

Planung, Montage, Inbetriebnahme von zwei mittelgroßen Kollektoranlagen

# Solaranlagen in der Praxis

Christoph Drescher\*

Durch maßgebliche Mitwirkung des Kollektorherstellers KBB Kollektorbau, Berlin, wurden 1997/98 zwei mittelgroße, eigensichere thermische Solaranlagen für ein solares Nahwärmesystem bzw. ein Hotel in der Region Berlin/Brandenburg realisiert. Bei beiden Systemen kam der Indach-Flachkollektor vom Typ „Solector BM 116“ mit Plattenabsorber und selektiver Schwarzchrom-Beschichtung zum Einsatz. Untersuchungen des Instituts für Solarenergieforschung Hameln (ISFH) weisen für diesen Kollektortyp einen zu erwartenden Ertrag von  $622 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  (WW-Solaranlage mit 40 % solarem Deckungsgrad; Standort Würzburg; [1]) aus.

## Genaue Vorstellungen

Das solare Nahwärmesystem für die Solarhäuser Hirschgarten geht auf einen Besuch des Architekten Anfang 1997 bei KBB zurück, der ganz klare Vorstellungen von einer Dachgestaltung der Neubau-Häuser mit Sonnenkollektoren mitbrachte. 100 % homogene Eindeckung lautete seine Forderung. Dementsprechend wurde das Konzept des Kollektordaches auf das aktuelle Pro-

\* Christoph Drescher ist Planungs- und Projekttechniker bei KKB Kollektorbau, Berlin

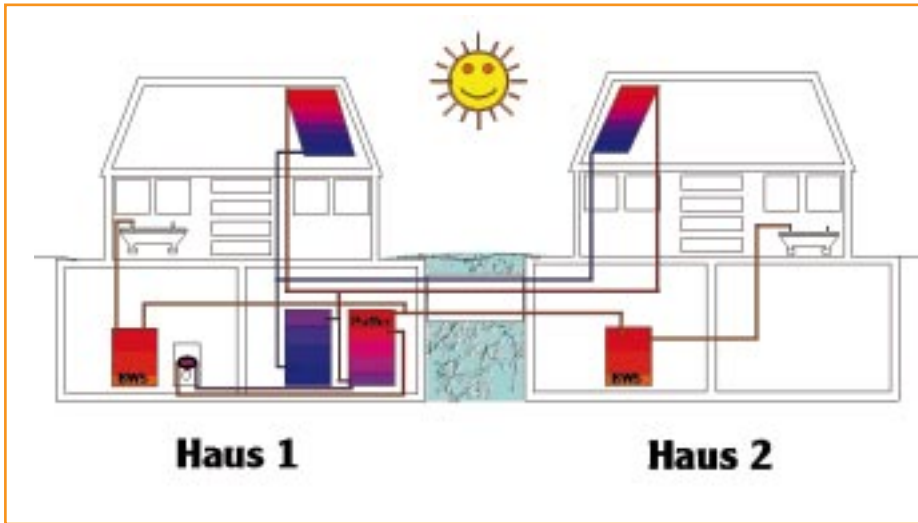
Ansicht Haus 1 der Solarhäuser Hirschgarten



Ansicht Hotel Seenot



Warmwasser-Solaranlagen für Ein- und Zweifamilienhäuser gehören inzwischen zum Standardrepertoire gestandener Heizungsbauer. Sind allerdings die Anbindung der Heizung und gar eines Pools vorgesehen, müssen verschiedene Forderungen berücksichtigt werden – angefangen bei der Planung des Systems, bei der Auswahl der Komponenten bis hin zur Endabnahme. Dieser Beitrag möchte deshalb Installateuren und Planern am Beispiel zweier durchgeführter Projekte wichtige Erfahrungen zugänglich machen.



Solares Nahwärmesystem mit Kollektordächern

jekt angepaßt. Zur Begrenzung der Kosten sowie zur Vermeidung eines Solar-Überangebots wurden Luft- bzw. Dummy-Kollektoren vorgesehen, die den gewünschten optischen Gesamteindruck bewirken sollten. Die Solaranlage für den Neubau des Hotel Seenot verdankt ihre Existenz einem fortschrittlich gesinnten Bauherrn, der beim Vergleich verschiedener Angebote auf KBB stieß. Das einfache Regelungskonzept, die flexible Kollektorfeld-Gestaltung, der Preis und nicht zuletzt die Hinweise auf die mögliche hohe Sommerauslastung durch die geplanten Whirlpools und die Hotel-Sauna führten dann zum Projektstart.

