

Inhaltsverzeichnis

1	Grundlagen der Gebäudeautomation	
1.1	Geschichte der Gebäudeautomation	1
1.2	Gebäudeautomation – wichtig wie nie	4
1.3	Gebäudefunktionalität	4
1.4	Die Gebäudeautomation im Mittelpunkt der Systeme	5
1.5	Der Lebenszyklus von Gebäuden	6
1.5.1	Lebenszyklen	6
1.5.1.1	Allgemeine Lebenszyklusphasen	7
1.5.1.2	Entstehungsphase	7
1.5.1.3	Nutzungsphase	7
1.5.1.4	Verwertungsphase	8
1.5.1.5	Lebenszyklusphasen aus Sicht des Facility Management (FM)	8
1.5.2	Investitionskosten	8
1.5.3	Betriebskosten	9
1.5.4	Lebenszykluskosten/Life Cycle Costs (LCC) – Optimierungsmöglichkeiten	9
1.6	Gebäudeautomation	11
1.6.1	Gebäudeautomation in DIN 276	11
1.6.2	Normungen in der Gebäudeautomation	12
1.6.2.1	Aktuelle Normungen	12
1.6.2.2	Die Zukunft	14
1.6.3	Struktur der Gebäudeautomation	15
1.6.3.1	Struktur der Gebäudeautomation gemäß DIN EN ISO 16484	15
1.6.3.2	Funktionen der Gebäudeautomation	16
1.7	Raumautomation	19
1.7.1	Grundlagen	19
1.7.2	Struktur der Raumautomation	19
1.7.2.1	Segment	19
1.7.2.2	Raum	20
1.7.2.3	Bereich	20
1.7.2.4	Gebäude	20
1.7.2.5	Liegenschaft	20
1.7.2.6	Liegenschaftsportfolio	20

1.7.3	Funktionen und Funktionsgruppen	21
1.7.3.1	Anwendungsfunktionen	21
1.7.3.2	Anzeige-/Bedienfunktion	22
1.7.3.3	Service- und Diagnosefunktion	22
1.7.3.4	Managementfunktionen	22
1.7.4	Raumnutzungsarten	22
1.7.4.1	Normalnutzung	23
1.7.4.2	Sondernutzung	24
1.7.4.3	Außer Betrieb	24
1.8	Assistenzfunktionen zum Wohnen gemäß VDI 3812	24
1.9	Steuerung und Regelung	25
1.9.1	Grundlagen	25
1.9.2	Steuerung	26
1.9.3	Regelung	26
1.9.4	Regelungssystem und Kenngrößen	28
1.9.4.1	Grundlagen	28
1.9.4.2	Kenngrößen	29
1.9.4.2.1	Führungsgröße w	30
1.9.4.2.2	Führungsbereich w_h	30
1.9.4.2.3	Regeleinrichtung	30
1.9.4.2.4	Regelkreis	30
1.9.4.2.5	Regelstrecke	30
1.9.4.2.6	Regelgröße x	30
1.9.4.2.7	Regelbereich X_h	30
1.9.4.2.8	Istwert	30
1.9.4.2.9	Sollwert x_s	30
1.9.4.2.10	Regeldifferenz e	31
1.9.4.2.11	Rückführgröße r	31
1.9.4.2.12	Stellgröße y	31
1.9.4.2.13	Stellbereich	31
1.9.4.2.14	Stellglied im Regelkreis	31
1.9.4.2.15	Störgröße z	31
1.9.4.2.16	Störbereich Z_h	31
1.9.5	Regelstrecken	31
1.9.5.1	Grundlagen	31
1.9.5.2	Statisches Verhalten von Regelstrecken	32
1.9.5.3	Dynamisches Verhalten von Regelstrecken	33
1.9.5.3.1	Grundlagen	33

1.9.5.3.2	Regelstrecken mit Ausgleich.....	34
1.9.5.3.3	Regelstrecken ohne Ausgleich	42
1.9.6	Regler und Reglerparameter	43
1.9.6.1	Regler ohne Hilfsenergie	44
1.9.6.2	Regler mit Hilfsenergie	44
1.9.6.3	Unstetige Regler.....	44
1.9.6.3.1	Zweipunktregler	44
1.9.6.3.2	Dreipunktregler	47
1.9.6.4	Stetige Regler.....	50
1.9.6.4.1	P-Regler.....	50
1.9.6.4.2	I-Regler	53
1.9.6.4.3	D-Anteil	54
1.9.6.4.4	PI-Regler.....	54
1.9.6.4.5	PD-Regler	56
1.9.6.4.6	PID-Regler	58
1.9.6.4.7	Reale Übergangsfunktionen von Reglern.....	59
1.9.6.5	Reglerwirksinn	61
1.9.6.6	Regelgüte von Regelkreisen.....	62
1.9.6.6.1	Anregelzeit T_{cr}	63
1.9.6.6.2	Ausregelzeit T_{cs}	63
1.9.6.6.3	Überschwingweite x_m	63
1.9.7	Wahl der geeigneten Regeleinrichtung bei gegebener Regelstrecke.....	64
1.9.8	Einfache Optimierung von Reglern.....	64
1.9.9	Beispiele für eine Anwendung der Kaskadenregelung.....	67
1.10	Signale.....	69
1.10.1	Signalformen.....	69
1.10.1.1	Analoges Signal.....	69
1.10.1.2	Binäres Signal.....	69
1.10.2	Einheitssignale	70
1.10.2.1	Spannungswerte.....	70
1.10.2.2	Stromwerte	71
1.11	Grundlegender Aufbau einer Automationseinrichtung.....	72
1.11.1	Rechnerarchitektur nach von Neumann.....	73
1.11.2	Prozessschnittstellen	76
1.11.2.1	Schalten.....	76
1.11.2.2	Stellen.....	77
1.11.2.3	Melden	78
1.11.2.4	Zählen.....	79
1.11.2.5	Messen	79

1.11.3	Kommunikationsschnittstellen	80
1.11.4	Digitaler Regelkreis	82
1.11.5	Anwendungsprogramm	83
1.11.5.1	Zahlensysteme	83
1.11.5.2	Verknüpfungsbausteine	88
1.11.5.3	Schaltalgebra	90
1.11.5.4	Wertetabelle	90
1.11.5.5	K-V-Tafeln	90
1.11.5.6	Arten der Programmierung	93
1.11.5.6.1	Anweisungsliste	94
1.11.5.6.2	Zustandsgraph gemäß VDI 3814 Blatt 6	94
1.11.5.6.3	Funktionsplan	95
1.11.5.7	Phasen der Programmentwicklung	96
1.11.5.7.1	Aufgaben definieren	96
1.11.5.7.2	Aufgaben analysieren	96
1.11.5.7.3	Lösungskonzept erstellen	97
1.11.5.7.4	Systementwurf erstellen	97
1.11.5.7.5	Programme entwerfen	99
1.11.5.7.6	Codieren/Assemblieren	103
1.11.5.7.7	Einzeltest	103
1.11.5.7.8	Integrationstest	104
1.11.5.8	Lastenheft und Pflichtenheft	104
1.12	Schnittstellen in der Gebäudeautomation	105
1.12.1	Serielle Schnittstelle	105
1.12.2	Parallele Schnittstelle	106
1.12.3	Elektrische Schnittstelle RS 485	106
1.12.4	Netzwerkkarten	107
1.12.5	ISDN-Schnittstelle	107
1.12.6	DSL	108
1.13	Netzwerke in der Gebäudeautomation	109
1.13.1	Kommunikationsnetze	109
1.13.1.1	WAN (Wide Area Network)	109
1.13.1.2	MAN (Metropolitan Area Network)	109
1.13.1.3	LAN (Local Area Network)	109
1.13.1.4	Terminalnetze	109
1.13.2	OSI – Referenzmodell	110
1.13.2.1	Bitübertragungsschicht/Schicht 1 (Physical)	110
1.13.2.2	Datensicherungsschicht/Schicht 2 (Link)	110

