

Thomas Hansemann  
Christof Hübner



# Gebäude- automation

Kommunikationssysteme mit  
EIB/KNX, LON und BACnet



4., neu bearbeitete Auflage

HANSER





#### **Ihr Plus – digitale Zusatzinhalte!**

Auf unserem Download-Portal finden Sie zu diesem Titel kostenloses Zusatzmaterial. Geben Sie dazu einfach diesen Code ein:

**plus-rbm81-54tln**

**[plus.hanser-fachbuch.de](http://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](http://www.hanser-fachbuch.de/newsletter)**



Thomas Hansemann  
Christof Hübner

# Gebäudeautomation

Kommunikationssysteme mit EIB/KNX, LON und BACnet

4., neu bearbeitete Auflage

HANSER

## **Autoren:**

Prof. Thomas Hansemann  
Fakultät für Elektrotechnik, Hochschule Mannheim  
Prof. Dr. Christof Hübner  
Fakultät für Elektrotechnik, Hochschule Mannheim



Alle in diesem Buch enthaltenen Informationen wurden nach bestem Wissen zusammengestellt und mit Sorgfalt geprüft und getestet. Dennoch sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Aus diesem Grund sind die im vorliegenden Buch enthaltenen Informationen mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Autor(en, Herausgeber) 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(en, Herausgeber) 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 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.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

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

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches, oder Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) – auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung – reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

© 2021 Carl Hanser Verlag München

Internet: [www.hanser-fachbuch.de](http://www.hanser-fachbuch.de)

Lektorat: Dipl.-Ing. Natalia Silakova-Herzberg

Herstellung: Anne Kurth

Covergestaltung: Max Kostopoulos

Coverkonzept: Marc Müller-Bremer, [www.rebranding.de](http://www.rebranding.de), München

Satz: Kösel Media GmbH, Krugzell

Druck und Bindung: CPI books GmbH, Leck

Printed in Germany

Print-ISBN 978-3-446-46286-1

E-Book-ISBN 978-3-446-46357-8

E-Pub-ISBN 978-3-446-46843-6

# Vorwort zur 4. 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.

Für die konstruktiven Rückmeldungen zu den ersten drei Auflagen bedanken wir uns bei allen Leserinnen und Lesern sehr herzlich. So konnten wir auch erfahren, dass unser Buch auch weiterhin an vielen Schulen, Berufsschulen, Fachhochschulen und Universitäten seinen Einsatz findet. Hierüber haben wir uns sehr gefreut. In der vorliegenden 4. Auflage wurden die Begrifflichkeiten an die aktuellen Normen angepasst und aktualisiert sowie eine Ergänzung zur Weiterentwicklung von BACnet in Kapitel 5 vorgenommen.

Auf der Internetseite *plus.hanserfachbuch.de* stehen die Lösungen der Übungsaufgaben zum Herunterladen bereit.

Mannheim, im Oktober 2020

Thomas Hansemann  
Christof Hübner



# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einführung in die Gebäudeautomation</b>	<b>13</b>
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	Automationsschema	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

---

<b>2</b>	<b>Grundlagen der industriellen Kommunikationstechnik</b>	<b>51</b>
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
<b>3</b>	<b>Der Europäische Installationsbus KNX</b>	<b>74</b>
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
<b>4</b>	<b>Gebäudeautomation mit LonWorks</b>	<b>167</b>
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
<b>5</b>	<b>BACnet</b>	<b>215</b>
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	Weiterentwicklung von BACnet .....	299
5.8	Übungsaufgaben .....	299
5.9	Literatur .....	303
	<b>Sachwortverzeichnis .....</b>	<b>304</b>

# 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 beinahe unbemerkt 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 einem 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 so genannten 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.



**Bild 1.1** Lüftungsanlage in einem Zweckbau [ABB]

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 Leit-rechner (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.

