

Grundlagen und Dimensionierung von solaren Raumheizungsanlagen

Sonne in den Heizungsraum

Seit 1990 gibt es in Österreich bei immer mehr Bauherren von Ein- und Zweifamilienhäusern den Wunsch, bei dem Bau einer Solaranlage doch etwas mehr Sonnenkollektoren zu installieren, um die Wärme aus der Sonne zumindest in der Übergangszeit zur Heizungsunterstützung nützen zu können. Hierbei ist der Kostenaspekt nur hinsichtlich nicht zu hoher Investitionskosten relevant – jedoch nicht hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit beispielsweise gegenüber einer Ölheizung. Seit 1990 wurden allein von der *ARGE Erneuerbare Energie* in Gleisdorf, Österreich, ca. 300 Anlagen zur teilsolaren Raumheizung geplant und in Kooperation mit Solartechnikunternehmen oder im Selbstbau realisiert (Fink, 1997). Der folgende Beitrag gibt einen Überblick über die Grundlagen und die Dimensionierung (teil)solarer Heizungssysteme. Eine detaillierte Darstellung dieser und weiterer Ergebnisse sind in Streicher (1996) (siehe auch Seite 47f) bzw. Eder et. al. (1997) zusammengefasst.

Die Sonneneinstrahlung ist gegenläufig zum Energiebedarf eines Hauses. Speziell am Anfang und am Ende der Heizperiode (September, Oktober und März, April, Mai) kann der (geringe) Heizenergiebedarf über die Sonneneinstrahlung gedeckt werden. Dies wird im Wohnbau seit langem durch passive Nutzung der Sonnenenergie ausgenützt. Sie kann im Winter bei den meisten Häusern jedoch nicht einmal die Lüftungswärmeverluste ausgleichen. Durch den Einsatz von Sonnenkollektoren kann der solare Heizungsanteil allerdings weiter gesteigert werden.

Der Warmwasserbedarf dagegen ist über das ganze Jahr annähernd konstant und macht in Einfamilienhäusern 15 bis 25 % der gesamten benötigten Energie aus.

Um eine solare Volldeckung über den Winter zu erzielen, müßten entweder sehr große und äußerst gut gedämmte Speicher oder eine sehr große Kollektorfläche bzw. eine Mischung beider Varianten ausgeführt werden.

Der solare Deckungsgrad ist im folgenden definiert als:

$$\eta = 1 - \frac{\Sigma \text{Zusatzenergie}_{(\text{Nutzenergie})}}{\text{Energiebedarf}_{(\text{Nutzenergie})}}$$

Sämtliche Wärmeverluste der Speicher und Rohrleitungen werden bei dieser Deckungsgraddefinition der Solaranlage zugerechnet.

Das Simulationsprogramm SHW

Im Rahmen mehrerer Forschungsprojekte und zur Erstellung eines Handbuchs für teilsolare Heizungssysteme im Auftrag der *ARGE Erneuerbare Energie* wurde am *Institut für Wärmetechnik der Technischen Universität Graz* in den Jahren 1993 bis 1995 das Simulationsprogramm SHW entwickelt (Schnedl, 1994, Streicher, 1996, Thür 1995).

Mit dem Programm SHW können eine Vielzahl von prinzipiellen Anlagenschaltungen zur solaren Warmwasserbereitung und der teil- bzw. vollsolaren Hei-



Abb. 1: Beispiel für eine teilsolare Raumheizungsanlage Foto: ARGE Erneuerbare Energie

zung sowie eine teilsolare Speisung von Fernwärmenetzen berechnet werden. Es wurde anhand von Lang- und Kurzzeitmessungen an zehn verschiedenen teilsolaren Heizungsanlagen von Einfamilienhäusern validiert (Stundenmittelwerte relevanter Temperaturen und Energien jeweils über 3 Wochen). Auch Kontrollrechnungen vergleichbarer Schemata mit dem Simulationspaket TRNSYS (Klein et al. 1992) zeigten eine gute Übereinstimmung.

Für schulische Zwecke ist das Programmpaket frei beim Autor erhältlich. Als Ein- und Ausgabe werden ASCII Datensätze verwendet, die mit beliebigen Editoren, Schreibprogrammen oder Tabellenkalkulationen erstellt und ausgewertet werden können. Als Klimadaten werden Stundenwerte von direkter und diffuser Einstrahlung sowie Außentemperatur benötigt. Deutsche Testreferenzjahre oder ASCII Files in einem bestimmten Format können direkt eingelesen werden. Die nachfolgenden Diagramme wurden mit Hilfe dieses Programms erstellt.

