

Meßergebnisse einer solaren Gas-Brennwertzentrale

Solares Heizen im Praxistest

Teil 1

Lars Kühl, Thomas Krause*

Die solare Gas-Brennwertzentrale SolvisMax stellt mit ihrem speicherintegrierten Brennwertkessel die konstruktive Verbindung von Solar- und Heiztechnik dar. In einem von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderten Forschungsprojekt wird derzeit der Nutzungsgrad von zwei Anlagen im Alltagsbetrieb meßtechnisch bestimmt. Ergänzend hierzu werden von Solvis 44 installierte Anlagen im Betrieb überwacht. Nachfolgend die ersten Ergebnisse.

Solaranlagen zur Warmwasserbereitung werden bereits seit Jahren erfolgreich eingesetzt und gehören längst zum Stand der Technik ressourcenschonender Energieversorgung von Gebäuden. Standardanlagen können bis zu 60 % des Gesamtenergieverbrauchs einer vierköpfigen Familie zur Warmwasserbereitung decken. Eine weitere Erhöhung des solaren Deckungsanteils am Gesamtenergieverbrauch des Gebäudes läßt sich durch den Einsatz von Kombianlagen erreichen.

* Dipl.-Ing. Lars Kühl, wissenschaftlicher Mitarbeiter am IGS (Institut für Gebäude- und Solartechnik, Prof. Dr.-Ing. M. N. Fisch, Technische Universität Braunschweig);
Dipl.-Ing. Thomas Krause, Solvis Solarsysteme GmbH, Marienberger Straße 1, 38122 Braunschweig, Telefon (05 31) 28 90 40, Telefax (05 31) 2 89 04 11

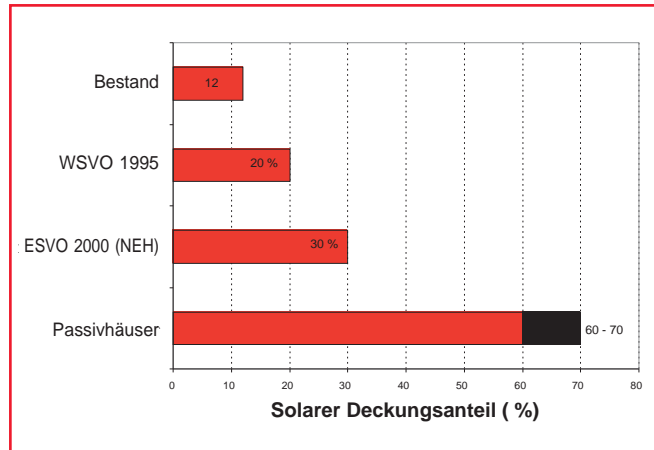


Bild 1 Solarer Deckungsanteil einer 10 m² großen Solaranlage für Gebäude mit unterschiedlichem Dämmstandard (bei 120 m² Wohnfläche)

