

Inhaltsverzeichnis

1	Grundlagen der Gebäudeautomation	1
1.1	Geschichte der Gebäudeautomation	1
1.2	Gebäudeautomation - wichtig wie nie.....	4
1.3	Der Lebenszyklus von Gebäuden.....	4
1.3.1	Lebenszyklen.....	4
1.3.2	Investitionskosten	6
1.3.3	Betriebskosten	7
1.3.4	Lebenszykluskosten/Life Cycle Costs (LCC) – Optimierungsmöglichkeiten	7
1.4	Gebäudeautomation	9
1.4.1	Gebäudeautomation in DIN 276	9
1.4.2	Normungen in der Gebäudeautomation	10
1.4.3	Struktur der Gebäudeautomation	12
1.4.3.1	Struktur der Gebäudeautomation gemäß DIN EN ISO 16484	12
1.4.3.2	Funktionen der Gebäudeautomation	13
1.5	Raumautomation.....	15
1.5.1	Struktur der Raumautomation.....	16
1.5.2	Funktionen und Funktionsgruppen	17
1.5.3	Raumnutzungsarten	18
1.6	Assistenzfunktionen zum Wohnen gemäß VDI 3812	20
1.7	Steuerung und Regelung	21
1.7.1	Steuerung	21
1.7.2	Regelung	22
1.7.3	Regelungssystem und Kenngrößen	23
1.7.3.1	Grundlagen	23
1.7.3.2	Kenngrößen	25
1.7.4	Regelstrecken	27
1.7.4.1	Grundlagen	27
1.7.4.2	Statisches Verhalten von Regelstrecken	27
1.7.4.3	Dynamisches Verhalten von Regelstrecken	29
1.7.4.3.1	Regelstrecken mit Ausgleich.....	29
1.7.4.3.2	Regelstrecken ohne Ausgleich	37
1.7.5	Regler und Reglerparameter	38
1.7.5.1	Regler ohne Hilfsenergie	38
1.7.5.2	Regler mit Hilfsenergie	38
1.7.5.3	Unstetige Regler	39
1.7.5.3.1	Zweipunktregler	39

1.7.5.3.2	Dreipunktregler	42
1.7.5.4	Stetige Regler	44
1.7.5.4.1	P-Regler.....	45
1.7.5.4.2	I-Regler	47
1.7.5.4.3	D-Anteil	48
1.7.5.4.4	PI-Regler.....	48
1.7.5.4.5	PD-Regler	50
1.7.5.4.6	PID-Regler	52
1.7.5.4.7	Reale Übergangsfunktionen von Reglern.....	53
1.7.5.5	Reglerwirksinn	55
1.7.5.6	Regelgüte von Regelkreisen.....	56
1.7.6	Wahl der geeigneten Regeleinrichtung bei gegebener Regelstrecke.....	57
1.7.7	Einfache Optimierung von Reglern.....	57
1.7.8	Beispiele für eine Anwendung der Kaskadenregelung	61
1.8	Signale	62
1.8.1	Signalformen.....	62
1.8.2	Einheitssignale.....	63
1.9	Grundlegender Aufbau einer Automationseinrichtung	64
1.9.1	Rechnerarchitektur nach von Neumann	65
1.9.2	Prozessschnittstellen	68
1.9.2.1	Schalten	69
1.9.2.2	Stellen	69
1.9.2.3	Melden	70
1.9.2.4	Zählen	71
1.9.2.5	Messen	72
1.9.3	Kommunikationsschnittstellen	74
1.9.4	Digitaler Regler	74
1.9.5	Anwendungsprogramm.....	75
1.9.5.1	Zahlensysteme	75
1.9.5.2	Verknüpfungsbausteine	80
1.9.5.3	Schaltalgebra	82
1.9.5.4	Wertetabelle.....	82
1.9.5.5	K-V-Tafeln	82
1.9.5.6	Arten der Programmierung	85
1.9.5.6.1	Anweisungsliste	86
1.9.5.6.2	Zustandsgraph gemäß VDI 3814 Blatt 6	86
1.9.5.6.3	Funktionsplan	87
1.9.5.7	Phasen der Programmentwicklung.....	88
1.9.5.8	Lastenheft und Pflichtenheft	96

1.10	Schnittstellen in der Gebäudeautomation	97
1.10.1	Serielle Schnittstelle	97
1.10.2	Parallele Schnittstelle	98
1.10.3	Elektrische Schnittstelle RS 485	98
1.10.4	Netzwerkkarten	99
1.10.5	ISDN-Schnittstelle	99
1.10.6	DSL	100
1.11	Netzwerke in der Gebäudeautomation	101
1.11.1	Kommunikationsnetze	101
1.11.2	OSI – Referenzmodell	101
1.11.3	Betriebsarten der technischen Kommunikation	103
1.11.4	Übertragungsmedium	104
1.11.4.1	Kupferkabel	104
1.11.4.2	Lichtwellenleiter (Glasfaserkabel)	106
1.11.4.3	Strukturierte Verkabelung	107
1.11.5	Netzstrukturen	108
1.11.6	Netzwerkkomponenten	110
1.11.7	WLAN (Wireless Local Area Network)	111
1.11.8	Telefonnetz	111
1.11.8.1	Analoge Telekommunikationsgeräte	112
1.11.8.2	ISDN	112
1.11.8.3	Mobilfunknetze	113
1.11.8.3.1	GSM	113
1.11.8.3.2	UMTS	113
1.11.8.4	Wireless Application Protocol (WAP)	115
1.11.9	Internet	115
1.11.9.1	Grundlagen	115
1.11.9.2	HTML	116
1.11.9.3	XML	117
1.12	Protokolle in der Gebäudeautomation	117
1.12.1	BACnet	117
1.12.2	LON	121
1.12.3	Profibus	123
1.12.4	CAN	124
1.12.5	M-Bus	124
1.12.6	FND	125
1.12.7	Andere genutzte Protokolle	125
1.12.8	Kommunikationsformen in Netzwerken	125
1.12.9	Protokollfamilien und Schichtenmodelle	126