Dimensionierungsrichtlinien für solare Raumheizungen

Die folgenden Dimensionierungsrichtlinien basieren auf einer Basisvariante, deren Hydraulikschema in Abb. 2 gezeigt ist. Folgende Kenndaten seien hierfür erwähnt:

Klima (Durchschnitt)	Graz
Heizlast Haus (500 W Innenwärmen)	8 kWh
Fensterfläche (50 % Süd)	15,8 m ²
Auslegungstemperatur	-12 °C
Heizungsvor-/rücklauftemperatur	40 °C/30 °C
Brauchwasser (45 °C, 10 °C Grundw.)	200 l/d
Kollektor (selektiv, Süd, 45°)	30 m ²
Brauchwasserspeicher	500 l
Heizungsspeicher (Wasser)	2 m ³
Regelung	Gleichrang
T _{max} solar Brauchwasserspeicher	70 °C
T _{max} Nachheizung BW-Speicher	60 °C
T _{max} solar Heizungsspeicher	100 °C

Abb. 3 zeigt zur Erläuterung die Wechselwirkungen von Sonneneinstrahlung und Wärmebedarf für diese Anlage, allerdings mit einem realen Klima aus dem Jahr 1968. Folgende Monatsmittelwerte sind dargestellt:

- Die Energie für einen konstanten Brauchwasserbedarf.
- Die benötigte Heizenergie (1.760 Vollastbetriebsstunden pro Jahr, Berücksichtigung von inneren Wärmen, ungeheizten Flächen und passiven Gewinnen, Juni bis August kein Heizbedarf).
- Die Summe der Energien aus Brauchwasser- und Heizenergiebedarf.
- Die Sonneneinstrahlung auf die Kollektorfläche. Durch die Neigung von 45° ist die Einstrahlung über die Monate März bis September annähernd gleich, die hohen Werte im März und Oktober sowie die Schwankungen resultieren aus dem realen Wettergeschehen über die Monate des Jahres 1968.
- Die Sonneneinstrahlung während des Betriebs der Solaranlage. Wenn die Speicher vollgeladen sind, d.h. eine Maximaltemperatur erreicht haben, geht die Solaranlage in Stillstand. Die Sonneneinstrahlung während des Stillstands kann nicht genutzt werden. Dies tritt vor allem in den Sommermonaten, abgeschwächt jedoch über das ganze Jahr bei höheren Außentemperaturen auf, da in diesem Fall keine oder nur eine geringe Heizleistung erforderlich ist.
- Die vom Kollektor an die Speicher gelieferte Wärme. Sie ist in diesem Beispiel um den durchschnittlichen Kollektorwirkungsgrad von 44 % gegenüber der bei Betrieb des Kollektors eingestrahlt Energie reduziert. Bis zur Nutzenergie des Verbrauchers gehen nachträglich noch die Verluste der Wärmespeicher, welche die kurzzeitigen Schwankungen von Sonneneinstrahlung und Außentemperatur ausgleichen, verloren.

Der solare Gesamtdeckungsgrad liegt bei 41 %, der für die Brauchwasserbereitung bei 86 % und der für die Heizung bei 31 %.

Die von der Solaranlage an die Speicher gelieferte Wärme übersteigt den gesamten Wärmebedarf von Mai bis September. Durch die Wärmeverluste der Speicher wird eine Volldeckung jedoch nur im Mai und August erzielt, die Deckung in den Monaten April, Juni, Juli und September liegt über 95 %.

Bei der Berechnung mit Grazer Durchschnittsklimadaten würde sich ein solarer Gesamtdeckungsgrad von nur 34 % ergeben. Dies zeigt die starke Schwankungsbreite des Klimageschehens.

