



Vom Solar-Pufferspeicher zur solaren Heizzentrale

Solares Heizen

Teil 2

Thomas Krause*

Die solare Heizungsunterstützung ist ein sinnvoller Beitrag zur Energieeinsparung und zur Schadstoffreduzierung. Und wenn Investitions- und Installationskosten durch integrative Systeme gesenkt werden können, werden sich diese Anlagen zunehmend auf dem Markt durchsetzen. Im Mittelpunkt des folgenden Beitrags stehen deshalb Konzepte und die Auslegung von Solaranlagen zur Heizungsunterstützung.

Für die Einbindung der Solarenergie in die Heizungstechnik ist ein Konzept notwendig, das der Solaranlage die Möglichkeit gibt, mit einem guten Wirkungsgrad zu arbeiten. Nachdem zu diesem Thema im ersten Teil des Beitrages in SBZ 17/98 die Themen „Kombi-Speicher als Energie-Manager“, „Integration des Brennwertgerätes in den Speicher“ und „Low-Flow-Solartechnik angesprochen wurden, folgen weitere Bausteine im Kapitel „Das Konzept der solaren Heizungsunterstützung“.

Geschichtete Entladung bei der WW-Bereitung

Der externe Plattenwärmetauscher zur Warmwasserbereitung im Direktdurchlauf wird im Gegenstrom-Prinzip durchströmt. Er ist so ausgelegt, daß trotz der großen Übertragungsleistung (maximale Dauerlei-

stung Q_d beträgt 48,85 kW bei einem Durchfluß von 1200 l/h) die Rücklauftemperatur im Primärkreis maximal ca. 10 K über der Kaltwassertemperatur liegt.

In Bild 14 sind beispielhaft die Temperaturen bei einem Zapftest zusammen mit den Volumenströmen über der Zeit aufgetragen. Deutlich ist die konstante Zapftemperatur bei verschiedenen Zapfraten zu erkennen. Die Rücklauftemperatur vom Plattenwärmetauscher in den Speicher liegt hier nur 5 bis 8 K über der (hier recht hohen) Kaltwassertemperatur.

Dadurch steht wiederum dem Solarkreis ein kalter Vorlauf zur Verfügung, wesentlich für einen guten Kollektorwirkungsgrad.

Der „Low-Flow“-Heizkreis: Solare Wärme 50/30

Die Auslegung von Niedertemperatur-Heizungsanlagen sieht oft eine Temperaturspreizung von nur ca. 10 K zwischen Vor- und Rücklauf vor. Für effektive solare Heizungsunterstützung sollte aber eine Tempe-

* Dipl.-Ing. Thomas Krause, Solvis Solarsysteme GmbH, 38122 Braunschweig, Fax (05 31) 2 89 04 11