### 500 statt 2500 Liter

Die anfängliche Planung für die Solarhäuser basierte auf Aufdachkollektoren. Da dem Architekten hier die Optik nicht gefiel, ergab sich im Sommer '97 die Möglichkeit, das System prinzipiell zu überdenken. Dies führte einerseits zur Dachintegration der 46,5-m<sup>2</sup>-Kollektorfelder und Auslegung für den low-flow-Betrieb sowie auf der Trinkwasserseite zur Reduzierung der Größe der Brauchwasserspeicher von 2,5 m<sup>3</sup> auf 500 Liter. Dadurch kann dem Vorkommen von Legionellen energiesparender vorgebeugt werden, da nur noch ein Fünftel des Trinkwasser-Volumens auf 60 °C aufgeheizt werden muß. Das Speicher-Gesamtvolumen ist

dabei durch 3-m<sup>3</sup>-Pufferspeicher etwa konstant gehalten worden. Während dieser Umstrukturierung konnte dem Haustechnik-Planer auch die mehrkostenneutrale Erweiterung dieses Solarsystems auf die Heizungsunterstützung plausibel gemacht

werden. Insbesondere auf Grund der besseren Wirtschaftlichkeitsdaten durch die dabei zu erwartenden höheren Solarerträge. Die Materialkosten blieben in beiden Varianten konstant, während der Solarertrag mit Heizungsunterstützung um 7 % gegenüber der reinen Warmwasserbereitung anstieg.

### Heizungsrücklauf wird temperaturgesteuert zugeführt

Beim Bauvorhaben Hotel Seenot wurde die Konzeption wie bei den Solarhäusern generell beibehalten, da auch hier zwei dachintegrierte Kollektorfelder (hier auf nur einem Dach) durch Dachaufbauten nötig waren. Die Felder haben eine Absorberfläche von insgesamt 42 m<sup>2</sup>. Um höchste Energiegewinne durch die Solaranlage zu gewährleisten, wurde das Herstellerkonzept bis hin zum Warmwasserspeicher verfolgt. Die zwei Pufferspeicher wurden in Kaskade verschaltet und liefern über einen Verteiler die solare Energie an die Verbraucher (Brauchwasserspeicher, zwei Heizkreise, Whirlpools und Sauna). Parallel und unabhängig dazu kann der Gas-Brennwertkessel in Zeiten mit unzureichender Sonneneinstrahlung

Bauvorhaben	Referenz-EFH	2 MFH mit solarem Wärmeverbund	Hotel
Anwendungsprofil	Warmwasser, Heizung	Warmwasser, Heizung	Warmwasser, Heizung
Besonderheiten	keine	räumliche Trennung Architektenvorgabe	hohe sommerliche Energieabnahme durch Whirlpools und Sauna
WW-Bedarf/ Spitzenlast (m <sup>3</sup> )	0,1/0,2	1,2/3	0,8/1,3
Heizsystem	60/30 °C (10 kW)	70/55 °C (44 kW)	75/55 °C und 45/30 °C (48 kW)
Poolanbindung	-	-	externer Rohrbündel-Wärmetauscher 24 °C (12 kW)
Gesamtwärmebedarf (MWh/a)	23,7	110	96
Solaranlage:			
Kollektornettofläche (m <sup>2</sup> )	10	15,5 + 31,0	18,6 + 23,3
Speichervolumen (m <sup>3</sup> )	0,95/0,23	3 + 1 (BWS)	2 + 0,4 (BWS)
Solarertrag (simuliert; kWh/m <sup>2</sup> a)	390	424	437
Solarer Wärmepreis Pf/kWh (zzgl. MwSt.)	11 (inkl. 30 % Förderung)	10 (inkl. 30 % Landesförderung)	10 (keine Förderung erhältlich)

