

Solares Heizen im Praxistest

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.

Die nachfolgend dargestellten Meßwerte wurden in der Anlage 1 (Vierfamilien-Wohngebäude im NEH-Standard, 750 l Speichervolumen) aufgenommen. Beispielhaft sind hier die Daten der Anlage über eine Meßperiode vom 15. bis 21. 8. 98 im Sommerbetrieb dargestellt (Bild 10). Die kontinuierlich hohen Werte der Globalstrahlung sorgen für einen ausreichenden solaren Wärmeeintrag in den Speicher. Die im wesentlichen auf die Warmwasserbereitung reduzierte Wärmelast im Sommer kann somit ohne Einschalten des Brennwertkessels gedeckt werden.

* 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 Str. 1, 38122 Braunschweig, Telefon (05 31) 28 90 40, Fax (05 31) 2 89 04 11

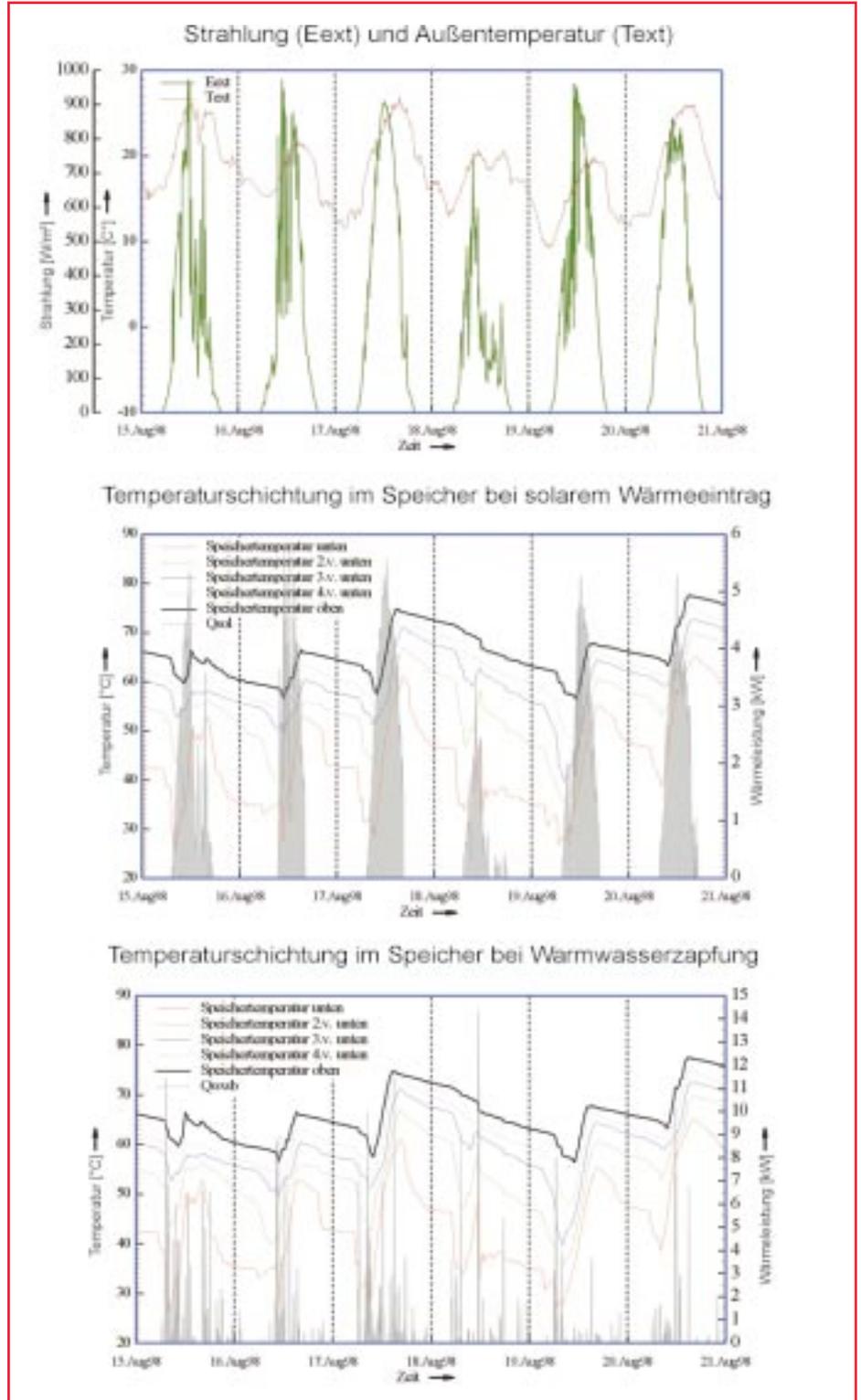


Bild 10 Temperaturschichtung des Speichers in Anlage 1

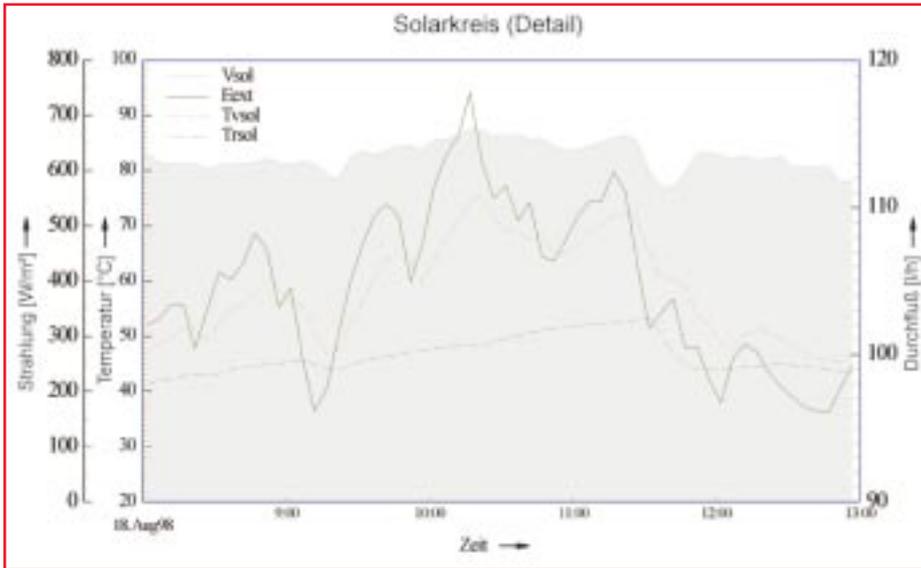


Bild 11 Detailaufnahme der Temperatur- und Volumenstromverläufe im Solarkreis bei wechselnder Einstrahlung

Der solare Wärmeeintrag wird über die Schichtenladeröhre in den Speicher eingelagert.

Erste Monitoring-Ergebnisse

So erkennt man am 17. August deutlich die Einschichtung in den oberen Speicherbereich, so daß der Speicher von oben nach unten beladen wird, während am 18. August die solare Einstrahlung aufgrund ihrer geringeren Stärke in der Speichermitte die Temperaturen anhebt. Die sich im Speicher ausbildende Temperaturschichtung stellt die zur Warmwasserbereitung erforderliche Betriebstemperatur im Bereitschaftsteil zur Verfügung. Die Temperaturschichten im Speicher verlaufen ungestört. Die Warmwasserzapfung führt besonders in der unteren Schicht zu einer Abkühlung des Speicherwassers, ermöglicht so niedrige Kollektorrücklauftemperaturen und somit einen hohen Kollektorwirkungsgrad. Dies verdeutlicht den guten Wärmeübergang in dem Platten-Wärmetauscher zur Warmwasserbereitung. In dem in Bild 11 dargestellten Verlauf des Volumenstroms (Vsol), der Vorlauf- (Tvsol) und der Rücklauftemperatur (Trsol) im Kollektorkreis sowie der jeweiligen Meßwerte für die Globalstrahlung (Eext) ist die Funktionsweise der Solarpumpe gut zu erkennen.

