

**Bernd Aschendorf**

# **Energiemanagement durch Gebäudeautomation**

**Grundlagen - Technologien • Anwendungen**

 **Springer Vieweg**

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>	
<b>2</b>	<b>Vergleich mit dem Kfz</b>	<b>15</b>	
	2.1	Komfortfunktionen	16
	2.2	Sicherheitsfunktionen	17
<i>i.</i>	2.3	Energiemanagementfunktionen	17
	2.4	'Störmeldefunktionen	20
	2.5	Limitvorgaben	22
	2.6	Adaptives Nutzerverhalten	23
<b>3</b>	<b>Funktionen der Gebäudeautomation</b>	<b>25</b>	
	3.1	Komfortfunktionen	25
	3.2	Sicherheitsfunktionen	26
	3.3	Energiemanagementfunktionen	27
	3.4	Multimediafunktionen	29
	3.5	Dokumentmanagementfunktionen	30
	3.5.1	Funktionen eines CMS	31
	3.5.2	Anwendung des CMS-Systems Joomla XJ!	32
	3.5.3	Fazit zu CMS-Systemen	39
<b>4</b>	<b>Systemvergleich der Gebäudeautomationssysteme</b>	<b>41</b>	
	4.1	Strukturierung der Gebäudeautomationssysteme	41
	4.1.1	Zentrale Systeme	42
	4.1.2	Dezentrale Systeme.	44
	4.1.3	Halbdezentrale Systeme	49
	4.2	Medien der Gebäudeautomationssysteme	50
	4.2.1	Drahtgebundene Systeme	51
	4.2.2	Funkbasierte Systeme	52
	4.2.3	Powerline-basierte Systeme	54
	4.2.4	LAN-/WLAN-basierte Systeme	56
	4.2.5	Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS)	57

<b>Automatisierungspyramide der Gebäudeautomation</b>	<b>59</b>
5.1 Konventionelle Elektroinstallation	<b>60</b>
5.1.1 Hausanschluss	<b>61</b>
5.1.2 Zählerplatz	<b>62</b>
5.1.3 Stromkreisverteiler und Sicherungseinrichtungen	<b>62</b>
5.1.4 Kabel und Leitungen	63
5.1.5 Dezentrale Stromkreisverteiler	63
5.1.6 Kabelkanäle	64
5.1.7 Schalter, Steckdosen, Strom- und Lichtanschlüsse	64
5.1.8 Kommunikationseinrichtungen	64
5.1.9 Netzwerkeinrichtungen	65
5.1.10 Multimediaeinrichtungen	65
5.2 Feldebene	<b>66</b>
5.3 Automatisierungsebene	67
5.4 Leitebene	<b>68</b>
5.4.1 BuB-Systeme	<b>68</b>
5.4.2 Visualisierung	69
5.4.3 Steuerung	69
5.4.4 Störmeldung	69
5.4.5 Einbindung weiterer Funktionen	70
<b>Gateways und Systemschnittstellen</b>	<b>71</b>
6.1 Standards	71
6.1.1 KNX/EIB	71
6.1.2 LON	72
6.1.3 IEC 61131-3	72
6.1.4 RS485	73
6.1.5 Funk 868 MHz	73
6.1.6 EnOcean	73
6.1.7 Standardschnittstellen zwischen Feldbus- und Automatisierungsebene	73
6.2 Gateways	74
6.2.1 Echte Gateways	75
6.2.1.1 Einsatzgebiet	76
6.2.1.2 Beispiele für Gateways	76
6.2.2 Medienkoppler	79
6.2.3 Zubringersysteme	79
6.2.3.1 Beispiele für Zubringersysteme	<b>80</b>
6.2.4 Systemschnittstellen	<b>81</b>
6.2.4.1 Beispiele für Systemschnittstellen	<b>82</b>

<b>7</b>	<b>Gateways auf der Basis von Multifunktionssystemen</b>	<b>83</b>
7.1	Contronics Homeputer	83
7.2	IP-Symcon	84
7.2.1	Installation und Aufruf von IP-Symcon	86
7.2.2	Bestandteile von IP-Symcon	89
7.2.3	Anlage von Geräten mit der Quick-and-Dirty-Methode	92
7.2.4	Strukturierte Methode zum Aufbau einer IP-Symcon-Anwendung	127
7.2.4.1	Integration von KNX/EIB im Gebäudebeispiel	136
7.2.4.2	Integration von EnOcean im Gebäudebeispiel	143
7.2.4.3	Integration von HomeMatic im Gebäudebeispiel	147
7.2.4.4	Integration von LCN im Gebäudebeispiel	149
7.2.4.5	Integration einer WAGO-SPS im Gebäudebeispiel	153
7.2.4.6	Integration einer Siemens-S7-SPS im Gebäudebeispiel...	156
7.2.4.7	Integration von EATON-xComfort im Gebäudebeispiel	158
7.2.4.8	Integration von Z-Wave im Gebäudebeispiel	159
7.2.4.9	Integration von 1-Wire im Gebäudebeispiel	161
7.2.4.10	Integration von DMX im Gebäudebeispiel	163
7.2.4.11	Integration von M-Bus im Gebäudebeispiel	165
7.2.4.12	Zusammenfassung zur Integration verschiedener Gebäudeautomationssysteme in IP-Symcon	167
7.2.4.13	Rangfolge der Güte und Möglichkeit zur Integration von Gebäudeautomationssystemen in IP-Symcon	169
7.2.5	Konfiguratoren	175
7.2.5.1	Verwendung des Konfigurators für KNX/EIB	175
7.2.5.2	Verwendung des HomeMatic-Konfigurators	181
7.2.5.3	Verwendung des LCN-Konfigurators	183
7.2.5.4	Verwendung des EATON-xComfort-Konfigurators	185
7.2.5.5	Verwendung des Z-Wave-Konfigurators	188
7.2.5.6	Vor- und Nachteile von Konfiguratoren	188
7.2.6	Smart-Metering-Möglichkeiten von IP-Symcon	189
7.3	Fazit zur Anwendung von IP-Symcon	194
<b>8</b>	<b>Übersicht über Gebäudeautomationssysteme</b>	<b>197</b>
8.1	Konventionelle Elektroinstallation	198
8.1.1	Analyse	203
8.1.2	Neubau	203
8.1.3	Sanierung	204
8.1.4	Erweiterung	204
8.1.5	Nachrüstung	204
8.1.6	Anwendbarkeit für smart-metering-basiertes Energiemanagement	204
8.1.7	Objektgebäude	205