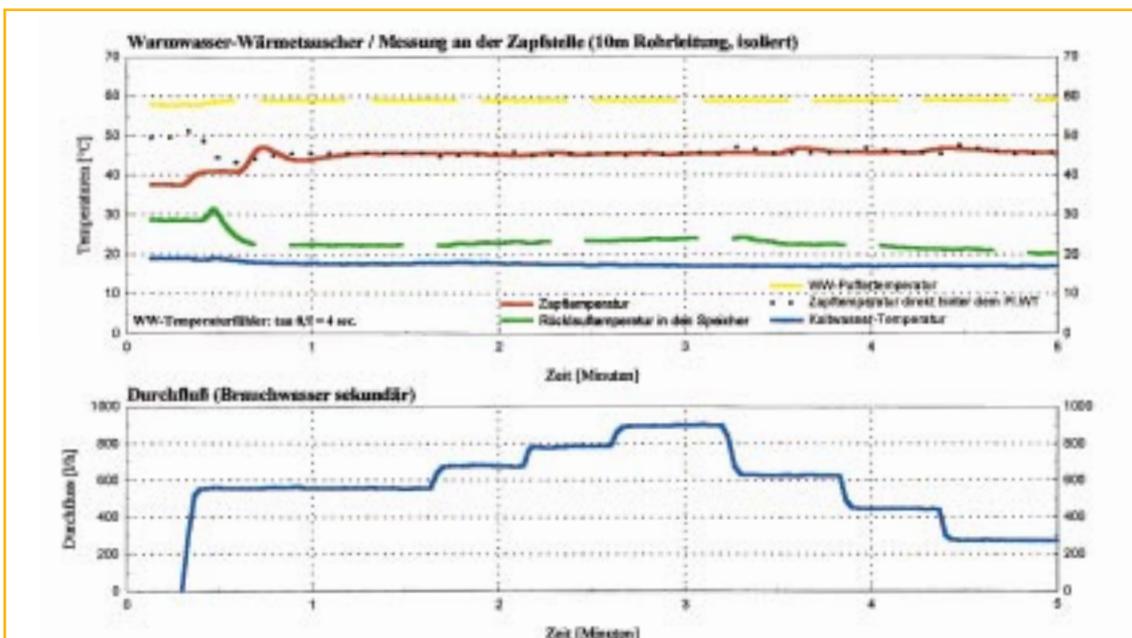


Bild 14
Temperatur-Verhältnisse am Solvis-WW-Wärmetauscher

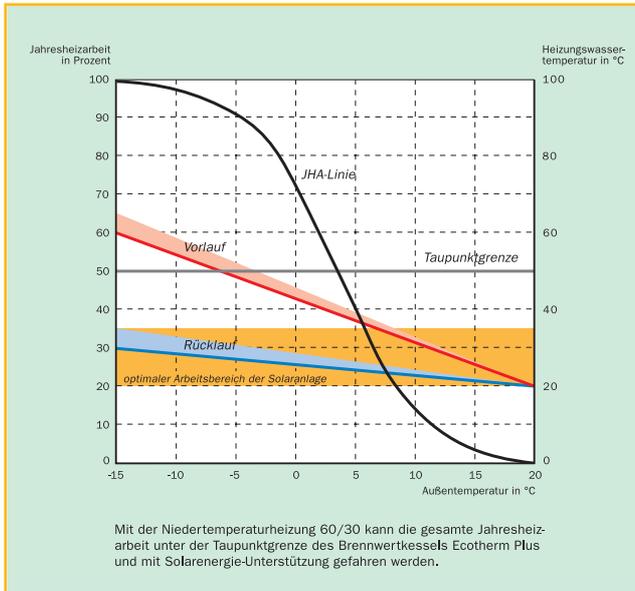


Bild 15 Die solare Wärme 60/30 und die Jahresheizarbeits-Verteilung (JHA)

raturspannung von mindestens 20 K, idealerweise von 30 K vorgesehen werden. In Bild 15 ist zusätzlich die Jahresheizarbeitskurve eingezeichnet. Interessante Eckdaten dieser Kennlinie sind:

- nur 10% des Jahres arbeitet der Kessel bei Außentemperaturen von unter $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, also mit einer witterungsgeführten Vorlauf-temperatur von über $50\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- nur 10 % des Jahres ist die Außentemperatur über $12\text{ }^{\circ}\text{C}$, wobei dann die Vorlauf-temperatur unter $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ liegt.
- somit arbeitet der Kessel 80 % seiner Betriebsstunden mit einer Vorlauf-temperatur zwischen 30 und $50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Im folgenden wird gezeigt, daß die Auslegung des Heizkreises auf eine größere Temperaturspannung sich auf mehrere Punkte positiv auswirkt:

Geringere Rohrquerschnitte

Aufgrund der deutlich geringeren Volumenströme können die Rohrleitungen kleiner dimensioniert werden.

Besserer Wirkungsgrad der Solaranlage

Der optimale Arbeitsbereich der Solaranlage ist in Bild 15 mit Rücklauf-Temperaturen zwischen 20 und $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ dargestellt.

Durch niedrige Rücklauf-temperaturen im Heizkreis können somit günstigere Betriebsbedingungen für die Solaranlage erreicht werden.

Bessere Brennwertnutzung

Nur wenn die Rücklauf-temperatur des Heizkreises deutlich unter dem Taupunkt des Brennkessels liegt, besteht die Möglichkeit, den „Brennwert“ durch Kondensation auch wirklich zu nutzen. Als notwendige Temperaturdifferenz zwischen der Rücklauf-temperatur und der Abgastemperatur sind ca. 5 bis 10 K zusätzlich zu berücksichtigen. Dies be-

deutet z. B., daß die Rücklauf-temperatur unter $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ liegen muß, um Abgastemperaturen von unter $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ zu erreichen, bei denen dann eine wesentliche Kondensation stattfindet.

