

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	7
1.1	Grundlagen zu diesem Buch, Themenabgrenzung.....	7
1.2	Kurzinformation zum Programm Solarthermie-2000	7
2	Beschreibung der wichtigsten Komponenten einer Solaranlage	9
2.1	Sonnenkollektoren.....	9
2.1.1	Funktionsweise von Kollektoren.....	9
2.1.2	Normen zur Ermittlung der Kollektorkennwerte.....	11
2.1.3	Kennwerte und Wirkungsgrad von Kollektoren.....	12
2.1.4	Berechnung des Solarertrages mit Hilfe der Kollektorkennwerte	14
2.2	Solarspeicher.....	17
2.3	Wärmetauscher.....	19
2.4	Regelung.....	22
3	Aufbau von großen Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung	23
3.1	Einbindung in reine Trinkwassersysteme ohne Vorwärmstufe	23
3.2	Einbindung in reine Trinkwassersysteme in Verbindung mit Vorwärmstufen	27
3.3	Einbindung von Solaranlagen in Nahwärmenetze	32
3.3.1	Solaranlagen im konventionellen 2-Leiter-Netz.....	32
3.3.1.1	Solaranlagen ohne Speicher im 2-Leiter-Netz.	33
3.3.1.2	Solaranlagen mit Speicher und Solarvor- sowie -rücklauf im 2-Leiter-Netz.....	34
3.3.1.3	Solaranlagen mit Speicher und nur einem Solarvorlauf im 2-Leiter-Netz.	35
3.3.2	Solaranlagen im konventionellen 4-Leiter-Netz	36
3.3.3	Anforderungen an Nahwärmenetze zur optimalen Nutzung der Solarenergie	38
4	Grundlagen für die Dimensionierung thermischer Solaranlagen	42
4.1	Dimensionierungsansatz bei konventionellen Systemen und bei Solaranlagen	42
4.2	Nutzen von Normwerten zum Warmwasserverbrauch für die Solartechnik.....	43
4.3	Relevanter Warmwasserverbrauch für die Planung eines Solarsystems	44
5	Messwerte zum Warmwasserverbrauch an verschiedenen Gebäuden	46
5.1	Vorgehensweise bei der Verbrauchsmessung.....	46
5.1.1	Messgrößen für die Dimensionierung.....	46
5.1.2	Einbauposition für die Messsensoren.....	47
5.1.3	Zeitliche Auflösung der Verbrauchsmessung	49
5.2	Verbrauchsmessungen in bestehenden Gebäuden	49
5.2.1	Große Wohngebäude	50
5.2.2	Krankenhäuser und Seniorenheime	51
5.2.3	Studentenwohnheime	53
5.2.4	Freizeitobjekte mit saisonal schwankendem Verbrauch	54
5.2.5	Sonstige Gebäude	55
5.3	Auslegungsverbrauch bei Neubauvorhaben	56
6	Dimensionierung und Einbindung der Solarkomponenten	59
6.1	Kollektoren/Kollektorfeld.....	59
6.1.1	Dimensionierung des Kollektorfeldes	59
6.1.2	Aufbau der Kollektoren auf dem Dach.....	64
6.1.2.1	Allgemeine Anforderungen an das Dach	65
6.1.2.2	Aufbau von Kollektoren auf Schrägdächern	65
6.1.2.3	Aufbau von Kollektoren auf Flachdächern	68
6.1.3	Hydraulische Kollektorverschaltung (Low-Flow- und Standardanlagen).....	71
6.1.4	Anwendung der Dampfkesselverordnung auf thermische Solaranlagen.....	76
6.1.4.1	Auszug aus der Dampfkesselverordnung.....	77
6.1.4.2	Formulierung des Deutschen Dampfkesselausschusses für Solaranlagen	77
6.1.4.3	Auswirkungen der Dampfkesselverordnung auf Solaranlagen.....	78
6.2	Solarspeicher.....	79
6.2.1	Dimensionierung des Solarspeichers.....	79
6.2.2	Integration großer Speichervolumina in das System.....	82