8.2	X10	:	205
8.2.1	Typische Geräte		206
	8.2.1.1	Systemkomponenten	206
	8.2.1.2	Sensoren	207
	8.2.1.3	Aktoren	209
8.2.2	Programmierung		210
8.2.3	Analyse		210
8.2.4	Neubau		211
8.2.5	Sanierung		211
8.2.6	Erweiterung		211
8.2.7	Nachrüstung		211
8.2.8	Anwendbarkeit für smart-metering-basiertes Energiemanagement		211
8.2.9	Objektgebäude		211
8.3	KNX/EIB-Powernet		212
8.3.1	Typische Geräte		214
	8.3.1.1	Systemkomponenten	215
	8.3.1.2	Sensoren	216
	8.3.1.3	Aktoren	218
8.3.2	Programmierung		218
8.3.3	Analyse		218
8.3.4	Neubau		219
8.3.5	Sanierung		219
8.3.6	Erweiterung		219
8.3.7	Nachrüstung		220
8.3.8	Anwendbarkeit für smart-metering-basiertes Energiemanagement		220
8.3.9	Objektgebäude		220
8.4	Rademacher Homeline/Contronics Homeputer		221
8.4.1	Typische Geräte		221
	8.4.1.1	Systemkomponenten	221
	8.4.1.2	Sensoren/Aktoren	222
8.4.2	Programmierung		222
8.4.3	Analyse		231
8.4.4	Neubau		231
8.4.5	Sanierung		232
8.4.6	Erweiterung		232
8.4.7	Nachrüstung		232
8.4.8	Anwendbarkeit für smart-metering-basiertes Energiemanagement		232
8.4.9	Objektgebäude		233
8.5	digitalSTROM		233
8.5.1	Typische Geräte		234
	8.5.1.1	Systemkomponenten	235
	8.5.1.2	Sensoren	238
	8.5.1.3	Aktoren (mit integriertem Sensor)	240

8.5.2	Programmierung/Software	245
8.5.2.1	Programmierung des digitalSTROM-Servers	245
8.5.2.2	Erweiterung der Automatisierung um Apps	262
8.5.2.3	Automatisierung und Visualisierung mit IP-Symcon ....	263
8.5.3	Analyse	266
8.5.4	Neubau	267
8.5.5	Sanierung	267
8.5.6	Erweiterung	267
8.5.7	Nachrüstung	268
8.5.8	Anwendbarkeit für smart-metering-basiertes Energiemanagement	268
8.5.9	Objektgebäude	269
8.6	Eltako Powerline	269
8.6.1	Typische Geräte	270
8.6.1.1	Systemkomponenten	270
8.6.1.2	Sensoren	272
8.6.1.3	Aktoren	273
8.6.2	Programmierung	273
8.6.3	Analyse	273
8.6.4	Neubau	273
8.6.5	Sanierung	274
8.6.6	Erweiterung	274
8.6.7	Nachrüstung	274
8.6.8	Anwendbarkeit für smart-metering-basiertes Energiemanagement	274
8.6.9	Objektgebäude	274
8.7	KNX/EIB TP	275
8.7.1	Typische Geräte	280
8.7.1.1	Systemkomponenten	281
8.7.1.2	Sensoren	283
8.7.1.3	Aktoren	286
8.7.1.4	Raumcontroller	289
8.7.1.5	Smart-Metering-Lösungen	289
8.7.2	Automatisierung durch Hardware KNXNode und Software KNXVision	297
8.7.2.1	Funktionen des KNX-Node	298
8.7.2.2	Ausstattungsmerkmale des KNX-Node	298
8.7.2.3	KNX/EIB-Vision-Software	298
8.7.3	Programmierung des KNX/EIB mit der Engineering-Tool-Software ETS	299
8.7.3.1	Adressen und Teilnehmer	300
8.7.3.2	KNXVision Classic	302
8.7.4	Analyse	303
8.7.5	Neubau	303