In Bild 15 ist die Taupunktgrenze noch bei $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ eingezeichnet. Nachfolgend wird noch gezeigt, daß sich diese Taupunktgrenze über die Verbrennungs-luft-Einstellung (Lambda-Wert) weiter nach oben verschieben läßt.

Verringerung der Heizungs-Pumpenleistung

Die Heizkreispumpen-Leistungsaufnahme läßt sich durch zwei Maßnahmen verringern:

- Aufgrund der geringeren Volumenströme im Heizkreis (durch größere Temperaturspannung) ist prinzipiell eine geringere Förderleistung notwendig.
- Durch den Einsatz von elektronisch geregelten Umwälzpumpen, die bei einer Erhöhung des Anlagendruckverlustes (auf-

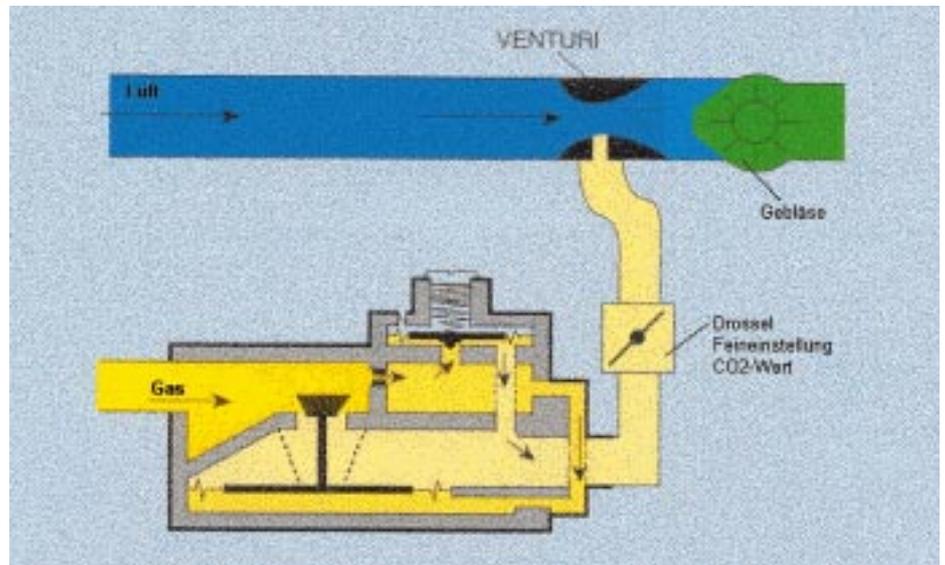


Bild 16 Vollständige Vormischung bei konstantem Gas/ Luft-Verhältnis

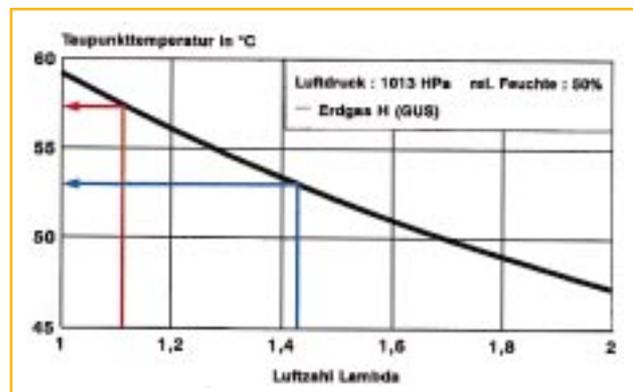
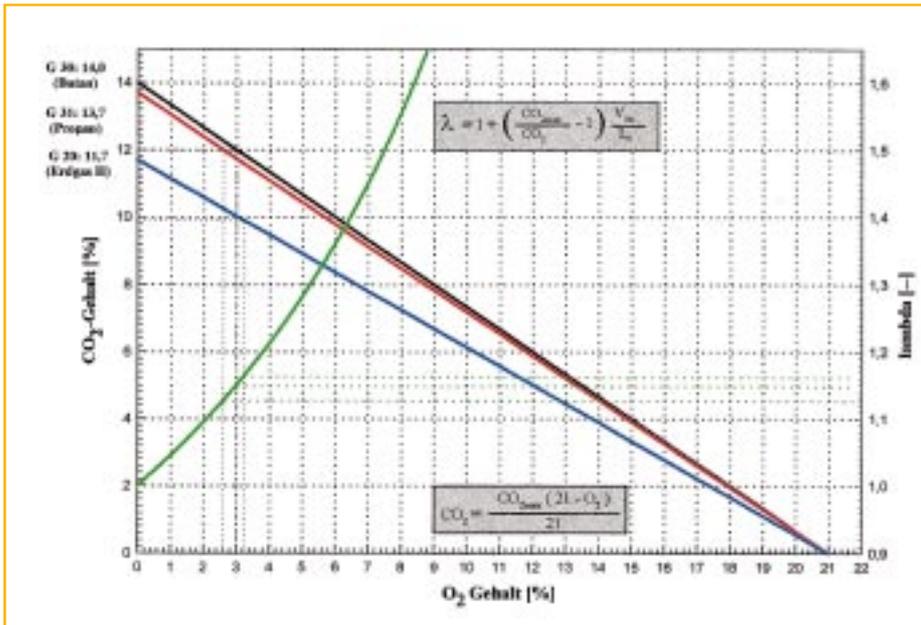


Bild 17 Abhängigkeit der Taupunkttemperatur von der Luftzahl Lambda

[Quelle: Jannemann, Kompendium Gas-Brennwerttechnik, 2. A. 1996]



[Quelle: Jannemann]

Bild 18 Abhängigkeit der Taupunkttemperatur von der Luftzahl Lambda

Der „SolarMax“ arbeitet mit einem Lambda-Wert von ca. 1,15 bei Vollast und somit einer Taupunkttemperatur von ca. 57 °C. Bei kleiner Leistung steigt der Lambda-Wert minimal (auf ca. 1,2); da aber die Abgase aufgrund des nun kleineren Massenstroms weiter abgekühlt werden können, herrschen auch jetzt ideale „Kondensationsbedingungen“.

