

# Sonnengenuß ohne Reue

Klaus Brenndörfer\*

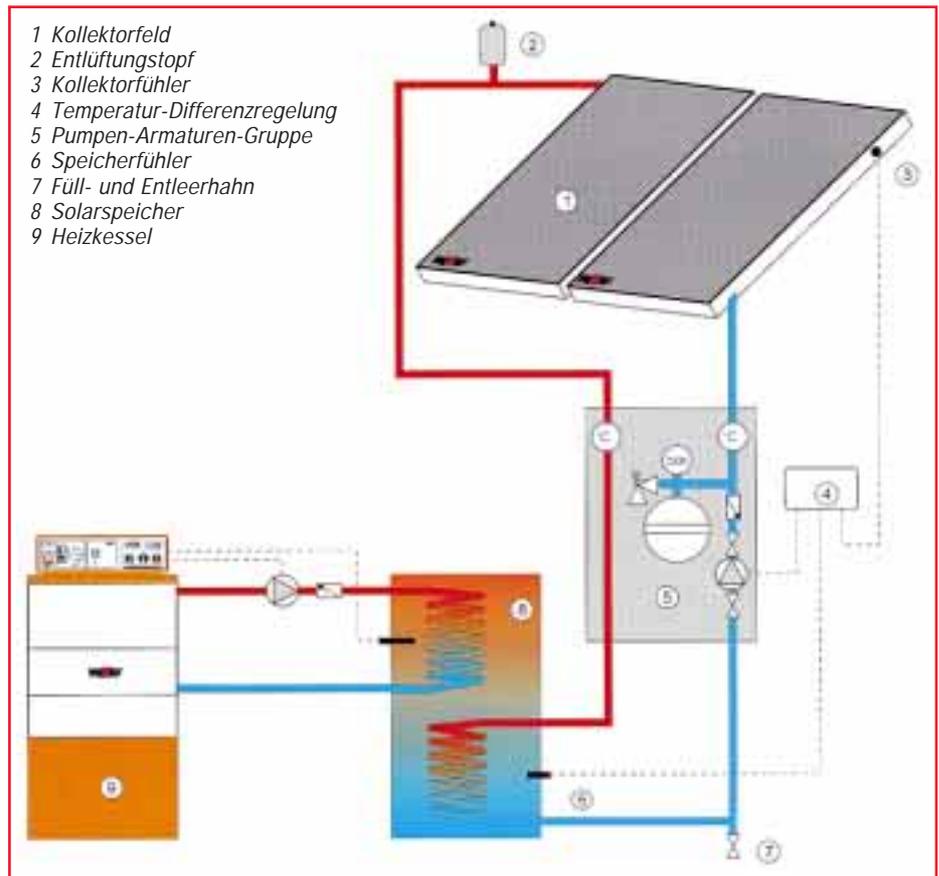
Die Güte der Sonnenkollektoranlage hängt in hohem Maße davon ab, ob das für den Einsatzzweck passende System gewählt wurde, und wie gut die Bauteilkomponenten miteinander harmonieren. Um gravierende Fehler zu vermeiden, werden nachfolgend grundlegende Hinweise zur Planung, Dimensionierung und Installation gegeben.

Die richtige Planung und Dimensionierung sowie der Einbau einer Kollektoranlage zur Brauchwassererwärmung setzt fundierte Kenntnisse der Materie voraus und sollte deshalb dem Fachmann überlassen werden. Denn auf Planungs- und Installationsfehler reagiert ein Solarsystem äußerst empfindlich. Nicht vergessen werden darf zudem, daß die Kollektoranlage nicht isoliert sondern als Bestandteil der Heizungsanlage zu sehen ist. Die nachfolgenden Hinweise zur Planung und Auslegung von Solaranlagen sind grundlegender Art und ersetzen nicht die genaue Betrachtung des Einzelfalles. Generell setzt sich die thermische Solaranlage zur Brauchwassererwärmung aus den Bauteilkomponenten Kollektoranlage, Solarspeicher, Pumpen-Armaturen-Verrohungsgruppe, Solarregelung und Heizungsanlage zusammen.