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 mit Hilfe 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:



Die Gebäudeautomation umfasst alle Produkte und Dienstleistungen zum zielsetzungsgerichteten Betrieb der Technischen Gebäudeausrüstung [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 Elektrounterverteiltern, 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		

**Tabelle 1.1** Gewerke in der Gebäudeautomation (GA) (Fortsetzung)

Gewerk	Üblicherweise in die GA integriert	Zunehmend in die GA integriert	Wahlweise mit DDC-Bausteinen oder Komponenten der Gebäudesystemtechnik gesteuert/geregelt
Einbruchmeldeanlage		x	
Zutrittskontrolle		x	
Videoüberwachung		x	
Netzwerktechnik		x	
Multimedia		x	
Aufzüge		x	
Telefonanlagen		x	
Wartungsmanagement		x	
Abrechnungssysteme		x	
Facility-Management		x	

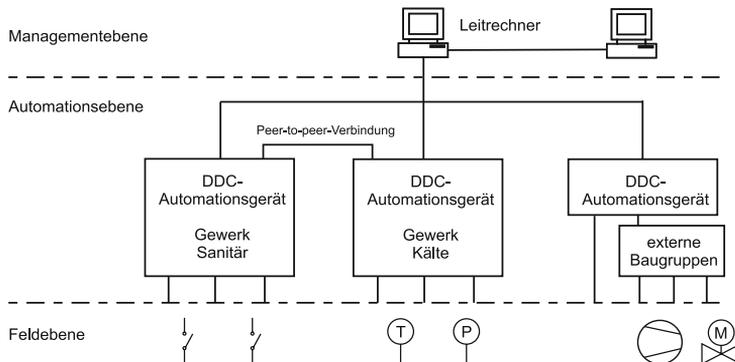
Da heutzutage die Funktionsabläufe im Sinne der Wirtschaftlichkeit automatisch erfolgen sollen, sind Regel- und Steuerbausteine notwendig. Für einen Teil der Gewerke stellt der Lieferant die für die Gebäudeautomation erforderlichen DDC-Bausteine zur Verfügung. Er ist dann für die Mess-, Steuer- und Regeltechnik (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 Leitrechner 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 an Stelle 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 Leitrechner (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 Leitrechner dabei zusätzlich auch Regelfunktionen. Derartige Ausführungen bezeichnet man mit dem Begriff Gebäudeleittechnik GLT.



**Bild 1.4** Informationstechnische Zusammenfassung der Gewerke in der Gebäudeautomation

Sollen auch zwischen den einzelnen Gewerken Informationen ausgetauscht werden, so erfolgt dies im Allgemeinen direkt auf der Automationsebene. Die nötigen Informationen werden über so genannte 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 selbständig 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 so genannten Raumautomation, siehe Tabelle 1.2.

**Tabelle 1.2** Gewerke in der Gebäudesystemtechnik (GST)

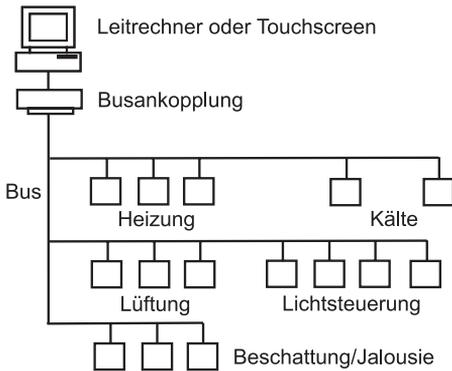
Gewerk	Raumautomation mit Komponenten der GST möglich
Heizung, Kühlung, Lüftung	x
Lichtsteuerung	x
Beschattung/Jalousie	x

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.