Tabelle 1 Systemvergleich heizungsunterstützender Solaranlagen



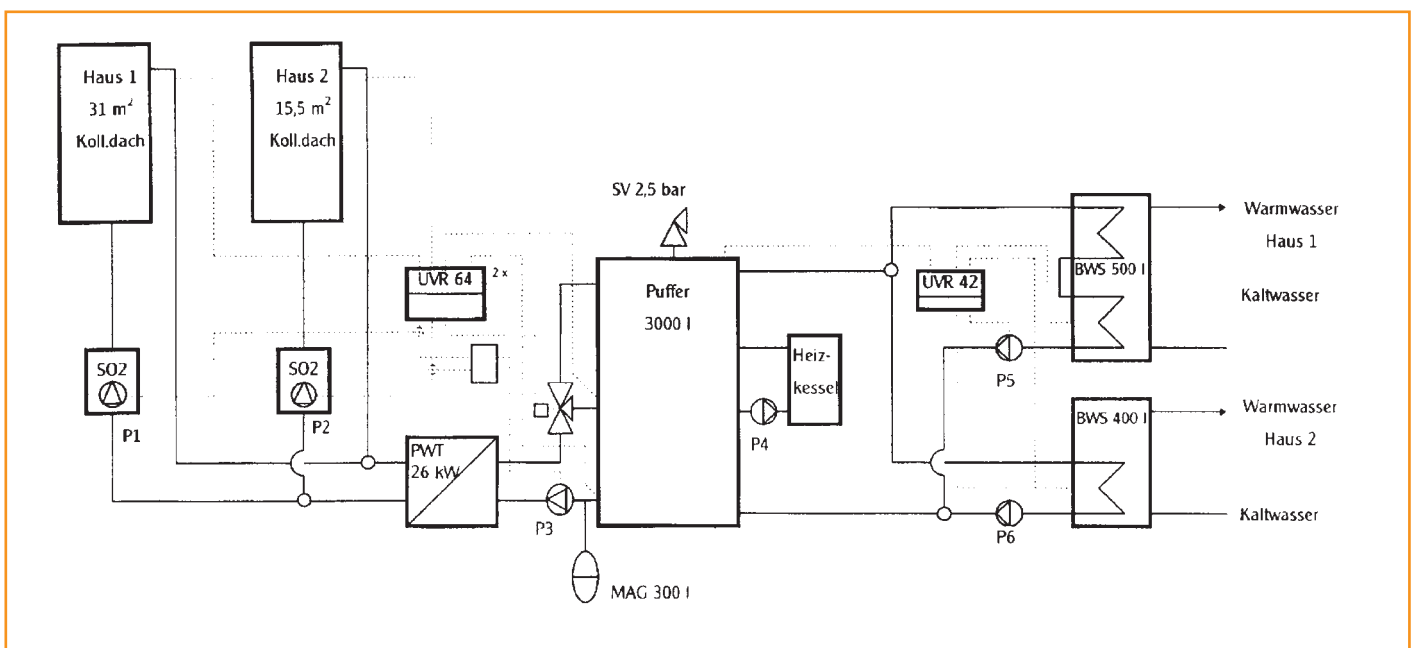
Technikraum Hotel Seenot

ein entsprechender Regelalgorithmus im vorgesehenen Regler ohne Mehrkosten verfügbar war.

### Low-flow-Auslegung

Bei beiden Systemen wurde eine low-flow-Auslegung gewählt um die Kosten für Solarkreis-Verrohrung und Isolierung gering zu halten sowie eine kostengünstige vormontierte Standard-Solarregelung (jedoch mit größerer Pumpenleistung) einsetzen zu können. Einmal wurde der Feldabgleich durch Volumenstromsteller in den Teilfeld-Rückläufen, bei der anderen Anlage durch einfache Rücklaufverschraubungen und Differenzdruckmessung erreicht. Die korrekte Durchströmung der einzelnen Kollektormodule wird durch die herstellereitig vorkonfektionierte Feldverrohrung gewährleistet.