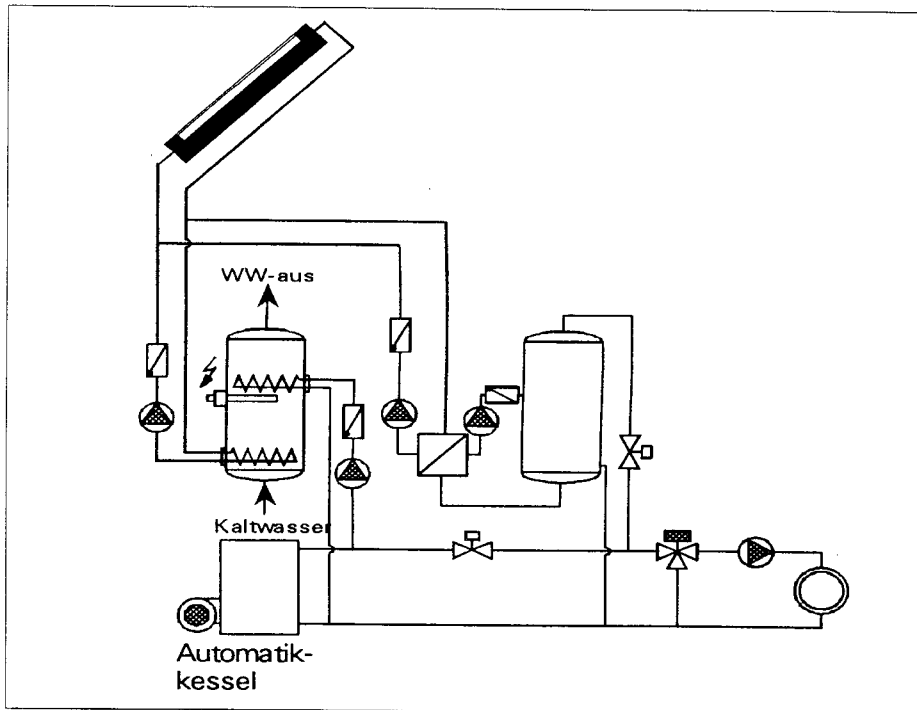


Abb. 2: Hydraulische Einbindung einer Solaranlage bei Automatikessel

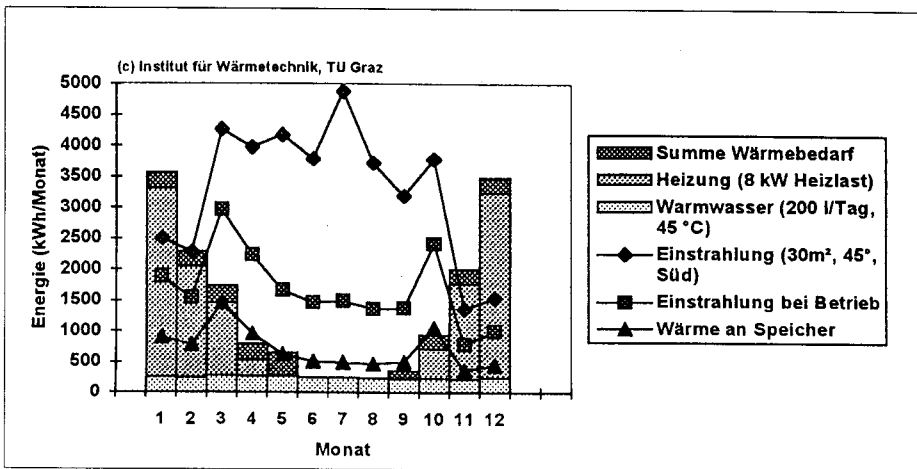


Abb. 3: Energiebedarf (Heizung und Brauchwasser) für ein Einfamilienhaus mit 8 kW Heizlast, verfügbare und nutzbare Sonneneinstrahlung sowie gelieferte Nutzwärme bei 30 m² Kollektorfläche; reales Klima Graz 1968