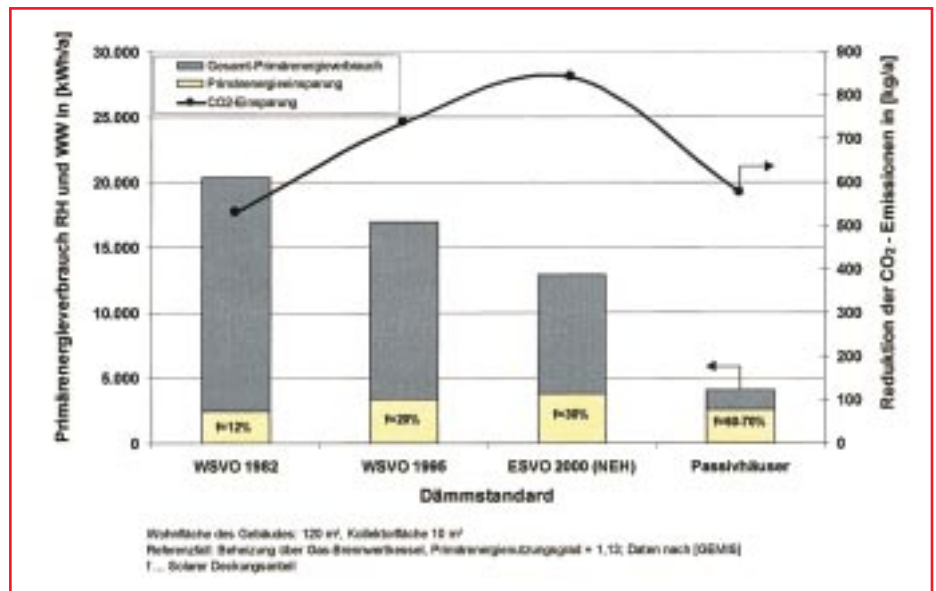


Bild 2 Primärenergieeinsparung und CO₂-Reduktionspotential durch Integration einer 10-m²-Solaranlage in Gebäuden unterschiedlichen Dämmstandards

Durch Zusammenlegung von Solar- und Heizanlage können im Frühjahr und Herbst merkliche Beiträge zur Raumheizung erzielt und damit der Energieverbrauch des Gebäudes weiter reduziert werden.

Solare Deckungsanteile

Im Bild 1 ist die Entwicklung des solaren Deckungsanteils am Energieverbrauch für Raumheizung und Warmwasserbereitung in Abhängigkeit des Dämmstandards von Gebäuden dargestellt. Die Angaben gelten für

eine Kollektorfläche von 10 m² und einer Wohnfläche des Gebäudes von 120 m². Während bei einem nach Wärmeschutzverordnung 1995 (WSVO 1995) gedämmten Gebäude nur etwa 20 % solarer Deckungsanteil der Anlage erreicht wird, lassen sich bei Passivhäusern ($Q_{RH} = 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$) Werte von bis zu 70 % erreichen. Entspre-



Bild 3 Emissionsentwicklung beim Betrieb von Heizkesseln

(Quelle: Buderus)

nerstarts pro Jahr stellt ein erhebliches CO₂-Reduktionspotential dar. So können die Start- und Abschaltmissionen des Brenners als kurzzeitige Spitzenmissionen im Vergleich zu den Emissionen im stationären Betrieb bis zu fünffache Werte erreichen (Bild 3).

Kombianlagen weisen bedingt durch ihre relativ großen Wärmespeicher gegenüber herkömmlichen NT- oder Brennwertkesseln eine hohe Wärmekapazität auf. Sie lassen demnach nicht nur durch den Ersatz von fossilen Energieträgern, sondern auch durch eine aufgrund des hohen Speichervolumens reduzierte Anzahl der Brennerstarts und