8.7.6	Sanierung	304
8.7.7	Erweiterung	304
8.7.8	Nachrüstung	305
8.7.9	Anwendbarkeit für smart-metering-basiertes Energiemanagement	305
8.7.10	Objektgebäude	305
8.8	LCN	306
8.8.1	Typische Geräte	309
8.8.1.1	Systemkomponenten	309
8.8.1.2	Module	310
8.8.1.3	Peripherie zu Modulen	312
8.8.2	Programmierung	315
8.8.2.1	Software LCN-Pro	315
8.8.2.2	Globales Visualisierungssystem (LCN-GVS)	320
8.8.3	Analyse	322
8.8.4	Neubau	324
8.8.5	Sanierung	324
8.8.6	Erweiterung	324
8.8.7	Nachrüstung	324
8.8.8	Anwendbarkeit für smart-metering-basiertes Energiemanagement	325
8.8.9	Objektgebäude	325
8.9	LON	325
8.9.1	Typische Geräte	327
8.9.1.1	Systemkomponenten	328
8.9.1.2	Sensoren	328
8.9.1.3	Aktoren	329
8.9.1.4	Raumcontroller	329
8.9.2	Programmierung	330
8.9.3	Analyse	331
8.9.4	Neubau	332
8.9.5	Sanierung	332
8.9.6	Erweiterung	333
8.9.7	; Nachrüstung ;	333
8.9.8	Anwendbarkeit für smart-metering-basiertes Energiemanagement	333
8.9.9	Objektgebäude	333
8.10	PEHA PHC	334
8.10.1	Typische Geräte	335
8.10.1.1	Systemkomponenten	336
8.10.1.2	Sensoren	337
8.10.1.3	Aktoren	338
8.10.2	Programmierung	338
8.10.2.1	Programmierung mit der PEHA PHC Systemsoftware	338
8.10.2.2	Programmierung mit der PEHA PHC Comfortsoftware	347

8.10.2.3	Andere Möglichkeiten zur Programmierung des PEHA-Systems	355
8.10.2.4	Protokollanalyse	356
-8.10.2.5	Verwendung der Klemme 750-653 am WAGO-Controller 750-849	358
8.10.2.6	Fazit zur Ankopplung PEHA-PHC an WAGO-SPS	360
8.10.3	Analyse	361
8.10.4	Neubau	362
8.10.5	Sanierung	362
8.10.6	Erweiterung	362
8.10.7	Nachrüstung	363
8.10.8	Anwendbarkeit für smart-metering-basiertes Energiemanagement	363
8.10.9	Objektgebäude	363
8.11	ELV/eQ-3 HomeMatic RS485	363
8.11.1	Typische Geräte	364
8.11.1.1	Systemkomponenten	364
8.11.1.2	Sensoren	365
8.11.1.3	Aktoren	366
8.11.2	Programmierung	367
8.11.3	Analyse	367
8.11.4	Neubau	368
8.11.5	Sanierung	369
8.11.6	Erweiterung	369
8.11.7	Nachrüstung	369
8.11.8	Anwendbarkeit für smart-metering-basiertes Energiemanagement	369
8.11.9	Objektgebäude	370
8.12	ELSOIHC	370
8.12.1	Analyse	372
8.12.2	Neubau	373
8.12.3	Sanierung	373
8.12.4	Erweiterung	373
8.12.5	Nachrüstung	373
8.12.6	Anwendbarkeit für smart-metering-basiertes Energiemanagement	373
8.12.7	Objektgebäude	374
8.13	Doepke Dupline	374
8.13.1	Typische Geräte	382
8.13.1.1	Systemkomponenten	382
8.13.1.2	Sensoren	384
8.13.1.3	Aktoren	386
8.13.2	Programmierung	387
8.13.3	Analyse	389
8.13.4	Neubau	389

8.13.5	Sanierung	389
8.13.6	Erweiterung	390
8.13.7	Nachrüstung	390
8.13.8	Anwendbarkeit für smart-metering-basiertes Energiemanagement	390
8.13.9	Objektgebäude	392
8.14	Eltako RS485	393
8.14.1	Typische Geräte	396
8.14.1.1	Systemkomponenten	396
8.14.1.2	Sensoren	398
8.14.1.3	Aktoren	399
8.14.2	Programmierung	400
8.14.3	Analyse	401
8.14.4	Neubau	401
8.14.5	Sanierung	402
8.14.6	Erweiterung	402
8.14.7	Nachrüstung	402
8.14.8	Anwendbarkeit für smart-metering-basiertes Energiemanagement	402
8.14.9	Objektgebäude	403
8.15	INSTA-433-MHz-Funkbussystem (Berker, GIRA, Jung)	403
8.15.1	Typische Geräte	404
8.15.1.1	Systemkomponenten	404
8.15.1.2	Sensoren	405
8.15.1.3	Aktoren	407
8.15.2	Analyse	408
8.15.3	Neubau	409
8.15.4	Sanierung	409
8.15.5	Erweiterung	410
8.15.6	Nachrüstung	410
8.15.7	Anwendbarkeit für smart-metering-basiertes Energiemanagement	410
8.15.8	Objektgebäude	411
8.16	ELVFS20	411
8.16.1	Typische Geräte	412
8.16.1.1	Systemkomponenten	412
8.16.1.2	Sensoren	412
8.16.1.3	Aktoren	415
8.16.2	Programmierung	417
8.16.2.1	Direkte Point-to-point-Zuordnung	417
8.16.2.2	Erweiterte Programmiermöglichkeit mit Homeputer ...	418
8.16.3	Analyse	418
8.16.4	Neubau	419
8.16.5	Sanierung	419
8.16.6	Erweiterung	419