Darüber hinaus haben beide Anlagen einen Wärmemengenzähler installiert, um den vorhergesagten Solarertrag zu verifizieren



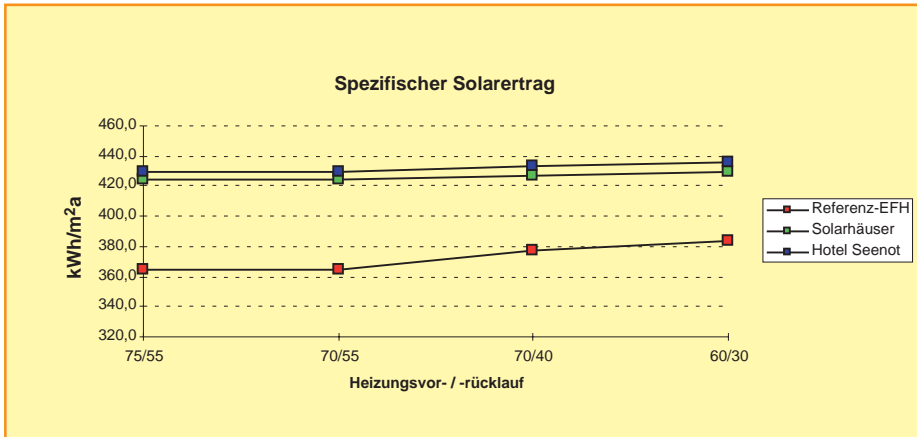
Hydraulik-Schema Solarhäuser mit Nahwärmesystem

vorgewärmtes Wasser aus dem heißeren Puffer aufheizen und via Verteiler bereitstellen. Er läuft nur an, wenn die Pufferspeichertemperatur entsprechend der gewählten Heizkurve (Sommer: 50 °C; Winter: 75 °C) zu niedrig liegt. So hält dieses Konzept das gesamte Puffervolumen für die Speicherung der Solarenergie bereit.

Der Brauchwasserspeicher mit eingeschweißtem Glattrohrwärmetauscher stellt die kompakte Lösung der Warmwassererzeugung bei sehr geringem Förder- und Regelungsaufwand dar.

Um die Schichtung in den Puffern zu erhalten wird der Heizungsrücklauf temperaturgesteuert zugeführt. Diese Lösung war sinnvoll, da einerseits zwei sehr verschiedene Heizkreise betrieben werden (Radiatoren und Fußbodenheizung) und außerdem

und dem Betreiber bzw. Wartungsbetrieb eine leichte Kontrolle der Funktion zu ermöglichen. Gerade Wirtschaftlichkeitsargumente werden so für den Bauherrn überprüfbar und für die Argumentation bei ähnlichen Projekten als stichhaltige Referenz nutzbar.



Abhängigkeit des Ertrages heizungsunterstützender Solaranlagen von der Heizkreis-Auslegung

Durch die temperaturorientierte Be- bzw. Rückladung der kaskadierten Speicher konnte auf den Einsatz von Schichtlade-Speichern verzichtet werden. Der bei deren Einsatz zu erwartende Mehrertrag der Solaranlage (ca. 15 %) wurde durch die Systemmehrkosten von etwa 20 % deutlich übertroffen. Sicher wäre der Einsatz eines 2-m<sup>3</sup>-Schichtladespeicher eine gute Lösung, war jedoch bei beiden Bauvorhaben auf Grund der begrenzten Raumhöhe nicht realisierbar.

## Heizungsunterstützung

Letztlich ist der Einsatz von Solaranlagen zur Heizungsunterstützung immer dann empfehlenswert, wenn Heizkreis-Rücklauf-temperaturen unter 45 °C vorliegen. Gerade Brennwertanlagen (z. B. mit 60/30-°C- oder 70/40-°C-Auslegung) erfüllen diese Forderung sehr gut. Dabei ist es unerheblich ob es sich um ein Ein- oder Mehrfamilienhaus handelt. Gerade im Kleinanlagenbereich ist bei Einsatz von Kombispeichern eine Heizungsunterstützung sehr günstig. Erweitert man z. B. eine Warmwasser-Solaranlage für vier Personen (10-m<sup>2</sup>- statt 5-m<sup>2</sup>-Kollektor-Nettofläche und 950-l-Kombi- statt 300-l-WW-Speicher), so steht den Materialmehrkosten von etwa 80 % ein Mehrertrag von über 105 % gegenüber.

