

Elmar Bollin (Hrsg.)

Automation regenerativer Wärme- und Kälteversorgung von Gebäuden

Komponenten, Systeme, Anlagenbeispiele

Mit 196 Abbildungen und 18 Tabellen

Mit Beiträgen von
Martin Becker, Ekkehard Boggasch,
Elmar Bollin, Mathias Fraaß, Alfred Karbach,
Peter Ritzenhoff und Dieter Striebel

PRAXIS



VIEWEG+
TEUBNER

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung in die Nutzung erneuerbarer Energiequellen	1
1.1	Allgemeines zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen	1
1.2	Charakteristika erneuerbarer Energiequellen	2
1.3	Bedeutung der Automation bei der Nutzung regenerativer Energiequellen zur Wärme- und Kälteversorgung von Gebäuden	3
1.4	Beispiel einer solarthermischen Trinkwassererwärmung im Einfamilienhaus	4
2	Grundlagen der Nutzung regenerativer Energiequellen in Gebäuden	7
2.1	Energieangebot regenerativer Energiequellen	7
2.1.1	Das solare Strahlungsangebot am Gebäude	7
2.1.2	Potenziale oberflächennaher Geothermie	19
2.1.3	Potenzial der Umgebungswärme	24
2.1.4	Sensorik für Klimamessung (meteorologische Messtechnik)	25
2.2	Gebäudeenergiebedarf	28
2.2.1	Gebäudewärmebedarf	29
2.2.2	Gebäudekältebedarf	33
2.2.3	Frischlufbedarf in Gebäuden	35
2.2.4	Trinkwasserbedarf in Gebäuden	37
2.3	Besonderheiten der Nutzung erneuerbarer Energieträger	39
2.3.1	Einfluss des variablen Energieangebots	40
2.3.2	Angebot und Bedarf	44
2.3.3	Multivalente Energiebereitstellung	47
2.3.4	Ertrags- und Funktionskontrolle	48
3	Energiebereitstellung aus regenerativen Energiequellen	50
3.1	Solarthermische Wandler	50
3.1.1	Einführung	50
3.1.2	Der Sonnenkollektor	52
3.1.3	Zeitverhalten des Sonnenkollektors	53
3.1.4	Wichtige Kenndaten von Sonnenkollektoren	54
3.1.5	Hydraulisches Verhalten des Sonnenkollektors	56
3.2	Systeme zur Erdwärmegewinnung	60
3.2.1	Allgemeines	60
3.2.2	Erdwärmekollektoren	60
3.2.3	Erdwärmesonden	62
3.3	Kältemaschinen und Wärmepumpen	66
3.3.1	Allgemeines	66
3.3.2	Definition eines kältetechnischen Gesamtsystems aus automatisierungstechnischer Sicht	66
3.3.3	Grundlagen von Kompressions-Kältemaschinen	68
3.3.4	Grundlagen von Absorptions- und Adsorptionskältemaschinen	72
3.3.5	Energetische Kenngrößen von Kälteanlagen und Wärmepumpen	82

4 Speichersysteme	87
4.1 Funktion von Wärmespeichern.....	87
4.2 Möglichkeiten zur Speicherung von Wärme.....	88
4.2.1 Speicher für fühlbare (sensible) Wärme.....	89
4.2.2 Latentwärmespeicher.....	90
4.2.3 Sorptionsspeicher.....	92
4.3 Speicher mit Wasser als Speichermedium.....	92
4.3.1 Strömungs- und Schichtungsvorgänge im Speicher.....	92
4.3.2 Be- und Entladeeinrichtung.....	94
4.3.3 Wärmeverluste.....	95
4.3.4 Dimensionierung von Pufferspeichern.....	95
4.3.5 Hydraulische Einbindung des Verdrängungsspeichers.....	97
4.3.6 Steuerung der Be- und Entladung.....	98
4.3.7 Kombispeicher.....	99
5 Automation von Systemen zur Wärme- und Kältebereitstellung aus regenerativen Energiequellen	101
5.1 Solare Trinkwassererwärmung.....	101
5.1.1 Kleinanlagen zur solaren Trinkwassererwärmung.....	102
5.1.2 Großanlagen zur solaren Trinkwassererwärmung.....	102
5.1.2.1 Kollektorkreisregelung.....	103
5.1.2.2 Speicherladeregelung.....	107
5.1.2.3 Speicherentladeregelungen.....	108
5.1.2.4 Überwachungs- und Servicefunktionen.....	113
5.1.3 Ausgeführtes Beispiel einer solarthermischen Großanlage.....	114
5.2 Solarunterstützte Gebäudeheizung.....	121
5.3 Raumverhalten.....	123
5.3.1 Einleitung.....	123
5.3.2 Energiefluss in der Raumbeheizung.....	124
5.3.2.1 Nutzen und Bedarf.....	124
5.3.2.2 Aufwand und Energieeffizienz.....	126
5.3.3 Modellierung des Raumverhaltens.....	127
5.3.3.1 Raumkennlinie und Raumtemperaturregelung.....	127
5.3.3.2 Einknotenmodell.....	129
5.3.3.3 Zweiknotenmodell.....	132
5.3.3.4 Wirksame Wärmekapazität.....	134
5.3.3.5 Mehrknotenmodell.....	137
5.3.3.6 Geometrische Raummodelle.....	139
5.3.4 Thermische Bauteilaktivierung.....	146
5.3.4.1 Thermisch aktivierbares Bauteil.....	146
5.3.4.2 Betonkernaktivierung.....	147
5.3.4.3 Bauteilkühlung.....	148
5.3.5 Low Cost Bus (LCB).....	149
5.3.5.1 Aufbau.....	149
5.3.5.2 CAFM-Funktionalität.....	150
5.3.5.3 Energieeinsparung durch verbesserte Regelung.....	151
5.3.5.4 Energieeinsparung durch Interaktion mit den Nutzern.....	152

