit dem Buchstaben X,
- Stellsignale werden mit dem Buchstaben Y und
- Schaltbefehle werden mit dem Buchstaben A versehen.

Das Stellsignal für das Erhitzerventil wird dann wie in der rechts unten zu erkennenden Regelsequenz mit Y_{Hz} gekennzeichnet.

Damit alle Ein-/Ausgabe-Funktionen den Aggregaten auch zugeordnet werden können, befinden sich neben den im Automationsschema eingezeichneten Sensoren und Aktoren jeweils eine fortlaufende Nummerierung. Diese findet ihre Entsprechung in den fortlaufenden Zeilen der Funktionsliste. Mit der Nummer 2 ist beispielsweise ein Meldekontakt beschriftet. Aus der Symbolik ist erkennbar, dass es sich hierbei um einen Schließerkontakt handelt, die vorrangige Informationsrichtung ist aus der betriebstechnischen Anlage heraus in das DDC-Automationsgerät. In diesem Fall handelt es sich um einen in der Anlage angebrachten Vorort-/Fern-Schalter, der einen Handbetrieb bei gleichzeitiger Abschaltung der automatischen Regelung z. B. bei Testläufen ermöglichen soll.

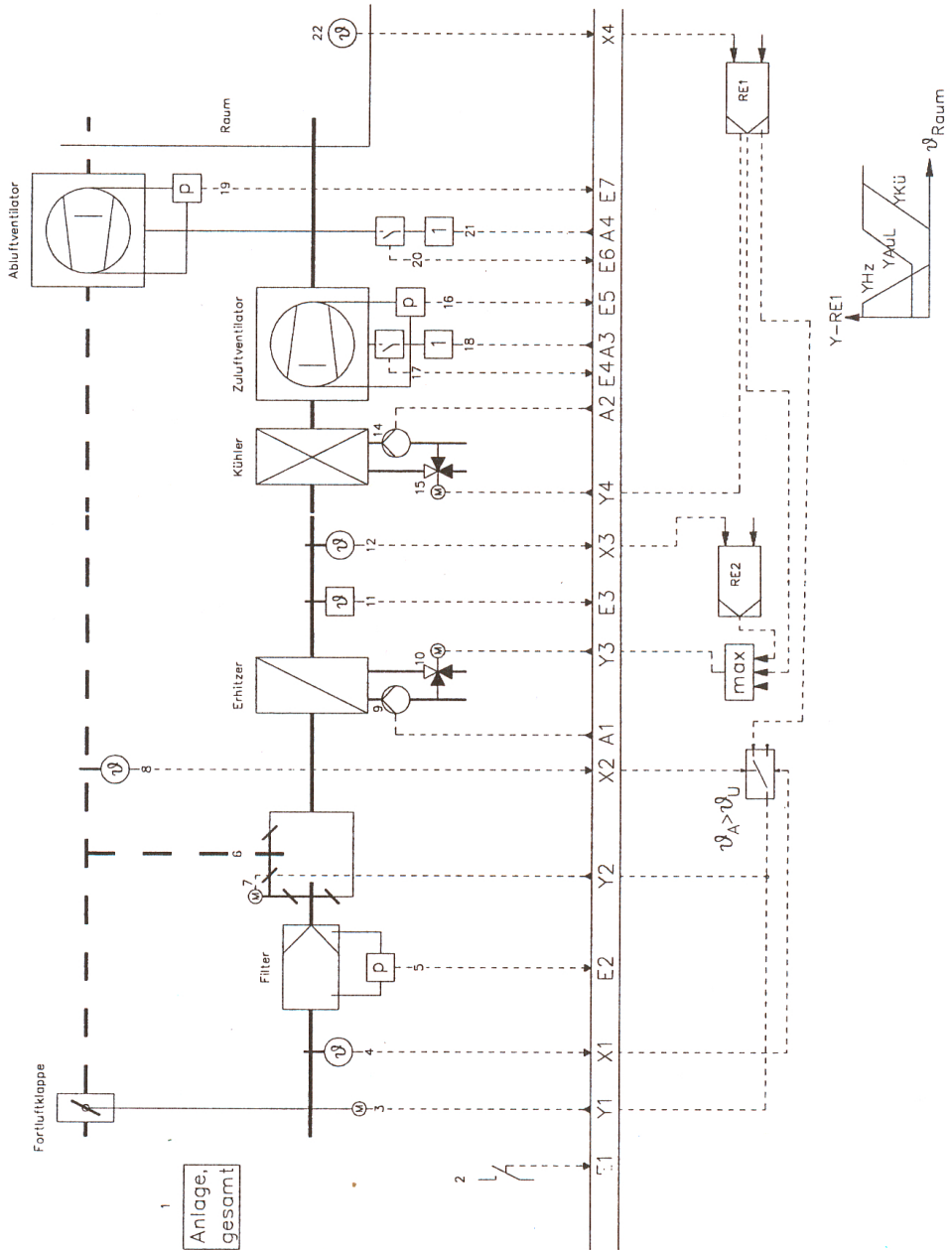


Bild 1.16 Automationsschema einer Mischluft-Lüftungsanlage

Die Doppellinie symbolisiert gleichzeitig die BTA-Schnittstelle. Hier werden alle Aggregate mittels der oben erläuterten Grundfunktionen an das DDC-Automationsgerät angebunden. Die kleinen Pfeile zeigen dabei die vorrangige Informationsrichtung an.

In Bild 1.17 und Bild 1.18 ist die vollständige Zuordnung der Grundfunktionen zu der gezeigten Mischluft-Lüftungsanlage zu entnehmen.

VDI 3814 Blatt 1

1) Dauerbefehl: z.B. 0,II = 2 BA
Impulsbefehl: z.B. 0,III = 3 BA
Stellbefehl: z.B. Zu-0-Auf = 2 BA
Pulsweitenmodul. = 1 BA

3) nur gemeinsame, kommunikative Datenpunkte von Fremdsystemen für interoperable Funktionen
4) pro Eingangs-Benutzeradresse zum Zusammenfassen, Verzögern und Unterdrücken von Meldungen
5) pro Ausgangs-Benutzeradresse

GA Informationsliste

2) aktiv oder passiv

Zelle Nr.	Gewerk: Lüftung	Anlage:	Mischluft- Lüftungs- anlage	Ein-/Ausgabefunktionen		Verarbeitungsfunktionen																			
				Physikalisch	Kommunikativ 3) 4)	Überwachen	Steuern	Regeln						Rechnen/Dr.											