1.13	Wärmeübertragung.....	126
1.14	Gesetze der feuchten Luft.....	128
1.14.1	Zustandsgrößen.....	129
1.14.2	Temperatur.....	129
1.14.3	Teildruck des Wasserdampfes.....	129
1.14.4	Relative Feuchte.....	130
1.14.5	Absolute Feuchte.....	130
1.14.6	Enthalpie.....	131
1.14.7	Dichte.....	132
1.14.8	Abhängigkeiten vom Gesamtdruck.....	132
1.14.9	$h_{(1+x)}$ -Diagramm (Mollier-Diagramm).....	133
1.14.10	Verdunstung.....	134
1.14.11	t,x -Diagramm (Carrier-Diagramm).....	135
1.15	Grundlagen zur Strömung.....	137
1.15.1	Grundlagen.....	137
1.15.2	Reibungsfreie Strömung.....	137
1.15.2.1	Kontinuitätsgleichung.....	137
1.15.2.2	Venturi Effekt.....	138
1.15.2.3	Energiegleichung für die reibungsfreie Strömung (Gleichung von Bernoulli).....	139
1.15.2.4	Gesamtdruck, statischer und dynamischer Druck.....	142
1.15.3	Reibungsbehaftete Strömung.....	143
1.15.3.1	Grundsätze.....	143
1.15.3.2	Energiegleichung für die reibungsbehaftete Strömung.....	143
1.15.3.3	Viskosität von Fluiden.....	145
1.15.3.4	Ähnlichkeitsgesetz.....	146
1.15.3.5	Strömungsformen.....	147
1.15.3.6	Turbulenzgrad.....	148
1.15.3.7	Rohreinlaufströmung und Grenzschicht.....	149
1.16	Hydraulische Systeme.....	150
1.16.1	Grundlagen.....	150
1.16.2	Nennweite.....	151
1.16.3	Nennndruck.....	151
1.16.4	Berechnung von hydraulischen Netzen.....	151
1.16.4.1	Hydraulische Grundsaltungen.....	151
1.16.4.1.1	Drosselschaltung mit Durchgangsventil.....	151
1.16.4.1.2	Beimischschaltung mit Mischventil.....	152
1.16.4.1.3	Beimischschaltung mit Verteilventil.....	153
1.16.4.1.4	Verteilerschaltung mit Verteilventil.....	153
1.16.4.1.5	Verteilerschaltung mit Mischventil.....	155

1.16.4.1.6	Einspritzschaltung mit Dreiwegeventil	156
1.16.4.1.7	Beimischschaltung mit differenzdrucklosem Verteiler.....	157
1.16.4.1.8	Einspritzschaltung mit Durchgangsventil	158
1.16.4.1.9	Auswahl der hydraulischen Schaltung	158
1.16.4.1.10	Grundlagen für die Berechnung hydraulischer Schaltungen	159
1.16.4.2	Berechnungen der Einzelwiderstände	164
1.16.4.3	Auslegung und Kennlinien von hydraulischen Komponenten.....	171
1.16.4.3.1	Regelarmaturen	171
1.16.4.3.2	Stellkräfte der Antriebe	171
1.16.4.3.3	Ventilautorität	171
1.16.4.3.4	Stellventile	172
1.16.4.3.5	Pumpe	184
1.16.5	Hydraulischer Abgleich	192
1.16.6	Regelgrößen im Gewerk Heiztechnik	194
1.16.6.1	Temperatur.....	194
1.16.6.1.1	Kesseltemperatur.....	195
1.16.6.1.2	Fernwärmeanlagen.....	200
1.16.6.1.3	Vorlauftemperatur	202
1.16.6.1.4	Raumtemperatur	203
1.16.6.1.5	Fußbodenheizungen	203
1.16.6.1.6	Trinkwassertemperaturen	205
1.16.6.2	Regelgrößen an einer Umwälzpumpe	211
1.16.6.2.1	Regelung einer Pumpe durch Drehzahländerung	211
1.16.6.2.2	Differenzdruckregelung.....	211
1.16.6.2.3	Temperaturführung/Temperaturüberlagerung	216
1.16.7	Zu überwachende Größen im Gewerk Heiztechnik	216
1.16.7.1	Sicherheitstechnische Ausrüstung von Warmwasserheizungen.....	216
1.16.7.1.1	Anlagentypen bei der Wärmeerzeugung	217
1.16.7.1.2	Ausdehnungsgefäß.....	218
1.16.7.2	Trinkwarmwasseranlagen	218
1.16.7.3	Heizungsanlagen	218
1.16.7.4	Fußbodenheizungen	220
1.16.7.5	Gesamtnetz	220
1.16.8	Regelgrößen im Gewerk Kältetechnik	220
1.16.8.1	Kälteerzeugung.....	220
1.16.8.1.1	Kühltürme	220
1.16.8.1.2	Offene Sorptionskältemaschinen	221
1.16.8.1.3	Kompressionskältemaschinen (Kreisprozess).....	223
1.16.8.1.4	Absorptionskältemaschinen	224

1.16.8.1.5	Regelung der Kühlleistung.....	226
1.16.8.2	Ansteuerung der Kälteerzeugung.....	228
1.16.8.3	Regelung der Kälteverbraucher.....	229
1.16.8.4	Zu überwachende Größen im Gewerk Kälte	229
1.17	Lüftungssysteme	230
1.17.1	Erläuterungen zum Lüftungssystem	230
1.17.1.1	Berechnung von Luftkanalsystemen.....	230
1.17.1.1.1	Hydraulischer Durchmesser	230
1.17.1.1.2	Gleichwertiger Durchmesser	230
1.17.1.1.3	Einzelwiderstände.....	231
1.17.1.2	Raumluftströmungen	231
1.17.1.2.1	Freie Lüftung.....	231
1.17.1.2.2	Mechanische Lüftung.....	232
1.17.1.2.3	Mischlüftung.....	234
1.17.1.2.4	Verdrängungslüftung.....	238
1.17.1.2.5	Quelllüftung.....	238
1.17.2	Zustandsänderungen feuchter Luft in Geräten der RLT	239
1.17.2.1	Erhitzer	239
1.17.2.2	Kühler	240
1.17.2.2.1	Kühlung ohne Entfeuchtung	240
1.17.2.2.2	Kühlung mit Entfeuchtung.....	240
1.17.2.3	Luftwäscher	241
1.17.2.4	Dampfbefeuchter	242
1.17.2.5	Mischklappe (Mischkammer).....	242
1.17.2.6	Wärmerückgewinnung (WRG).....	244
1.17.2.6.1	WRG ohne Feuchteübertragung.....	245
1.17.2.6.2	WRG mit Feuchteübertragung.....	245
1.17.2.7	Zu- und Abluftventilator.....	245
1.17.2.8	Klimaanlagen im $h_{(1+x)}$ -x-Diagramm.....	246
1.17.2.8.1	Klimaanlage mit Dampfbefeuchter.....	246
1.17.2.8.2	Klimaanlage mit Luftwäscher.....	247
1.17.3	Kennlinien von Komponenten in Lüftungsanlagen	248
1.17.3.1	Ventilator.....	248
1.17.4	Regelgrößen im Gewerk Lüftungstechnik.....	249
1.17.4.1	Zulufttemperaturregelung	249
1.17.4.2	Kaskadenregelung.....	249
1.17.4.3	Lüftungsanlagen mit Variablen Volumenstrom (VVS).....	250
1.17.4.4	Lüftungsanlagen mit Umluftbeimischung.....	251
1.17.4.5	Druckregelungen von Ventilatoren.....	253