Die strahlungsabhängige Drehzahlregelung der Solarkreispumpe im „Matched-Flow“-Betrieb sorgt für einen der momentanen solaren Einstrahlung angepaßten Volumenstrom im Kollektorkreis. Bei einem starken Absinken der solaren Einstrahlung sinkt der durch die Pumpe geförderte Volumenstrom jedoch nicht in gleichem Maße ab. Hier gilt es einen Mindestvolumenstrom für einen guten Wärmeübergang im Wärmetauscher zu gewährleisten. Abschließend ist in Bild 12 der Temperaturverlauf im Speicher bei der Beheizung über den Brennwärtekessel in der Heizperiode dargestellt. Aufgrund des fehlenden solaren Wärmeeintrags weist der

untere Speicherbereich relativ geringe Temperaturen auf, die ein Einschalten der Nachheizung zur Warmwasserbereitung und Bereitstellung der Wärme zur Raumheizung erfordert. Gut zu erkennen ist die ausschließliche Anhebung der Temperatur im Bereitschaftsteil des Speichers. Die Abgastemperatur (Tbrn) liegt stets im Kondensationsbereich, so daß eine gute Brennwertnutzung gewährleistet ist. Der Einfluß des Brennerbetriebes auf die Speicherschichtung wurde weiterhin in einer thermographischen Untersuchung analysiert.

Ergebnisse aus der Thermographie-Untersuchung

Die Untersuchung zum thermischen Verhalten der Gas-Brennwertzentrale bei Betrieb des Brenners wurde an einem Gerät mit einem Pufferspeichervolumen von 400 l durchgeführt. Der mit einer Infrarotkamera erfaßte Temperaturbereich lag zwischen 20 und 70 °C. Insgesamt wurde also der Verlauf der Temperatur im Warmwasser-Pufferbereich über eine Spreizung von 50 K aufgenommen. Vor Durchführung der Messung war der Speicher im Ruhezustand, die Temperatur des Speicherwassers betrug durchgehend 25 °C. Zur Durchführung der Messungen wurde der kalte Speicher mit maximaler Leistung des Brenners von 15 kW (Warmwasser-Vorrang-Betrieb) über etwa 30 Minuten auf die Solltemperatur von 70 °C aufgeheizt. Der Meßbereich erstreckt sich vom unteren Drittel des Brennerflansches bis zum oberen Rand des zylindrischen Teils des Speichers (siehe Bild 13). Der direkte Einflußbereich des Brenners ist

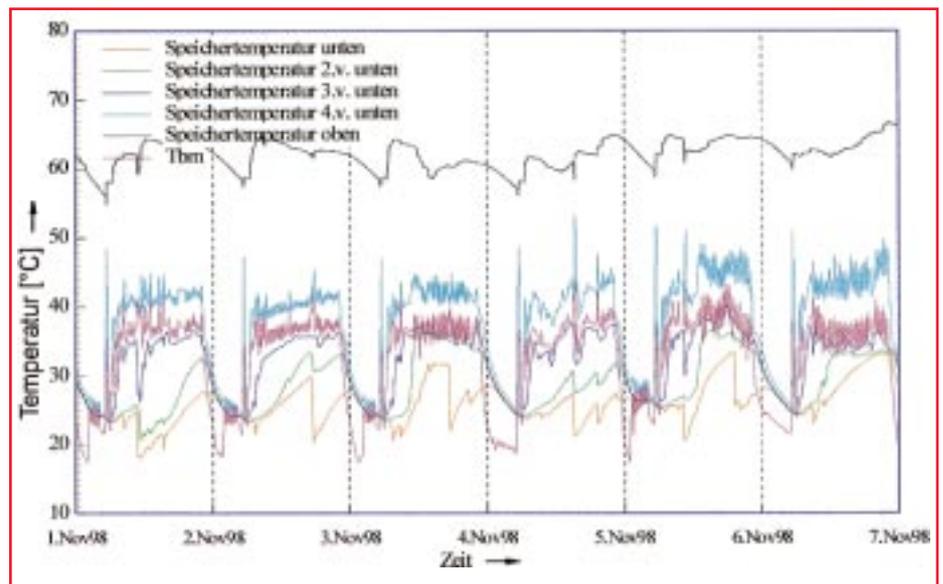


Bild 12 Temperaturschichtung im Speicher bei Brennerbetrieb (Heizperiode)