## Dimensionierung des Kollektorfelds

Das Herzstück einer Kollektoranlage ist der Kollektor und der Solarspeicher. Die Kollektoren werden in verschiedenen technischen Ausführungen als schwarzlackbeschichtete Flachkollektoren, als selektiv beschichtete Hochleistungs-Flachkollektoren

\* Dipl.-Ing. Klaus Brenndörfer ist verantwortlich für technische Schulungen und Dokumentation bei Wolf, 84048 Mainburg, Fax (0 87 51) 74 16 00



Anlagenschema Solaranlage

oder als Vakuum-Röhrenkollektoren angeboten. Bevor mit der Auswahl begonnen werden kann, müssen Verwendungszweck, Aufstellungsort und Heizungssystem analysiert werden. Vorab sind deshalb Fragen zu klären wie:

- Besteht auf dem Dach überhaupt die Möglichkeit Solarkollektoren zu installieren?
- Nach welcher Himmelsrichtung ist die Dachfläche geneigt?
- Ist die Aufstellungsfläche beschattungsfrei?

Erst wenn diese Fragen positiv geklärt sind, kann sinnvoll mit der weiteren Planung fortgeföhren werden.

## Energiebedarf sorgfältig ermitteln

Von entscheidender Bedeutung ist es, den Energiebedarf des Verbrauchersystems zu ermitteln. Um genau zu dimensionieren, müßte über einen Zeitraum von mindestens vier bis sechs Wochen der tatsächliche Warmwasserverbrauch gemessen werden. Am einfachsten läßt sich dies realisieren, wenn in der Kaltwasserzuleitung vor dem Eintritt in den Speicher ein Wasserzähler montiert wird. Ist dies nicht möglich oder zu aufwendig, kann bei Kleinanlagen im Einfamilienhausbereich eine realistische Schätzung durchgeführt werden. Da die Lebensgewohnheiten bekannt sind (Duschen oder Baden), ist es möglich, an der entsprechenden Armatur den Durchfluß pro Minute einmal auszulitern. Da nur der Verbrauch an heißem Wasser für die Dimensionierung der Kollektoranlage interessant ist, muß dieser als Mischwasseranteil bestimmt und dann hochgerechnet werden.

Am häufigsten wird in der Praxis ein „Normwasserverbrauch“ von 50 l pro Person und Tag angesetzt. Dies kann zufällig zu einer realistischen Verbrauchszahl führen, aber auch genauso gut zu einer Fehldimensionierung. Bei der Planung der Kollektoranlage sollte von einer Warmwassertemperatur von ca. 50 °C ausgegangen werden.

**Beispiel für eine Energiebilanz**

Hochleistungs-Flachkollektoren wie der Wolf „TopSon“ erreichen Nutzungsgrade von ca. 65%, wandeln also 65 % der eingestrahnten Sonnenenergie in Wärmeenergie um. Geht man von einem sonnenreichen Sommertag aus mit 10–12 Sonnenscheinstunden und im Mittel 500 W/m<sup>2</sup> Einstrahlung, ergibt sich eine Auslegungsstrahlung von ca. 5–6 kWh/m<sup>2</sup>d. Unter Berücksichtigung der Auskühlverluste von Rohrsystem (bei guter Dämmung nicht mehr als 5–8 %) und Solarspeichers (8–12 %) ergibt sich z. B. für den „Wolf TopSon“ folgende Energiebilanz:

$$5,5 \text{ kWh/m}^2\text{d} \times 0,65 = \text{ca. } 3,58 \text{ kWh/m}^2\text{d}$$

Geht man von einer KW-Temperatur von 10 °C und einer Speichertemperatur von 50 °C aus, ergibt sich eine Temperaturdifferenz von 40 K. Bei einem Solarspeicher mit 300 l Inhalt berechnet sich beispielsweise die Kollektorfläche folgendermaßen:

$$Q = 4,2 \text{ kJ/kgK} \times 300 \text{ kg} \times 40 \text{ K} / 3600 = 14 \text{ kW h/d}$$