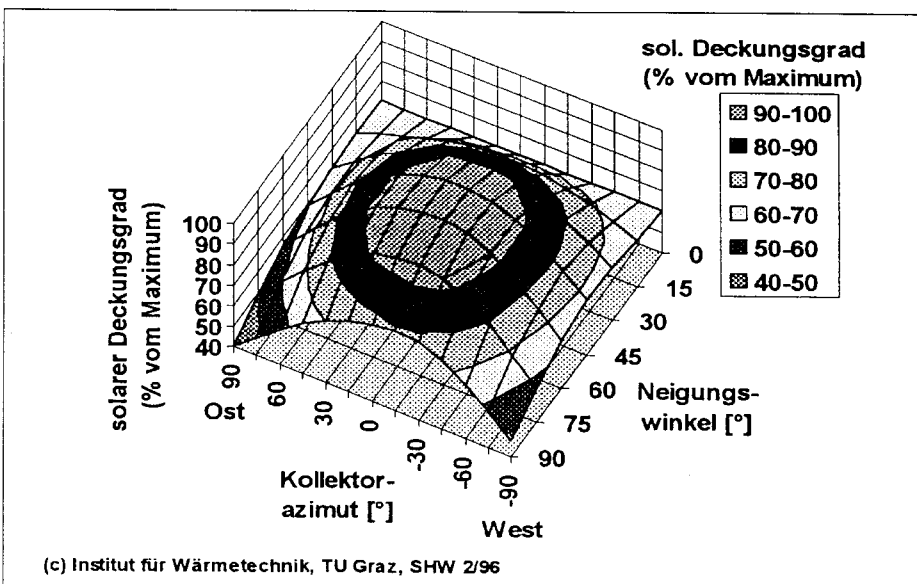


Abb. 4: Abhängigkeit des solaren Deckungsgrades von Ausrichtung (Azimut) und Neigung der Kollektoren; Durchschnittsklima Graz

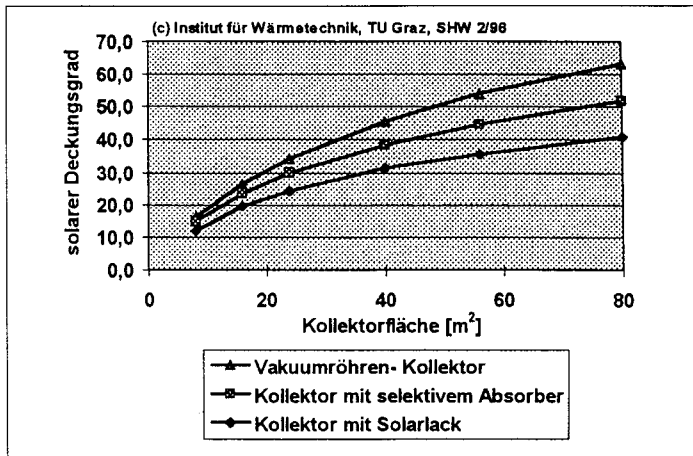
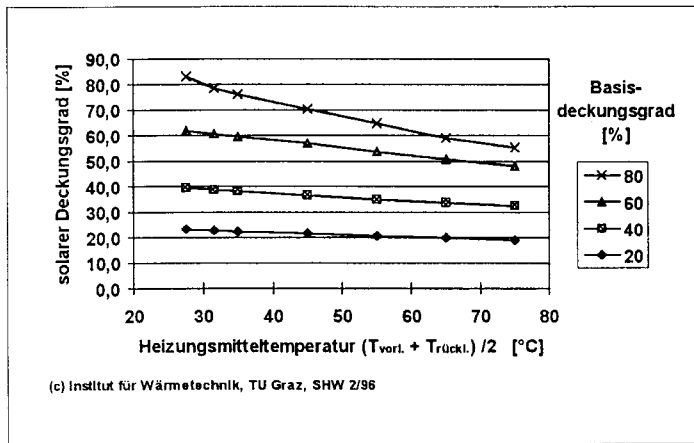


Abb. 5: Abhängigkeit des solaren Deckungsgrades von der Heizungsmitteltemperatur (Basisdeckungsgrad bei 30 °C)

Abb. 6: Solarer Deckungsgrad über Kollektorfläche und Kollektorart

Solarer Deckungsgrad: Stimmen Kollektorausrichtung und -neigung?

Bei dem Bau von Solaranlagen ist aus baulichen Gründen oft eine reine Süd-ausrichtung der Kollektoren nicht möglich. Außerdem läßt sich häufig die Dachneigung nicht der für die Solaranlage günstigsten anpassen. Bei manchen Häusern ist es nur möglich, die Kollektoren auf den Wänden anzubringen.

Abb. 4 zeigt den Deckungsgrad der oben beschriebenen Anlage über eine Neigung von 0° bis 90° und einer Ausrichtung (Azimut) zwischen Ost (90°) und West (-90°). Optimal erweist sich für diese Anlage eine Neigung von 60° und Ausrichtung nach Süden.

Ein Abweichung von der Südrichtung von ±30° und eine Neigung zwischen 40° und 75° verringert den Gesamtdeckungsgrad um maximal 13 %. Eine senkrecht nach Süden ausgerichtete Kollektorfläche erreicht noch 77 % des maximalen Deckungsgrades, eine Anlage mit horizontalen Kollektoren dagegen nur knapp 60 %.