1.17.4.6	Volumenstromregler.....	253
1.17.4.7	Regelung von RLT-Anlagen.....	254
1.17.4.7.1	Regelung einer Klimaanlage mit Dampfbefeuchter	255
1.17.4.7.2	Regelung einer Klimaanlage mit Luftwäscher	255
1.17.5	Zu überwachende Größen im Gewerk Lüftungstechnik	260
1.17.5.1	Frostschutz	260
1.17.5.1.1	Stetiger Frostschutz.....	260
1.17.5.1.2	Schaltender Frostschutz	260
1.17.5.2	Keilriemenüberwachung	262
1.17.5.2.1	Grundlagen	262
1.17.5.2.2	Keilriemenüberwachung mit Druckschalter	262
1.17.5.2.3	Keilriemenüberwachung mit induktivem Sensor.....	262
1.17.5.2.4	Keilriemenüberwachung mit $\cos \varphi$ -Wächter.....	263
1.17.5.3	Endlagenüberwachung von Lüftungsklappen.....	263
1.17.5.4	Brandschutzklappen	263
1.17.5.4.1	Nicht motorische Brandschutzklappen	263
1.17.5.4.2	Motorische Brandschutzklappen.....	263
1.17.5.5	Kontakte von Brandmeldeanlagen.....	263
1.17.5.6	Rauchmelder	264
1.17.5.7	Zuluftfeuchteüberwachung	264
1.17.5.8	Strömungsüberwachung.....	264
1.17.5.9	Anfahrerschaltung.....	264
1.17.5.10	Filterüberwachungen	264
1.18	Messgrößen/Fühler und Feldgeräte	265
1.18.1	Messgrößen	265
1.18.1.1	Temperatur.....	265
1.18.1.2	Druck	265
1.18.1.3	Feuchte.....	265
1.18.2	Messgenauigkeit und Einbauort	266
1.18.2.1	Messbereich	266
1.18.2.2	Art der Messelemente.....	266
1.18.2.3	Messfehler/Messgenauigkeit	266
1.18.3	Analoge Messwertgeber	268
1.18.3.1	Temperaturfühler.....	268
1.18.3.2	Druckfühler	268
1.18.3.3	Differenzdruckfühler.....	268
1.18.3.4	Luftqualitätsfühler	269
1.18.3.5	Feuchtefühler.....	269
1.18.4	Digitale Messwertgeber	269

1.18.4.1	Temperaturwächter (TW)	269
1.18.4.2	Sicherheitstemperaturwächter/Schutztemperaturwächter (STW).....	269
1.18.4.3	Temperaturbegrenzer (TB)	269
1.18.4.4	Schutz-Temperatur-Begrenzer (STB)	269
1.18.4.5	Druckwächter.....	269
1.18.4.6	Druckbegrenzer	270
1.18.4.7	Sicherheits-Druck-Begrenzer (SDB).....	270
1.18.4.8	Feuchtwächter relative Feuchte.....	270
1.18.4.9	Strömungswächter	270
1.18.4.10	Taupunkt wächter.....	270
1.18.4.11	Rauchmelder/Rauchscharter	270
1.18.5	Auswahl von Messwertgebern	271
1.18.5.1	Einbauort der Geräte	271
1.18.5.1.1	Tauchtemperaturgeber.....	271
1.18.5.1.2	Luftkanalgeber	273
1.18.5.1.3	Speichertemperaturgeber	273
1.18.5.1.4	Raummesswertgeber.....	273
1.18.5.1.5	Außenfühler	274
1.18.5.2	Auswahl der Messgeräte	274
1.19	Grundlagen der Elektrotechnik.....	275
1.19.1	Grundwissen Elektrotechnik	275
1.19.1.1	Einfacher Stromkreis	275
1.19.1.2	Elektrische Ladung	275
1.19.1.3	Elektrischer Strom (Stromstärke).....	276
1.19.1.4	Stromdichte.....	276
1.19.1.5	Stromrichtung	276
1.19.1.6	Elektrische Spannung.....	276
1.19.1.7	Elektrischer Widerstand	277
1.19.1.8	Spezifischer Widerstand	278
1.19.1.9	Elektrische Leitfähigkeit	278
1.19.1.10	Leiterwiderstand	278
1.19.1.11	Widerstand und Temperatur.....	279
1.19.1.12	Elektrische Leistung.....	279
1.19.1.13	Elektrische Arbeit	280
1.19.1.14	Wirkungsgrad.....	280
1.19.1.15	Reihenschaltung von Widerständen (Spannungsteiler).....	281
1.19.1.16	Parallelschaltung von Widerständen (Stromteiler).....	282
1.19.1.17	Gemischte Schaltungen.....	282
1.19.1.18	Maschenregel	283

1.19.1.19	Knotenregel	284
1.19.1.20	Elektrisches Feld	284
1.19.1.21	Elektrische Feldstärke	285
1.19.1.22	Elektrische Flussdichte	285
1.19.1.23	Kapazität.....	285
1.19.1.24	Energiedichte.....	286
1.19.1.25	Kondensator	286
1.19.1.26	Parallelschaltung von Kondensatoren/Kapazitäten	287
1.19.1.27	Reihenschaltung von Kondensatoren/Kapazitäten.....	288
1.19.1.28	Magnetismus	288
1.19.1.29	Magnete.....	288
1.19.1.30	Magnetisches Feld.....	289
1.19.1.31	Elektromagnetismus	289
1.19.1.32	Magnetfeld einer Spule.....	290
1.19.1.33	Magnetische Durchflutung	290
1.19.1.34	Magnetische Feldstärke.....	290
1.19.1.35	Magnetischer Fluss.....	291
1.19.1.36	Magnetische Flussdichte	292
1.19.1.37	Induktivitäten.....	292
1.19.1.38	Reihenschaltung von Induktivitäten	292
1.19.1.39	Parallelschaltung von Induktivitäten	293
1.19.1.40	Stromdurchflossener Leiter im Magnetfeld	293
1.19.1.41	Motorregel.....	295
1.19.1.42	Stromdurchflossene Spule im Magnetfeld	295
1.19.1.43	Stromwender	295
1.19.1.44	Induktion	296
1.19.1.45	Induktionsgesetz.....	296
1.19.1.46	Lenzsche Regel	297
1.19.1.47	Generatorprinzip	297
1.19.1.48	Transformatorprinzip.....	298
1.19.2	Wechselstromtechnik.....	298
1.19.2.1	Wechselgrößen.....	298
1.19.2.2	Scheitelwert	298
1.19.2.3	Frequenz.....	299
1.19.2.4	Zeiger.....	299
1.19.2.5	Kreisfrequenz.....	299
1.19.2.6	Effektivwert	299
1.19.2.7	Phasenverschiebung	300
1.19.2.8	Scheinwiderstand	301