1.13.2.3	Vermittlungsschicht/Schicht 3 (Network)	111
1.13.2.4	Transportschicht/Schicht 4 (Transport).....	111
1.13.2.5	Sitzungsschicht/Schicht 5 (Session).....	111
1.13.2.6	Darstellungsschicht/Schicht 6 (Representation).....	111
1.13.2.7	Anwendungsschicht/Schicht 7 (Application).....	111
1.13.3	Betriebsarten der technischen Kommunikation	111
1.13.3.1	Grundsätze	111
1.13.3.2	Duplex-Betrieb (Gegenbetrieb).....	112
1.13.3.3	Halbduplex-Betrieb (Wechselbetrieb).....	112
1.13.3.4	Simplex-Betrieb (Richtungsbetrieb).....	112
1.13.4	Übertragungsmedium	113
1.13.4.1	Kupferkabel.....	113
1.13.4.2	Lichtwellenleiter (Glasfaserkabel).....	115
1.13.4.3	Strukturierte Verkabelung	116
1.13.5	Netzstrukturen	117
1.13.5.1	Sternstruktur	118
1.13.5.2	Ringstruktur	118
1.13.5.3	Busstruktur.....	118
1.13.5.4	Baumstruktur	118
1.13.6	Netzwerkkomponenten	119
1.13.6.1	Repeater	119
1.13.6.2	Bridge	119
1.13.6.3	Gateway.....	119
1.13.6.4	HUB	119
1.13.6.5	Switch	119
1.13.6.6	Router.....	120
1.13.7	WLAN (Wireless Local Area Network)	120
1.13.8	Telefonnetz	120
1.13.8.1	Analoge Telekommunikationsgeräte.....	121
1.13.8.2	ISDN	121
1.13.8.3	Mobilfunknetze.....	122
1.13.8.3.1	GSM.....	122
1.13.8.3.2	UMTS.....	123
1.13.8.4	Wireless Application Protocol (WAP).....	124
1.13.9	Internet.....	124
1.13.9.1	Grundlagen	124
1.13.9.2	HTML.....	126
1.13.9.3	XML.....	126

1.14	Protokolle in der Gebäudeautomation	126
1.14.1	BACnet.....	126
1.14.2	LON.....	130
1.14.3	Profibus.....	132
1.14.4	CAN.....	133
1.14.5	M-Bus.....	133
1.14.6	FND.....	134
1.14.7	Andere genutzte Protokolle.....	134
1.14.8	Kommunikationsformen in Netzwerken.....	135
1.14.8.1	Point-to-Point-Verbindung.....	135
1.14.8.2	Peer-to-Peer-Verbindung.....	135
1.14.8.3	Client-Server-Modell.....	135
1.14.8.4	Bidirektional.....	135
1.14.9	Protokollfamilien und Schichtenmodelle.....	135
1.15	Wärmeübertragung	135
1.15.1	Wärmeleitung.....	137
1.15.2	Konvektion.....	137
1.15.3	Strahlung.....	137
1.16	Gesetze der feuchten Luft	137
1.16.1	Zustandsgrößen.....	138
1.16.2	Temperatur.....	138
1.16.3	Teildruck des Wasserdampfes.....	139
1.16.4	Relative Feuchte.....	140
1.16.5	Feuchtegehalt.....	140
1.16.6	Enthalpie.....	141
1.16.7	Dichte.....	141
1.16.8	Abhängigkeiten vom Gesamtdruck.....	142
1.16.9	$h_{(1+x)}$, x -Diagramm (Mollier-Diagramm).....	143
1.16.10	Verdunstung.....	144
1.16.11	t , x -Diagramm (Carrier-Diagramm).....	145
1.17	Grundlagen zur Strömung	145
1.17.1	Grundlagen.....	145

1.17.2	Reibungsfreie Strömung	145
1.17.2.1	Kontinuitätsgleichung	145
1.17.2.2	Venturi-Effekt	148
1.17.2.3	Energiegleichung für die reibungsfreie Strömung (Gleichung von Bernoulli)	148
1.17.2.4	Gesamtdruck, statischer und dynamischer Druck	151
1.17.3	Reibungsbehaftete Strömung	153
1.17.3.1	Grundsätze	153
1.17.3.2	Energiegleichung für die reibungsbehaftete Strömung	153
1.17.3.3	Viskosität von Fluiden	153
1.17.3.4	Ähnlichkeitsgesetz	156
1.17.3.5	Strömungsformen	156
1.17.3.6	Turbulenzgrad	157
1.17.3.7	Rohreinlaufströmung und Grenzschicht	158
1.18	Hydraulische Systeme	160
1.18.1	Grundlagen	160
1.18.2	Nennweite	161
1.18.3	Nenndruck	161
1.18.4	Berechnung von hydraulischen Netzen	161
1.18.4.1	Hydraulische Grundschaltungen	161
1.18.4.1.1	Drosselschaltung mit Durchgangsventil	161
1.18.4.1.2	Beimischschaltung mit Mischventil	162
1.18.4.1.3	Beimischschaltung mit Verteilventil	163
1.18.4.1.4	Verteilerschaltung mit Verteilventil	164
1.18.4.1.5	Verteilerschaltung mit Mischventil	165
1.18.4.1.6	Einspritzschaltung mit Dreiwegeventil	166
1.18.4.1.7	Beimischschaltung mit differenzdrucklosem Verteiler	167
1.18.4.1.8	Einspritzschaltung mit Durchgangsventil	168
1.18.4.1.9	Auswahl der hydraulischen Schaltung	168
1.18.4.1.10	Grundlagen für die Berechnung hydraulischer Schaltungen	169
1.18.4.2	Berechnungen der Einzelwiderstände	174
1.18.4.3	Auslegung und Kennlinien von hydraulischen Komponenten	181
1.18.4.3.1	Regelarmaturen	181
1.18.4.3.2	Stellkräfte der Antriebe	181
1.18.4.3.3	Ventilautorität	181
1.18.4.3.4	Stellventile	182
1.18.4.3.5	Pumpe	193
1.18.5	Hydraulischer Abgleich	202