Dies ist dadurch bedingt, daß die Heizenergie primär im Winter bei tiefstehender Sonne anfällt und der mittlere Einstrahlungswinkel über die Heizperiode für die senkrechte Wand besser ist als für die Horizontale.

Welche Heizflächen? Welcher Kollektor?

Neben einer guten Wärmedämmung des Hauses sollte das gewählte Heizungssystem niedrige Vorlauftemperaturen aufweisen (z.B. Fußboden- oder Wandheizung) um geringe Kollektortemperaturen und somit geringe thermische Verluste zu erreichen. Abb. 5 zeigt die Abhängigkeit des solaren Deckungsgrades von der Auslegungs-Heizungsmitteltemperatur (Basisdeckungsgrad bei 35 °C).

Da teilsolare Heizungssysteme den höchsten Energieeintrag in der Übergangszeit erzielen, wenn auch die benötigten Vor- und Rücklauftemperaturen niedrig sind, ist der Deckungsgradgewinn durch Niedertemperatursysteme niedriger als allgemein erwartet.

Die Wahl der Kollektorart ist abhängig vom Preis, der zur Verfügung stehenden Fläche, dem Heizungssystem und dem gewünschten Deckungsgrad. In Abb. 6 sind die solaren Deckungsgrade für drei verschiedene Kollektortypen mit Kennwerten nach Tab. 1 aufgetragen. Je höher der Deckungsgrad, desto hochwertiger sollte der Kollektor gewählt werden. Um 40 % solaren Deckungsgrad zu erreichen sind 35 m² Vakuurröhre, 42 m² selektiver Absorber oder 80 m² nichtselektiver Absorber notwendig. Bei

	c ₁ [-]	c ₁ [W/m²K]	c ₁ [W/m²K²]
Vakuurröhrenkollektor	0,719	1,25	0,007
Kollektor mit selektivem Absorber	0,771	3,33	0,012
Kollektor mit „schwachselektivem Solarlack“	0,751	5,46	0,021

Tab. 1: Kennwerte für die Kollektortypen in Abb. 6

der gegenwärtigen Preissituation kämen für eine solche Anlage selektive Absorber zum Einsatz. Bei hohen Deckungsgraden und hohen Heizungsvorlauf- und -rücklauftemperaturen könnten sich bei heutigen Preisen auch Vakuurröhrenkollektoren rechnen.

Wie groß muß der Speicher sein?

Für die Größe des Brauchwasserspeichers gibt es seit langer Zeit Dimensionierungsrichtlinien (z.B. in Weiß, Themessl, 1993). Der Brauchwasserspeicher sollte das 1,3 bis 1,7fache Volumen des täglichen Warmwasserverbrauchs haben.

Bei der Dimensionierung des Heizungsspeichers ist zu beachten, daß die Schwankungen von Energieangebot und

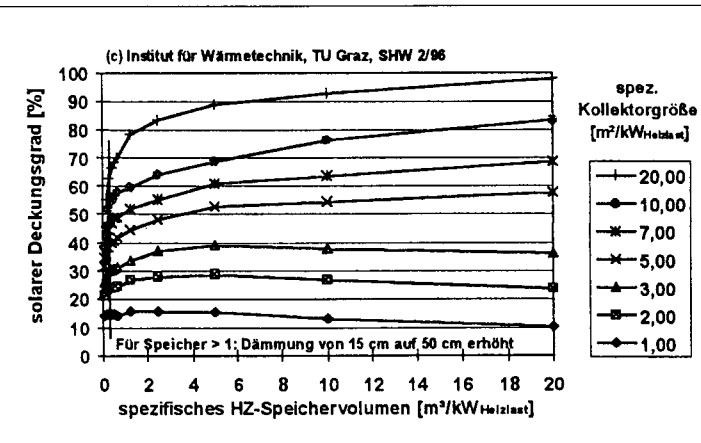
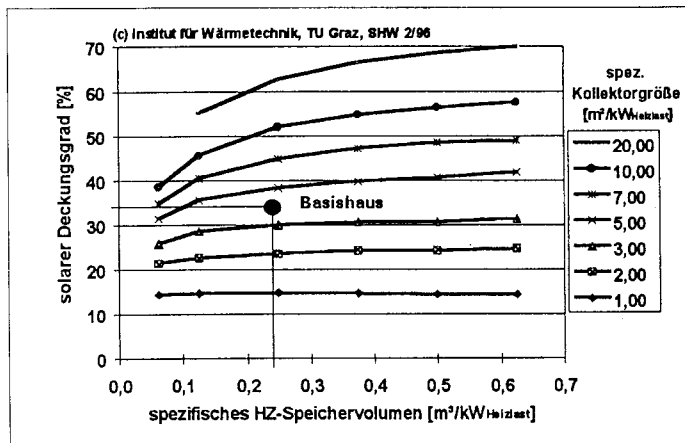