Bild 13 Messaufbau, Erfassung der Brennkammer und des darüberliegenden Warmwasser-Pufferbereichs

in den Thermographieaufnahmen im Bild 14 deutlich zu erkennen. Die Größe des beeinflussten Bereichs ist relativ eng begrenzt und bleibt über den gesamten Verlauf der Meßperiode konstant. Über die gesamte Aufheizzeit ergeben sich waagerechte Schichten gleicher Temperaturen, die sich deutlich voneinander abgrenzen und ungestört verlaufen. Die durch den Brennerbetrieb eingetragene Wärme steigt in einer in Bild 14 gut erkennbaren Konvektionsschleife zum oberen Speicherrand auf und schichtet sich entsprechend ihrer Temperatur ein. Unterhalb der Brennerzone fällt die Temperatur des Speicherwassers merklich ab, womit sich der Bereitschaftsteil bzw. der Warmwasser-Pufferbereich deutlich vom Solarteil abgrenzt. Durch die Anordnung und die Funktionsweise des Brenners ist damit eine definierte Wärmezufuhr in den Bereitschaftsteil des Speichers gewährleistet. Die durch den Betrieb des Brenners eingetragene Wärme schichtet sich ihrer Temperatur entsprechend in den Warmwasser-Pufferbereich des Speichers ein. Hiermit ist eine definierte Aufheizung des Bereitschaftsteils auf die Solltemperatur von 70 °C möglich. Der Betrieb des Brenners unterstützt damit die Funktionsweise des als Schichtladespeichers konzipierten Pufferspeichers. Der Restwärmebedarf wird bei fehlendem Solarenergieeintrag für einen definierten Teil des Speichervolumens durch den integrierten Brennwärtekessel gedeckt.

Statistische Auswertung im März 1999

Insgesamt wurden 1997 in Zusammenarbeit mit den Heizungsinstallateuren vor Ort 44 Feldversuchsanlagen aufgebaut und überwacht. Da sie sich in der Praxis bewährt haben, sind zum Serienbeginn im wesentlichen nur montage-technische Veränderungen vorgenommen worden. Bislang sind nur wenig Betriebsdaten solcher Kombinationen bekannt. Daher bot es sich an, den durch die Feldanlagenüberwachung vorhandenen Da-

tenstamm zu nutzen und die Feldanlagen bezüglich ihres Betriebsverhaltens weiterhin auszuwerten. Denn in der Kesselregelung werden die Betriebsstunden, die Zündzahl und Brennerlaufzeit sowie aufgetretene Fehler automatisch aufgezeichnet. Mittels einer speziellen Software können diese Daten ausgelesen werden. Ein Teil der Anlagen ist in Musterhäusern installiert worden oder wird zu Schulungszwecken benutzt. Diese werden in der folgenden statistischen Untersuchung nicht berücksichtigt. Neben dem allgemeinen Betriebsverhalten sind vor allem folgende Kenngrößen einer Heizungsanlage von Bedeutung und daher näher untersucht worden:

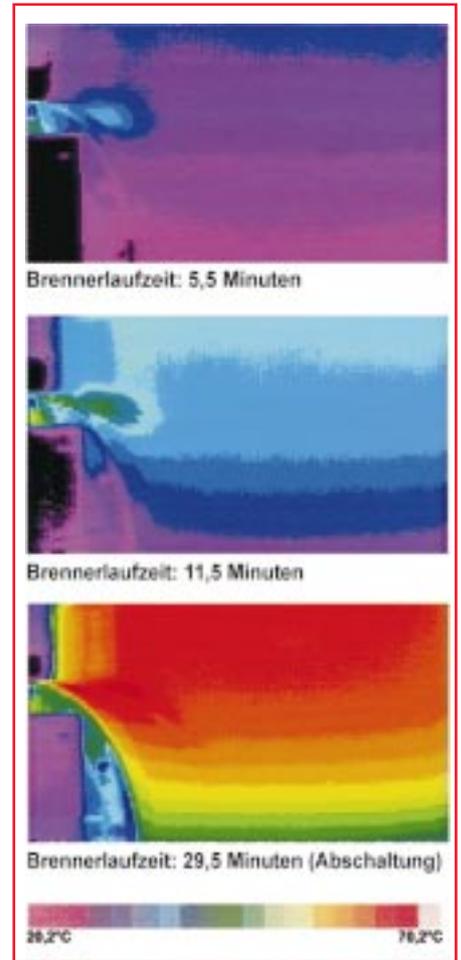


Bild 14 Verlauf der Temperaturschichtung über die Brennerlaufzeit

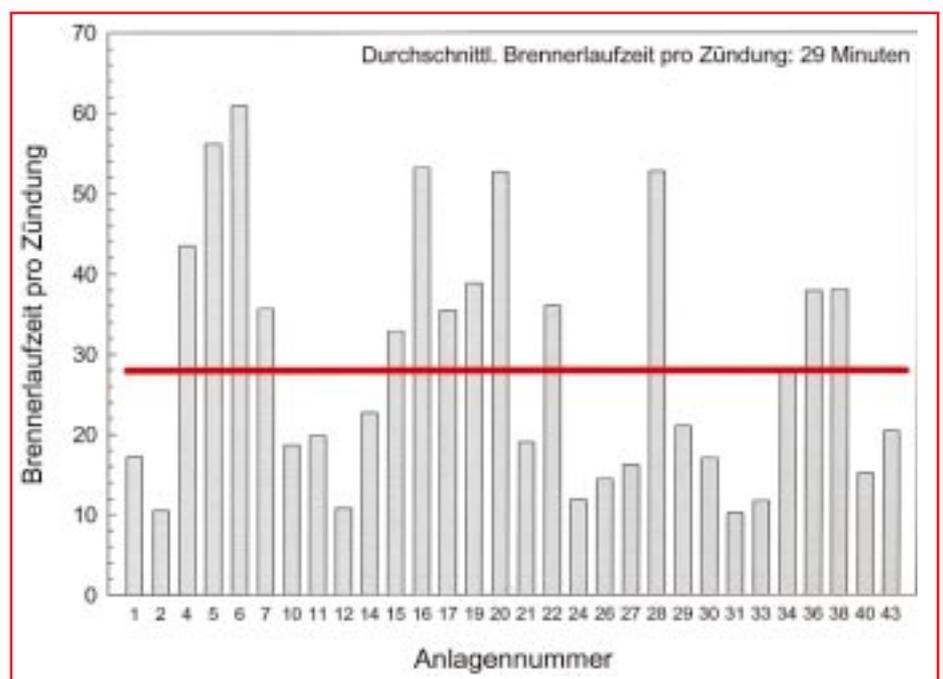


Bild 15 Brennerlaufzeit pro Zündung

Durchschnittliche Brennerlaufzeit pro Zündung:

Jedes An- und Abschalten des Brenners an sich verbraucht Energie (Vor- und Nachspülen, Zündenergie) und erzeugt höhere Emissionen als im eigentlichen Betrieb (siehe Bild 3). Ziel ist somit, ein unnötiges Takten zu verhindern, also möglichst genau die Leistung brennerseitig zu liefern, die als Heizlast vom Haus auch gerade benötigt wird. Dazu ist zuerst ein großer Modulationsbereich von Vorteil.

Aber gerade in der Übergangszeit ist die Heizlast oft kleiner als die kleinste vom Gerät fahrbare Leistung. Dann beginnt das Gerät zu takten, da es ganz schnell auch bei kleinster Leistung die Vorlauf-Solltemperatur überschreitet und ausschaltet. Kurze Zeit später ist die Brennkammer ausgekühlt und die Vorlauf-Solltemperatur wird unterschritten, das Gerät muß wieder zünden. So kann ein Brennwertgerät mit wenig Masse und ohne Puffervolumen unter Umständen jede Minute ein- und wieder ausschalten.

Durch einen zusätzlichen Heizungspuffer kann die vom Kessel zuviel abgegebene Energie zwischengespeichert werden und somit die Laufzeit pro Zündung deutlich verlängert werden. Wenn man bedenkt, daß 90 % der Jahresheizarbeit bei Außentemperaturen oberhalb von -5°C verrichtet werden und 70 % oberhalb einer Außentemperatur von 0°C , so überwiegt dieser Teillastbereich deutlich und hat einen wesentlichen Einfluß auf die durchschnittliche Brennerlaufzeit pro Zündung. Bei den meßtechnisch erfaßten Anlagen liegt die durchschnittliche Brennerlaufzeit pro Zündung bei 29 Minuten, bei einigen Anlagen werden sogar Laufzeiten von 60 Minuten pro Zündung erreicht.