1.19.2.9	Wirkwiderstand	301
1.19.2.10	Spule im Wechselstromkreis.....	301
1.19.2.10.1	Spule bei einer Gleichspannung.....	301
1.19.2.10.2	Induktiver Blindwiderstand im Wechselstromkreis.....	301
1.19.2.10.3	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand und induktivem Blindwiderstand	303
1.19.2.10.4	Spannungsdreieck	304
1.19.2.10.5	Widerstandsdreieck	305
1.19.2.10.6	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand und induktivem Blindwiderstand	306
1.19.2.10.7	Stromdreieck.....	307
1.19.2.10.8	Leitwertdreieck.....	307
1.19.2.10.9	Reihenschaltung von Spulen	308
1.19.2.10.10	Parallelschaltung von Spulen	308
1.19.2.11	Wechselstromleistung.....	310
1.19.2.11.1	Wirkleistung	310
1.19.2.11.2	Blindleistung	311
1.19.2.11.3	Scheinleistung	312
1.19.2.11.4	Leistungsdreieck.....	313
1.19.2.11.5	Leistungsfaktor	314
1.19.2.11.6	Verlustleistung bei Spulen	314
1.19.2.12	Kondensator im Wechselstromkreis	315
1.19.2.12.1	Kapazitiver Blindwiderstand.....	315
1.19.2.12.2	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand und kapazitivem Blindwiderstand	316
1.19.2.12.3	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand und kapazitivem Blindwiderstand	318
1.19.2.12.4	Verlustleistung bei Kondensatoren	321
1.19.2.13	Schaltungen aus Spulen, Kondensatoren und Wirkwiderständen.....	322
1.19.2.13.1	Reihenschaltung aus Wirkwiderstand, induktivem und kapazitivem Blindwiderstand	322
1.19.2.13.2	Parallelschaltung aus Wirkwiderstand, induktivem und kapazitivem Blindwiderstand	323
1.19.2.14	Dreiphasenwechselstrom	324
1.19.2.14.1	Erzeugen einer Dreiphasenwechselspannung	324
1.19.2.14.2	Verkettung.....	325
1.19.2.14.3	Sternschaltung (Zeichen Y)	326
1.19.2.14.4	Dreieckschaltung (Zeichen Δ).....	329
1.19.2.14.5	Anwendung von Sternschaltung und Dreieckschaltung	331
1.19.2.14.6	Leistung bei Dreiphasenwechselstrom	332
1.19.2.14.7	Drehfeld	333
1.19.2.14.8	Kompensation.....	335

1.19.3	Überlastschutz und Kurzschlusschutz von Leitungen.....	336
1.19.3.1	Überlastschutz	336
1.19.3.2	Kurzschlusschutz	337
1.19.4	Kurzschlussströme und deren Berechnung	338
1.19.4.1	Generatorferner Kurzschluss	338
1.19.4.1.1	Anfangs-Kurzschlusswechselstrom I_k^*	338
1.19.4.1.2	Wirk- und Blindwiderstände von Transformatoren	340
1.19.4.1.3	Wirk- und Blindwiderstände des Leitungsnetzes	342
1.19.4.1.4	Stoßkurzschlussstrom i_p	343
1.19.4.2	Kleinster Kurzschlussstrom (I_{k1}^*)	344
1.19.4.2.1	Kurzschlussimpedanz Z_k	345
1.19.4.2.2	Berechnung von I_{k1}^*	346
1.19.5	Elektrische Schmelzsicherungen	347
1.19.5.1	Aufbau und Funktion	347
1.19.5.2	Bauformen und Auslösecharakteristik	348
1.19.5.2.1	Geräteschutzsicherungen	348
1.19.5.2.2	Niederspannungssicherungen	349
1.19.6	Leitungsschutzschalter	352
1.19.6.1	Aufbau und Funktion	352
1.19.6.2	Bauformen	354
1.19.6.3	Auslösecharakteristik	354
1.19.7	Fehlerstromschutzschalter (RCD)	354
1.19.7.1	Aufbau und Funktion	355
1.19.7.2	Bauformen	355
1.19.7.3	Prüfen eines FI-Schutzschalters	356
1.19.8	Gefahren durch Ströme in elektrischen Netzen/Auswahl von Schutzeinrichtungen	356
1.19.9	Selektivität von Sicherungen	357
1.19.10	Schutz gegen den elektrischen Schlag	358
1.19.11	Schutzart	359
1.19.12	Schutzklasse	360
1.19.13	Schutzbereich	361
1.19.14	Netzformen elektrischer Netze	362
1.19.14.1	Systemunterscheidung nach Art der Erderverbindung	362
1.19.14.2	Systemunterscheidung nach Schutzeinrichtung und Abschaltbedingung	364
1.19.15	Erdungsanlagen und Hauptpotentialausgleich	366
1.19.16	Brandgefahren in elektrischen Netzen	367
1.19.17	Explosionsgefahren in elektrischen Netzen	368
1.19.18	Funktionserhalt in elektrischen Anlagen	369
1.19.19	Blitzschutz- und Überspannungsschutzkonzept	370

1.19.19.1	Äußerer Blitzschutz.....	370
1.19.19.2	Inneres Blitzschutzsystem	371
1.19.20	Arbeiten an elektrischen Netzen	371
1.19.20.1	Fünf Sicherheitsregeln.....	371
1.19.20.2	Elektrischer Schlag, Stromunfall.....	372
1.19.21	Elektrische Maschinen.....	372
1.19.21.1	Leistung und Drehmoment	372
1.19.21.2	Aufbau von elektrischen umlaufenden Maschinen	374
1.19.21.3	Kennwerte und Leistungsschild	374
1.19.21.4	Dreh Sinn elektrischer Maschinen.....	374
1.19.21.5	Drehstrommotoren ohne Stromwender	375
1.19.21.5.1	Drehstromasynchronmotoren	375
1.19.21.5.2	Motoren mit Kurzschlussläufer	375
1.19.21.5.3	Schleifringläufermotoren.....	379
1.19.21.5.4	Polumschaltbare Motoren.....	380
1.19.21.5.5	Bremsbetrieb von Drehstromasynchronmaschinen.....	384
1.19.21.6	Weitere Drehfeldmotoren.....	385
1.19.21.6.1	Dreiphasenwechselstrommotoren an Einphasenwechselspannung/Steinmetzschtaltung.....	385
1.19.21.6.2	Einphasenwechselstrommotor mit Widerstandshilfsstrang	386
1.19.21.6.3	Kondensatormotor	386
1.19.21.7	Stromwendermaschinen	388
1.19.21.8	Betriebsarten elektrischer Maschinen.....	388
1.19.21.9	Bauformen elektrischer Maschinen	389
1.19.21.10	Isolierstoffklassen	391
2	Nutzung von Gebäuden – Anforderung an die Technik	393
2.1	Grundlagen des Baurechts	393
2.1.1	Baurecht	393
2.1.2	Normenpyramide	394
2.1.3	Bauordnung	395
2.1.4	Muster-Industriebaurichtlinie (M IndBauRL)	395
2.1.5	Verordnungen und Richtlinien.....	395
2.1.5.1	Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV).....	396
2.1.5.2	Sonderbauverordnungen	396
2.1.5.3	Prüfverordnung	397
2.1.5.4	Energieeinsparverordnung (EnEV).....	397
2.1.5.5	Muster-Lüftungsanlagen-Richtlinie (M-LÜAR).....	398

