

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 Gebäudewärmeverbrauch	29
2.2.2 Gebäudekältebedarf	33
2.2.3 Frischluftbedarf 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	Regelstrategien	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 Außen-temperatur	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 Daten-erfassung und -auswertung	211
6.4	Busgestütztes Energiemanagement eines Verbundes regenerativer Energie-anlagen	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 LabVIEW Basis	239
	Sachwortverzeichnis	243