
Elmar Bollin
Herausgeber

Regenerative Energien im Gebäude nutzen

Wärme- und Kälteversorgung,
Automation, Ausgeführte Beispiele

2., überarbeitete Auflage

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

 Springer Vieweg

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung in die Nutzung erneuerbarer Energiequellen	1
	Elmar Bollin	
1.1	Allgemeines zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen	1
1.2	Charakteristika erneuerbarer Energiequellen	3
1.3	Bedeutung der Automation bei der Nutzung regenerativer Energiequellen zur Wärme- und Kälteversorgung von Gebäuden	4
1.4	Beispiel einer solarthermischen Trinkwassererwärmung im Einfamilienhaus	5
2	Grundlagen der Nutzung regenerativer Energiequellen in Gebäuden . . .	9
	Peter Ritzenhoff und Alfred Karbach	
2.1	Energieangebot regenerativer Energiequellen	9
2.1.1	Das solare Strahlungsangebot am Gebäude	10
2.1.2	Potenziale oberflächennaher Geothermie	24
2.1.3	Potenzial der Umgebungswärme	29
2.1.4	Sensorik für Klimamessung (meteorologische Messtechnik) . . .	31
2.2	Gebäudeenergiebedarf	32
2.2.1	Gebäudewärmebedarf	34
2.2.2	Gebäudekältebedarf	39
2.2.3	Frischluftebedarf in Gebäuden	42
2.2.4	Trinkwasserbedarf in Gebäuden	43
2.3	Besonderheiten der Nutzung erneuerbarer Energieträger	44
2.3.1	Einfluss des variablen Energieangebots	45
2.3.2	Angebot und Bedarf	49
2.3.3	Multivalente Energiebereitstellung	51
2.3.4	Ertrags- und Funktionskontrolle	53
	Literatur	55

3	Energiebereitstellung aus regenerativen Energiequellen	57
	Elmar Bollin, Dieter Striebel, Martin Becker und Peter Ritzenhoff	
3.1	Solarthermische Wandler	57
3.1.1	Einführung	57
3.1.2	Der Sonnenkollektor	60
3.1.3	Zeitverhalten des Sonnenkollektors	61
3.1.4	Wichtige Kenndaten von Sonnenkollektoren	63
3.1.5	Hydraulisches Verhalten des Sonnenkollektors	64
3.2	Systeme zur Erdwärmegewinnung	68
3.2.1	Allgemeines	68
3.2.2	Erdwärmekollektoren	69
3.2.3	Erdwärmesonden	70
3.3	Kältemaschinen und Wärmepumpen	73
3.3.1	Allgemeines	73
3.3.2	Definition eines kältetechnischen Gesamtsystems aus automatisierungstechnischer Sicht	73
3.3.3	Grundlagen von Kompressions-Kältemaschinen	75
3.3.4	Grundlagen von Absorptions- und Adsorptionskältemaschinen	80
3.3.5	Energetische Kenngrößen von Kälteanlagen und Wärmepumpen	91
	Literatur	95
4	Speichersysteme	97
	Dieter Striebel	
4.1	Funktion von Wärmespeichern	97
4.2	Möglichkeiten zur Speicherung von Wärme	99
4.2.1	Speicher für fühlbare (sensible) Wärme	99
4.2.2	Latentwärmespeicher	101
4.2.3	Sorptionsspeicher	102
4.3	Speicher mit Wasser als Speichermedium	103
4.3.1	Strömungs- und Schichtungsvorgänge im Speicher	103
4.3.2	Be- und Entladeeinrichtung	104
4.3.3	Wärmeverluste	105
4.3.4	Dimensionierung von Pufferspeichern	106
4.3.5	Hydraulische Einbindung des Verdrängungsspeichers	108
4.3.6	Steuerung der Be- und Entladung	109
4.3.7	Kombispeicher	110
	Literatur	112