2.1.5.6	Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie (M-LAR).....	398
2.1.6	Anerkannte Regeln der Technik.....	398
2.1.7	Unfallverhütungsvorschriften	399
2.1.8	Brandschutzkonzept	399
2.1.9	Baugenehmigung.....	400
2.1.10	Brandschutzmanagement.....	401
2.1.11	Bauabnahme	401
2.1.12	Anwendung der baurechtlichen Vorschriften	401
2.2	Unterschiedliche Gebäudenutzungen.....	401
2.2.1	Arten der Gebäudenutzung	402
2.2.1.1	Nutzungskategorien/Nutzungsgruppen	402
2.2.1.2	Formen der Mischnutzung	402
2.2.1.3	Nutzungsbereiche nach DIN 277	403
2.3	Strukturen von Gebäuden.....	403
2.4	Grundlagen der Bauphysik	405
2.4.1	Fassaden	405
2.4.1.1	Gestaltung der Fassade	405
2.4.1.2	Funktion der Fassade	405
2.4.1.3	Material der Fassade	406
2.4.1.4	Konstruktion der Fassade.....	406
2.4.1.5	Durchgangswerte bei Fassaden	407
2.4.1.5.1	Sonnenstrahlung.....	407
2.4.1.5.2	Arten der Verglasung	409
2.4.1.5.3	Energieeinsparverordnung EnEV	415
2.4.1.5.4	Energieeffizienz von Gebäuden mit Gebäudeautomation – DIN EN 15232 ...	416
2.4.1.5.5	Sommerlicher Wärmeschutz.....	416
2.4.1.5.6	Winterlicher Wärmeschutz.....	416
2.4.2	Wärmebedarf	416
2.4.2.1	Meteorologische Randbedingungen und der Berechnungszeitraum.....	418
2.4.2.2	Bestimmung der Wärmeverluste	418
2.4.2.3	Wärmegewinne.....	419
2.4.2.4	Heizwärmebedarf.....	420
2.4.3	Kältebedarf/Kühllast.....	420
2.4.3.1	Innere Kühllasten.....	420
2.4.3.2	Äußere Kühllasten	421
2.4.3.3	Sommerkompensation.....	421
2.4.4	Speicherfähigkeit von Bauteilen	421

2.5	Anforderungen an ein Gebäude	423
2.5.1	Physiologische Grundlagen – der Mensch im Mittelpunkt der Technik.....	423
2.5.1.1	Wärmehaushalt des Menschen	423
2.5.1.2	Energiestoffwechsel.....	424
2.5.1.3	Körpertemperatur.....	424
2.5.1.4	Bekleidung.....	424
2.5.2	Die menschlichen Sinne	424
2.5.3	Behaglichkeit in Räumen	425
2.5.3.1	Behaglichkeit und Raumklima	425
2.5.3.2	Thermische Behaglichkeit.....	426
2.5.3.3	Nichtthermische Behaglichkeit.....	427
2.5.3.4	Einflussgrößen auf die Behaglichkeit.....	428
2.5.3.4.1	Temperatur und operative Raumtemperatur	428
2.5.3.4.2	Luftgeschwindigkeit und Turbulenzen.....	429
2.5.3.4.3	Luftfeuchte.....	430
2.5.3.4.4	Luftbedarf des Menschen und Mindestaußenluftvolumenstrom	431
2.5.3.4.5	Geräusche	434
2.5.3.4.6	Licht	434
2.5.4	Meteorologischen Daten und Elemente.....	436
2.6	Systeme der Technischen Gebäudeausrüstung	437
2.6.1	Brandmeldeanlagen.....	437
2.6.1.1	Schnittstellen zur Brandmeldeanlage	437
2.6.2	Elektroakustische Warnanlagen	440
2.6.2.1	Schnittstellen zur Elektroakustischen Warnanlage	440
2.6.3	Rauch- und Wärmeabzugsanlagen (RWA).....	440
2.6.3.1	Wirkprinzipien	442
2.6.3.1.1	Rauchabfuhr durch Verdünnung.....	442
2.6.3.1.2	Rauchabfuhr durch Schichtung	442
2.6.3.1.3	Rauchfreihaltung durch Überdruck	442
2.6.3.2	Schnittstellen zur Rauch- und Wärmeabzugsanlage.....	442
2.6.3.3	Projektierung von Schaltschränken für RWA.....	443
2.6.3.3.1	Grundlagen	443
2.6.3.3.2	Klärung der Vorgaben und Schritte der Projektierung	444
2.6.4	Schnittstellen zu Feuerlöschanlagen	449
2.6.5	Schnittstelle von der Gebäudeautomation zu Lüftungsanlagen	449
2.6.6	Schnittstellen und Funktionen des Sonnenschutzes	450
2.6.7	Schnittstellen und Funktionen des Blendschutzes	450
2.6.8	Schnittstellen und Funktionen der natürlichen Lüftung	450
2.6.9	Schnittstellen und Klärungen zum Blitz- und Überspannungsschutz	450