1.18.6	Regelgrößen im Gewerk Heiztechnik	204
1.18.6.1	Temperatur.....	204
1.18.6.1.1	Kesseltemperatur.....	204
1.18.6.1.2	Fernwärmeanlagen.....	210
1.18.6.1.3	Vorlauftemperatur.....	213
1.18.6.1.4	Raumtemperatur.....	213
1.18.6.1.5	Fußbodenheizungen.....	214
1.18.6.1.6	Trinkwassertemperaturen.....	216
1.18.6.2	Regelgrößen an einer Umwälzpumpe.....	221
1.18.6.2.1	Regelung einer Pumpe durch Drehzahländerung.....	221
1.18.6.2.2	Differenzdruckregelung.....	221
1.18.6.2.3	Temperaturführung/Temperaturüberlagerung.....	226
1.18.7	Zu überwachende Größen im Gewerk Heiztechnik	226
1.18.7.1	Sicherheitstechnische Ausrüstung von Warmwasserheizungen.....	226
1.18.7.1.1	Anlantentypen bei der Wärmeerzeugung.....	227
1.18.7.1.2	Ausdehnungsgefäß.....	228
1.18.7.2	Trinkwarmwasseranlagen.....	230
1.18.7.3	Heizungsanlagen.....	230
1.18.7.4	Fußbodenheizungen.....	230
1.18.7.5	Gesamtnetz.....	230
1.18.8	Regelgrößen im Gewerk Kältetechnik	230
1.18.8.1	Kälteerzeugung.....	230
1.18.8.1.1	Kühltürme.....	231
1.18.8.1.2	Offene Sorptionskältemaschinen.....	232
1.18.8.1.3	Kompressionskältemaschinen (Kreisprozess).....	233
1.18.8.1.4	Absorptionskältemaschinen.....	236
1.18.8.1.5	Regelung der Kühlleistung.....	236
1.18.8.2	Ansteuerung der Kälteerzeugung.....	238
1.18.8.3	Regelung der Kälteverbraucher.....	240
1.18.8.4	Zu überwachende Größen im Gewerk Kälte.....	240
1.19	Lüftungssysteme	240
1.19.1	Erläuterungen zum Lüftungssystem	240
1.19.1.1	Berechnung von Luftkanalsystemen.....	240
1.19.1.1.1	Hydraulischer Durchmesser.....	241
1.19.1.1.2	Gleichwertiger Durchmesser.....	241
1.19.1.1.3	Einzelwiderstände.....	241
1.19.1.2	Raumluftströmungen.....	242
1.19.1.2.1	Freie Lüftung.....	242
1.19.1.2.2	Mechanische Lüftung.....	244
1.19.1.2.3	Mischlüftung.....	244

1.19.1.2.4	Verdrängungslüftung.....	249
1.19.1.2.5	Quelllüftung.....	249
1.19.2	Zustandsänderungen feuchter Luft in Geräten der RLT	250
1.19.2.1	Erhitzer	250
1.19.2.2	Kühler	250
1.19.2.2.1	Kühlung ohne Entfeuchtung	250
1.19.2.2.2	Kühlung mit Entfeuchtung.....	251
1.19.2.3	Luftwäscher	252
1.19.2.4	Dampfbefeuchter	252
1.19.2.5	Mischklappe (Mischkammer).....	254
1.19.2.6	Wärmerückgewinnung (WRG).....	255
1.19.2.6.1	WRG ohne Feuchteübertragung.....	255
1.19.2.6.2	WRG mit Feuchteübertragung.....	255
1.19.2.7	Zu- und Abluftventilator	256
1.19.2.8	Klimaanlagen im $h_{(1+x)}$ -X-Diagramm.....	258
1.19.2.8.1	Klimaanlage mit Dampfbefeuchter.....	258
1.19.2.8.2	Klimaanlage mit Luftwäscher.....	259
1.19.3	Kennlinien von Komponenten in Lüftungsanlagen.....	259
1.19.3.1	Ventilator.....	259
1.19.4	Regelgrößen im Gewerk Lüftungstechnik.....	259
1.19.4.1	Zulufttemperaturregelung	259
1.19.4.2	Kaskadenregelung	260
1.19.4.3	Lüftungsanlagen mit Variablen Volumenstrom (VVS).....	262
1.19.4.4	Lüftungsanlagen mit Umluftbeimischung.....	263
1.19.4.5	Druckregelungen von Ventilatoren.....	264
1.19.4.6	Volumenstromregler.....	264
1.19.4.7	Regelung von RLT-Anlagen.....	265
1.19.4.7.1	Regelung einer Klimaanlage mit Dampfbefeuchter	266
1.19.4.7.2	Regelung einer Klimaanlage mit Luftwäscher	267
1.19.5	Zu überwachende Größen im Gewerk Lüftungstechnik	273
1.19.5.1	Frostschutz	273
1.19.5.1.1	Stetiger Frostschutz.....	273
1.19.5.1.2	Schaltender Frostschutz.....	273
1.19.5.2	Keilriemenüberwachung	273
1.19.5.2.1	Grundlagen	273
1.19.5.2.2	Keilriemenüberwachung mit Druckschalter	274
1.19.5.2.3	Keilriemenüberwachung mit induktivem Sensor.....	274
1.19.5.2.4	Keilriemenüberwachung mit $\cos \varphi$ -Wächter.....	274
1.19.5.3	Endlagenüberwachung von Lüftungsklappen.....	274

1.19.5.4	Brandschutzklappen	275
1.19.5.4.1	Nicht motorische Brandschutzklappen	275
1.19.5.4.2	Motorische Brandschutzklappen.....	275
1.19.5.5	Kontakte von Brandmeldeanlagen.....	275
1.19.5.6	Rauchmelder	275
1.19.5.7	Zuluftfeuchteüberwachung	276
1.19.5.8	Strömungsüberwachung.....	276
1.19.5.9	Anfahrerschaltung.....	276
1.19.5.10	Filterüberwachungen	276
1.20	Messgrößen/Fühler und Feldgeräte	277
1.20.1	Messgrößen.....	277
1.20.1.1	Temperatur.....	277
1.20.1.2	Druck	277
1.20.1.3	Feuchte	277
1.20.1.3.1	Absolute Feuchte.....	277
1.20.1.3.2	Relative Feuchte.....	277
1.20.1.3.3	Taupunkt	278
1.20.2	Messgenauigkeit und Einbauort	278
1.20.2.1	Messbereich	278
1.20.2.2	Art der Messelemente.....	278
1.20.2.3	Messfehler/Messgenauigkeit	278
1.20.3	Analoge Messwertgeber	280
1.20.3.1	Temperaturfühler.....	280
1.20.3.1.1	Pt 100	280
1.20.3.1.2	Pt 1000	280
1.20.3.1.3	Ni 1000	280
1.20.3.1.4	NTC	280
1.20.3.1.5	PTC.....	280
1.20.3.2	Druckfühler	280
1.20.3.3	Differenzdruckfühler.....	281
1.20.3.4	Luftqualitätsfühler	281
1.20.3.5	Feuchtefühler.....	281
1.20.4	Digitale Messwertgeber.....	281
1.20.4.1	Temperaturwächter (TW).....	281
1.20.4.2	Sicherheitstemperaturwächter/Schutztemperaturwächter (STW).....	281
1.20.4.3	Temperaturbegrenzer (TB)	281
1.20.4.4	Schutz-Temperatur-Begrenzer (STB)	281
1.20.4.5	Druckwächter	282
1.20.4.6	Druckbegrenzer	282

1.20.4.7	Sicherheits-Druck-Begrenzer (SDB).....	282
1.20.4.8	Feuchtwächter relative Feuchte.....	282
1.20.4.9	Strömungswächter.....	282
1.20.4.10	Taupunkt­wächter.....	282
1.20.4.11	Rauchmelder/Rauchschalter.....	282
1.20.5	Dimensionierung und Positionierung von Messwertgebern.....	283
1.20.5.1	Einbauort der Geräte.....	283
1.20.5.1.1	Tauchtemperaturgeber.....	283
1.20.5.1.2	Anlegetemperaturgeber/Anlegetemperaturwächter.....	285
1.20.5.1.3	Luftkanalgeber.....	285
1.20.5.1.4	Speichertemperaturgeber.....	285
1.20.5.1.5	Raummesswertgeber.....	285
1.20.5.1.6	Außenfühler.....	286
1.20.5.2	Auswahl und Dimensionierung der Messgeräte.....	286
1.21	Grundlagen der Elektrotechnik.....	287
1.21.1	Grundwissen Elektrotechnik.....	287
1.21.1.1	Einfacher Stromkreis.....	287
1.21.1.2	Elektrische Ladung.....	288
1.21.1.3	Elektrischer Strom (Stromstärke).....	288
1.21.1.4	Stromdichte.....	288
1.21.1.5	Stromrichtung.....	289
1.21.1.6	Elektrische Spannung.....	289
1.21.1.6.1	Leerlaufspannung.....	289
1.21.1.6.2	Spannungsabfall.....	289
1.21.1.7	Elektrischer Widerstand.....	289
1.21.1.8	Spezifischer Widerstand.....	290
1.21.1.9	Elektrische Leitfähigkeit.....	290
1.21.1.10	Leiterwiderstand.....	291
1.21.1.11	Widerstand und Temperatur.....	291
1.21.1.12	Elektrische Leistung.....	291
1.21.1.13	Elektrische Arbeit.....	292
1.21.1.14	Wirkungsgrad.....	293
1.21.1.15	Reihenschaltung von Widerständen (Spannungsteiler).....	293
1.21.1.16	Parallelschaltung von Widerständen (Stromteiler).....	294
1.21.1.17	Gemischte Schaltungen.....	295
1.21.1.18	Maschenregel.....	296
1.21.1.19	Knotenregel.....	296
1.21.1.20	Elektrisches Feld.....	297
1.21.1.21	Elektrische Feldstärke.....	297