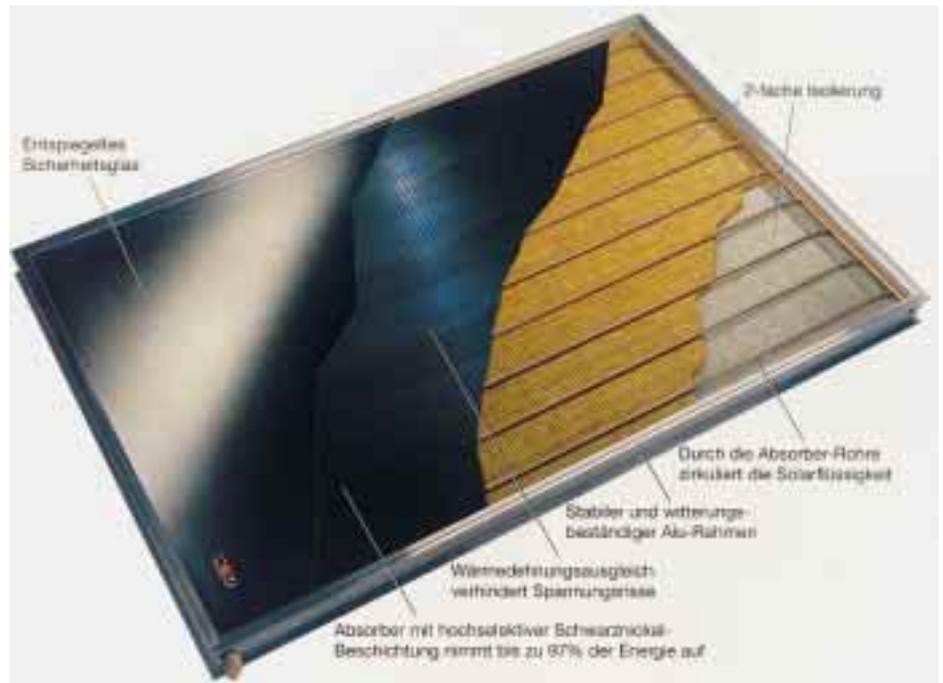
$$\text{Kollektorfläche} = 14 \text{ kW h/d} / 3 \text{ kWh/m}^2\text{d} = 4,67 \text{ m}^2$$

**Achtung Mehrkosten**

Bei Kleinanlagen im Einfamilienhausbereich liegt die Gesamtkollektorfläche meistens unter 10 m<sup>2</sup>. Hier kann es manchmal sinnvoll sein, die Kollektorfläche großzügiger zu dimensionieren, da in der Regel die Systemfixkosten den Hauptanteil der Kosten verursachen. Allerdings ist eine Flachkollektorfeldgröße von ca. 1,5–2,0 m<sup>2</sup> pro 100 l Solarspeicher als Orientierungswert nicht zu überschreiten, da die Mehrkosten sonst in keinem Verhältnis zur zusätzlichen Steigerung der solaren Deckungsrate stehen. Um einen guten Kompromiß zwischen Investition und tatsächlicher Ausnutzung der Solaranlage zu bekommen, ist meist eine Deckungsrate von ca. 50–60 % ausreichend.

**Auswahl des Solarspeichers**

Im Einfamilienhausbereich werden meistens Speichergrößen (je nach Wasserverbrauch) zwischen 300 und max. 500 l eingesetzt. Bei der Auswahl eines geeigneten Speichers ist aber nicht nur die richtige Größe zu beachten, sondern darüber hinaus



**Aufbau des Wolf Flachkollektors „TopSon“ mit 2,52 m<sup>2</sup> Kollektorfläche und einer 70 mm dicken 2fach-Isolierung**

noch Parameter wie gute Schichtung, gute Wärmedämmung und ausreichende Heizschlangenoberfläche wichtig.

**Schichtung**

Eine optimale Schichtung würde ein Solarspeicher aufweisen, wenn der Quotient aus Speicherhöhe und Speicherdurchmesser gegen Unendlich gehen würde. Anders ausgedrückt: Ein Solarspeicher sollte hoch und im Durchmesser klein sein. So muß an Schlechtwettertagen nur der obere Teil des Speichers vom Heizkessel nacherwärmt werden. Für eine gute Schichtung ist aber auch die Gestaltung des Kaltwasserzulaufs entscheidend. Große Durchmesser der Kaltwasserzulaufleitung sowie Prall- oder Lochbleche im Inneren des Solarspeichers gewährleisten ein langsames Befüllen mit geringen Verwirbelungen.

**Wärmedämmung**

Bei der Wärmedämmung des Speichers wird in der Literatur oft eine Mindestwanddicke von 100 mm angegeben. Dabei ist für die Verlustenergie (Bereitschaftswärmeaufwand) während der Stillstandszeiten nicht nur die Isolierdicke entscheidend, sondern auch das Material und ande-

re Parameter. So kann durch nicht oder schlecht gedämmte Aufstellfüße oder Ringe, Handlochdeckel oder Flansche mehr Wärmeenergie verloren gehen, als durch die Wärmedämmung des Wassermantels. Vergleiche verschiedener Fabrikate erbrachten einen Bereitschaftswärmeaufwand von 2,0–2,8 W/K (Speichertemp. 60 °C; Umgebungstemp. 20 °C; Isolierdicke der Speicher: 50–150 mm).