2.6.10	Schnittstellen und Klärungen zur Elektrotechnik	452
2.6.11	Schnittstellen und Funktionen zu Beleuchtungsanlagen	453
2.6.12	Schnittstellen zur Heizungsanlage.....	453
2.6.13	Schnittstellen zur Kälteanlage	453
3	Planung der Gebäudeautomation	455
3.1	Vertragsverhältnisse und Vertragspartner im Bauwesen	455
3.1.1	Planungsteam	456
3.1.2	VOF/HOAI.....	456
3.1.3	Fachkoordinator.....	456
3.1.4	Fachingenieur	457
3.2	Notwendigkeit einer Planung der Gebäudeautomation	458
3.2.1	Herausforderungen.....	458
3.2.2	Business as usual.....	458
3.2.3	Gewerbliche Verkehrssitte	459
3.2.4	Datenpunkt als Schätzbasis	459
3.2.5	Nachteile der Datenpunkt-Kalkulation	459
3.2.6	Freier und fairer Wettbewerb	460
3.2.7	„Eingefahrene Leistung?“	460
3.2.8	„1 Stück offene Kommunikation?“	461
3.2.9	Koordination und Verantwortung	461
3.3	Gliederung in Kostengruppen nach DIN 276.....	461
3.3.1	Kostengruppe 481 Automationssysteme	462
3.3.2	Kostengruppe 482 Schaltschränke.....	462
3.3.3	Kostengruppe 483 Management- und Bedieneinrichtungen	463
3.3.4	Kostengruppe 484 Raumautomationssysteme.....	463
3.3.5	Kostengruppe 485 Übertragungsnetze	463
3.3.6	Kostengruppe 489 Gebäudeautomation, Sonstiges	463
3.4	Kostenermittlungsarten.....	463
3.4.1	Kostenschätzung	463
3.4.2	Kostenberechnung.....	464
3.4.3	Kostenanschlag	464
3.4.4	Kostenfeststellung	464
3.5	Planungsphasen der HOAI für die Gebäudeautomation	464
3.5.1	Leistungsphase 0 Bedarfsplanung außerhalb der HOAI	464
3.5.1.1	Lastenheft und Pflichtenheft	465
3.5.2	Leistungsbild der Technischen Gebäudeausrüstung in der HOAI	466
3.5.2.1	Leistungsphase 1 – Grundlagenermittlung	466
3.5.2.2	Leistungsphase 2 – Vorplanung	466

3.5.2.3	Leistungsphase 3 – Entwurfsplanung	467
3.5.2.4	Leistungsphase 4 – Genehmigungsplanung	467
3.5.2.5	Leistungsphase 5 – Ausführungsplanung	468
3.5.2.6	Leistungsphase 6 – Vorbereiten der Vergabe	468
3.5.2.7	Leistungsphase 7 – Mitwirken bei der Vergabe	468
3.5.2.8	Leistungsphase 8 – Objektüberwachung	469
3.5.2.9	Leistungsphase 9 – Objektbetreuung	470
3.5.2.10	Besondere Leistungen nach HOAI	470
3.6	Bestandteile der Planung der GA gemäß DIN EN ISO 16484 – 1	470
3.6.1	Bestimmung der Projektanforderungen	470
3.6.2	Projektplanung und -organisation	471
3.6.3	Auslegungsdokumente und technische Spezifikationen	471
3.7	Prozessphasen der Planung und Ausschreibung	471
3.7.1	Vergabeverfahren	471
3.7.2	Rechtliche Stellung der VOB	474
3.7.3	Eine kurze Einführung in die VOB	474
3.7.3.1	Vergabeunterlagen	474
3.7.3.2	VOB/A	475
3.7.3.3	VOB/B	477
3.7.3.4	VOB/C	477
3.7.4	Ausschreibung	477
3.7.4.1	Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm („Funktionale Ausschreibung“)	477
3.7.4.2	Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis (LV)	478
3.7.5	Leistungsverzeichnis (LV)	479
3.7.5.1	Gliederung des Leistungsverzeichnisses	480
3.7.5.2	Aufteilung in Fachlose	480
3.7.5.3	Teilleistungen	480
3.7.5.4	Wahlposition (Alternativposition)	481
3.7.5.5	Bedarfsposition (Eventualposition)	481
3.7.5.6	Änderung der zu erbringenden Leistung	481
3.7.5.7	Stückpreislisten	481
3.7.5.8	Einzukalkulierende Nebenleistungen	482
3.7.5.9	Besondere Leistungen in der Gebäudeautomation	482
3.7.6	Grundgedanke des GAEB und des Standardleistungsbuches	483
3.7.7	Dokumentation der GA-Planung	484
3.7.8	Technische Regeln als Planungshilfe	485
3.7.9	Rationalisierung der GA-Planung	486

3.8	Klärung der Anforderungen	487
3.8.1	Anforderungen aus dem Baurecht	488
3.8.2	Vertragliche Anforderungen des Bauherren.....	488
3.8.2.1	Qualitäten und Umfang	488
3.8.2.2	Vorgaben durch Pflichtenhefte.....	488
3.8.3	Strategien des Betreibens und Betreiberkonzept	488
3.8.3.1	Betreiberkonzept und Bedienphilosophie	488
3.8.3.2	Anlagenkennzeichnungssystem	489
3.8.3.3	Störmeldepriorisierung.....	490
3.8.3.4	CAFM-Systeme	491
3.8.3.5	Ausbau für Funktionalitäten aus anderen Systemen	491
3.8.3.6	Einbindung externer Firmen	491
3.8.4	Anforderung an die Systeme aufgrund der Gebäudenutzung	491
3.8.5	Planungsgrundlagen und Varianten in der Gebäudeautomation	492
3.8.5.1	Automationssysteme – Kostengruppe (KG) 481	492
3.8.5.1.1	Verfügbarkeit von Automationseinrichtungen	492
3.8.5.1.2	Anordnung der Automationseinrichtungen.....	494
3.8.5.1.3	Sicherheitssysteme in der Gebäudeautomation	496
3.8.5.1.4	Feldgeräte.....	497
3.8.5.1.5	Umfang des Feldbussystems	497
3.8.5.1.6	Aufbau des Feldbussystems.....	498
3.8.5.1.7	Anbindung von Fremdgewerken.....	499
3.8.5.2	Schaltschränke – Kostengruppe (KG) 482	500
3.8.5.2.1	Vorgaben aus Pflichtenheften.....	500
3.8.5.2.2	Vorgaben an die Bedienbarkeit vor Ort.....	501
3.8.5.3	Management- und Bedieneinrichtungen – Kostengruppe (KG) 483.....	502
3.8.5.3.1	Visualisierung auf der Management- und Bedieneinrichtung (MBE)	502
3.8.5.3.2	Implementierung von weiteren Funktionalitäten in die MBE	503
3.8.5.4	Raumautomationssysteme – Kostengruppe (KG) 484	504
3.8.5.4.1	Umfang der Integration der Geräte in das Bussystem.....	504
3.8.5.4.2	Lichtsteuerung	505
3.8.5.4.3	Sonnenschutz	506
3.8.5.5	Übertragungsnetze – Kostengruppe (KG) 485	508
3.8.5.5.1	Verfügbarkeit der Netzwerke und Bussysteme	508
3.8.5.5.2	Aufbau eines redundanten Netzwerkes	508
3.8.5.5.3	Klärung der Kommunikationsstrukturen im Netzwerk der GA.....	509
3.8.5.6	Gebäudeautomation, Sonstiges – Kostengruppe (KG) 489	510