1.21.1.22	Elektrische Flussdichte	298
1.21.1.23	Kapazität	298
1.21.1.24	Energiedichte	298
1.21.1.25	Kondensator	299
1.21.1.26	Parallelschaltung von Kondensatoren/Kapazitäten	300
1.21.1.27	Reihenschaltung von Kondensatoren/Kapazitäten	300
1.21.1.28	Magnetismus	301
1.21.1.29	Magnete	301
1.21.1.30	Magnetisches Feld	302
1.21.1.31	Elektromagnetismus	302
1.21.1.32	Magnetfeld einer Spule	303
1.21.1.33	Magnetische Durchflutung	303
1.21.1.34	Magnetische Feldstärke	303
1.21.1.35	Magnetischer Fluss	304
1.21.1.36	Magnetische Flussdichte	304
1.21.1.37	Induktivitäten	305
1.21.1.38	Reihenschaltung von Induktivitäten	305
1.21.1.39	Parallelschaltung von Induktivitäten	305
1.21.1.40	Stromdurchflossener Leiter im Magnetfeld	306
1.21.1.41	Motorregel	307
1.21.1.42	Stromdurchflossene Spule im Magnetfeld	307
1.21.1.43	Stromwender	307
1.21.1.44	Induktion	308
1.21.1.44.1	Induktion der Bewegung	308
1.21.1.45	Induktionsgesetz	308
1.21.1.45.1	Induktion durch Flussänderung	308
1.21.1.45.2	Induktion durch Stromänderung	308
1.21.1.46	Lenzsche Regel	309
1.21.1.47	Generatorprinzip	309
1.21.1.48	Transformatorprinzip	310
1.21.2	Wechselstromtechnik	310
1.21.2.1	Wechselgrößen	310
1.21.2.2	Scheitelwert	310
1.21.2.3	Frequenz	311
1.21.2.4	Zeiger	311
1.21.2.5	Kreisfrequenz	311
1.21.2.6	Effektivwert	311
1.21.2.7	Phasenverschiebung	312
1.21.2.8	Scheinwiderstand	313

1.21.2.9	Wirkwiderstand	313
1.21.2.10	Spule im Wechselstromkreis.....	313
1.21.2.10.1	Spule bei einer Gleichspannung.....	313
1.21.2.10.2	Induktiver Blindwiderstand im Wechselstromkreis.....	314
1.21.2.10.3	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand und induktivem Blindwiderstand	315
1.21.2.10.4	Spannungsdreieck	316
1.21.2.10.5	Widerstandsdreieck	317
1.21.2.10.6	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand und induktivem Blindwiderstand	319
1.21.2.10.7	Stromdreieck.....	319
1.21.2.10.8	Leitwertdreieck.....	320
1.21.2.10.9	Reihenschaltung von Spulen	320
1.21.2.10.10	Parallelschaltung von Spulen	322
1.21.2.11	Wechselstromleistung.....	323
1.21.2.11.1	Wirkleistung	323
1.21.2.11.2	Blindleistung	324
1.21.2.11.3	Scheinleistung	325
1.21.2.11.4	Leistungsdreieck.....	325
1.21.2.11.5	Leistungsfaktor	327
1.21.2.11.6	Verlustleistung bei Spulen	327
1.21.2.12	Kondensator im Wechselstromkreis	328
1.21.2.12.1	Kapazitiver Blindwiderstand.....	328
1.21.2.12.2	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand und kapazitivem Blindwiderstand	329
1.21.2.12.3	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand und kapazitivem Blindwiderstand.....	331
1.21.2.12.4	Verlustleistung bei Kondensatoren	334
1.21.2.13	Schaltungen aus Spulen, Kondensatoren und Wirkwiderständen.....	335
1.21.2.13.1	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand, induktivem und kapazitivem Blindwiderstand	335
1.21.2.13.2	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand, induktivem und kapazitivem Blindwiderstand	336
1.21.2.14	Dreiphasenwechselstrom	337
1.21.2.14.1	Erzeugen einer Dreiphasenwechselspannung	337
1.21.2.14.2	Verkettung.....	338
1.21.2.14.3	Sternschaltung (Zeichen Y)	339
1.21.2.14.4	Dreieckschaltung (Zeichen Δ).....	343
1.21.2.14.5	Anwendung von Sternschaltung und Dreieckschaltung	344
1.21.2.14.6	Leistung bei Dreiphasenwechselstrom	345
1.21.2.14.7	Drehfeld	347
1.21.2.14.8	Kompensation.....	349
1.21.3	Überlastschutz und Kurzschlusschutz von Leitungen	350
1.21.3.1	Überlastschutz.....	350
1.21.3.2	Kurzschlusschutz	351

1.21.4	Kurzschlussströme und deren Berechnung	352
1.21.4.1	Generatorferner Kurzschluss	352
1.21.4.1.1	Anfangs-Kurzschlusswechselstrom I_k''	352
1.21.4.1.2	Wirk- und Blindwiderstände von Transformatoren	354
1.21.4.1.3	Wirk- und Blindwiderstände des Leitungsnetzes	356
1.21.4.1.4	Stoßkurzschlussstrom i_p	357
1.21.4.2	Kleinster Kurzschlussstrom (I_{k1}'')	358
1.21.4.2.1	Kurzschlussimpedanz Z_k	359
1.21.4.2.2	Berechnung von I_{k1}''	360
1.21.5	Elektrische Schmelzsicherungen	361
1.21.5.1	Aufbau und Funktion	361
1.21.5.2	Bauformen und Auslösecharakteristik	362
1.21.5.2.1	Geräteschutzsicherungen	362
1.21.5.2.2	Niederspannungssicherungen	363
1.21.6	Leitungsschutzschalter	367
1.21.6.1	Aufbau und Funktion	367
1.21.6.2	Bauformen	367
1.21.6.3	Auslösecharakteristik	367
1.21.7	Fehlerstromschutzschalter (RCD)	369
1.21.7.1	Aufbau und Funktion	369
1.21.7.2	Bauformen	370
1.21.7.3	Prüfen eines FI-Schutzschalters	370
1.21.8	Gefahren durch Ströme in elektrischen Netzen/Auswahl von Schutzeinrichtungen	370
1.21.9	Selektivität von Sicherungen	372
1.21.10	Schutz gegen den elektrischen Schlag	372
1.21.11	Schutzart	373
1.21.12	Schutzklasse	374
1.21.13	Schutzbereich	376
1.21.14	Netzformen elektrischer Netze	376
1.21.14.1	Systemunterscheidung nach Art der Erdverbindung	376
1.21.14.1.1	TT-System	376
1.21.14.1.2	IT-System	377
1.21.14.1.3	TN-System	377
1.21.14.2	Systemunterscheidung nach Schutzeinrichtung und Abschaltbedingung	378
1.21.14.2.1	TN-C-System	378
1.21.14.2.2	TN-S-System	379
1.21.14.2.3	TN-C-S-System	379