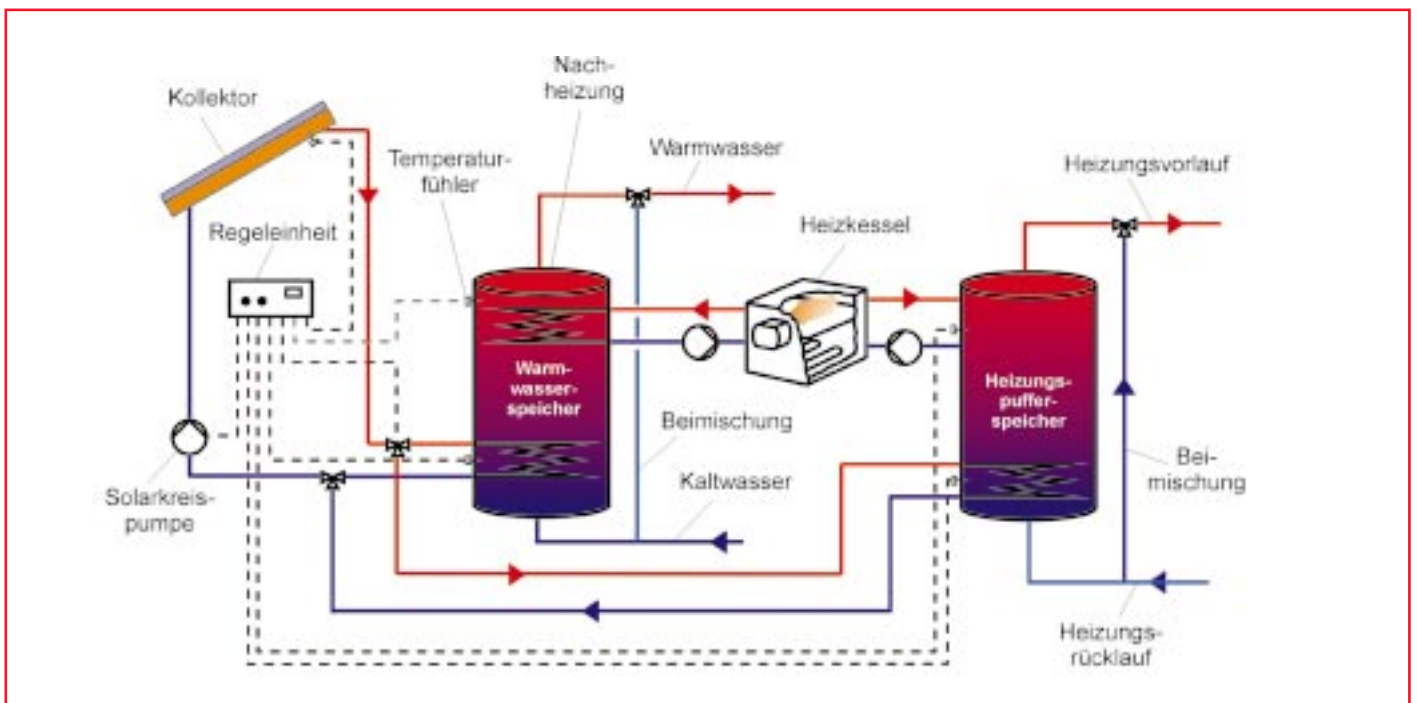


Bild 4 Kombianlage als Zweispeichersystem

chende Einsparungen lassen sich bei den Treibhausgasemissionen erzielen (Bild 2). So ergibt sich bei einem nach WSVO '95 gedämmten Gebäude durch Integration einer Kollektoranlage von 10 m² eine jährliche Primärenergieeinsparung von 3390 kWh/a bei einer gleichzeitigen Reduktion der CO₂-Emissionen von 738 kg/a. Beim Passivhaus läßt sich bei einem solaren Deckungsanteil von 60 bis 70 % und einer Wohnfläche von 120 m² trotz des erheblich

reduzierten Energiebedarfs noch eine Primärenergieeinsparung von 2644 kWh/a erzielen. Durch die Integration von 10 m² Kollektorfläche ergibt sich hier eine Einsparung der CO₂-Emission von 576 kg/a. Referenzsystem in Bild 2 ist ein Gas-Brennwertkessel. Als Zahlenwerte für den Primärenergienutzungsgrad sowie des CO₂-Äquivalents der Treibhausgasemissionen durch den Betrieb des Heizsystems wurden die Daten der [GEMIS]-Studie herangezogen. Eine CO₂-Reduktion bei Heizanlagen läßt sich jedoch nicht nur über den Ersatz von fossilen Brennstoffen (Erdgas oder Heizöl) durch regenerative Energieträger wie die Solarenergie erreichen. Auch die Betriebsweise des Wärmeerzeugers mit den Laufzeiten des Brenners und der Zahl der Bren-

insgesamt reduzierten Brennerlaufzeiten eine Reduktion der CO₂-Emissionen erwarten. Kombianlagen stellen ein für Gebäude mit erhöhtem Dämmstandard richtungweisendes Heizwärmeversorgungssystem dar. Auch beim Gebäudebestand lassen sich nach Optimierung der Wärmedämmung durch Integration von Kombianlagen wirtschaftlich Energieeinsparungen erzielen.