				Binäre Ausgabe Schalten/Stellen 1) Analoge Ausgabe Stellen Binäre Eingabe Melden Binäre Eingabe Zahlen Analoge Eingabe Messen 2) Ausgabe Schalten Ausgabe Stellen/Sollwert Eingabe Melden Eingabe Zählwert Eingabe Messwert Grenzwert fest Grenzwert gleitend Betriebsstundenerefnassung Ereigniszählung Befehlsausführungkontrolle Meldungsbeurteilung 4) Anlagensteuerung Motorsteuerung Umschaltung 5) Folgesteuerung 5) Sicherheits-/Frostschutzsteuerung P-Regelung PI/PD-Regelung Sollwertführung-Kennlinie Stellausgabe stetig Stellausgabe 2-Punkt 6) Stellausgabe Pulsweitenmodulation Begrenzung Sollwert/Stellgröße Parameterumschaltung A, P, D - geführte Strategie Arithmetische Berechnung 7) Ereignisabhängiges Schalten Zeitabhängiges Schalten Gleitendes Ein-/Aussschalten Zyklisches Schalten Nachkühlbetrieb	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Benennung (z. B. DP-Name mit Nr.)	Abschnitt Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
1	Anlagenbefehl					1																			
2	Vorort-/Fern-Schalter			1																					
3	Fortluftklappe			1																					
4	Aussentemperatur					1																			
5	Filterwächter					1																			
6	Rückmeldung Mischluftklappe							1																	
7	Aussenluftklappe					1																			
8	Ablufttemperatur							1																	
9	Erhitzerpumpe			1		2																			
10	Erhitzerventil					1																			
11	Frostschutzwächter					1																			
12	Vorbeugender Frostschutz							1																	
13	nicht belegt																								
14	Kühlerpumpe			1		2																			
15	Kühlerventil					1																			
16	Keilriemenwächter Zuluftventilator					1																			
17	Reparaturschalter Zuluftventilator					1																			
18	Zuluftventilator, einstufig			1		2																			
	Summe Funktionen			3		11																			
Ausgabedatum JJ-MM-TT		Name		geprüft		Planersteller:										Projekt:									
Rev. 1																Hanser-Verlag									
Rev. 2																									
Rev. 3																									