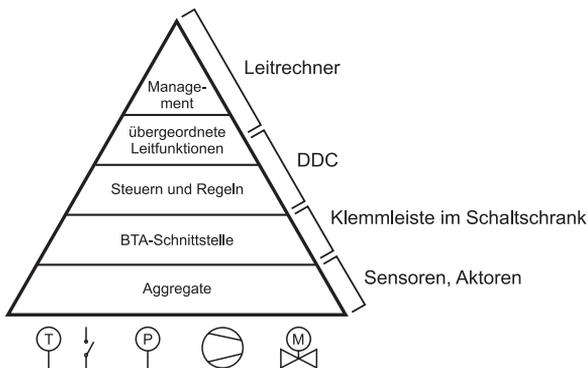


**Bild 1.6** Gewerke eines Raums unter Berücksichtigung intelligenter Einzelkomponenten der Gebäudesystemtechnik

## ■ 1.3 Strukturen

### 1.3.1 Hierarchische Struktur in der Gebäudeautomation

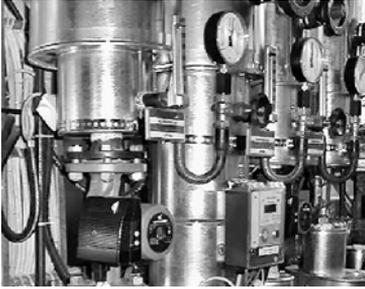
Bei Automatisierungssystemen sind die für die Abarbeitung von Steuer- und Regelfunktionen notwendigen Komponenten hierarchisch strukturiert. In Bild 1.7 ist eine in der Gebäudeautomation häufig anzutreffende Struktur dargestellt, welche aus fünf Ebenen besteht.



**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 Außenluft-

anteil. 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]

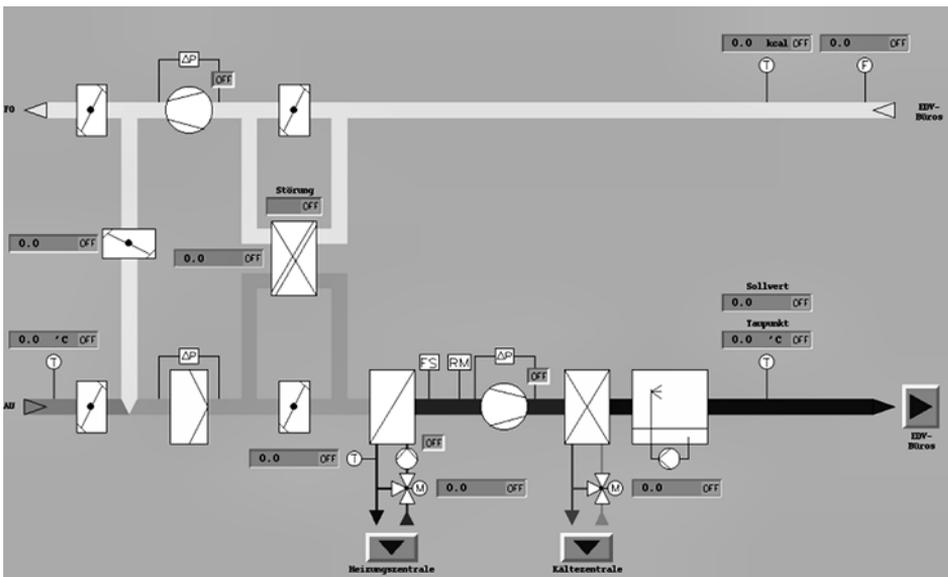
Die im Schaltschrank montierten DDC-Bausteine stellen den automatischen Betrieb der Anlage sicher. Es werden alle Steuerungs- und Regelfunktionen autark abgearbeitet. Eine Verbindung zu einem übergeordneten Leitrechner ist prinzipiell nicht notwendig.

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 Leitreechner 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 Leitreechner 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).