Abb. 7: Maximal erzielbarer solarer Deckungsgrad bei verschiedenen Speicher- und Kollektorgrößen; Durchschnittsklima Graz

-nachfrage ausgeglichen werden müssen, um ein gleichmäßiges Raumklima gewährleisten zu können.

Folgende Unterschiede treten dabei auf:

- Stündliche Schwankungen der Einstrahlung (maximal bis zu einem Tag) können über entsprechende Speichermassen des Hauses und Schwankungen der Raumtemperatur gedämpft werden.
 - Falls über mehrere Tage keine oder nur zu wenig Sonneneinstrahlung auftritt, kann diese Zeit mittels eines kleinen Pufferspeichers (1 bis 3 m³) überbrückt werden.
 - Die jahreszeitlichen Schwankung im Energieangebot der Sonne können nur mittels großer Pufferspeicher ausgeglichen werden.
- Abb. 7 zeigt den Einfluß der spezifischen Heizungsspeichergröße und der spezifischen Kollektorfläche (jeweils pro kW Heizlast) auf den solaren Deckungsgrad einer optimierten Solaranlage. Auf der linken Seite ist der Bereich 0 - 0,7 m³/kW_{Heizlast} vergrößert dargestellt. Das Diagramm hat sich für alle vermessenen Anlagen mit unterschiedlichem Layout als brauchbare Grobdimensionierung erwiesen. Deutlich sind die zwei Grundfunktionen Kurz- und Langzeitspeicherung zu sehen:
- Gänzlich ohne Speicher ist der Deckungsgrad gering. Mit größeren Speichermassen des Hauses könnte dieser Wert angehoben werden. Bereits eine Speichergröße von 0,1 bis 0,3 m³ je kW Heizlast bewirkt einen Anstieg des Deckungsgrades auf Werte zwischen 20 % und 60 % – abhängig von der Kollektorfläche. Mit diesen Speichergrößen können Stunden- und Tagesschwankungen der Einstrahlung überbrückt werden.
 - Erst über diese Größe hinaus kann von einer Langzeitspeicherung von Warmwasser gesprochen werden (Abb. 7 rechts). Die Kurve steigt nur noch flach an, da der Großteil des Speichers nur mehr einmal pro Jahr be- und entladen wird. Bei obiger Anlage würde erst mit 20 m² Kollektorfläche pro kW Heizlast, 20 m³ Heizungsspeicher pro kW Heizlast und einer speziell für diesen Fall optimierten Schaltung ein solarer Gesamtdeckungsgrad von etwa 100 % erreicht.
 - Speicher zwischen 0,1 bis 0,3 m³ je kW Heizlast sind empfehlenswert, da hier hohe solare Deckungsgrade mit relativ geringen Kosten erzielt werden können. Ähnliche Untersuchungen in der Schweiz (Jenni, 1993) und Berechnungen mit dem von Klein et al. (1992) entwickelten Simulationsprogramm TRNSYS von Stockinger (1992), Eder (1995) und Gassel

(1997) kommen zu vergleichbaren Ergebnissen.

Neben der Größe ist die technische Ausführung des Speichers von großer Bedeutung. Folgende Punkte sind hierbei von Interesse:

- Keine Selbstentladung des Speichers durch ungünstige Anschlüsse.
- Aufrechterhaltung von Temperaturschichten durch günstige Einlaufgeometrien.
- Wärmedämmung des Speichers.

Schlußfolgerung

Die „teilsolare“ Raumheizung erfreut sich in Österreich immer größerer Beliebtheit. Einfamilienhäuser von „Null“ bis 100 % solarem Deckungsgrad wurden bisher realisiert. Sinnvoll im Hinblick auf nicht zu hohe Investitionskosten erweisen sich solare Deckungsgrade bis 50 %. Zumeist reichen selektiv beschichtete Kollektoren aus. Je höher der solare Deckungsgrad wird, desto wichtiger wird eine Niedertemperaturheizung.