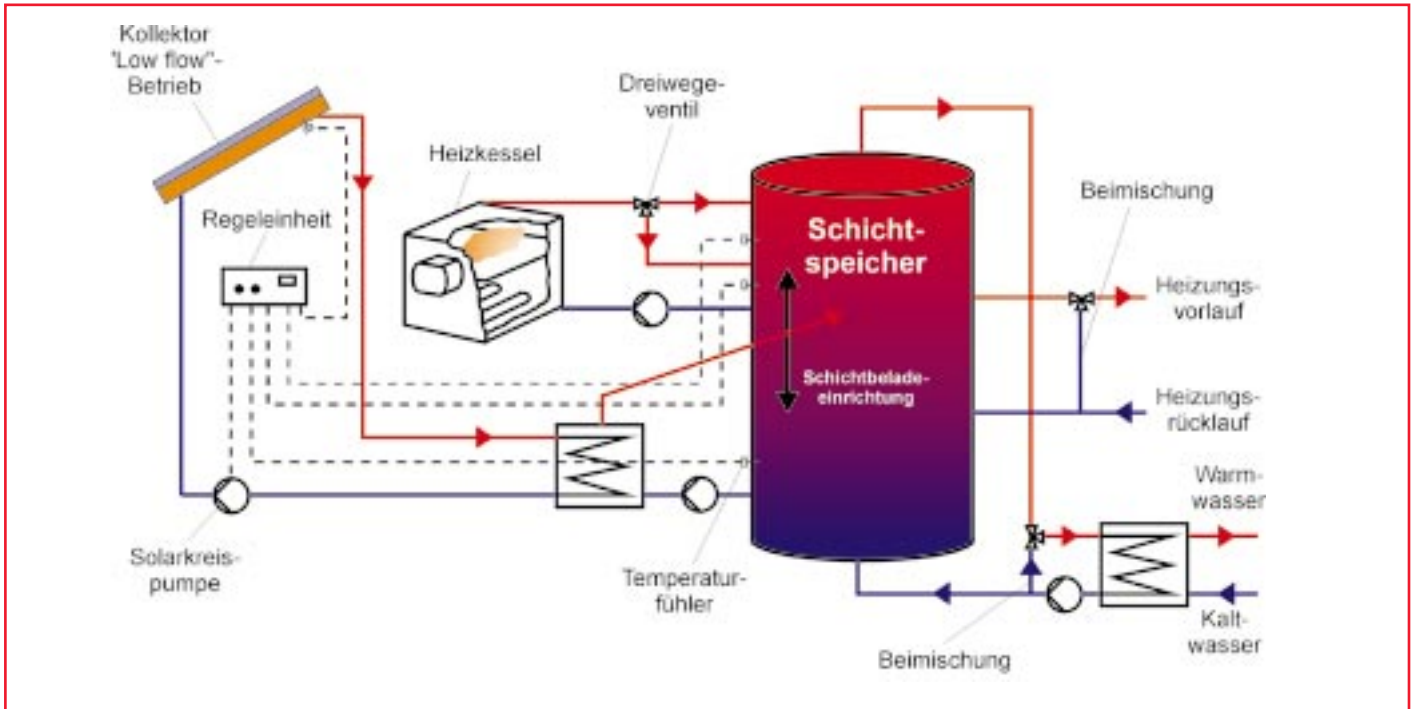


Bild 5 Kombianlage als Einspeichersystem mit Schichtspeicher und Low-Flow-Prinzip