1.21.14.2.4	TT-System	380
1.21.14.2.5	IT-System.....	380
1.21.15	Erdungsanlagen und Hauptpotentialausgleich	380
1.21.16	Brandgefahren in elektrischen Netzen	382
1.21.16.1	Zu hohe Leitertemperaturen	382
1.21.16.2	Isolationsfehler.....	382
1.21.16.3	Kontaktfehler.....	382
1.21.16.4	Kabel und Leitungen als Brandlast.....	383
1.21.16.5	Wärmegeräte	383
1.21.17	Explosionsgefahren in elektrischen Netzen	383
1.21.18	Funktionserhalt in elektrischen Anlagen.....	384
1.21.19	Blitzschutz- und Überspannungsschutzkonzept.....	385
1.21.19.1	Äußerer Blitzschutz.....	385
1.21.19.2	Inneres Blitzschutzsystem	385
1.21.20	Arbeiten an elektrischen Netzen	386
1.21.20.1	Fünf Sicherheitsregeln.....	386
1.21.20.2	Elektrischer Schlag, Stromunfall.....	387
1.21.21	Elektrische Maschinen	387
1.21.21.1	Leistung und Drehmoment	387
1.21.21.2	Aufbau von elektrischen umlaufenden Maschinen	388
1.21.21.3	Kennwerte und Leistungsschild	388
1.21.21.4	Drehsinn elektrischer Maschinen.....	389
1.21.21.5	Drehstrommotoren ohne Stromwender	389
1.21.21.5.1	Drehstromasynchronmotoren	389
1.21.21.5.2	Motoren mit Kurzschlussläufer	390
1.21.21.5.3	Schleifringläufermotoren.....	395
1.21.21.5.4	Polumschaltbare Motoren.....	397
1.21.21.5.5	Bremsbetrieb von Drehstromasynchronmaschinen.....	398
1.21.21.6	Weitere Drehfeldmotoren.....	400
1.21.21.6.1	Dreiphasenwechselstrommotoren an Einphasenwechselspannung/Steinmetzschtaltung.....	400
1.21.21.6.2	Einphasenwechselstrommotor mit Widerstandshilfsstrang	401
1.21.21.6.3	Kondensatormotor	401
1.21.21.7	Stromwendermaschinen	402
1.21.21.8	Betriebsarten elektrischer Maschinen.....	403
1.21.21.9	Bauformen elektrischer Maschinen	404
1.21.21.10	Isolierstoffklassen	405

2	Nutzung von Gebäuden – Anforderung an die Technik	
2.1	Grundlagen des Baurechts	407
2.1.1	Baurecht	407
2.1.2	Normenpyramide	408
2.1.3	Bauordnung	409
2.1.3.1	Musterbauordnung (MBO)	409
2.1.3.2	Bauordnung der Bundesländer	409
2.1.4	Muster-Industriebaurichtlinie (M IndBauRL)	409
2.1.5	Verordnungen und Richtlinien	409
2.1.5.1	Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)	410
2.1.5.2	Sonderbauverordnungen	410
2.1.5.2.1	Versammlungsstättenverordnung	410
2.1.5.2.2	Verordnung für Beherbergungsstätten	410
2.1.5.2.3	Verkaufsstättenverordnung	410
2.1.5.2.4	Hochhausrichtlinie	410
2.1.5.2.5	Garagenverordnung	411
2.1.5.2.6	Verordnung über den Bau von Betriebsräumen für elektrische Anlagen (EltBauV)	411
2.1.5.3	Prüfverordnung	411
2.1.5.4	Energieeinsparverordnung (EnEV)	412
2.1.5.5	Muster-Lüftungsanlagen-Richtlinie (M-LüAR)	412
2.1.5.6	Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie (M-LAR)	412
2.1.6	Anerkannte Regeln der Technik	412
2.1.7	Unfallverhütungsvorschriften	413
2.1.8	Brandschutzkonzept	413
2.1.9	Baugenehmigung	414
2.1.10	Brandschutzmanagement	415
2.1.11	Bauabnahme	415
2.1.11.1	Öffentlich-rechtliche Abnahme	415
2.1.11.2	Privatrechtliche Abnahme	415
2.1.12	Anwendung der baurechtlichen Vorschriften	416
2.2	Unterschiedliche Gebäudenutzungen	416
2.2.1	Arten der Gebäudenutzung	416
2.2.1.1	Nutzungskategorien/Nutzungsgruppen	416
2.2.1.2	Formen der Mischnutzung	417
2.2.1.3	Nutzungsbereiche nach DIN 277	417

2.3	Strukturen von Gebäuden	419
2.4	Grundlagen der Bauphysik	419
2.4.1	Fassaden	419
2.4.1.1	Gestaltung der Fassade	420
2.4.1.2	Funktion der Fassade	420
2.4.1.3	Material der Fassade	420
2.4.1.4	Konstruktion der Fassade	421
2.4.1.5	Durchgangswerte bei Fassaden	422
2.4.1.5.1	Sonnenstrahlung	422
2.4.1.5.2	Arten der Verglasung	424
2.4.1.5.3	Energieeinsparverordnung (EnEV)	430
2.4.1.5.4	Energieeffizienz von Gebäuden mit Gebäudeautomation – DIN EN 15232	431
2.4.1.5.5	Sommerlicher Wärmeschutz	431
2.4.1.5.6	Winterlicher Wärmeschutz	431
2.4.2	Wärmebedarf	432
2.4.2.1	Meteorologische Randbedingungen und der Berechnungszeitraum	433
2.4.2.2	Bestimmung der Wärmeverluste	434
2.4.2.3	Wärmegewinne	434
2.4.2.4	Heizwärmebedarf	435
2.4.3	Kältebedarf/Kühllast	435
2.4.3.1	Innere Kühllasten	436
2.4.3.2	Äußere Kühllasten	436
2.4.3.3	Sommerkompensation	436
2.4.4	Speicherfähigkeit von Bauteilen	437
2.5	Anforderungen an ein Gebäude	439
2.5.1	Physiologische Grundlagen – der Mensch im Mittelpunkt der Technik ..	439
2.5.1.1	Wärmehaushalt des Menschen	439
2.5.1.2	Energiestoffwechsel	439
2.5.1.3	Körpertemperatur	440
2.5.1.4	Bekleidung	440
2.5.2	Die menschlichen Sinne	440
2.5.2.1	Temperatursinn	440
2.5.2.2	Sehen	440
2.5.2.3	Hören	440
2.5.2.4	Riechen	440
2.5.2.5	Die Sinne des Menschen und die Gebäudeautomation	440