## Lange Vorbereitungsphase

Nach Abschluß der Planungsarbeiten bestand der Bauherr der Solarhäuser auf der Besichtigung von Referenzobjekten, was insgesamt 34 Wochen in Anspruch nahm. Durch die nunmehr über den Baubeginn hinaus reichenden Lieferfristen für die Kollektordächer, wurde statt dieser eine konventionelle Dachintegration der Kollektoren gewählt und durch einen erfahrenen

ner Frist von zwei bzw. drei Wochen für Kollektoren bzw. Speicher ab Bestellung beliefert werden. Die Installation nahm dann noch einmal getrennt für Kollektor und Speichersystem zwei Wochen in Anspruch.

## Bauphase lief reibungslos

Die Bauphase für das Hotel gestaltete sich im Wesentlichen problemlos. Der Bauherr hatte bereits bei der Bestellung eine Einweisung der auf diesem Feld bisher unerfahrenen Installateure durch Fachpersonal des Herstellers vereinbart. Pünktlich bis zur Eindeckung des Satteldaches mit Ziegeln waren die Kollektorfelder durch eine Senziger Installationsfirma gesetzt, verrohrt und mit Luft abgedrückt. Die Druckprobe erfolgte mit Luft, weil die Kollektorfelder über die Wintermonate nicht angeschlossen wurden. Der Dachdecker montierte den passend zum Material der Regenrinne in Kupfer ausgeführten Eindeckrahmen. Seinen Aussagen zufolge war diese für ihn erstmalige Arbeit durch die Kenntnis der üblichen Dachfenster-Eindeckrahmen letztlich doch keine Neuigkeit.

Die Lieferung und Installation der Speicher und Heizungstechnik erfolgte im Frühjahr mit Wiederaufnahme der Bautätigkeit. Die

Projekt	Auslastung	
5-m <sup>2</sup> -Solaranlage – EFH (WW)	32 l/m <sup>2</sup> d	2,4 MWh/m <sup>2</sup> a
Solarthermie-2000- Projekte (WW)	70 l/m <sup>2</sup> d	1,0 MWh/m <sup>2</sup> a
Referenz-EFH (WW + Hzg.)	16 l/m <sup>2</sup> d + 1 kW/m <sup>2</sup>	2,3 MWh/m <sup>2</sup> a
Solarhäuser Hirschgarten	26 l/m <sup>2</sup> d + 0,95 kW/m <sup>2</sup>	1,1 MWh/m <sup>2</sup> a
Hotel Seenot	19 l/m <sup>2</sup> d + 1,4 kW/m <sup>2</sup>	2,3 MWh/m <sup>2</sup> a

Tabelle 2 Systemübersicht nach der Systemauslastung

Berliner Solarbetrieb montiert. Einzige Besonderheit stellte hierbei der direkte First- und Traufanschluß an den Pultdächern entsprechend dem Kollektordachkonzept dar. Dazu mußten lediglich die oberen Bleche des Titan-Zink-Eindeckrahmens modifiziert werden.

Für die gewählten Pufferspeicher wurden kurz vor Baubeginn zwei Bodenwannen im Kellerboden eingeplant, so daß es bei der termingemäßen Montage der Speichertechnik keine unerwarteten Verzögerungen gab. Letztendlich konnte dieses Projekt mit ei-

Einbringung der relativ kleinen Pufferspeicher gestaltete sich trotz üblicher Türmaße einfach, da in dieser Phase genügend Baufreiheit im Neubau herrschte. Dabei konnten durch den engen Kontakt zum planenden Ingenieur des Herstellers kleinere Fehler schnell bemerkt und behoben werden. Die Installation der Regeltechnik bereitete durch die Verwendung eines einfachen

+ Info + Info + Info + Info + Info +

**KKB Kollektorbau GmbH**  
**Köpenicker Straße 325 b**  
**12555 Berlin**  
**Telefon (0 30) 65 76 26 17**  
**Telefax (0 30) 65 76 27 01**

+ Info + Info + Info + Info + Info +

Gerätes für die komplette Speicherbe- und -entladung sowie die Wärmemengenerfassung – entsprechend dem vom Hersteller bereitgestellten Prinzip-Schaltbild – keine Probleme.

### **Fazit der Installationsphase**

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die Installation von Kollektoren (Auf- oder Indach) keine Probleme bei Planung und Montage darstellt. Bei der Planung des Speichersystems ist jedoch dem im Allgemeinen sehr begrenzten Platzangebot, insbesondere der Kellerhöhe, Rechnung zu tragen. Zweispeicher-Systeme haben zwar naturgemäß mehr Wärmeverluste als solche mit einem Speicher, können jedoch gut zielgerichtet be- und entladen werden. Daher bleibt der Systemertrag insgesamt etwa der Gleiche.