Bild 18 veranschaulicht die Zusammenhänge zwischen dem CO₂, O₂-Wert und dem Lambda-Wert (in den Abgasmeßgeräten wird in der Regel der O₂-Wert gemessen und aufgrund der Brennstoffart auf CO₂ und Lambda umgerechnet). Eingezeichnet sind die zu messenden O₂-Werte bei einem einzustellenden CO₂-Wert von 9,9 % für Erdgas bzw. 12 % für Flüssiggas. Für Flüssiggas sind die beiden Gasarten „Propan“ und „Butan“ dargestellt, um die Unterschiede innerhalb dieser Gasfamilie aufzuzeigen. Für die oben angegebenen CO₂-Werte ergibt sich somit ein zu messender Rest-O₂-Gehalt im Abgas von ca. 3 % und ein Lambda-Wert von 1,15.

Minimale Emissionen – maximaler Wirkungsgrad

Aufgrund der vollständigen Vermischung, der problemlosen Einstellbarkeit auf minimalen Luftüberschuß und der entsprechenden Auslegung der Brenneroberfläche und

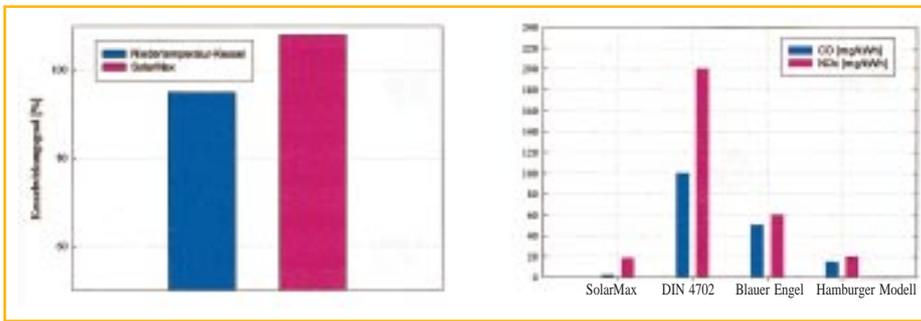


Bild 19 Maximaler Wirkungsgrad und minimale Emissionen

grund von schließenden Thermostatventilen) mit einer Leistungsreduzierung reagieren (dp-constant-Regelung) und damit bis zu 40 % Energie eingespart werden.