Durchschnittliche Zündzahl pro Jahr

Das bereits beschriebene Verhalten wirkt sich auch auf die durchschnittliche Zündzahl pro Jahr aus. Bei konventionellen Anlagen können dabei über 25 000 bis zu 37 000 Brennerstarts pro Jahr erreicht werden (Quelle: Buderus). Bei den untersuchten SolvisMax-Anlagen betrug die durchschnittliche Zündzahl pro Jahr 4453 Zündungen, ein Teil der Anlagen lag sogar bei nur 2000 Zündungen (Bild 16).

Durchschnittliche Brennerlaufzeit pro Jahr:

Die Brennerlaufzeit pro Jahr hängt im wesentlichen von dem Wärmebedarf des Gebäudes, der Größe der Solaranlage und dem Modulationsverhalten des Kessels ab. Je geringer der Wärmebedarf, je größer die installierte Kollektorfläche, desto weniger konventionelle Energie wird benötigt und desto weniger läuft der Brenner. Ein großer

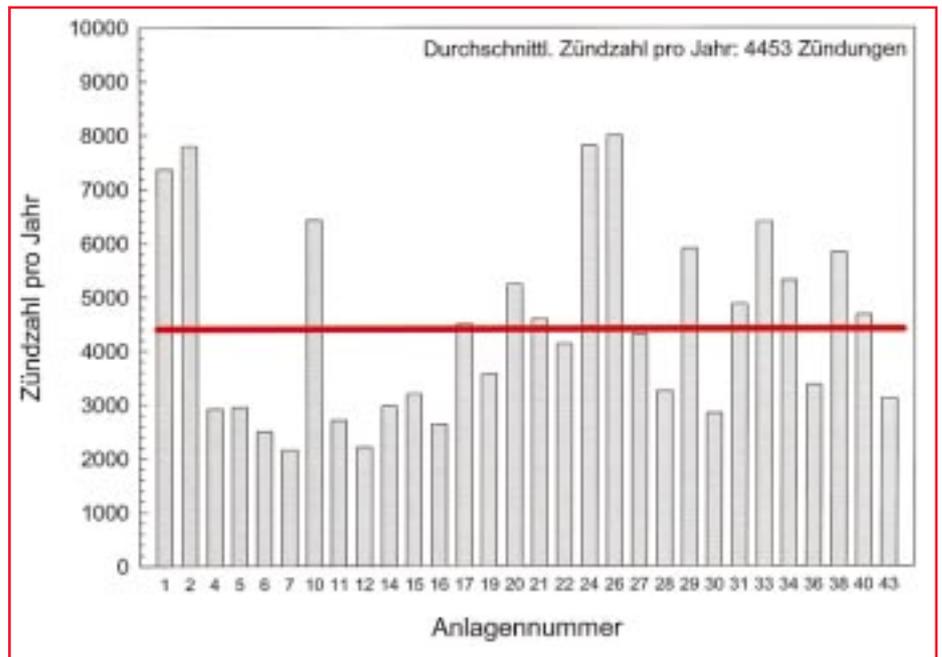


Bild 16 Zündzahl pro Jahr

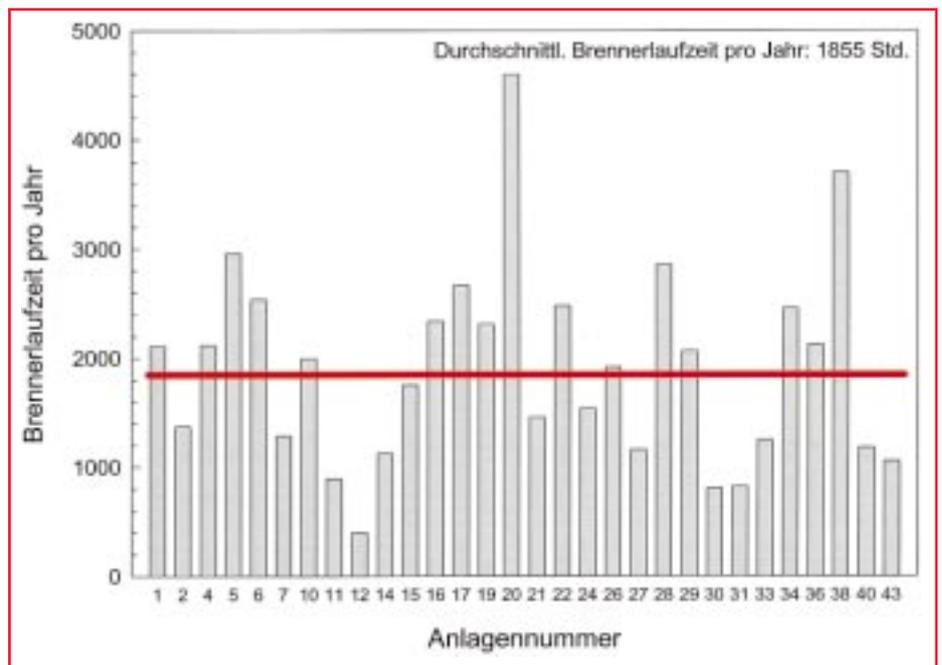


Bild 17 Brennerlaufzeit pro Jahr

Modulationsbereich und ein Puffervolumen wirken sich hingegen positiv auf die durchschnittliche Brennerlaufzeit pro Zündung aus, verlängern aber auch die Brennerlaufzeit pro Jahr, da das Gerät längere Zeit mit kleinerer Leistung läuft (Bild 17). Die untersuchten Anlagen haben eine Brenner-

laufzeit von nur knapp 400 Stunden bis hin zu 4600 Stunden pro Jahr. Der Durchschnitt liegt bei 1818 Stunden. Da die Anlagen nicht nur in Neubauten, sondern auch im Sanierungsbereich eingesetzt worden sind, liegen einige Anlagen auch deutlich über dem mittleren Wert.

Weitere Testanlagen sind im Werk der Solvis Solarsysteme GmbH in Braunschweig aufgebaut. Hier hat ein Brenner im Dauertest ohne nennenswerte Verschleißerscheinungen oder Wartungsarbeiten 13 571 Be-