. . . 8.16.7	Nachrüstung	419
8.16.8	Anwendbarkeit für smart-metering-basiertes Energiemanagement	420
8.17	eQ-3 HomeMatic 868-MHz-Funk	420
. . . 8.17.1	Typische Geräte	422
8.17.1.1	Systemkomponenten	422
8.17.1.2	Sensoren	424
8.17.1.3	Aktoren	426
. . . 8.17.2	Programmierung	427
8.17.2.1	Programmierung durch direkte Verknüpfung	427
8.17.2.2	Programmierung auf der Zentrale CCU	428
8.17.2.3	Software Homeputer	433
8.17.3	Analyse	445
8.17.4	Neubau	446
. . . 8.17.5	Sanierung	446
. . . . . 8.17.6	Erweiterung	446
. . . . . 8.17.7	Nachrüstung	447
. . . . . 8.17.8	Anwendbarkeit für smart-metering-basiertes Energiemanagement	447
8.18	EATON xComfort	447
8.18.1	Typische EATON-xComfort-Geräte	449
8.18.1.1	Systemkomponenten	449
8.18.1.2	Sensoren	451
8.18.1.3	Aktoren	457
8.18.1.4	Raumcontroller	459
8.18.2	Programmierung der Funkkomponenten	461
8.18.2.1	Programmierung im Basic Mode	461
8.18.2.2	Programmierung im Comfort Mode	462
. . . 8.18.2.3	Programmierung mit Homeputer	467
8.18.2.4	Fazit zur Programmierung	470
8.18.3	Analyse	470
8.18.4	Neubau	471
. . . 8.18.5	Sanierung	472
8.18.6	Erweiterung	472
8.18.7	Nachrüstung	472
. . . 8.18.8	Anwendbarkeit für smart-metering-basiertes Energiemanagement	472
8.18.9	Objektgebäude	473
8.19	Merten Connect	473
8.19.1	Typische Geräte	474
8.19.1.1	Systemkomponenten	475
8.19.1.2	Sensoren	475
8.19.1.3	Aktoren	477

8.19.2	Programmierung	479
	8.19.2.1 Die EASY CONNECT-Methode:	479
	8.19.2.2 Der Funkkonfigurator CONNECT	479
8.19.3	Analyse	480
8.19.4	Neubau	481
8.19.5	Sanierung	481
8.19.6	Erweiterung	481
8.19.7	Nachrüstung	482
8.19.8	Anwendbarkeit für smart-metering-basiertes Energiemanagement	482
8.19.9	Objektgebäude	482
8.20	Z-Wave	482
8.20.1	Typische Geräte	483
	8.20.1.1 Systemkomponenten	484
	8.20.1.2 Sensoren	485
	8.20.1.3 Aktoren	487
8.20.2	Programmierung	488
	8.20.2.1 Programmierung über die Homepage <a href="http://www.z-wave.me">www.z-wave.me</a> ..	491
	8.20.2.2 Programmierung mit IP-Symcon	500
	8.20.2.3 Programmierung über den Controller Vera lite	502
8.20.3	Analyse	509
8.20.4	Neubau	510
8.20.5	Sanierung	510
8.20.6	Erweiterung	510
8.20.7	Nachrüstung	511
8.20.8	Anwendbarkeit für smart-metering-basiertes Energiemanagement	511
8.20.9	Objektgebäude	511
8.21	ELDAT Easywave ...:	512
8.21.1	Typische Geräte	513
	8.21.1.1 Systemkomponenten	513
	8.21.1.2 Sensoren	515
	8.21.1.3 Aktoren	517
8.21.2	Programmierung	518
	8.21.2.1 Direkte Programmierung über Point-to-point-Verknüpfung	518
	8.21.2.2 Programmierung über die Software CCsoft	518
8.21.3	Analyse	523
8.21.4	Neubau	523
8.21.5	Sanierung	524
8.21.6	Erweiterung	524
8.21.7	Nachrüstung	524
8.21.8	Anwendbarkeit für smart-metering-basiertes Energiemanagement	524
8.21.9	Objektgebäude	525

8.22.	PEHA Easywave	525
8.22.1	Typische Geräte	526
8.22.1.1	Systemkomponenten	526
8.22.1.2	Sensoren	526
8.22.1.3	Aktoren	527
8.22.4.	Analyse	527
8.22.5	Neubau	527
8.22.6	Sanierung	528
8.22.7	Erweiterung	528
8.22.8	Nachrüstung	528
8.22.9.	Anwendbarkeit für smart-metering-basiertes Energiemanagement	528
8.22.10	Objektgebäude	528
8.23.	EnOcean	529
8.23.1	Typische Geräte	529
8.23.1.1	Systemkomponenten	530
8.23.1.2	Sensoren	531
8.23.1.3	Aktoren	532
8.23.2	Programmierung	532
8.23.3	Analyse	532
8.23.4	Neubau	532
8.23.5	Sanierung	533
8.23.6	Erweiterung	533
8.23.7	Nachrüstung	533
8.23.8	Anwendbarkeit für smart-metering-basiertes Energiemanagement	533
8.23.9	Objektgebäude	534
8.24	Eltako Funkbussystem	534
8.24.1	Typische Geräte	535
8.24.1.1	Systemkomponenten	536
8.24.1.2	Sensoren	538
8.24.1.3	Aktoren	545
8.24.2	Programmierung	548
8.24.2.1	Programmierung durch Point-to-point-Verknüpfung..	548
8.24.2.2	Programmierung über die Zentrale und Software FVS	549
8.24.3	Analyse	558
8.24.4	Neubau	558
8.24.5	Sanierung	559
8.24.6	Erweiterung	559
8.24.7	Nachrüstung	559
8.24.8	Anwendbarkeit für smart-metering-basiertes Energiemanagement	559
8.24.9	Objektgebäude	560