Bild 1.17 Ausschnitt einer Funktionsliste mit Zuordnung zu einer Mischluft-Lüftungsanlage

VDI 3814 Blatt 1

GA Informationsliste

- 1) Dauerbefehl: z.B. 0/J1 = 2 BA
Impulsbefehl: z.B. 0/J1 = 3 BA
Stellbefehl: z.B. Zu-0-Auf = 2 BA
Pulsweitenmodul. = 1 BA

2) aktiv oder passiv

3) nur gemeinsame, kommunikative Datenpunkte von Fremdsystemen für interoperable Funktionen

4) pro Eingangs-Benutzeradresse zum Zusammenfassen, Verzögern und Unterdrücken von Meldungen

5) pro Ausgangs-Benutzeradresse

Zelle Nr.	Gewerk: Lüftung	Anlage: Mischluft- Lüftungs- anlage	Ein-/Ausgabefunktionen															Verarbeitungsfunktionen																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
			Physikalisch					Kommunikativ 3)3)					Überwachen					Steuern					Regeln							Rechnen/Ö																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
			Binäre Ausgabe Schalten/Stellen 1)					Analoge Ausgabe Stellen					Binäre Eingabe Melden					Analoge Eingabe Zahlen					Ausgabe Schalten					Ausgabe Stellen/Sollwert					Eingabe Melden					Eingabe Zählwert					Eingabe Messwert					Grenzwert fest					Grenzwert gleitend					Betriebsstundenentlassung					Ereigniszählung					Befehlsausführungkontrolle					Meldungsbearbeitung 4)					Anlagensteuerung					Motorsteuerung					Umschaltung 5)					Folgesteuerung 5)					Sicherheits-/Frostschutzsteuerung					P-Regelung					PI/PID-Regelung					Sollventilführung/-kennlinie					Stellausgabe stetig					Stellausgabe 2 Punkt 6)					Stellausgabe Pulsweitenmodulation					Begrenzung Sollwert/Stellgröße					Parameterschaltung					A...x...gedröhte Strategie					Arithmetische Berechnung 7)					Ereignisabhängiges Schalten					Zeitabhängiges Schalten					Gleichendes Ein-/Aussschalten					Zyklisches Schalten					Nachrichtüberbetrieine																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Benennung (z. B. DP-Name mit Nr.)	Abschnitt Spalte	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
	Übertrag		3	4	11		4	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														

Bild 1.18 Ausschnitt einer Funktionsliste mit Zuordnung zu einer Mischluft-Lüftungs-anlage

Bei der gezeigten Funktionsliste handelt es sich um ein Excel-Formular. Nachdem die planerische Zuordnung aller Grundfunktionen erfolgt ist, kann dann in der der Zeile 35 folgenden Summenzeile die Menge der durch das DDC-Automationsgerät bereitzustellenden Ein-/Ausgabe-Funktionen abgelesen werden. Im obigen Falle müsste das Gerät also über 4 Binärausgänge, 4 Analogausgänge, 15 Binäreingänge sowie 5 Analogeingänge verfügen. Zusätzlich muss der per Bus zu realisierende Schaltausgang abgedeckt werden.