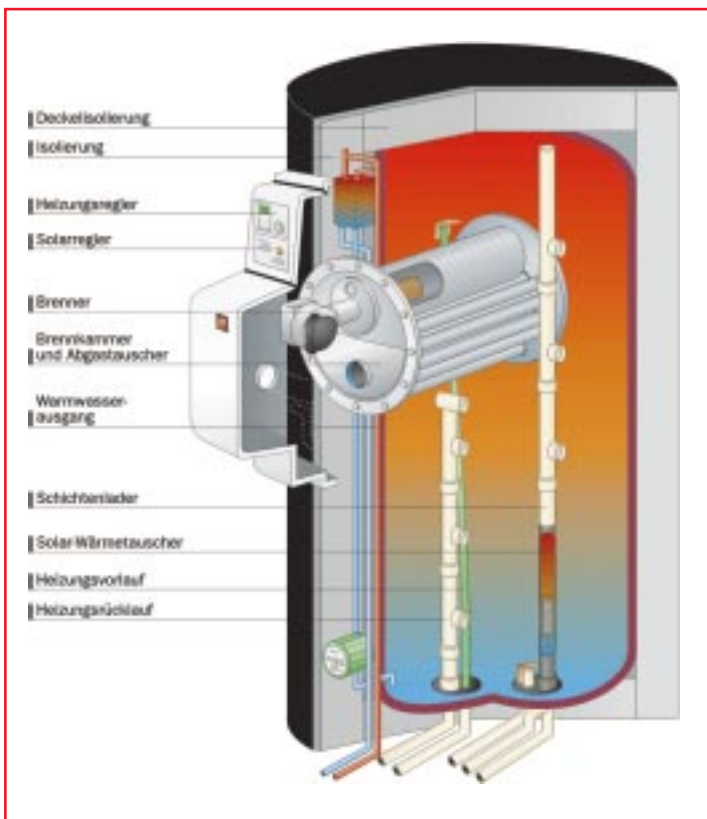


Bild 6 Schnitt der solaren Brennwertzentrale SolvisMax mit Schichtenladerohren und Brennwertkessel

Stand der Technik bei Kombianlagen

Diese Einsparungen können von verschiedenen aufgebauten Kombianlagen erreicht werden. Hierbei kann generell zwischen Ein- und Zweispeicheranlagen unterschieden werden.

Zweispeicheranlage

Bei Zweispeicheranlagen (Bild 4) wird neben dem Brauchwasserspeicher, der etwa das zwei- bis zweieinhalbfache Volumen des täglichen Warmwasserverbrauchs beinhalten sollte, ein Heizungspufferspeicher eingebaut. Das Volumen beider Speicher sollte zusammen etwa 70 bis 100 Liter je Quadratmeter Kollektorfläche betragen. Die Wärmezufuhr durch den Kollektorkreis kann dann, je nach Temperaturen in den Speichern, durch ein Dreiwege-Ventil zwischen Warmwasser- und Heizungspufferspeicher umgeschaltet werden.

Einspeicheranlage

Bei der Einspeicheranlage (Bild 5) dient der Pufferspeicher als zentrale Wärmeeinheit. Diese Ausführungsart der Kombispeicher wird auf dem Markt in verschiedenen Varianten (Tank-in-Tank-Speicher, Speicher mit eingetauchtem oder externem Warmwasser-Wärmetauscher etc.) angeboten. Der Eintrag der Solarenergie in den Speicher erfolgt in der Regel jeweils im unteren Bereich. Bei der hier dargestellten Variante des Pufferspeichers mit Schichtbelade-