Bessere Ergebnisse sind beim Einsatz eines einzigen Schichtladespeichers sowohl energetisch als auch wirtschaftlich zu erreichen. Dazu muß bei mittelgroßen Solaranlagen jedoch schon in der Bauplanungsphase ein geeigneter Standort vorgesehen werden, um Einbringung und Aufstellung dieses Speichers zu ermöglichen.

### **Zu hohe Rücklauftemperaturen**

Nach der Inbetriebnahme der Anlage im Hirschgarten wurden in den ersten Betriebsmonaten zu hohe Rücklauftemperaturen aus dem Brauchwasserspeicher festgestellt. Dafür sind zwei Gründe zu sehen: Die geplanten Abnahmemengen für Warmwasser sind auf Grund der Teilbelegung der Häuser noch nicht erreicht. Die Ladepumpe für den Warmwasserspeicher arbeitet speichertemperaturgesteuert und nicht drehzahleregelt. Sie kann deshalb nicht auf Rücklauftemperaturen nach der Wärmeabgabe an den Brauchwasserspeicher reagieren. Bei Vollbelegung der Häuser wird daher dieser Umstand neu untersucht und ggf. mit regelungstechnischen Maßnahmen geändert werden.

Die Hotel-Solaranlage wurde im Frühjahr '98 erfolgreich in Betrieb genommen, wobei in Diskussion mit dem Heizungsbaubetrieb die oben erwähnte Heizkurven-Steuerung des Kessels aktiviert wurde, um im Sommer und den Übergangsmonaten so wenig Brennerstunden wie möglich zu erreichen. Die ersten Daten zum Verhalten der Anlage werden zum Herbst dieses Jahres nach Eröffnung des Hotels erwartet.

Die Verwendung einer Checkliste zur Inbetriebnahme erleichterte die Nachprüfung von vor Ort abgesprochenen Detaillösungen und Betriebswerten erheblich. Letztlich stellt sie eine Kurzcharakteristik des Solarsystems dar und ist daher zur Ergänzung der Betriebsanleitung und als Grundlage für spätere Wartungsmaßnahmen sehr gut verwendbar.

### **Voraussetzung für hohe Erträge**

Ein wesentliches Kriterium zur Einschätzung von Solaranlagen zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung kann analog zu den reinen Warmwasseranlagen die Auslastung (Relation der täglich dem Solarsystem zur Erwärmung angebotenen Kaltwassermenge zur aktiven Kollektorfläche) sein. In diesem Fall jedoch pro Quadratmeter Kollektorfläche in MWh/a statt in Litern angegeben. Eine hohe Auslastung ist eine wesentliche Voraussetzung für hohe spezifische Erträge der Solarsysteme.

Nach Untersuchungen der Zentralstelle für Solartechnik (ZfS) erreichen auch 20 Jahre gealterte Solaranlagen (Baujahre um 1979, Anlagen der „ersten Generation“) noch heute etwa 95 bis 98 % ihres ursprünglichen Ertrages [2]. Dabei sind die Effizienzmindierungen um so größer, je höher die Arbeitstemperatur des Systems ist. Systeme, die 60 % und mehr Deckungsanteil bringen sollen, reagieren ertragsmäßig im Betrieb auf Mängel wesentlich stärker als Vorwärmesysteme mit 30 bis 40 % solarem Deckungsgrad. Daher ist auf Grund der weiterentwickelten und bewährten Systembausteine analog zur ZfS mit einer Mindestlebensdauer dieser Solaranlagen von 20–25 Jahren zu rechnen.

#### **Literatur**

[1] Bericht über die Ermittlung von Wirkungsgrad, Wärmekapazität, Druckabfall und die Stillstandstemperatur von Sonnenkollektoren Nr. 0395/D, Institut für Solarenergieforschung (ISFH), 1995, ISFH (Emmerthal)

[2] Langzeiterfahrungen mit thermischen Solaranlagen, F. A. Peuser et al., 1997, ZfS Rationelle Energietechnik GmbH in Bundes-Projektförderung mit bmb+f und BEO □