**Heizschlangenoberfläche**

Die Heizschlange – auch Heizspirale bzw. Wärmetauscher genannt – hat die Aufgabe, die vom Kollektor ans Solesystem abgegebene Wärmeenergie an das Brauchwasser zu übertragen. Dabei ist die Wärmeenergie-Übertragungsbilanz am größten, wenn die Rücklauftemperatur zum Kollektor in der gleichen Größenordnung liegt wie die Kaltwasserzulauftemperatur in den Speicher. Hierbei wird vorausgesetzt, daß die Solarheizschlange bis dicht über den Speicherboden angeordnet ist, und die hydraulische Durchströmung im Wärmetauscher von oben nach unten erfolgt. Damit möglichst die gesamte Wärmeenergie ans Brauchwasser übertragen wird, muß im Speicher eine bezogen auf die Leistung ausreichend große Heizschlangenoberfläche montiert sein, die zudem optimal durchströmt wird. Da eine genaue Berechnung des Wärmetauschers den Rahmen sprengen würde, sei auf [1], [2] verwiesen. Als Orientierungswerte für eine ausreichend genaue Abschätzung gelten:

- Glattröhrwärmetauscheroberfläche: ca. > 0,2–0,25 m<sup>2</sup> pro m<sup>2</sup> Kollektorfläche
- Rippenrohrwärmetauscheroberfläche: ca. > 0,3–0,40 m<sup>2</sup> pro m<sup>2</sup> Kollektorfläche

## Der richtige Durchsatz

Der Volumenstromdurchsatz durch den Kollektor und den Wärmetauscher des Speichers wird von der Kollektorkreispumpe bestimmt. Falsche Volumenstromdurchsätze wirken sich negativ auf den Gesamtwirkungsgrad des Systems aus. Bei zu geringem Volumenstromdurchsatz steigt die Temperatur im Kollektor an, da nicht die gesamte Wärmeenergie ans Brauchwasser übertragen werden kann. Folge: der Kollektorwirkungsgrad sinkt. Es besteht auch die Gefahr, daß bei unzureichender Durchströmung „Totzonen“ auftreten und die Sole verdampft. Damit wird die Nutzenergieabgabe stark vermindert oder im Extremfall ganz verhindert. Wird der Volumenstromdurchsatz zu hoch gewählt, steigt die elektrische Leistungsaufnahme der Umwälzpumpe überproportional stark an. Außerdem bewirken zu große Volumenströme oft auch zu hohe Strömungsgeschwindigkeiten, manchmal mit lästigen Geräuschen verbunden. Die meisten Kollektorhersteller empfehlen für ihre Produkte deshalb Durchflußmengen, die – je nach Kollektorbauart – zwischen 15 und 100 l/h pro m<sup>2</sup> liegen. Da die Volumenstromdurchsätze bauartbedingt stark divergieren, ist von einer Mittelwertbildung abzuraten. Stattdessen sind die Vorgaben der Hersteller zu befolgen.

## Entlüftungstopf gut plziert

An der höchsten Stelle der Verrohrung ist ein Entlüftungstopf anzubringen. Zu Problemen bei der Installation kann es kommen, wenn folgende Punkte nicht beachtet werden: Bei der Dachmontage des Kollektorfeldes ist vom Dachfirst nach unten mindestens drei Ziegelreihen Abstand zu halten, um genügend Platz im Dachinneren für die Montage eines Entlüftungstopfes in der Vorlaufleitung zur Verfügung zu haben. Je größer der Abstand zwischen Vorlauf und Dachfirst, desto leichter ist die Montage. Als Entlüftungstopf sind keine handelsüblichen Schnellentlüfter der Heizungstechnik einzusetzen. Diese beinhalten oftmals Kunststoffteile, die den hohen Temperaturen – wie sie in einer Kollektoranlage auftreten können – nicht standhalten.