8.25	PEHA Easyclick		560
8.25.1	Typische Geräte		562
8.25.1.1	Systemkomponenten		562
8.25.1.2	Sensoren		564
8.25.1.3	Aktoren		565
8.25.2	Programmierung		567
8.25.3	Analyse		568
8.25.4	Neubau		568
8.25.5	Sanierung		568
8.25.6	Erweiterung		569
8.25.7	Nachrüstung		569
8.25.8	Anwendbarkeit für smart-metering-basiertes Energiemanagement		569
8.25.9	Objektgebäude		570
8.26	RWE SmartHome		570
8.26.1	Typische Geräte		573
8.26.1.1	Systemkomponenten		573
8.26.1.2	Sensoren		574
8.26.1.3	Aktoren		578
8.26.2	Programmierung		579
8.26.3	Analyse		580
8.26.4	Neubau		581
8.26.5	Sanierung		581
8.26.6	Erweiterung		581
8.26.7	Nachrüstung		581
8.26.8	Anwendbarkeit für smart-metering-basiertes Energiemanagement		582
8.26.9	Objektgebäude		582
8.27	Hager tebis KNX Funk		582
8.27.1	Typische Geräte		583
8.27.1.1	Systemkomponenten		583
8.27.1.2	Sensoren		584
8.27.1.3	Aktoren		585
8.27.2	Programmierung		586
8.27.3	Analyse	...>	586
8.27.4	Neubau		587
8.27.5	Sanierung		587
8.27.6	Erweiterung	:	587
8.27.7	Nachrüstung		587
8.27.8	Anwendbarkeit für smart-metering-basiertes Energiemanagement		587
8.28	Siemens S7-300		588
8.28.1	Typische Geräte		589
8.28.2	Programmierung		591
8.28.3	Analyse		602

8.28.4	Neubau	604
8.28.5	Sanierung	604
8.28.6	Erweiterung	604
8.28.7	Nachrüstung	604
8.28.8	Anwendbarkeit für smart-metering-basiertes Energiemanagement	605
8.28.9	Objektgebäude	605
; 8.29	Siemens S7-200	605
8.29.1	Typische Geräte	606
.. 8.29.2	Programmierung	607
8:29.3	Analyse	611
... 8.29.4	Neubau	612
8.29.5	Sanierung	612
8.29.6	Erweiterung	612
8.29.7	Nachrüstung	612
8.29.8	Anwendbarkeit für smart-metering-basiertes Energiemanagement	613
8.29.9	Objektgebäude	613
8.30	Siemens LOGO	613
8.30.1	Typische Geräte	615
8.30.2	Programmierung	617
8-30.3	Analyse	625
8.30.4	Neubau	626
8.30.5	Sanierung	627
8.30.6	Erweiterung	627
8.30.7	Nachrüstung	627
8.30.8	Anwendbarkeit für smart-metering-basiertes Energiemanagement	627
8.30.9	Objektgebäude	628
8.31	WAGO 750	628
8.31.1	Typische Geräte	629
8.31.1.1	Systemkomponenten .....	629
8.31.1.2	WAGO-Busklemmensystem	630
8.31.1.3	Sonderklemmen	631
8.31.2	Programmierung	632
8.31.2.1	Implementierung der EnOcean-Klemme von WAGO ...	633
8.31.2.2	Implementierung der KNX/EIB-Klemme von WAGO ...	635
8.31.2.3	Datenaustausch zwischen verteilten SPS-Systemen	642
„ 8.31.3	Analyse	648
, 8.31.4	Neubau	649
8.31.5	Sanierung	649
8.31.6	Erweiterung	650
i 8.31.7,	Nachrüstung	650
8.31.8.	Anwendbarkeit für smart-metering-basiertes Energiemanagement	650
, > 8.31.9	Objektgebäude	651

8.32	Beckhoff	651
8.32.1	Typische Geräte	653
8.32.1.1	Beckhoff Embedded-PC CX9000 mit K-Bus	654
8.32.1.2	Beckhoff-Busklemmensystem	655
8.32.1.3	KNX/EIB-Busklemme	656
8.32.2	Programmierung	656
8.32.2.1	Beckhoff Software TwinCAT	656
8.32.2.2	TwinCAT System Manager	657
8.32.2.3	TwinCAT PLC	658
8.32.2.4	Umsetzung von Gebäudeautomationsfunktionen mit dem Beckhoff CX9001-1001	658
8.32.2.5	Implementierung der EnOcean-Klemme von Beckhoff ..	663
8.32.2.6	Implementierung der KNX/EIB-Klemme von Beckhoff.	666
8.32.3	Analyse	670
8.32.4	Neubau	671
8.32.5	Sanierung	671
8.32.6	Erweiterung	672
8.32.7	Nachrüstung	672
8.32.8	Anwendbarkeit für smart-metering-basiertes Energiemanagement	672
8.32.9	Objektgebäude	673
8.33	Phoenix Contact Interbus	673
8.33.1	Typische Geräte	674
8.33.1.1	Phoenix Contact ILC 150 ETH	674
8.33.1.2	Sensoren	675
8.33.1.3	Aktoren	676
8.33.2	Software	676
8.33.2.1	Software Phoenix PQWorx	676
8.33.2.2	Anbindung von KNX/EIB	685
8.33.2.3	Kopplung zwischen Phoenix Contact Interbus und KNX/EIB	688
8.33.3	Analyse	689
8.33.4	Neubau	690
8.33.5	Sanierung	691
8.33.6	Erweiterung	691
8.33.7	Nachrüstung	691
8.33.8	Anwendbarkeit für smart-metering-basiertes Energiemanagement	691
8.33.9	Objektgebäude	692
8.34	Phoenix Contact Nanoline	692
8.34.1	Typische Geräte	694
8.34.1.1	Systemkomponenten	694
8.34.1.2	Eingangsmodule	697
8.34.1.3	Kombinierte Eingangs-/Ausgangsmodule	697