2.5.3	Behaglichkeit in Räumen	441
2.5.3.1	Behaglichkeit und Raumklima	441
2.5.3.2	Thermische Behaglichkeit.....	442
2.5.3.3	Nichtthermische Behaglichkeit.....	442
2.5.3.4	Einflussgrößen auf die Behaglichkeit.....	443
2.5.3.4.1	Temperatur und operative Raumtemperatur	443
2.5.3.4.2	Luftgeschwindigkeit und Turbulenzen.....	444
2.5.3.4.3	Luftfeuchte	445
2.5.3.4.4	Luftbedarf des Menschen und Mindestaußenluftvolumenstrom	447
2.5.3.4.5	Geräusche	449
2.5.3.4.6	Licht	450
2.5.4	Meteorologischen Daten und Elemente	452
2.6	Systeme der Technischen Gebäudeausrüstung	453
2.6.1	Brandmeldeanlagen	453
2.6.1.1	Schnittstellen zur Brandmeldeanlage	453
2.6.2	Elektroakustische Warnanlagen	456
2.6.2.1	Schnittstellen zur Elektroakustischen Warnanlage	456
2.6.3	Rauch- und Wärmeabzugsanlagen (RWA)	458
2.6.3.1	Wirkprinzipien	458
2.6.3.1.1	Rauchabfuhr durch Verdünnung.....	458
2.6.3.1.2	Rauchabfuhr durch Schichtung	458
2.6.3.1.3	Rauchfreihaltung durch Überdruck	458
2.6.3.2	Schnittstellen zur Rauch- und Wärmeabzugsanlage.....	459
2.6.3.3	Projektierung von Schaltschränken für RWA.....	459
2.6.3.3.1	Grundlagen	459
2.6.3.3.2	Klärung der Vorgaben und Schritte der Projektierung	460
2.6.4	Schnittstellen zu Feuerlöschanlagen	465
2.6.5	Schnittstelle von der Gebäudeautomation zu Lüftungsanlagen	466
2.6.6	Schnittstellen und Funktionen des Sonnenschutzes	466
2.6.7	Schnittstellen und Funktionen des Blendschutzes	466
2.6.8	Schnittstellen und Funktionen der natürlichen Lüftung	466
2.6.9	Schnittstellen und Klärungen zum Blitz- und Überspannungsschutz	467
2.6.10	Schnittstellen und Klärungen zur Elektrotechnik	468
2.6.11	Schnittstellen und Funktionen zu Beleuchtungsanlagen	469
2.6.12	Schnittstellen zur Heizungsanlage	469
2.6.13	Schnittstellen zur Kälteanlage	469

3	Planung der Gebäudeautomation	
3.1	Vertragsverhältnisse und Vertragspartner im Bauwesen.....	471
3.1.1	Planungsteam	472
3.1.2	VOF/HOAI	472
3.1.3	Fachkoordinator	473
3.1.4	Fachingenieur	473
3.2	Notwendigkeit einer Planung der Gebäudeautomation.....	474
3.2.1	Herausforderungen	474
3.2.2	Business as usual	474
3.2.3	Gewerbliche Verkehrssitte	475
3.2.4	Datenpunkt als Schätzbasis	475
3.2.5	Nachteile der Datenpunkt-Kalkulation.....	476
3.2.6	Freier und fairer Wettbewerb.....	476
3.2.7	„Eingefahrene Leistung?“	477
3.2.8	„1 Stück offene Kommunikation?“	477
3.2.9	Koordination und Verantwortung.....	477
3.3	Gliederung in Kostengruppen nach DIN 276	478
3.3.1	Kostengruppe 481 Automationssysteme	479
3.3.2	Kostengruppe 482 Schaltschränke	479
3.3.3	Kostengruppe 483 Management- und Bedieneinrichtungen.....	479
3.3.4	Kostengruppe 484 Raumautomationssysteme.....	480
3.3.5	Kostengruppe 485 Übertragungsnetze.....	480
3.3.6	Kostengruppe 489 Gebäudeautomation, Sonstiges	480
3.4	Kostenermittlungsarten.....	480
3.4.1	Kostenschätzung	480
3.4.2	Kostenberechnung	480
3.4.3	Kostenanschlag	480
3.4.4	Kostenfeststellung	481
3.5	Planungsphasen der HOAI für die Gebäudeautomation	481
3.5.1	Leistungsphase 0 Bedarfsplanung außerhalb der HOAI	481
3.5.1.1	Lastenheft und Pflichtenheft	482

3.5.2	Leistungsbild der Technischen Gebäudeausrüstung in der HOAI	482
3.5.2.1	Leistungsphase 1 – Grundlagenermittlung	482
3.5.2.2	Leistungsphase 2 – Vorplanung	483
3.5.2.3	Leistungsphase 3 – Entwurfsplanung	483
3.5.2.4	Leistungsphase 4 – Genehmigungsplanung	484
3.5.2.5	Leistungsphase 5 – Ausführungsplanung	485
3.5.2.6	Leistungsphase 6 – Vorbereiten der Vergabe	486
3.5.2.7	Leistungsphase 7 – Mitwirken bei der Vergabe	486
3.5.2.8	Leistungsphase 8 – Objektüberwachung	487
3.5.2.9	Leistungsphase 9 – Objektbetreuung	488
3.5.2.10	Besondere Leistungen nach HOAI	488
3.6	Bestandteile der Planung der GA gemäß DIN EN ISO 16484 – 1	488
3.6.1	Bestimmung der Projektanforderungen	488
3.6.2	Projektplanung und -organisation	489
3.6.3	Auslegungsdokumente und technische Spezifikationen	489
3.7	Ausschreibung und Vergabe	489
3.7.1	Rechtliche Stellung der VOB	489
3.7.2	Eine kurze Einführung in die VOB	491
3.7.2.1	Vergabeunterlagen	491
3.7.2.2	VOB/A	492
3.7.2.3	VOB/B	493
3.7.2.4	VOB/C	493
3.7.3	Ausschreibungs- und Vergabeverfahren	494
3.7.4	Ausschreibung	496
3.7.4.1	Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis (LV)	496
3.7.4.2	Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm („Funktionale Ausschreibung“)	497
3.7.5	Leistungsverzeichnis (LV)	498
3.7.5.1	Gliederung des Leistungsverzeichnisses	498
3.7.5.2	Aufteilung in Fachlose	498
3.7.5.3	Teilleistungen	499
3.7.5.4	Wahlposition (Alternativposition)	499
3.7.5.5	Bedarfsposition (Eventualposition)	500
3.7.5.6	Änderung der zu erbringenden Leistung	500
3.7.5.7	Stückpreislisten	500
3.7.5.8	Einzukalkulierende Nebenleistungen	501
3.7.5.9	Besondere Leistungen in der Gebäudeautomation	501

3.7.6	Grundgedanke des GAEB und des Standardleistungsbuches	502
3.7.7	Dokumentation der GA-Planung	503
3.7.8	Technische Regeln als Planungshilfe	504
3.7.9	Rationalisierung der GA-Planung	505
3.8	Klärung der Anforderungen	506
3.8.1	Anforderungen aus dem Baurecht.....	507
3.8.2	Vertragliche Anforderungen des Bauherren	507
3.8.2.1	Qualitäten und Umfang	507
3.8.2.2	Vorgaben durch Lastenhefte.....	507
3.8.3	Strategien des Betriebens und Betreiberkonzept	508
3.8.3.1	Betreiberkonzept und Bedienphilosophie	508
3.8.3.2	Anlagenkennzeichnungssystem	509
3.8.3.3	Störmeldepriorisierung.....	510
3.8.3.4	CAFM-Systeme	510
3.8.3.5	Ausbau für Funktionalitäten aus anderen Systemen	510
3.8.3.6	Einbindung externer Firmen	510
3.8.4	Anforderung an die Systeme aufgrund der Gebäudenutzung	511
3.8.5	Planungsgrundlagen und Varianten in der Gebäudeautomation.....	512
3.8.5.1	Automationssysteme – Kostengruppe (KG) 481	512
3.8.5.1.1	Verfügbarkeit von Automationseinrichtungen	512
3.8.5.1.2	Anordnung der Automationseinrichtungen.....	514
3.8.5.1.3	Sicherheitssysteme in der Gebäudeautomation	516
3.8.5.1.4	Feldgeräte.....	516
3.8.5.1.5	Umfang des Feldbussystems	517
3.8.5.1.6	Aufbau des Feldbussystems.....	518
3.8.5.1.7	Anbindung von Fremdgewerken.....	519
3.8.5.2	Schaltschränke – Kostengruppe (KG) 482	520
3.8.5.2.1	Vorgaben aus Pflichtenheften	520
3.8.5.2.2	Vorgaben an die Bedienbarkeit vor Ort.....	521
3.8.5.3	Management- und Bedieneinrichtungen – Kostengruppe (KG) 483.....	522
3.8.5.3.1	Visualisierung auf der Management- und Bedieneinrichtung (MBE)	522
3.8.5.3.2	Implementierung von weiteren Funktionalitäten in die MBE.....	523
3.8.5.4	Raumautomationssysteme – Kostengruppe (KG) 484	524
3.8.5.4.1	Umfang der Integration der Geräte in das Bussystem.....	524
3.8.5.4.2	Lichtsteuerung	525
3.8.5.4.3	Sonnenschutz	526
3.8.5.5	Übertragungsnetze – Kostengruppe (KG) 485	528
3.8.5.5.1	Verfügbarkeit der Netzwerke und Bussysteme.....	528