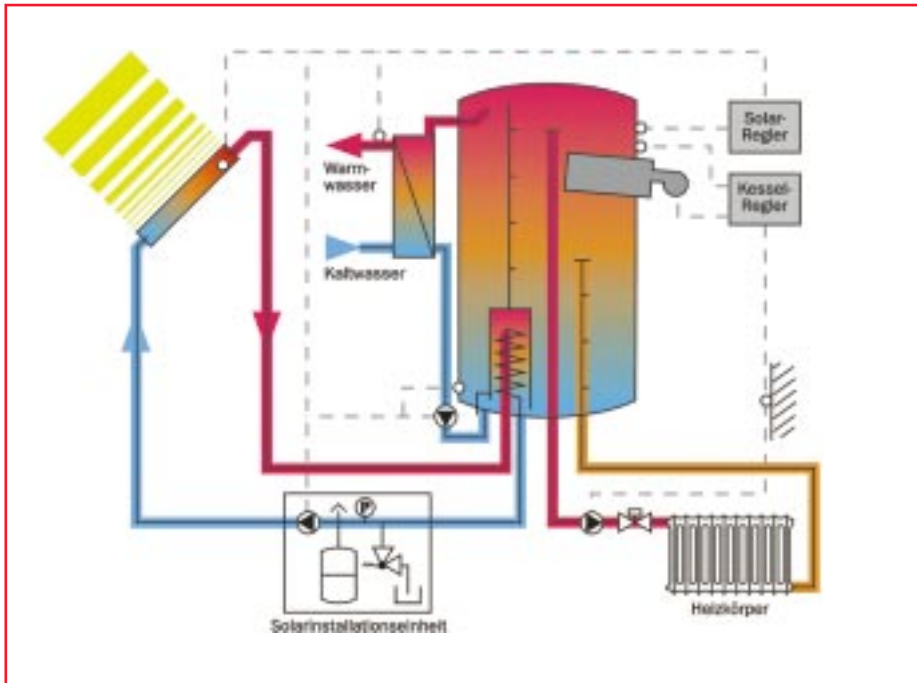


Bild 7 Integration des SolvisMax in das Heizwärmeversorgungssystem des Gebäudes

	Anlage 1	Anlage 2
Gebäude	Vierfamilien-Wohngebäude im NEH-Standard	Einfamilien-Wohngebäude im NEH-Standard
Standort	D-38173 Evessen	D-38329 Wittmar
Norm-Heizlast (DIN 4701)	15 kW	7 kW
Kollektorbauart, -fläche	Flachkollektor, 10 m ²	Flachkollektor, 7,5 m ²
Speichervolumen	750 l	400 l

Tabelle 1 Zusammenstellung der Kenndaten der Anlagen

deinrichtung kann die Wärme auch direkt im oberen Bereich des Speichers oder entsprechend des im Speicher herrschenden Temperaturniveaus über die Höhe eingeschichtet werden. Bei dieser nach dem „Low-Flow“-Prinzip arbeitenden Anlage wird der Wärmeträger im Kollektorkreis in einmaligem Durchlauf bis auf etwa 60 ... 70 °C erwärmt. Der Massenstrom im Kollektorkreis erreicht hierbei im Vergleich zu konventionellen „High-Flow“-Anlagen mit rund 40 kg/(m²h) Werte von etwa 10 bis 15 kg/(m²h). Neben einem höherem Nutzungsgrad ergeben sich hierdurch aufgrund der geringeren Rohrdurchmesser und Pumpleistungen im Kollektorkreis auch Kostenvorteile gegenüber herkömmlichen Anlagen. Der obere Speicherbereich mit dem höchsten Temperaturniveau („Bereitschaftsteil“) wird bei nicht ausreichendem solaren Energieeintrag durch den Heizkessel als Nachheizung auf Solltemperaturni-

veau erwärmt. Durch Wärmezufuhr in verschiedenen Temperaturniveaus kann jeweils die Warmwasserbereitung oder der Heizkreis gespeist werden. Die Warmwasserbereitung erfolgt bei der Anlage im Bild 5 mittels eines externen Plattenwärmetauschers mit Durchflußreglerpumpe, einer sog. „Frischwasserstation“. Der Wärmeübergang ist hierbei so gut, daß die Temperatur des zum Speicher zurückströmenden Wassers nur etwa 5 bis 10 K höher als die des Kaltwassers ist, was sich günstig auf den Kollektorbetrieb auswirkt. Ein weiterer Vorteil von Einspeicheranlagen ist die sehr einfach zu gestaltende Regelung zur Beladung des Kombispeichers. Die Tendenz bei den Kombianlagen geht daher aufgrund dieses reduzierten Regelungsaufwandes und des im Vergleich zu Zweispeicheranlagen erheblich reduzierten apparatetechnischen Aufwands immer mehr in Richtung der Einspeicheranlagen.

Integration des Nachheizsystems

Allgemein ist hier die Entwicklung zur stärkeren Integration der einzelnen Bauteile zu einer Kompakteinheit zu erkennen. Die Bestandteile der verschiedenen hydraulischen

Kreise sowie Sicherheitseinrichtungen (wie Pumpen, Ausdehnungsgefäße, Entlüfter, Schnellmontagerohre für den Solarkreis etc.) werden in Montageeinheiten zusammengefaßt, vorgefertigt und mit dem Speicher angeboten. Alle Maßnahmen zur Systemintegration dienen dazu, die Anlagen schneller montieren zu können und betriebssicherer zu machen. Der nächste Schritt zu einer anlagentechnischen und bauseitigen Vereinfachung sowie energetischen Optimierung der Anlage ist die Integration des Nachheizsystems in den Schichtenspeicher selbst. Die Reduktion des Platzbedarfs sowie des Verrohrungs- und Verkabelungsaufwands trägt mit der Verringerung des Wärmeverlustes und der Vereinfachung der Regelungstechnik (ein Abgleichen der Volumenströme zwischen Heizkreis / Heizungspufferbeladung ist nicht mehr notwendig) zu einer erheblichen Kostenreduktion der Anlage bei.