8.34.2	Software	697
8.34.2.1	Ablaufsprache	699
8.34.2.2	Kontaktplan	705
8.34.2.3	Anlage eines Projekts	706
8.34.2.4	Konfiguration der Geräte	708
8.34.2.5	Beschreibung der Datenelemente	710
8.34.2.6	Verbinden von Ablaufdiagrammen	710
8.34.3	Analyse	710
8.34.4	Neubau	711
8.34.5	Sanierung	711
8.34.6	Erweiterung	711
8.34.7	Nachrüstung	712
8.34.8	Anwendbarkeit für smart-metering-basiertes Energiemanagement	712
8.34.9	Objektgebäude	712
8.35	EATON Easy	712
8.35.1	Typische Geräte	713
8.35.1.1	Systemkomponenten	713
8.35.1.2	Sensoren und Aktoren	715
8.35.1.3	Programmierung	715
8.35.2	Analyse	716
8.35.3	Neubau	716
8.35.4	Sanierung	716
8.35.5	Erweiterung	717
8.35.6	Nachrüstung	717
8.35.7	Anwendbarkeit für smart-metering-basiertes Energiemanagement	717
8.35.8	Objektgebäude	717
8.36	Schneider Electric Zelio	717
8.36.1	Typische Geräte	718
8.36.1.1	Systemkomponenten	718
8.36.1.2	Sensoren und Aktoren	720
8.36.2	Programmierung	720
8.36.3	Analyse	727
8.36.4	Neubau	727
8.36.5	Sanierung	727
8.36.6	Erweiterung	727
8.36.7	Nachrüstung	728
8.36.8	Anwendbarkeit für smart-metering-basiertes Energiemanagement	728
8.36.9	Objektgebäude	728
8.37	EM 1000	728
8.37.1	Typische Geräte	729
8.37.1.1	Systemkomponenten	729
8.37.1.2	Sensoren	729

8.37.2	Programmierung	732
8.37.3	Analyse	733
8.37.4	Neubau	733
8.37.5	Sanierung	733
8.37.6	Erweiterung	733
8.37.7	Nachrüstung	733
8.37.8	Anwendbarkeit für smart-metering-basiertes Energiemanagement	734
8.37.9	Objektgebäude	734
8.38	DALI	734
8.38.1	Typische Geräte	737
8.38.1.1	Systemkomponenten	737
8.38.1.2	Aktoren	738
8.38.2	Programmierung	739
8.38.2.1	Programmierung im KNX/EIB mit der ETS	739
8.38.2.2	Programmierung mit der Codesys im WAGO-SPS-System	741
8.38.3	Analyse	744
8.38.4	Neubau	744
8.38.5	Sanierung	745
8.38.6	Erweiterung	745
8.38.7	Nachrüstung	745
8.38.8	Anwendbarkeit für smart-metering-basiertes Energiemanagement	745
8.38.9	Objektgebäude	746
8.39	SMI	746
8.39.1	Typische Geräte	748
8.39.2	Analyse	749
8.39.3	Neubau	749
8.39.4	Sanierung	749
8.39.5	Erweiterung	749
8.39.6	Nachrüstung	749
8.39.7	Anwendbarkeit für smart-metering-basiertes Energiemanagement	749
8.39.8	Objektgebäude	750
8.40	IP-Symcon-Hardware	750
8.40.1	Typische Geräte	750
8.40.1.1	Systemkomponenten	750
8.40.1.2	Sensoren	751
8.40.1.3	Aktoren	752
8.40.2	Programmierung	752
8.40.3	Analyse	754
8.40.4	Neubau	754
8.40.5	Sanierung	755
8.40.6	Erweiterung	755

8.40.7	Nachrüstung	755
8.40.8	Anwendbarkeit für smart-metering-basiertes Energiemanagement	755
8.40.9	Objektgebäude	755
8.41	1-Wire	755
8.41.1	Typische Geräte	756
8.41.2	Programmierung	757
8.41.3	Analyse	759
8.41.4	Neubau	759
8.41.5	Sanierung	759
8.41.6	Erweiterung	760
8.41.7	Nachrüstung	760
8.41.8	Anwendbarkeit für smart-metering-basiertes Energiemanagement	760
8.41.9	Objektgebäude	760
8.42	Rutenbeck-Serie TC IP	760
8.42.1	Typische Geräte	761
8.42.2	Bedienung/Konfiguration/Programmierung	764
8.42.3	Analyse	774
8.42.3.1	Temperaturüberwachung und-aufzeichnung in einem Gewächshaus	775
8.42.3.2	Stromfresser über das Netzwerk aufspüren (weiße und braune Ware)	776
8.42.3.3	Schalten über das Netzwerk – Beleuchtungssteuerung einer Firma mit dem TC IP 4	777
8.42.3.4	Waschmaschine fertig ?-Überwachen der Last	777
8.42.3.5	Weitere denkbare Funktionen	778
8.42.4	Neubau	778
8.42.5	Sanierung	779
8.42.6	Erweiterung	779
8.42.7	Nachrüstung	779
8.42.8	Anwendbarkeit für smart-metering-basiertes Energiemanagement	779
8.42.9	Objektgebäude	779
<b>9</b>	<b>Systemvergleich</b>	<b>781</b>
9.1	Argumente für den Systemvergleich	781
9.2	Systemspezifische Beurteilung	786
9.3	Beurteilungsmatrix	802
<b>10</b>	<b>Grundlagen zur elektromechanischen Messung</b>	<b>823</b>
10.1.1	Messgeräte zur Bestimmung elektrischer Größen	836
10.1.2	Spannungs-und Strommessgeräte	837
10.1.3	Energie-Zähler	839
10.1.3.1	Konventionelle Haushaltszähler (Ferraris-Zähler)	839