Optimale Gas/Luft-Verbund-Regelung

Für eine optimale Verbrennung ist eine gute Vermischung von Gas und Luft notwendig. Gleichzeitig soll dieses Verhältnis trotz wechselnder äußerer Einflußfaktoren konstant bleiben bei zugleich modulierender Brennerleistung. Dies kann durch eine vollständige Vormischung erreicht werden, wie sie in Bild 16 dargestellt ist.

Taupunkteinstellung

Ein bestimmender Faktor bei der Brennwertnutzung ist der Taupunkt. Dieser hängt im wesentlichen von dem Brennstoff, aber auch von dem Luftüberschuß ab. Bei Heizöl liegt er wesentlich niedriger als bei Erdgas, d.h. die Kondensation beginnt erst bei niedrigeren Abgastemperaturen. In Bild 17 ist die Abhängigkeit des Taupunktes (Erdgas) vom Luftüberschuß (Lambda-Wert) dargestellt.

	Kollektor	Speicher	Speicher/ Kollektor	Solares Nutzvolumen
Anlage A	F 60/6,31 m ²	SI 350/363 l	57,5 l/m ²	206 l
Anlage B	F 75/7,58 m ²	SI 500/518 l	68,3 l/m ²	287 l
Anlage C	2 x F 50/10,1 m ²	SI 750/775 l	77 l/m ²	371 l
Anlage D	2 x F 60/12,62 m ²	SI 1000/952 l	75 l/m ²	

Tabelle 1 Verschiedene Solvis-Anlagenkonfigurationen zur solaren Heizungsunterstützung

	WSVO '95		Niedrigenergiehaus (NE) 20 % besser als WSVO	
Heizungsauslegung	70 / 40	50 / 30	70 / 40	50 / 30
Netto-Heizwärmebedarf [kWh/a]	12 090	11 880	9 267	9 089
Energiebedarf für Raumheizung [kWh/a]	14 224	13 976	10 902	10 693
Energiebedarf für Warmwasser * [kWh/a]	4 222	4 222	4 222	4 222
Energiebedarf gesamt [kWh/a]	18 446	18 198	15 124	14 915

Tabelle 2 Energiebedarf bei verschiedenen Dämmstandards und verschiedenen Heizungsauslegungen / (*) unter Berücksichtigung der Speicherverluste und des Kesselwirkungsgrades

	WSVO - 70/40	WSVO - 50/30	NE - 70/40	NE - 50/30
50/30				
Anlage A	15,4 %	16,2 %	18,4 %	19,3 %
Anlage B	16,7 %	17,6 %	19,8 %	20,9 %
Anlage C	18,2 %	19,2 %	21,5 %	22,8 %

Tabelle 3 Energieeinsparung durch die Solaranlage in Prozent für verschiedene Dämmstandards / Heizungsauslegungen in Abhängigkeit von der Kollektorfläche und Speichergröße