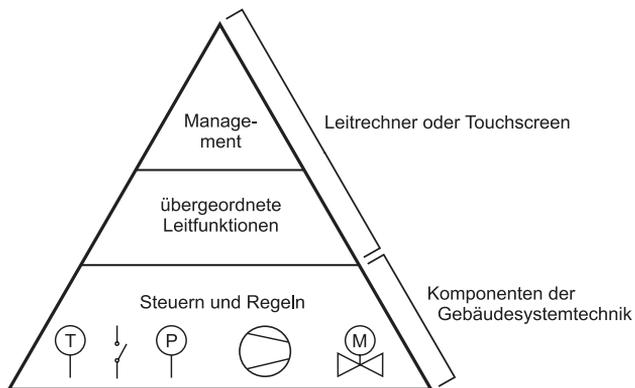
Darüber hinaus kann auch die Weiterleitung von Informationen zu anderen Rechnersystemen erfolgen. So können beispielsweise Werte von Energie- und Verbrauchszählern an übergeordnete Abrechnungssysteme weitergegeben werden oder Wartungsinformationen an Facility-Managementsysteme.



**Bild 1.10** Darstellung einer Lüftungsanlage auf einem Leitreechner

### 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, so dass 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-Tastensensor 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-Tastensensor 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 Mikrocontroller. 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 Unterkapitel 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 und Aktoren, den 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, so dass 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. Eine solche Funktionsliste wird umgangssprachlich 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 im Abschnitt 2 aufgeführten Funktionen beziehen sich darauf, dass die Anbindung

der erforderliche 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 – 6). Im Abschnitt 6 finden sich beispielsweise viele der im Abschnitt 1.5 beschriebenen Energiemanagementfunktionen wieder. Den Abschluss bilden die hinteren Spalten für die Management- und Bedienfunktionen auf dem Leitrechner (Abschnitt 7 – 8) [Balow12].

VDI 3814 Blatt 1

GA Informationsliste

1) Datenfeld: 16-Bit - 2BA  
Impulsfeld: 16-Bit - 3BA  
Reihensymbol: 16-Bit - 2BA, Pulsverhältnis - 1BA

2) aktiv oder passiv

3) nur gemeinsame, kommunizierbare Datenpunkte von Fremdsystemen für integrierte Funktionen

4) pro Eingangs-Datenadresse von Zusammentreffen, Verlöten und Unterdrücken von Meldungen

5) pro Ausgangs-Datenadresse

6) Stellungsbau: 3-Punkt - 2/2-Punkt

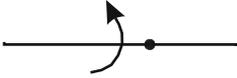
7) pro Eingangs-Datenadresse

8) 16-Bit-Gewinn, Zeitintervalle, Sicherheitszeit, Regel, Daten (EN ISO 15484-6)

9) Wenn erforderlich sind bei gemeinsamen (Shared) Datenpunkten die Funktionen im Client mit "C" und die im Server mit "S" zu kennzeichnen (siehe BDEB)

Anlage:	Vorverarbeitungsfunktionen																Verarbeitungsfunktionen																Management				Bedien		Bemerkungen																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38		39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998
Bezeichnung																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
9																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
11																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
12																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
14																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
15																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
16																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
17																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
19																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
20																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
21																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
22																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
23																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
24																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
25																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
26																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
27																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
28																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
29																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
30																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
31																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
32																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
33																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
34																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
35																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
36																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
37																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
38																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
39																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
40																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
41																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
42																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
43																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
44																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
45																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
46																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
47																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
48																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
49																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
50																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
51																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
52																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
53																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
54																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
55																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
56																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
57																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
58																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
59																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
61																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
62																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
63																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
64																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
65																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
66																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
67																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
68																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
69																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
71																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
72																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
73																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
74																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
75																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
76																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
77																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							

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 Signalsweges kommen, so aktualisiert sich das System anschließend wieder selbständig.

### 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  $\Omega$  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  $\Omega$ . Bei Temperaturen oberhalb des Gefrierpunktes nimmt der Widerstandswert dann um 3,85  $\Omega$  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 Schaltschrankes 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 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.