5	Automation von Systemen zur Wärme- und Kältebereitstellung aus regenerativen Energiequellen	113
	Elmar Bollin, Mathias Fraaß, Alfred Karbach, Martin Becker und Dieter Striebel	
5.1	Solare Trinkwassererwärmung	113
5.1.1	Kleinanlagen zur solaren Trinkwassererwärmung	114
5.1.2	Großanlagen zur solaren Trinkwassererwärmung	115
5.1.2.1	Kollektorkreisregelung	116
5.1.2.2	Speicherladeregelung	120
5.1.2.3	Speicherentladeregelungen	122
5.1.2.4	Überwachungs- und Servicefunktionen	126
5.1.3	Ausgeführtes Beispiel einer solarthermischen Großanlage	127
5.2	Solarunterstützte Gebäudeheizung	135
5.3	Raumverhalten	137
5.3.1	Einleitung	137
5.3.2	Energiefluss in der Raumbeheizung	138
5.3.2.1	Nutzen und Bedarf	138
5.3.2.2	Aufwand und Energieeffizienz	140
5.3.3	Modellierung des Raumverhaltens	141
5.3.3.1	Raumkennlinie und Raumtemperaturregelung	142
5.3.3.2	Einknotenmodell	144
5.3.3.3	Zweiknotenmodell	147
5.3.3.4	Wirksame Wärmekapazität	149
5.3.3.5	Mehrknottenmodell	153
5.3.3.6	Geometrische Raummodelle	155
5.3.4	Thermische Bauteilaktivierung	161
5.3.4.1	Thermisch aktivierbares Bauteil	161
5.3.4.2	Betonkernaktivierung	163
5.3.4.3	Bauteilkühlung	164
5.3.5	Low Cost Bus (LCB)	165
5.3.5.1	Aufbau	165
5.3.5.2	CAFM-Funktionalität	166
5.3.5.3	Energieeinsparung durch verbesserte Regelung	167
5.3.5.4	Energieeinsparung durch Interaktion mit den Nutzern	169
5.4	Solare Kühlung	170
5.4.1	DEC-Systeme	174
5.4.2	Solarbetriebene Absorptionskältemaschinen	175
5.4.2.1	Solar Absorptionskühlung als ausgeführtes Anlagenbeispiel	176
5.4.2.2	Solarbetriebene Adsorptionsmaschine als ausgeführtes Anlagenbeispiel	184

5.5	Wärmepumpen-Systeme zur Gebäudebeheizung	187
5.5.1	Systemabgrenzung Wärmepumpe, Wärmepumpenanlage und Wärmepumpenheizungsanlage	187
5.5.2	Energetische Bewertung von Wärmepumpen und Wärmepumpenanlagen	190
5.5.3	Komponenten einer Wärmepumpenanlage (WPA)	195
5.5.3.1	Wärmequellen	195
5.5.3.2	Wärmepumpe (WP)	197
5.5.3.3	Betriebsarten einer Wärmepumpenheizungsanlage (WPHA)	198
5.5.4	Automatisierung von Wärmepumpen und Wärmepumpenheizungsanlagen	200
5.5.4.1	Automatisierungsebenen	200
5.5.4.2	Automatisierung von Wärmepumpensystemen	202
5.6	Geothermische Systeme zur Gebäudeheizung und -kühlung (Anlagenbeispiel)	204
5.6.1	Konzeption und Aufbau	204
5.6.2	Regelstrategien	205
5.6.3	Betriebserfahrungen	208
5.7	Automationsstrategien für thermoaktive Bauteilsysteme (TABS)	210
5.7.1	Allgemeines	210
5.7.2	Übersicht zu typischen Steuerungs-/Regelungsstrategien für TAB-Systeme	212
5.7.2.1	Beaufschlagung der TAB mit konstanter Vorlauftemperatur	213
5.7.2.2	Steuerung der Vorlauftemperatur als Funktion der Außentemperatur	213
5.7.2.3	Regelung nach der Temperatur in TAB-System	214
5.7.2.4	Steuerung des Massenstromes	216
5.7.2.5	Vorausschauende und prognosegesteuerte Strategien	217
	Literatur	219
6	Funktionsüberwachung und Ertragskontrolle	221
	Alfred Karbach und Ekkehard Boggasch	
6.1	Monitoring	222
6.1.1	Kennzahlen für die Bewertung des Anlagenbetriebs	226
6.2	Systemsimulations- und Prognosewerkzeuge	229
6.3	In-situ-Überwachungen	232
6.3.1	In-situ-Überwachung als Teil der Automatisierung	233
6.3.2	In-situ-Überwachung mit PC-Ankopplung und Software für Datenerfassung und -auswertung	234

6.4	Busgestütztes Energiemanagement eines Verbundes regenerativer Energieanlagen	234
	Literatur	242
7	Automationsgeräte und deren Anbindung an die Gebäudeautomation . . .	245
	Elmar Bollin und Martin Becker	
7.1	Einführung in die Automatisierungstechnik	245
7.2	Kompakte Automationsgeräte	251
7.2.1	Einfacher kompakter Solarregler	251
7.2.2	Vielseitiger kompakter Solarregler	252
7.2.3	Freiprogrammierbarer solarer Universalregler	254
7.2.4	Wärmepumpen-Kompaktregler	256
7.3	Einbindung in eine übergeordnete Gebäudeautomation und ins Gebäudemanagement	259
7.3.1	Integration von regenerativen Anlagen in die Gebäudeautomation	260
7.3.1.1	Anwendungsbeispiel: Automation eines Energiesystem- Verbundes im Technikum G der Hochschule Biberach . .	261
7.3.1.2	Anwendungsbeispiel: Herstellerneutrales Gebäudeautomationssystem auf LabVIEW Basis	265
	Literatur	268
	Sachverzeichnis	269