3.9	Auslegen und Dimensionieren des GA-Systems.....	510
3.9.1	Implementierung der Planungsgrundlagen und Anforderungen	510
3.9.2	Festlegung eines Anlagenkennzeichnungssystems	510
3.9.3	Anforderungen an die Inbetriebnahme von Systemen	510
3.9.4	Klären der Informationen aus Fremdgewerken (VDI 3814 Blatt 5).....	511
3.9.5	Planung der Schnittstellen innerhalb der GA und zu anderen Gewerken.....	512
3.9.6	Planung der Interoperabilität bei Systemintegrationen	512
3.9.6.1	Zeitsynchronisierung.....	512
3.9.6.2	Festlegung der Bediener-Zugriffskontrolle	513
3.9.6.3	Gateway-Einsatz.....	513
3.9.6.4	Systemerweiterungen	514
3.9.6.5	Gemeinsame systemweit genutzte Datenpunkte	514
3.9.6.5.1	Auftragspriorität	514
3.9.6.5.2	Zustandstexte und Anlagenparameter	514
3.9.6.6	BACnet	514
3.9.6.6.1	Zeichensatz	516
3.9.6.6.2	BACnet Beiblatt 070-12 im STL-Bau	516
3.9.7	Festlegen der Regelstrategien und nutzungsspezifischer Steuerungsaufgaben	516
3.9.7.1	Raumautomation	516
3.9.7.2	Anlagenautomation.....	519
3.9.8	Planung der Feldgeräte und Messstellen	519
3.9.8.1	Prüfen der notwendigen Feldgeräte	519
3.9.8.2	Festlegen der Messstellen und Einbauorte	519
3.9.8.3	Dimensionierung der Sensoren und Aktoren/Stellgeräte	520
3.9.9	Zuordnen der GA- und Raumfunktionen zu den Automationseinrichtungen ..	521
3.9.9.1	Funktionen der Automationseinrichtung in der Raumautomations- funktionsliste gemäß VDI 3813 Blatt 2.....	521
3.9.9.2	Funktionen der Automationseinrichtung in der GA-Funktionsliste gemäß VDI 3814 Blatt 1	523
3.9.10	Planung der Management- und Bedieneinrichtung	523
3.9.10.1	Anzeigen auf der Management- und Bedieneinrichtung.....	523
3.9.10.1.1	Bedienfunktionen	523
3.9.10.1.2	Informationsdarstellung	524
3.9.10.1.3	Parameter-Bedienung.....	524
3.9.10.1.4	COV für Analoge Eingabe, Ausgabe und Analogwert.....	524
3.9.10.1.5	Datenpunktzustandsinformationen	525
3.9.10.1.6	Alarmer und Ereignisse.....	525
3.9.10.1.7	Anzeige und Bedienung von Zeitplänen	526
3.9.10.1.8	Passwortschutz.....	527

3.9.10.1.9	Meldungsklassenpriorität	527
3.9.10.1.10	Berichte und Berichtsprotokolle	527
3.9.10.1.11	Statischer und dynamischer Bildanteil	528
3.9.10.1.12	Farbauswahl der Bildbestandteile	528
3.9.10.2	Management- und Bedienfunktionen in der Raumautomationsfunktions- liste gemäß VDI 3813 Blatt 2	528
3.9.10.3	Management- und Bedienfunktionen in der GA-Funktionsliste gemäß VDI 3814 Blatt 1	530
3.9.11	Erstellen der Raumautomations-Funktionslisten und des Raumauto- mationsschema (RA-S) gemäß VDI 3813 Blatt 2	530
3.9.12	Erstellen der GA-Funktionslisten und Automationsschemata gemäß VDI 3814 Blatt 1	531
3.9.13	Planung des Netzwerkes der Gebäudeautomation	531
3.9.13.1	Architektur des Netzwerkes	532
3.9.13.2	Verfügbarkeit	532
3.9.13.3	Reaktionszeiten	532
3.9.13.4	IP-Subnetze	532
3.9.13.5	Protokollanalysatoren	534
3.9.13.6	EMV für das GA-Netzwerk	534
3.9.13.7	Struktur des Netzwerkes	534
3.9.13.8	Erstellen des Netzwerkschema	536
3.9.14	Erstellen der elektrischen Leistungsbilanz	536
3.9.15	Koordination mit dem Gewerk Elektrotechnik	537
3.9.16	Erstellen der Trassen- und Installationsplanung	539
3.9.17	Elektrische Betriebsmittelkoordination der Feldgeräte	540
3.9.18	Kabeldimensionierung und Kabellisten	540
3.9.18.1	Zulässiger Spannungsfall auf elektrischen Kabeln und Leitungen	540
3.9.18.1.1	Grundlagen	540
3.9.18.1.2	Spannungsfall bei Gleichstrom	541
3.9.18.1.3	Spannungsfall bei Einphasenwechselstrom	542
3.9.18.1.4	Spannungsfall bei Dreiphasenwechselstrom	543
3.9.18.2	Schutz durch Abschaltung	544
3.9.18.2.1	TN-System mit Überstrom-Schutzeinrichtung	544
3.9.18.2.2	TN-System mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtung	545
3.9.18.2.3	TT-System mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtung	546
3.9.18.2.4	Erdungswiderstand R_A	547
3.9.18.3	Strombelastbarkeit von Kabeln und Leitungen nach DIN VDE 0298	549
3.9.18.3.1	Strombelastbarkeit von Leitungen mit Grenztemperatur 70 °C	549
3.9.18.3.2	Strombelastbarkeit von Kabeln mit Grenztemperatur 70 °C	554
3.9.18.3.3	Strombelastbarkeit von Leitungen und Kabeln mit anderen Grenztemperaturen als 70 °C	556