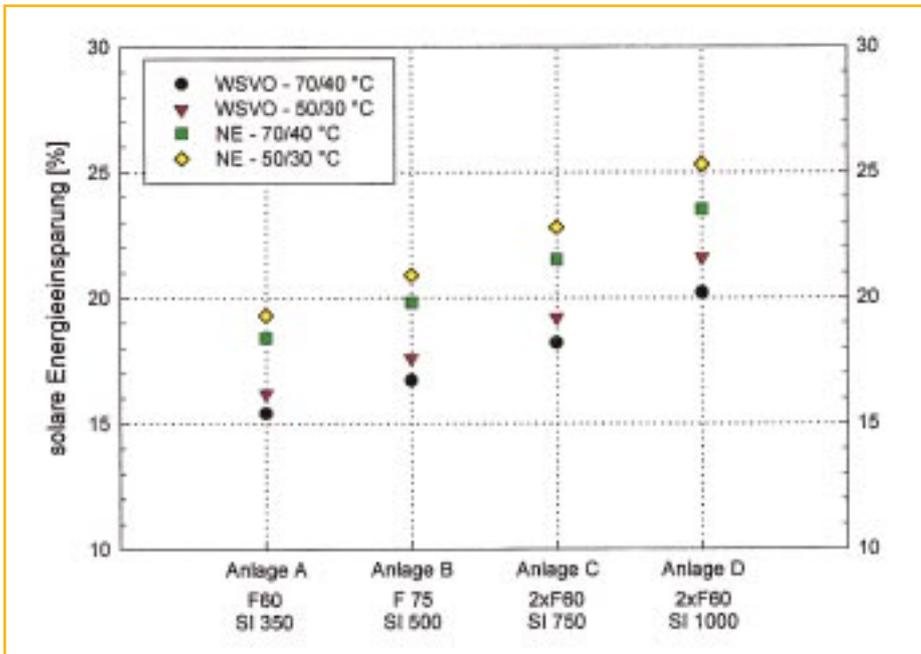


Bild 20 Energieeinsparung durch die Solaranlage für verschiedene Dämmstandards / Heizungsauslegungen in Abhängigkeit von der Kollektorfläche und Speichergröße

der Brennkammer auf niedrige Flammentemperaturen und weitestgehende Abgasabkühlung können maximale Wirkungsgrade und minimale Emissionen erreicht werden, wie die nebenstehenden Bildern zeigen. Dabei werden selbst die schärfsten Fördererichtlinien (Hamburger Modell) unterschritten (Bild 19).

Auslegung der Anlage

Das Forschungs- und Testzentrum für Solaranlagen Stuttgart (ITW) hat im Auftrag von Solvis eine Simulationsstudie zu den Kombianlagen „Stratos Integral“ durchge-

Tabelle 4 Jahreszeitliche Darstellung des Kollektorertrags (abzüglich der Verluste)

Anlage	Kollektorkreis-Ertrag abzüglich der Verluste [kWh]	
	2 F60, SI 1000, NE 50/30	2 F50, SI 750, WSVO
50/30		
Januar	151,6	123,6
Februar	159,4	130,1
März	279,8	231,8
April	514,4	480,5
Mai	357,1	333,3
Juni	343,2	325,4
Juli	335,9	325,1
August	307,8	291,2
September	333,9	301,5
Oktober	291,6	233,2
November	150,6	125,3
Dezember	80,7	65,4

Leserbriefe

Meinungen, Kommentare zu Beiträgen bitte möglichst per Fax an die SBZ-Redaktion unter

(07 11) 6 36 72 55
(07 11) 63 67 27 43

führt. Die Basis der Simulationsrechnungen bilden die vier Anlagen in Tabelle 1.

Die Ertragsrechnungen wurden für folgende Referenzbedingungen durchgeführt:

- Dachausrichtung: Süd, Aufstellwinkel 45°
- Wetterdaten: TRY Würzburg, Einstrahlung in Kollektorebene 1231 kWh/(m²a)
- Warmwasserverbrauch: 200 l/d
- KW-Temperatur: 10 °C mit jahreszeitlicher Schwankung +/-3 K
- WW-Temperatur: 45 °C
- Netto-Jahresverbrauch: 2936 kWh/a
- Heizwärmebedarf: Einfamilienhaus, Nutzfläche 128 m²; Simulationen für verschiedene Dämmstandards und Heizungsauslegungen (VL/RL-Temperaturen)

Tabelle 2 zeigt für zwei verschiedene Dämmstandards mit jeweils zwei Heizungsauslegungen den Jahresenergiebedarf

Energieeinsparung im Überblick

In Tabelle 3 sind nun für diese vier Energiebedarfs-Situationen die rechnerischen Energieeinsparungen durch die jeweils vier Sovis-Solaranlagen mit Heizungsunterstützung dargestellt. Bild 20 verdeutlicht dieses Ergebnis graphisch.