Die Gas-Brennwertzentrale SolvisMax

Der SolvisMax wurde auf der Basis eines hocheffizienten Schichtenlade-Pufferspeichers, dem Stratos Integral entwickelt. Durch die Integration eines Brennwertkessels in den Schichtenladespeicher werden zwei innovative Entwicklungstrends aus der Solar- und der Heiztechnik in einem Gerät zusammengefaßt. Bild 6 zeigt den Aufbau des Speichers mit den Schichtenladerohren und dem integrierten Brennwertkessel. Der Nennwärmeleistungsbereich des Gerätes liegt innerhalb der Modulationsgrenzen des Brennwertkessels von 5 bis 15 kW. Bevorzugte Einsatzgebiete sind damit vor allem Ein- und Zweifamilienhäuser. Lieferbare Speichergößen sind 400, 500 und 750 l. Der „Low-Flow“-Wärmetauscher befindet sich im unteren Bereich des Speichers und ist von der Schichtenladeeinrichtung umgeben. Hier wird die solare Wärme an das Speicherwasser abgegeben. Das erwärmte Speicherwasser steigt im Laderohr nach oben und schichtet sich entsprechend seiner Temperatur und seiner Dichte selbstregelnd in der Höhe gleicher Temperatur im Speicher ein. Im wesentlichen werden hierbei drei Zonen voneinander unterschieden: der Warmwasser-Pufferbereich oben im Speicher, darunter liegend der Heizungs-Puffer- und unten der Solar-Pufferbereich. Der aus einer Aluminium-Silicium-Legierung gefertigte Kesselkörper des Brennwertkessels