Wolfgang Streicher

Literatur

Eder, M. (1994), Simulationsmodell für den Energiehaushalt des Solarhauses Holter, Diplomarbeit am Institut für Wärmetechnik, Technische Universität Graz.

Eder, M., Fink, C., Streicher, W., Themeßl, A., Weiß, W. (1997), Heizen mit der Sonne, Hrsg.: Arge ERNEUERBARE ENERGIE GmbH, A-8200 Gleisdorf, Postfach 142.

Fink, CH. (1997), 5 Jahre solare Raumheizung – Weiterentwicklungen und Erfahrungen, Tagungsband Solare Raumheizung, 25.1.1997, Graz, Hrsg.: Arge ERNEUERBARE ENERGIE GmbH, A-8200 Gleisdorf, Postfach 142.

Gassel, A (1997), Beiträge zur Berechnung solarthermischer und exergieeffizienter Energiesysteme, Dissertationsschrift an der Fakultät für Maschinenwesen der Technischen Universität Dresden.

Jenni (1993), Sonnenenergieanlagen mit hohem solarem Deckungsgrad für Warmwasser und Heizung, Jenni Energietechnik, Lochbachstraße 22, CH-3414 Oberburg bei Burgdorf, Schweiz.

Klein, A., et.al. (1992), TRNSYS - A Transient Simulation Program, Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin USA.

Schnedl, K. (1994), Simulation von Systemen zur solaren Raumheizung und Warmwasserbereitung mit Zusatzheizung, Diplomarbeit am Institut für Wärmetechnik, TU Graz.

Stockinger, W. (1992), Simulation eines Solarhauses mit Saisonspeicher, Diplomarbeit am Institut für Wärmetechnik, Technische Universität Graz.

Streicher, W. (1996), Teilsolare Raumheizung, Auslegung und hydraulische Integration, Hrsg.: Arge ERNEUERBARE ENERGIE GmbH, A-8200 Gleisdorf, Postfach 142, ISBN, 3-901426-06-3.

Thür, A. (1995), Simulation und Messung teilsolarer Raumheizung und Warmwasserbereitung, Diplomarbeit am Institut für Wärmetechnik, Technische Universität Graz.

Weiß, W., Themessl, A. (1993), Solaranlagen Selbstbau, Arge Erneuerbare Energie GmbH, A8200 Gleisdorf, Postfach 142.

Über den Autor:

Univ.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. Wolfgang Streicher arbeitet am Institut für Wärmetechnik der Technischen Universität Graz und hat zu dem Thema „Teilsolare Raumheizung“ gerade seine Habilitationsschrift eingereicht.

Proceedings der EuroSun'96-Tagung

4 Tagungsbände für 150,- DM
(inkl. Versand)
1 CD-Rom für 75,- DM
(inkl. Versand)

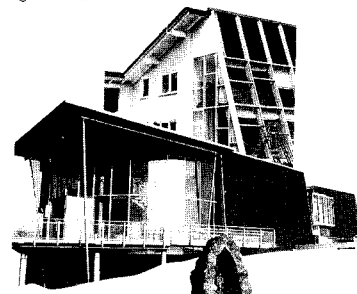
Bestellung bei:
DGS-Sonnenenergie-Verlags-GmbH
Augustenstraße 79 • 80333 München
Tel.: 089/524071 • Fax: 089/521668
eMail: DGS-SE@T-Online.de



SOLAR ENERGIE

SOLAR • LUFT • SYSTEME Ein Schritt in die Zukunft!

Profitieren Sie von unseren Solar-Luft-Systemen, die Sonnenenergie in kostenlose Raumwärme transformieren. Sie erzielen damit Heizkosteneinsparungen von bis zu 50% pro Jahr. Zusätzlich schafft die problemlose Integration in Dach oder Fassade interessante Gestaltungsmöglichkeiten.



Zu unseren Referenzen zählen nach zwei Jahrzehnten Projekterfahrung und permanenter Forschungs- und Entwicklungsarbeit zahlreiche Werkhallen, Turnhallen, Schwimmhallen sowie Wohnanlagen und Einfamilienhäuser. Wenn auch Sie den Schritt in die Zukunft gehen wollen, fordern Sie gleich unser Informationsmaterial an.



GRAMMER

SOLARTHERMIE TECHNIK
Werner-von-Braun-Str. 6 • 92224 Amberg
Tel.: 0 96 21/601-151 Fax: 0 96 21/601-260