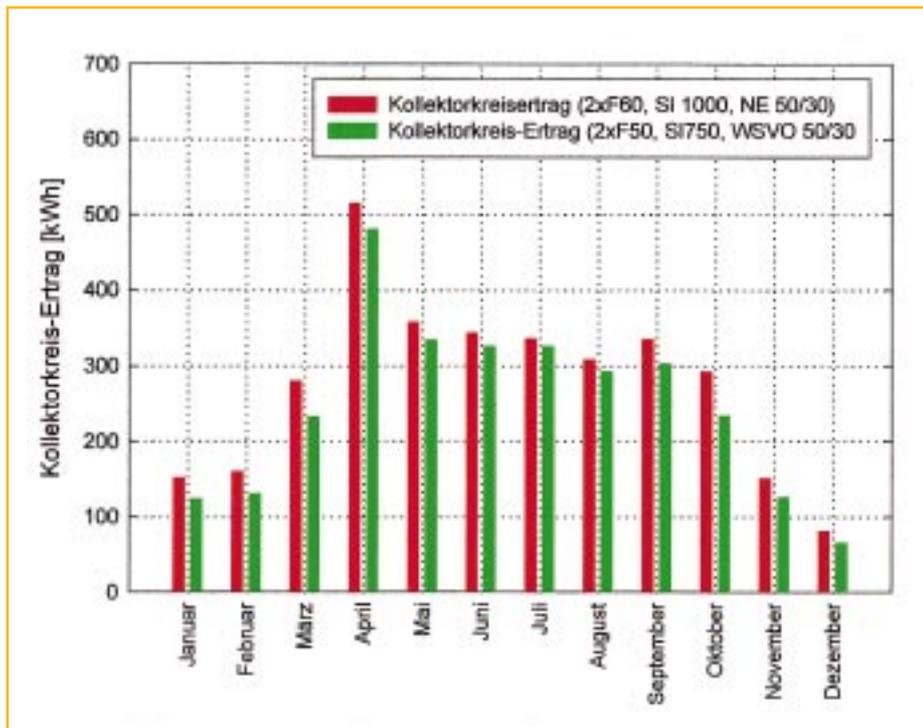


Bild 21 Jahreszeitliche Darstellung des Kollektorertrags

Tabelle 3 und Bild 20 zeigen, daß allein durch die Heizungsauslegung 50/30 statt 70/40 die solare Energieeinsparung relativ um 6 % gesteigert werden kann (3774 kWh/a Einsparung statt 3550 kWh/a bei 70/40 °C).

Jahreszeitliche Darstellung des Kollektor-Ertrags

Interessant ist der jahreszeitliche Verlauf des Kollektorertrags. Er wird in Tabelle 4 für zwei Fälle dargestellt, die Rohrleitungsverluste bis zum Speicher sind bereits abgezogen. Auffällig ist die Ertragsspitze im April (im Gegensatz zu einer Anlage zur reinen WW-Bereitung): hier kann vom Haus aufgrund des noch anhaltenden Heizwärmebedarfs vollständig die von der Solaranlage angebotene Energie abgenommen werden, während im Mai der Kollektor bereits mehr Energie anbietet als abgenommen wird.

Optimierung durch Systemdenken

Solarenergie kann einen nennenswerten Beitrag am Gesamt-Energiebedarf eines Gebäudes liefern. Die solare Brennwert-Zentrale bietet als Komplettsystem die Chance:

- bei der Entwicklung eine sinnvolle Optimierung und Abstimmung der Komponenten aufeinander durchführen zu können;

- Verantwortung für das ganze System zu übernehmen. Alles kommt aus einer Hand und paßt zusammen, dies erspart dem Heizungsbauer die mühsame Abstimmung der Komponenten aufeinander und bietet dem Endkunden die Gewißheit, daß die Anlage funktioniert und daß es einen kompetenten Ansprechpartner für die ganze Anlage gibt. Durch den zuverlässigen Betrieb werden Hemmnisse gegenüber der solaren Heizungsunterstützung weiter abgebaut;
- schon jetzt durch einen günstigen Systempreis, der auch Kostenvorteile bei der Installation beinhaltet, solare Heizungsunterstützung weiter am Markt durchzusetzen;
- langfristig eine weitere Kostenreduktion für solare Heizungsunterstützung ermöglichen zu können.

Mit der Sonne heizen ist keine Utopie mehr. Die Solaranlage wird somit zum festen Bestandteil der Heizungstechnik.