3.8.5.5.2	Aufbau eines redundanten Netzwerkes.....	528
3.8.5.5.3	Klärung der Kommunikationsstrukturen im Netzwerk der GA.....	529
3.8.5.6	Gebäudeautomation, Sonstiges – Kostengruppe (KG) 489	530
3.9	Auslegen und Dimensionieren des GA-Systems	530
3.9.1	Implementierung der Planungsgrundlagen und Anforderungen	530
3.9.2	Festlegung eines Anlagenkennzeichnungssystems.....	530
3.9.3	Anforderungen an die Inbetriebnahme von Systemen	530
3.9.4	Klären der Informationen aus Fremdgeräten (VDI 3814 Blatt 5).....	531
3.9.5	Planung der Schnittstellen innerhalb der GA und zu anderen Gewerken.....	532
3.9.6	Planung der Interoperabilität bei Systemintegrationen	533
3.9.6.1	Zeitsynchronisierung.....	533
3.9.6.2	Festlegung der Bediener-Zugriffskontrolle	533
3.9.6.3	Gateway-Einsatz.....	533
3.9.6.3.1	Erweiterungen	533
3.9.6.3.2	Gateway Alarm- und Ereignisbehandlung	534
3.9.6.3.3	GA-Funktionsliste	534
3.9.6.4	Systemerweiterungen	534
3.9.6.5	Gemeinsame systemweit genutzte Datenpunkte	534
3.9.6.5.1	Auftragspriorität	534
3.9.6.5.2	Zustandstexte und Anlagenparameter.....	535
3.9.6.6	BACnet	535
3.9.6.6.1	Zeichensatz	536
3.9.6.6.2	BACnet Beiblatt 070-12 im STL-Bau.....	536
3.9.7	Festlegen der Regelstrategien und nutzungsspezifischer Steuerungsaufgaben	537
3.9.7.1	Raumautomation	537
3.9.7.2	Anlagenautomation.....	539
3.9.8	Planung der Feldgeräte und Messstellen	540
3.9.8.1	Prüfen der notwendigen Feldgeräte	540
3.9.8.2	Festlegen der Messstellen und Einbauorte	540
3.9.8.3	Dimensionierung der Sensoren und Aktoren/Stellgeräte.....	541
3.9.9	Zuordnen der GA- und Raumfunktionen zu den Automationseinrichtungen	542
3.9.9.1	Funktionen der Automationseinrichtung in der Raumautomationsfunktionsliste gemäß VDI 3813 Blatt 2	542
3.9.9.2	Funktionen der Automationseinrichtung in der GA-Funktionsliste gemäß VDI 3814 Blatt 1	544

3.9.10	Planung der Management- und Bedieneinrichtung	545
3.9.10.1	Anzeigen auf der Management- und Bedieneinrichtung.....	545
3.9.10.1.1	Bedienfunktionen	545
3.9.10.1.2	Informationsdarstellung	545
3.9.10.1.3	Parameter-Bedienung.....	545
3.9.10.1.4	COV für Analoge Eingabe, Ausgabe und Analogwert.....	545
3.9.10.1.5	Datenpunktzustandsinformationen	546
3.9.10.1.6	Alarmer und Ereignisse.....	546
3.9.10.1.7	Anzeige und Bedienung von Zeitplänen	548
3.9.10.1.8	Passwortschutz.....	549
3.9.10.1.9	Meldungsklassenpriorität	549
3.9.10.1.10	Berichte und Berichtsprotokolle	549
3.9.10.1.11	Statischer und dynamischer Bildanteil.....	549
3.9.10.1.12	Farbauswahl der Bildbestandteile.....	549
3.9.10.2	Management- und Bedienfunktionen in der Raumautomationsfunktionsliste gemäß VDI 3813 Blatt 2	550
3.9.10.3	Management- und Bedienfunktionen in der GA-Funktionsliste gemäß VDI 3814 Blatt 1	551
3.9.11	Erstellen der Raumautomations-Funktionslisten und des Raumautomationsschema (RA-S) gemäß VDI 3813 Blatt 2	552
3.9.12	Erstellen der GA-Funktionslisten und Automationsschemata gemäß VDI 3814 Blatt 1	552
3.9.13	Planung des Netzwerkes der Gebäudeautomation	553
3.9.13.1	Architektur des Netzwerkes	553
3.9.13.2	Verfügbarkeit.....	554
3.9.13.3	Reaktionszeiten	554
3.9.13.4	IP-Subnetze	554
3.9.13.5	Protokollanalytoren	556
3.9.13.6	EMV für das GA-Netzwerk.....	556
3.9.13.7	Struktur des Netzwerkes.....	556
3.9.13.8	Erstellen des Netzwerkschemas.....	558
3.9.14	Erstellen der elektrischen Leistungsbilanz	558
3.9.15	Koordination mit dem Gewerk Elektrotechnik	560
3.9.16	Erstellen der Trassen- und Installationsplanung	561
3.9.17	Elektrische Betriebsmittelkoordination der Feldgeräte	562
3.9.18	Kabeldimensionierung und Kabellisten	562
3.9.18.1	Zulässiger Spannungsfall auf elektrischen Kabeln und Leitungen	563
3.9.18.1.1	Grundlagen	563
3.9.18.1.2	Spannungsfall bei Gleichstrom.....	563