3.9.18.3.4	Strombelastbarkeit als quadratischer Mittelwert	557
3.9.18.3.5	Strombelastbarkeit bei Kurzzeit- und Aussetzbetrieb	558
3.9.18.3.6	Strombelastbarkeit bei parallel geschalteten Kabeln und Leitungen	559
3.9.18.3.7	Strombelastbarkeit bei gleichzeitig mehreren Umrechnungsfaktoren	560
3.9.18.4	Schutz von Überlast bei Kabeln und Leitungen	560
3.9.18.4.1	Auswahl der geeigneten Schutzeinrichtung	560
3.9.18.4.2	Zuordnen der jeweiligen Überlast-Schutzeinrichtung	561
3.9.18.5	Schutz von Leitungen und Kabeln bei Kurzschluss gemäß DIN VDE 0100 Teil 430	561
3.9.18.5.1	Gemeinsame Schutzeinrichtung für Überlast und Kurzschluss	561
3.9.18.5.2	Berechnung der zulässigen Ausschaltzeit	562
3.9.18.6	Dimensionierung/Bemessung von Kabeln und Leitungen	563
3.9.18.6.1	Leitungen ohne Funktionserhalt	563
3.9.18.6.2	Leitungen mit Funktionserhalt	565
3.9.18.7	Dimensionierung des Schutzleiters gemäß DIN VDE 0100 Teil 540	566
3.9.18.7.1	Bemessung von Schutzleitern durch Tabellen	567
3.9.18.7.2	Bemessung von Schutzleitern durch Berechnung	567
3.9.18.7.3	Bemessen der Potentialausgleichsleiter	568
3.9.18.8	Selektivität	568
3.9.18.8.1	Planungsschritte für die Selektivitätsbetrachtung	570
3.9.18.8.2	Nachweis der Selektivität/Selektivitätsnachweis	571
3.9.18.9	Besonderheiten von Fassaden und integrierter Technik	571
3.9.19	Schaltschrankplanung und Planung der elektrischen Anlage	572
3.9.19.1	Vorgaben des Bauherren	572
3.9.19.2	Software	572
3.9.19.3	Gehäuse des Schaltschranks	573
3.9.19.4	Einspeisung des Schaltschranks	574
3.9.19.5	Normalbetrieb und Sicherheitsbetrieb	575
3.9.19.6	Ab- und Zuschaltbedingungen aus externen Vorgaben	575
3.9.19.7	Überspannungsschutz	575
3.9.19.8	EMV-Kriterien	576
3.9.19.9	Auslösebedingungen und Stoßkurzschlussstrom	578
3.9.19.10	Bedienvorrichtungen am Schaltschrank	578
3.9.19.11	Erstellen der Kabellisten	578
3.9.19.12	Planung des Leistungsteils der Komponenten	579
3.9.19.13	Planung des Steuerungsteils der Komponenten	579
3.9.19.14	Verlustwärme im Schrank	580
3.9.19.15	Klimatisierungen	580
3.9.20	Erstellen des Leistungsverzeichnisses	581
3.9.20.1	ATV und ZTV	581

3.9.20.1.1	ATV nach VOB Teil C Abschnitt 0	582
3.9.20.1.2	ATV nach VOB Teil C Abschnitt 1	582
3.9.20.1.3	ATV nach VOB Teil C Abschnitt 2	582
3.9.20.1.4	ATV nach VOB Teil C Abschnitt 3	582
3.9.20.1.5	ATV nach VOB Teil C Abschnitt 4	583
3.9.20.1.6	ATV nach VOB Teil C Abschnitt 5	583
3.9.20.1.7	ZTV	583
3.9.20.2	Besondere Leistungen – Gebäudeautomation	583
3.9.20.3	Gliederung des Leistungsverzeichnisses	583
3.9.20.4	Leistungspositionen	584
3.9.20.5	Nutzen des STLB-Bau LB 070 Gebäudeautomation für die Erstellung des Leistungsverzeichnisses	584
3.9.20.5.1	Gliederung	584
3.9.20.5.2	Standardbeschreibungen	585
3.9.20.5.3	Bedieneinrichtungen, Managementeinrichtungen, Automations- einrichtungen (Hardware)	585
3.9.20.5.4	Software Managementeinrichtungen	585
3.9.20.5.5	Funktionen der Gebäude- und Raumautomation	586
3.9.20.5.6	Netzwerke-GA, MSR-Verbindungen	586
3.9.20.5.7	Schaltschränke	587
3.9.20.5.8	Feldgeräte	587
3.9.20.5.9	Datenschnittstelleneinheiten	587
3.9.20.5.10	Beiblätter und Anhänge	587
3.9.20.6	Checkliste systemneutrales GA-Leistungsverzeichnis	588
4	Vergabe der Gebäudeautomation	589
4.1	Angebot	589
4.2	Angebotsprüfung und Vergabe	592
5	Errichten der Anlagen im Gewerk Gebäudeautomation	593
5.1	Vorgaben durch die VOB	593
5.2	Bestandteile der Ausführung der GA gemäß DIN EN ISO 16484 Teil 1	593
5.3	Prüfung der Planunterlagen	595
5.4	Montageplanung	595
5.4.1	Schritte der Montageplanung in der GA	596
5.4.2	Erstellen der Automationsschemata und GA-Funktionslisten mit Belegungslisten	596
5.4.3	Erstellen der Stromlaufpläne von Schaltschränken	597

5.4.3.1	Schaltplanerstellung	599
5.4.4	Montageplanprüfung durch den Auftraggeber	601
5.5	Schaltschrankbau	601
5.6	Montage auf der Baustelle	601
5.7	Schaltschrankkontrolle	601
5.8	Montagekontrolle	602
5.9	Baubegehung	602
5.10	Inbetriebnahme der Gebäudeautomation	603
5.10.1	Inbetriebnahme nach DIN EN ISO 16484 – 1	603
5.10.2	Installation	604
5.10.3	Inbetriebnahme des Schaltschranks	604
5.10.4	Inbetriebnahme der Feldgeräte bis zur Automationseinrichtung	605
5.10.5	Inbetriebnahme des Netzwerkes der Gebäudeautomation	605
5.10.6	Inbetriebnahme der Programmes der Automationseinrichtungen	605
5.10.7	Inbetriebnahme der Management- und Bedieneinrichtung	606
5.10.8	Inbetriebnahme der Verbindung der Automationsstation sowie anderen Netzwerkteilnehmern zur MBE	606
5.10.9	Inbetriebnahme des Gesamtsystems der Gebäudeautomation	607
5.10.10	Inbetriebnahme und Einregulierung nach VOB	607
5.10.11	Funktionskontrolle	607
5.10.12	Vollprobetest	608
5.11	Systemdokumentation	608
5.12	Einweisung/Systemschulung	609
5.13	Abnahme der Gebäudeautomation gemäß VOB	609
5.13.1	Klassifizierung der Mängel	609
5.13.2	Schlusskontrolle	610
 6	 Betreiben der Gebäudeautomation	 611
6.1	Facility Management und Gebäudeautomation	611
6.2	Notwendigkeit der Instandhaltung der Systeme der Gebäudeautomation	611
6.3	Wiederkehrende Prüfungen	611
6.4	Änderungen im Bestand	611
6.5	Optimierungen	612
6.5.1	Optimierung von Betriebsabläufen	612
6.5.2	Optimierung der Temperaturregelung	612
6.5.3	Optimierung der Zentralanlagen	612
6.5.4	Wiederholende Inbetriebnahme nach DIN EN ISO 16484 – 1	612

Anhänge	613
Bildquellenverzeichnis.....	623
Internetadressen.....	625
Graphische Symbole	
RLT- /Anlagenelemente	627
Abkürzungsverzeichnis	629
Literaturverzeichnis	635
Sachwortverzeichnis.....	661