10.1.3.2	Elektronischer Energiezähler	844
10.1.3.3	Elektronische Energiezähler	846
10.1.3.4	Elektronische Zähler mit SO-Schnittstelle	847
10.1.3.5	Energiezähler mit Gebäudeautomations-Interface	847
10.1.3.6	Gebäudeautomationsintegrierte elektronische Zähler ...	848
10.2	Zähler anderer Energiearten	848
10.2.1	Gasmengenzähler	848
10.2.1.1	Mechanische Gaszähler	849
10.2.2	Wasserzähler	851
10.2.2.1	Flügelradwasserzähler	852
10.2.2.2	Ultraschall-Zähler	852
10.2.2.3	Andere Bauformen und Messgeräte	852
10.2.3	Wärmemengenzähler	853
10.2.3.1	Heizkostenverteiler-Verdunster	854
10.2.3.2	Elektronische Wärmemengenzähler	855
10.2.4	Elektronische Abwassermengenzähler	857
10.2.4.1	Füllstandsmessung	857
10.2.4.2	Mechanische Füllstandsmessung	857
10.2.4.3	Elektronische Füllstandsmessgeräte	858
<b>11</b>	<b>Gesetzliche Grundlagen für Smart Metering</b>	<b>861</b>
11.1	Endenergieeffizienzrichtlinie	861
11.1.1	Richtlinien-Text	861
11.1.2	Kommentar zur Endenergieeffizienzrichtlinie der EU	890
11.1.3	Zusammenfassung	909
11.2	Energiewirtschaftsgesetz (EnWG von 2005, letzte Änderung 2012)	910
11.3	Energieeinsparverordnung 2009 (EnEV von 2007, letzte Änderung 2009)	938
11.4	Energie Wärme Gesetz (EEWärmeG von 2008, letzte Änderung 2011) ...	950
11.5	Messzählerverordnung von 2008, zuletzt geändert 2012	959
11.6	Initiierte Prototypen-Projekte für Smart Metering	965
11.7	Abschließender Kommentar zur gesetzlichen Regelung der Einführung von Energieeffizienz	966
<b>12</b>	<b>Funktionalität des Smart Meterings</b>	<b>969</b>
12.1	Anwendung der Smart Meter	971
12.2	Nutzen für den EVU-Kunden	975
12.3	Nutzen für das EVU	976
12.4	Erweiterungsmöglichkeiten	977

<b>13 Energiemanagement</b>	979
13.1 Persönliches, manuelles Energiemanagement	980
13.2 Gebäudeautomationsbasiertes Energiemanagement	982
i 13.3 Smart-Metering-basiertes Energiemanagement	983
13.3.1 Psychologisches Energiemanagement	983
13.3.2 Aktives Energiemanagement	985
13.3.2.1 Messung energetischer Grundlagen	985
13.3.2.2 Korrelation von Energiemess-mit Sensordaten	986
13.3.2.3 Hinweissystem	987
13.3.2.4 Aufforderung zur Verhaltensänderung	988
13.3.2.5 Energie-und Kosteneinsparpotenziale	988
13.3.2.6 Systematische Umsetzung als Energieberatungssystem	988
13.3.3 Passives Energiemanagement	1013
13.3.3.1 Messung energetischer Grundlagen	1013
i 13.3.3.2 Korrelation von Energiemess-mit Sensordaten	1013
13.3.3.3 Hinweissystem	1014
13.3.3.4 Einzelraumtemperaturregelung/Heizungssteuerung	1014
13.3.3.5 Lichtsteuerung	1017
13.3.3.6 Stromkreissteuerung (schaltbare Steckdosen)	1021
13.3.3.7 Stromkreissteuerung (schaltbare Geräte)	1026
13.3.4 Einbindung von Komfortfunktionen	1027
13.3.4.1 Haus-wird-verlassen-Steuerung	1028
; 13.3.4.2 Haus-wird-betreten-Steuerung	1028
i 13.3.4.3 Frühstücksszenario	1028
13.3.4.4 Ankommenszenario	1028
13.3.5 Einbindung von Sicherheitsfunktionen	1029
13.3.5.1 Fensterkontaktüberwachung	1029
13.3.5.2 Präsenz-/Bewegungsmeldereinbindung	1029
13.3.5.3 Webcams	1029
13.3.5.4 Leckageerfassung	1030
" 13.3.5.5 Regendetektion und -mengenerfassung	1030
13.3.5.6 Feuchtedetektion	1030
13.4 Der Monitor als Multifunktionssystem	1031
13.4.1 Grundlagen	1031
13.4.2 Audiofunktionen	1034
13.4.3 Bildfunktionen	1035
13.4.4 Videofunktionen	1035
13.4.5 Internet	1036
13.4.6 Notizblockfunktion/Stundenpläne/Einkaufszettel	1036
13.4.7 Archivierungssystem	1037
13.4.8 Videotürsprechstellen	1037
13.4.9 Weitere Funktionen	1038