3.9.18.1.3	Spannungsfall bei Einphasenwechselstrom	564
3.9.18.1.4	Spannungsfall bei Dreiphasenwechselstrom	565
3.9.18.2	Schutz durch Abschaltung	566
3.9.18.2.1	TN-System mit Überstrom-Schutzeinrichtung	567
3.9.18.2.2	TN-System mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtung	568
3.9.18.2.3	TT-System mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtung	569
3.9.18.2.4	Erdungswiderstand R_A	569
3.9.18.3	Strombelastbarkeit von Kabeln und Leitungen nach DIN VDE 0298	571
3.9.18.3.1	Strombelastbarkeit von Leitungen mit Grenztemperatur 70 °C	571
3.9.18.3.2	Strombelastbarkeit von Kabeln mit Grenztemperatur 70 °C	576
3.9.18.3.3	Strombelastbarkeit von Leitungen und Kabeln mit anderen Grenztemperaturen als 70 °C	579
3.9.18.3.4	Strombelastbarkeit als quadratischer Mittelwert	579
3.9.18.3.5	Strombelastbarkeit bei Kurzzeit- und Aussetzbetrieb	580
3.9.18.3.6	Strombelastbarkeit bei parallel geschalteten Kabeln und Leitungen	582
3.9.18.3.7	Strombelastbarkeit bei gleichzeitig mehreren Umrechnungsfaktoren	582
3.9.18.4	Schutz von Überlast bei Kabeln und Leitungen	582
3.9.18.4.1	Auswahl der geeigneten Schutzeinrichtung	583
3.9.18.4.2	Zuordnen der jeweiligen Überlast-Schutzeinrichtung	583
3.9.18.5	Schutz von Leitungen und Kabeln bei Kurzschluss gemäß DIN VDE 0100 Teil 430	584
3.9.18.5.1	Gemeinsame Schutzeinrichtung für Überlast und Kurzschluss	584
3.9.18.5.2	Berechnung der zulässigen Ausschaltzeit	584
3.9.18.6	Dimensionierung/Bemessung von Kabeln und Leitungen	587
3.9.18.6.1	Leitungen ohne Funktionserhalt	587
3.9.18.6.2	Leitungen mit Funktionserhalt	587
3.9.18.7	Dimensionierung des Schutzleiters gemäß DIN VDE 0100 Teil 540	589
3.9.18.7.1	Bemessung von Schutzleitern durch Tabellen	589
3.9.18.7.2	Bemessung von Schutzleitern durch Berechnung	589
3.9.18.7.3	Bemessen der Potentialausgleichsleiter	590
3.9.18.8	Selektivität	590
3.9.18.8.1	Planungsschritte für die Selektivitätsbetrachtung	593
3.9.18.8.2	Nachweis der Selektivität/Selektivitätsnachweis	593
3.9.18.9	Besonderheiten von Fassaden und integrierter Technik	594
3.9.19	Schaltschrankplanung und Planung der elektrischen Anlage	595
3.9.19.1	Vorgaben des Bauherrn	595
3.9.19.2	Software	595
3.9.19.3	Gehäuse des Schaltschranks	595
3.9.19.4	Einspeisung des Schaltschranks	597
3.9.19.5	Normalbetrieb und Sicherheitsbetrieb	597
3.9.19.6	Ab- und Zuschaltbedingungen aus externen Vorgaben	598

3.9.19.7	Überspannungsschutz	598
3.9.19.8	EMV-Kriterien	599
3.9.19.9	Auslösebedingungen und Stoßkurzschlussstrom	601
3.9.19.10	Bedienvorrichtungen am Schaltschrank	601
3.9.19.11	Erstellen der Kabellisten	601
3.9.19.12	Planung des Leistungsteils der Komponenten	602
3.9.19.13	Planung des Steuerungsteils der Komponenten	602
3.9.19.14	Verlustwärme im Schrank	603
3.9.19.15	Klimatisierungen	603
3.9.20	Erstellen des Leistungsverzeichnisses	604
3.9.20.1	ATV und ZTV	604
3.9.20.1.1	ATV nach VOB Teil C Abschnitt 0	605
3.9.20.1.2	ATV nach VOB Teil C Abschnitt 1	605
3.9.20.1.3	ATV nach VOB Teil C Abschnitt 2	605
3.9.20.1.4	ATV nach VOB Teil C Abschnitt 3	606
3.9.20.1.5	ATV nach VOB Teil C Abschnitt 4	606
3.9.20.1.6	ATV nach VOB Teil C Abschnitt 5	606
3.9.20.1.7	ZTV (Zusätzliche technische Vertragsbedingungen)	606
3.9.20.2	Besondere Leistungen – Gebäudeautomation	606
3.9.20.3	Gliederung des Leistungsverzeichnisses	607
3.9.20.4	Leistungspositionen	607
3.9.20.5	Nutzen des STLB-Bau LB 070 Gebäudeautomation für die Erstellung des Leistungsverzeichnisses	608
3.9.20.5.1	Gliederung	608
3.9.20.5.2	Standardbeschreibungen	608
3.9.20.5.3	Bedieneinrichtungen, Managementeinrichtungen, Automationseinrichtungen (Hardware)	608
3.9.20.5.4	Software Managementeinrichtungen	609
3.9.20.5.5	Funktionen der Anlagen- und Raumautomation	609
3.9.20.5.6	Netzwerke-GA, MSR-Verbindungen	610
3.9.20.5.7	Gebäudesystemtechnik	610
3.9.20.5.8	Schaltschränke	610
3.9.20.5.9	Feldgeräte	611
3.9.20.5.10	Datenschnittstelleneinheiten	611
3.9.20.5.11	Beiblätter und Anhänge	611
3.9.20.6	Checkliste systemneutrales GA-Leistungsverzeichnis	612

4 Vergabe der Gebäudeautomation

4.1	Angebot	613
4.2	Angebotsprüfung und Vergabe	616

5	Errichten der Anlagen im Gewerk Gebäudeautomation	
5.1	Vorgaben durch die VOB	617
5.2	Bestandteile der Ausführung der GA gemäß DIN EN ISO 16484 Teil 1	617
5.3	Prüfung der Planunterlagen	619
5.4	Montageplanung	619
5.4.1	Schritte der Montageplanung in der GA	620
5.4.2	Erstellen der Automationsschemata und Funktionslisten mit Belegungslisten	621
5.4.3	Erstellen der Stromlaufpläne von Schaltschränken	621
5.4.3.1	Schaltplanerstellung	624
5.4.4	Montageplanprüfung durch den Auftraggeber	625
5.5	Schaltschrankbau	626
5.6	Montage auf der Baustelle	626
5.7	Schaltschrankkontrolle	626
5.8	Montagekontrolle	627
5.9	Baubegehung	627
5.10	Inbetriebnahme der Gebäudeautomation	628
5.10.1	Inbetriebnahme nach DIN EN ISO 16484 – 1	628
5.10.2	Installation	629
5.10.3	Inbetriebnahme des Schaltschranks	629
5.10.4	Inbetriebnahme der Feldgeräte bis zur Automationseinrichtung	630
5.10.5	Inbetriebnahme des Netzwerkes der Gebäudeautomation	630
5.10.6	Inbetriebnahme der Programme der Automationseinrichtungen	630
5.10.7	Inbetriebnahme der Management- und Bedieneinrichtung	631
5.10.8	Inbetriebnahme der Verbindung der Automationsstation sowie anderen Netzwerkteilnehmern zur MBE	632
5.10.9	Inbetriebnahme des Gesamtsystems der Gebäudeautomation	632
5.10.10	Inbetriebnahme und Einregulierung nach VOB	632
5.10.11	Funktionskontrolle	633
5.10.12	Vollprobetest	633
5.11	Systemdokumentation	633

5.12	Einweisung/Systemschulung.....	634
5.13	Abnahme der Gebäudeautomation gemäß VOB.....	634
5.13.1	Klassifizierung der Mängel.....	635
5.13.2	Schlusskontrolle.....	635
6	Betreiben der Gebäudeautomation	
6.1	Facility Management und Gebäudeautomation.....	637
6.2	Notwendigkeit der Instandhaltung der Systeme der Gebäudeautomation.....	637
6.3	Wiederkehrende Prüfungen.....	637
6.4	Änderungen im Bestand.....	638
6.5	Optimierungen.....	638
6.5.1	Optimierung von Betriebsabläufen.....	638
6.5.2	Optimierung der Temperaturregelung.....	638
6.5.3	Optimierung der Zentralanlagen.....	638
6.5.4	Wiederholende Inbetriebnahme nach DIN EN ISO 16484 – 1.....	638
Anhang	639
Anhang A: Widerstandstabelle Pt 100	639
Anhang B: Widerstandstabelle Pt 1000	640
Anhang C: Checkliste systemneutrales GA-LV mit BACnet	641
Bildquellenverzeichnis.....		649
Internetadressen.....		651
Graphische Symbole RLT-Anlagenelemente.....		653
Abkürzungsverzeichnis.....		655
Literaturverzeichnis.....		661
Sachwortverzeichnis.....		687