6.3	Wärmetauscher.....	86
6.3.1	Auslegung des Wärmetauschers Kollektorkreis/Pufferspeicher.....	86
6.3.2	Auslegung des Wärmetauschers Pufferspeicher/Trinkwasserkreis.....	90
6.4	Pumpen	96

6.5	Ausdehnungsgefäße.....	99
6.6	Verrohrung, Armaturen, Sicherheitseinrichtungen.....	101
6.6.1	Verrohrung, Armaturen und Sicherheitseinrichtungen im Kollektorfeld.....	102
6.6.2	Verrohrung, Armaturen und Sicherheitseinrichtungen vom Kollektorkreis.....	105
6.6.3	Verrohrung, Armaturen und Sicherheitseinrichtungen im Solarspeicherkreis.....	106
6.7	Regelung.....	106
6.7.1	Anforderungen an die Bauteile der Regelung.....	106
6.7.2	Beladeregulierung für den Pufferspeicher.....	109
6.7.3	Entladeregulierung für den Pufferspeicher.....	111
7	Planung, Ausschreibung, Montage und Abnahme einer Solaranlage.....	115
7.1	Erfahrungen bei der Planung und Ausschreibung.....	115
7.1.1	Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis.....	115
7.1.2	Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm (Funktional-LV).....	116
7.2	Häufige Fehler bei Planung, Montage und Abnahme.....	117
7.2.1	Vermeidung fehlerhafter Planung des Systems und seiner Komponenten.....	118
7.2.2	Vermeidung von Fehlern bei der Installation und der Abnahme.....	119
8	Garantierter Solarertrag.....	120
8.1	Grundlagen für die Abgabe einer Ertragsgarantie.....	120
8.2	Überprüfung der Garantieerfüllung.....	121
9	Betriebsüberwachung von großen thermischen Solaranlagen.....	122
9.1	Planung eines Messprogramms.....	122
9.2	Definition der wichtigsten Kenngrößen eines thermischen Solarsystems.....	123
9.3	Beschreibung unterschiedlicher Stufen von Messprogrammen.....	124
9.3.1	Grundsätzliche Messausstattung an jeder Anlage.....	124
9.3.2	Geräte zur automatischen Funktionskontrolle.....	126
9.3.3	Mindest-Messprogramm für quantitative Systemanalysen.....	126
9.3.4	Komponenten-Messprogramm.....	128
9.3.5	Forschungs-Messprogramm.....	128
10	Betriebsergebnisse an ausgeführten Anlagen.....	130
10.1	Ergebnisse an ausgewählten Anlagen in Solarthermie-2000 (TP 2).....	130
10.1.1	Solaranlage im Kreiskrankenhaus Wolgast.....	130
10.1.2	Solaranlage in einem Wohngebäude in München.....	134
10.1.3	Solaranlage der Studentenwohnheime der Universität Magdeburg.....	138
10.2	Übersicht über das Betriebsverhalten der Anlagen in Solarthermie-2000 (TP 2).....	141
11	Kostenanalysen.....	144
11.1	Investitionskosten.....	144
11.2	Kosten der solaren Nutzwärme.....	147
11.2.1	Berechnungsschema zur Bestimmung der Solarwärmekosten.....	147
11.2.2	Kosten der solaren Nutzwärme.....	148
12	Ausblick.....	150
13	Literatur.....	152
13.1	Normen, Regelwerke, Richtlinien.....	152
13.2	Zitierte Literatur.....	153
13.3	Weiterführende Literatur.....	156
14	Laufende und abgeschlossene Forschungsvorhaben.....	160
14.1	Laufende und kürzlich abgeschlossene Forschungsvorhaben.....	160
14.1.1	Forschungsberichte.....	164
15	Anschrift der Autoren.....	167