triebsstunden erreicht. Dies entspricht einer Lebensdauer im normalen Alltag von über 7 Jahren (bei 1855 Betriebsstunden pro Jahr).

Der SolvisMax hat im ersten Teil des Projektes in beiden Anlagen durch störungsfreien Betrieb und Deckung der Wärmelasten über eine klar ausgeprägte Speicherschichtung überzeugt. Der Betrieb des in den Speicher integrierten Brennkessels führt zu einer Erwärmung eines definierten Anteils des Speichervolumens im oberen Warmwasser-Pufferbereich. Er fügt sich damit harmonisch in das Schichtspeicher-Funktionsprinzip des Speichers ein. Die meßtechnische Begleitung wird für beide Anlagen jeweils über eine Laufzeit von einem Jahr durchgeführt. Am Ende der Meßperiode sollen für beide Anlagen die entsprechenden Kennwerte für den ganzjährigen Betrieb ermittelt werden. Aufgrund der Einsparung von fossilen Brennstoffen durch effiziente Nutzung der Solarenergie sowie der Reduktion der CO₂-Emissionen gegenüber herkömmlichen Heizkesseln durch reduzierte Brennerstarts und Brennerlaufzeiten stellt die solare Brennwertzentrale damit ein effizientes und praxistaugliches Heizwärmeversorgungssystem dar. Das Gerät ist derzeit in über 800 Anlagen in Betrieb.

Literatur

[Buderus] Buderus Heiztechnik GmbH, Wetzlar, Buderus Heiztechnik Information 2/94

[Carrera] Carrera, Maider Usabiaga, Ermittlung der Nutzungsgrade einer solarunterstützten Kompakt-Heizzentrale unter realen Einsatzbedingungen, Diplomarbeit am Institut für Gebäude- und Solartechnik, TU Braunschweig, 12/98

[GEMIS] Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Familie und Gesundheit (Hrsg.), Gesamt-Emissions-Modell integrierter Systeme (GEMIS), Version 3.0, Öko-Institut, Darmstadt, Freiburg, Berlin 1997