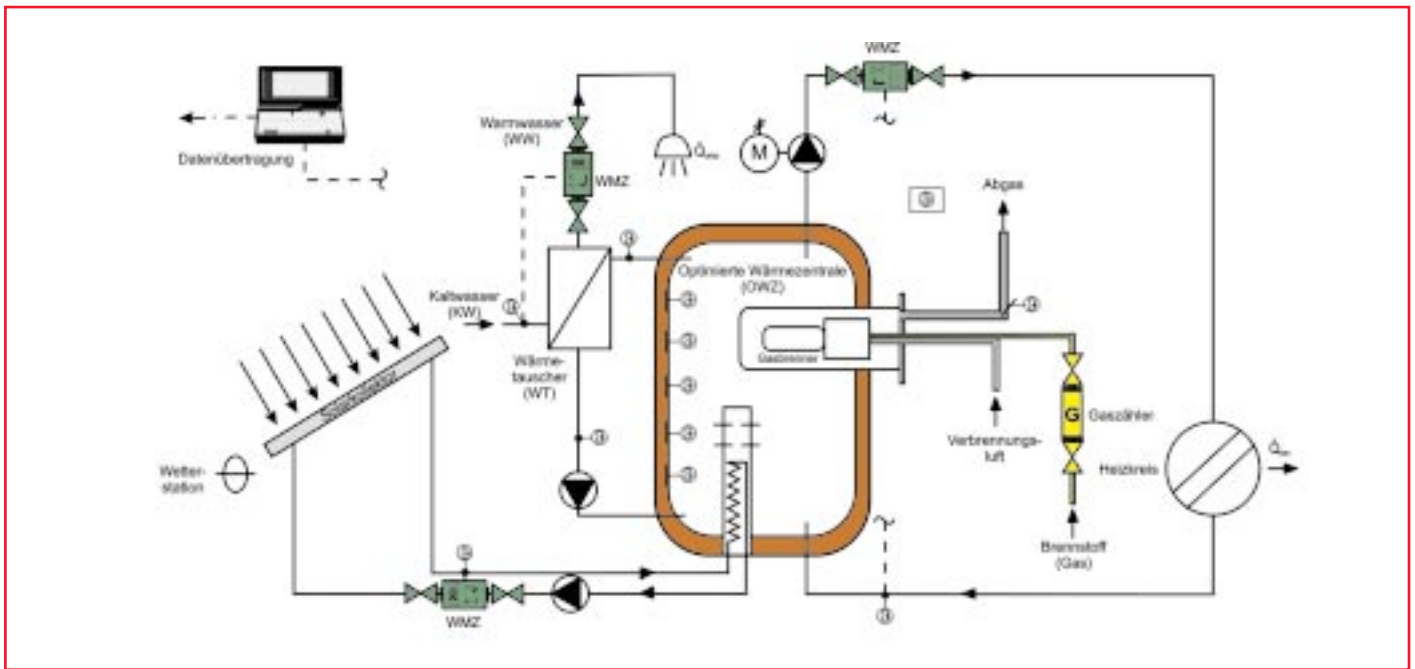


Bild 8 Meßtechnische Ausrüstung der Anlagen

ist direkt in den Speicher integriert und befindet sich im oberen Speicherdrittel unterhalb des Warmwasser-Pufferbereichs. Die Warmwasserbereitung erfolgt über einen externen Platten-Wärmetauscher im Durchflußprinzip. Die Integration des Gerätes in das Heizwärmeversorgungssystem des Gebäudes ist in Bild 7 dargestellt.

Der SolvisMax öffnet durch sein integrales Konstruktionsprinzip neue Wege bei der ganzjährigen Nutzung regenerativer Energiequellen zur Warmwasserbereitung und Raumheizung in einem kompakten, montage- und wartungsfreundlichen System mit einem hohen zu erwartenden Nutzungsgrad. In dem nachfolgend beschriebenen Monitoring-Projekt wird dieser neue Entwicklungstrend bei den Kombianlagen in der Praxis untersucht.

Meßtechnische Begleitung zweier Anlagen in der Praxis

Das die Untersuchung von zwei Anlagen umfassende Monitoring-Projekt wird vom Institut für Gebäude- und Solartechnik (IGS) der TU Braunschweig meßtechnisch begleitet. In dem Versuch soll das Betriebsverhalten der Geräte unter realen Einsatzbedingungen überwacht und die Nutzungsgrade des Systems ermittelt werden. Das Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) der Universität Stuttgart erstellt im Rahmen des Projektes weiterhin ein Trnsys-Simulationsmodell des Gerätes, das durch die aus der Überwachung der Anlagen gewonnenen Meßdaten validiert werden soll. Die aus dem Projekt gewonnenen Ergebnisse sollen der Systemoptimierung und damit der weiteren Reduktion des noch erforderlichen Einsatzes an fossilen Brenn-



Bild 9 Aufbau des Meßsystems in Anlage 1

stoffen sowie der damit verbundenen Emissionen dienen. Die Meßperiode für die beiden, jeweils in Wohngebäuden im Niedrigenergiehaus-Standard (30 % unter WSVO '95) installierten Anlagen, beträgt jeweils ein Jahr. Die Daten für die beiden Anlagen sind der Zusammenstellung in Tabelle 1 zu entnehmen.

Zur Bestimmung des Nutzungsgrades der Anlagen im Betrieb werden die dem Speicher zu- und abgeführten Energiemengen

im Solarkreis, Heizkreis und der Warmwasserbereitung über Wärmemengenzähler (WMZ) meßtechnisch erfaßt (Bild 8). Die Temperaturschichtung im Speicher wird über 5 Meßstellen aufgenommen, für die Nachheizung werden der Gasvolumenstrom und die Abgastemperatur gemessen. Weiterhin wird neben den Wetterdaten (Globalstrahlung und Umgebungstemperatur) auch die Temperatur im Aufstellraum erfaßt. Die Daten werden vor Ort durch ein Meßsystem aufgenommen und per Datenfernübertragung an das Institut weitergeleitet und dort ausgewertet. Die Installation des Meßsystems vor Ort in der Anlage 1 zeigt Bild 9.

Weiterhin wurde im Rahmen des Projektes eine Untersuchung des Einflusses des Brennerbetriebes auf die Speicher-Schichtung im Warmwasser-Pufferbereich durchgeführt. Hierzu wurde der Bereitschaftsteil des Speichers über eine Laufzeit des Brenners von etwa 30 Minuten auf Solltemperatur erwärmt. Die sich hierdurch ergebenden Änderungen in der Temperaturschichtung wurden mit einer Infrarotkamera dokumentiert. Die Ergebnisse aus dieser Untersuchung sowie erste Meßergebnisse werden in Teil 2 dargestellt. □