## Ausdehnungsgefäß richtig auslegen

Während der Lebensdauer einer Kollektoranlage kann nie ausgeschlossen werden, daß ein Stromausfall oder Pumpendefekt auftritt. In solchen Fällen würde die Sole im Kreislauf so stark überhitzen, daß sie verdampft. Bei der Dimensionierung des Ausdehnungsgefäßes muß dies – im Gegensatz zur Heizungstechnik wo es nur um die Aufnahme von Flüssigkeit geht – mitberücksichtigt werden. Geschieht dies nicht, öffnet das Sicherheitsventil um den Überdruck abzubauen und ein Nachfüllen der Anlage wird notwendig.

Das Nennvolumen des Ausdehnungsgefäßes läßt sich mit folgender Gleichung berechnen:



**Dachmontage eines Flachkollektors**

$$V_N > [V_G \times 0,1 + V_A \times 1,1] / N$$

dabei sind:

$V_N$  = Nennvolumen des Membran-Ausdehnungsgefäßes

$V_G$  = Gesamtflüssigkeitsinhalt im Solar-Kreislauf in Liter

$V_A$  = Flüssigkeitsvolumen im Kollektor in Liter

Der Nutzeffekt  $N$  berechnet sich mit:

$N = [P_e - P_o] / [P_e + 1]$ ; dabei sind  $P_e$  der Anlagendruck in bar und  $P_o$  der Gefäßvordruck in bar;

Empfehlungen:

–  $P_e$  = Ansprechdruck des Sicherheitsventils – 20 %

– Der Nutzeffekt sollte 50 % nicht überschreiten, da sonst u. U. die Gefäßmembran überdehnt wird.

## Ausreichende Wärmedämmung

Die Verbindungsleitungen zwischen Kollektor und Solarspeicher sollten mit einer Dämmschichtdicke von mindestens 30 mm isoliert werden. In unmittelbarer Nähe des Kollektors (bis zu ca. 2 m Abstand) müssen Isoliermaterialien zum Einsatz kommen, die für Solaranlagen geeignet sind. So liegt z. B. bei Verwendung eines Sicherheitsventils mit 6 bar (empfehlenswert) und einem Sole-Gemisch (z. B. „Anro“) der flüssige Anwendungsbereich zwischen –30°C und 170 °C. Da es wie erwähnt zur Verdampfung kommen kann, müssen die Isoliermaterialien im Bereich des Kollektors diesen Temperaturen standhalten können.

## Was leistet die Regelung?

Meist werden bei Solaranlagen zur Brauchwassererwärmung Temperaturdifferenzregelungen eingesetzt. Hierbei wird von einem Anlege- bzw. Tauchfühler die Temperatur im Vorlauf des Kollektors an seiner höchsten Stelle erfaßt und mit der Temperatur im unteren Speicherdrittel verglichen. Bei einfachen, kostengünstigen analogen Regeleinrichtungen sind die Temperaturdifferenzen zwischen Kollektor- und Speicherfühler fest voreingestellt. Beim Überschreiten der Temperaturdifferenz des Einschaltpunktes, wird die Umwälzpumpe ein- und beim Unterschreiten des Abschaltpunktes ausgeschaltet.

Bei den komfortableren, digitalen Temperaturdifferenzreglern lassen sich die Ein- und Ausschalt-differenzen einstellen. Neben einer genaueren Regelungscharakteristik bieten sie zusätzliche Funktionen wie z. B. Anzeige von Speicher- und Kollektortemperatur.

**E**in sorgfältiges Abstimmen der Solaranlagenkomponenten aufeinander ist genauso unerlässlich, wie die fachgerechte Einbindung der Solaranlage ins Heizungssystem. Nur wenn alle Bauteile gut miteinander harmonieren und die richtigen Materialien verwendet wurden, hat der Endverbraucher eine Anlage, die stets zu seiner vollsten Zufriedenheit arbeitet. Und da bekanntlich ein zufriedener Kunde seine Solaranlage stolz dem Bekanntenkreis präsentieren wird, könnte es für den Installateur auf diese Art Folgeaufträge geben □

## Literatur

- [1] Durchfluß und Wärmetauscherbemessung bei Sonnenenergieanlagen; R. Weiersmüller; (HLK) Heizung, Lüftung, Klimatechnik; Jg 36 (1985), H.5, S. 234–237  
 [2] Technische Nutzung solarer Energie-Solartechnische Wandlung und Wärmespeicherung; Digel, R. et al.; Veröffentlichung des Forschungsinstitutes für Wärmetechnik e. V. Stuttgart, 1988