5.4	Solare Kühlung.....	154
5.4.1	DEC-Systeme.....	158
5.4.2	Solarbetriebene Absorptionskältemaschinen.....	160
5.4.2.1	Solare Absorptionskühlung als ausgeführtes Anlagenbeispiel ..	161
5.4.2.2	Solarbetriebene Adsorptionsmaschine.....	168
5.5	Wärmepumpen-Systeme zur Gebäudebeheizung.....	170
5.5.1	Systemabgrenzung Wärmepumpe, Wärmepumpenanlage und Wärmepumpenheizungsanlage.....	170
5.5.2	Energetische Bewertung von Wärmepumpen und Wärmepumpenanlagen	172
5.5.3	Komponenten einer Wärmepumpenanlage (WPA).....	177
5.5.3.1	Wärmequellen.....	177
5.5.3.2	Wärmepumpe (WP).....	179
5.5.3.3	Betriebsarten einer Wärmepumpenheizungsanlage (WPHA) ..	180
5.5.4	Automatisierung von Wärmepumpen und Wärmepumpenheizungsanlagen.....	181
5.5.4.1	Automatisierungsebenen.....	181
5.5.4.2	Automatisierung von Wärmepumpensystemen.....	183
5.6	Geothermische Systeme zur Gebäudeheizung und -kühlung (Anlagenbeispiel) ..	185
5.6.1	Konzeption und Aufbau.....	185
5.6.2	Regel Strategien.....	185
5.6.3	Betriebserfahrungen.....	189
5.7	Automationsstrategien für thermoaktive Bauteilsysteme (TABS).....	191
5.7.1	Allgemeines.....	191
5.7.2	Übersicht zu typischen Steuerungs-/Regelungsstrategien für TAB-Systeme.....	192
5.7.2.1	Beaufschlagung der TAB mit konstanter Vorlauftemperatur ...	193
5.7.2.2	Steuerung der Vorlauftemperatur als Funktion der Außentemperatur.....	193
5.7.2.3	Regelung nach der Temperatur in TAB-System.....	194
5.7.2.4	Steuerung des Massenstromes.....	196
5.7.2.5	Vorausschauende und prognosegesteuerte Strategien.....	198
6	Funktionsüberwachung und Ertragskontrolle.....	199
6.1	Monitoring.....	200
6.1.1	Kennzahlen für die Bewertung des Anlagenbetriebs.....	203
6.2	Systemsimulations- und Prognosewerkzeuge.....	206
6.3	Insitu-Überwachungen.....	210
6.3.1	Insitu-Überwachung als Teil der Automatisierung.....	210
6.3.2	Insitu-Überwachung mit PC-Ankopplung und Software für Datenerfassung und -auswertung.....	211
6.4	Busgestütztes Energiemanagement eines Verbundes regenerativer Energieanlagen.....	212
7	Automationsgeräte und deren Anbindung an die Gebäudeautomation.....	221
7.1	Einführung in die Automatisierungstechnik.....	221
7.2	Kompakte Automationsgeräte.....	227
7.2.1	Einfacher kompakter Solarregler.....	227

7.2.2	Vielseitiger kompakter Solarregler.....	228
7.2.3	Freiprogrammierbarer solarer Universalregler.....	229
7.2.4	Wärmepumpen-Kompaktregler.....	231
7.3	Einbindung in eine übergeordnete Gebäudeautomation und ins Gebäude- management.....	234
7.3.1	Integration von regenerativen Anlagen in die Gebäudeautomation.	236
7.3.1.1	Anwendungsbeispiel: Automation eines Energiesystem- Verbundes im Technikum G der Hochschule Biberach.	236
7.3.1.2	Anwendungsbeispiel: Herstellerneutrales Gebäude- automationssystem auf Lab VIEW Basis.....	239
Sachwortverzeichnis.....		243