<b>14 Umsetzung von smart-metering-basiertem Energiemanagement mit FS20/Homeputer</b>	<b>1039</b>
14.1 Prototypenfunktion des Systems	1061
14.2 Smart-Metering-Einbindung	1062
14.3 Intelligentes Smart Metering	1063
14.4 Aktives Energiemanagement	1071
14.5 Passives Energiemanagement	1094
14.6 Einbindung von Komfortfunktionen	1104
14.7 Einbindung von Sicherheitsfunktionen	1105
14.8 Multifunktionssystem	1114
14.9 Graphische Darstellung von geloggtten Daten	1121
14.10 Fazit	1121
<b>15 Umsetzung von smart-metering-basiertem Energiemanagement mit KNX/EIB</b>	<b>1123</b>
15.1 Funktionalität des KNXnode	1132
15.2 Smart-Metering-Einbindung	1135
15.3 Aktives Energiemanagement	1143
15.3.1 Anzeigen der elektrisch aufgenommenen Leistung jedes Verbrauchers	1143
15.3.2 Anzeigen der aufgenommenen Wirkleistung der Steuerung	1146
15.3.3 Anzeigen der aufgenommenen Leistung, des Leistungsfaktors und des Zählerstandes der Demonstrations-Leuchtwand	1146
15.3.4 Anzeige der Raumtemperatur	1147
15.4 Passives Energiemanagement	1148
15.4.1 Lastmanagement	1149
15.4.1.1 Spitzenlasttarifabhängige Abschaltung einiger Verbraucher	1149
15.4.1.2 Tarifabhängiges Einschalten einiger Verbraucher	1151
15.4.1.3 Leistungsfaktorabhängige Abschaltung induktiver Verbraucher	1153
15.4.2 ;Heizungssteuerung inklusive Fernparametrieroption	1154
15.5 Einbindung von Komfortfunktionen	1158
15.5.1 Abschalten kritischer Geräte beim Verlassen des Gebäudes	1158
15.5.2 Optische Türklingelunterstützung für verschiedene Räume	1159
15.5.3 Optionales „Frühstücksszenario“ mittels Funktaster	1161
15.5.4 Mehrfachbelegung eines Sensors für Komfortfunktionen	1163
15.6 Einbindung von Sicherheitsfunktionen	1165
15.6.1 Alarmanlagen Unterstützung	1165
15.6.2 Internetbasierte USB-Überwachungskamera	1168
15.7 Multifunktionssystem	1169
15.7.1 Rezeptauswahl mit Hilfe des Internetbrowsers	1170

15.7.2	Internetbasiertes Einkaufs- und Bestellsystem mit Handy-Ankopplung	1170
15.7.3	Informationssystem/Stundenpläne	1173
15.8	Funktionen des altengerechten Wohnens (Ambient Assisted Living)	1173
15.8.1	Einbindung eines Armbands mit Panik-Taster Funktion	1173
15.9	Fazit	1174
<b>16'</b>	<b>Umsetzung von smart-metering-basiertem Energiemanagement mit LCN ...</b>	<b>1177</b>
16.1	Programmierung des LCN-Systems	1180
16.2	Globales Visualisierungssystem (LCN-GVS)	1192
16.3	Aufbau des Demonstrationsmodells	1195
16.4	Smart-Metering-Einbindung	1196
16.5	Aktives Energiemanagement	1196
16.5.1	Funktion „Haus ist verlassen“	1196
16.5.2	Funktion „Heizungssteuerung“	1200
16.5.3	Funktion „Heizungsüberwachung“	1201
16.5.4	Funktion „Jalousiesteuerung“ (über EnOcean-Funktaster)	1203
16.5.5	Funktion „Jalousieüberwachung“	1205
16.6	Passives Energiemanagement	1206
16.6.1	Funktion „Haus ist verlassen“	1207
16.6.2	Funktion Außenlicht	1209
16.6.3	Funktion „Konstantlichtregelung“	1210
16.6.4	Funktion Heizungssteuerung	1212
16.6.5	Funktion Jalousiesteuerung	1213
16.7	Einbindung von Komfortfunktionen	1214
16.7.1	Funktion Lichtszenen	1214
16.8	Einbindung von Sicherheitsfunktionen	1216
16.8.1	Funktion „Alarmanlage“	1216
16.9	Multifunktionssystem	1218
16.10	Fazit	1218
<b>17</b>	<b>Umsetzung von smart-metering-basiertem Energiemanagement mit WAGO 750</b>	<b>1221</b>
17.1	Hardware	1224
17.2	Software CoDeSys	1232
17.2.1	Anweisungsliste (AWL)	1235
17.2.1.1	Kontaktplan (KOP)	1235
17.2.2	Funktionsplan (FUP)	1236
17.2.3	Ablaufsprache (AS)	1236
17.2.4	Strukturierter Text (ST, structured text)	1237
17.2.5	Freigraphischer Funktionsplan-Editor (Continuous Function Chart CFC)	1238

17.2.6	Programmierung einer Funktion	1239
17.2.7	Programmierung eines Funktionsblocks	1241
17.2.8	Bibliotheken	1245
17.2.9	CoDeSys-Visualisierung	1248
17.2.9.1	Grundlagen	1248
17.2.9.2	Erstellung einer Visualisierung	1249
17.3	Realisierung eines Gebäudeautomationsprojekts	1260
17.3.1	Hardware des Demonstrationsmodells	1260
17.3.2	Taskkonfiguration	1262
17.3.3	Controllerauswahl	1266
17.3.4	Variablendeklaration	1266
17.3.5	Visualisierung	1268
17.4	Smart-Metering-Einbindung	1268
17.5	Aktives Energiemanagement	1274
17.6	Passives Energiemanagement	1295
17.7	Gebäudeautomation	1300
17.8	Einbindung von Komfortfunktionen	1307
17.9	Einbindung von Sicherheitsfunktionen	1311
17.10	Multifunktionssystem	1312
17.11	Fazit	1313
<b>18</b>	<b>Umsetzung von smart-metering-basiertem Energiemanagement mit IP-Symcon</b>	<b>1315</b>
18.1	Gesamtansicht	1315
18.2	Feldbussysteme	1316
18.3	Visualisierungsparametrierung	1321
18.4	Energetische Rechnung	1323
18.5	Gebäudeautomation	1336
18.6	Komfortfunktionen	1342
18.7	Sicherheitsfunktionen	1342
18.8	Multifunktionssystem	1343
18.9	Medienübernahme	1352
18.10	Archivierung und Eventhandling	1353
18.11	Fazit	1355
<b>19</b>	<b>Kostenbetrachtung und Systemvergleich</b>	<b>1359</b>
<b>20</b>	<b>Fazit und Schlussfolgerung</b>	<b>1365</b>
	<b>Quellenverzeichnis</b>	<b>1369</b>
	<b>Sachwortverzeichnis</b>	<b>1373</b>