

Wie gut ist die Schichtung?

Neuer Kombispeicher

Die solare Heizungsunterstützung ist stark im Kommen. Zentrale Elemente hierfür sind Kombispeicher, die die Pufferfunktion für die Heizungsanlage mit der Warmwasserbereitung in einer Komponente vereinen. Die am Markt angebotenen Konzepte unterscheiden sich vor allem in Ihrer Fähigkeit, das Pufferwasser geschichtet zu erwärmen und abzukühlen.

Während noch vor wenigen Jahren die Aussage allgemein verbreitet war, daß die Wohnraum-Heizungsunterstützung über aktive Solartechnik in der Regel keinen Sinn mache, haben sich die Meinungen und auch die Fakten hierzu deutlich verändert. Insbesondere die Wünsche der Verbraucher haben diesen Trend bestimmt, aber auch die zunehmende Verbesserung des Dämmstandards von Häusern. Je tiefer der Heizenergieverbrauch und das Temperaturniveau der Heizung sind, desto größer kann der sinnvoll über eine Solaranlage gedeckte Anteil sein.

Mit der Entwicklung der solaren Heizungsunterstützung geht die zunehmende Verbreitung von Kombispeichern einher. Diese Speicher reduzieren den hydraulischen und regelungstechnischen Verschaltungsaufwand gegenüber der Zwei-Speicher-Lösung und sind mit weniger Platzaufwand und Kosten verbunden.

Integration der Solartechnik in die Heizungsanlage

Kombispeicher ermöglichen nicht nur eine stärkere Nutzung der Sonnenenergie, sie verbessern auch den Wirkungsgrad der angeschlossenen Heizkessel: Aufgrund der Pufferwirkung werden auch im Teillastbereich, wenn die Kesselleistung über dem Heizwärmebedarf liegt, lange Brennerlauf- und -stillstandszeiten erreicht. Das mit hohem Schadstoffausstoß und schlechter Brennstoffnutzung verbundene „Kesseltakten“ wird vermieden.

Dies ist auch bei modulierenden Gaskesseln von Interesse, da auch diese während eines großen Teils ihrer Laufzeit im nicht-modulierenden Teillastbereich (weniger als 20 bis 40 % der Nennwärmeleistung) betrieben werden.

Wenn nun der Kombispeicher von vornherein zur Heizzentrale gehört, sind die effektiven Zusatzkosten für die Solaranlage deutlich reduziert.

Bei geeigneter hydraulischer Verschaltung sorgt die eingespeicherte Sonnenenergie ganz automatisch dafür, daß der Heizkessel weniger oder – bei günstigen Wetterbedingungen – gar nicht mehr anspringt.

Schichtung bei Warmwasserentnahme

Trotz ihrer Beliebtheit wurden Kombispeicher bisher nur wenig auf ihre Effizienz und Auswirkung auf den Betrieb einer Solaranlage untersucht [1]. Die am Markt angebotenen Speichertypen unterscheiden sich vor allem in ihrem Schichtungsverhalten bei Warmwasserentnahme.

Bei einem Speicher ohne Schichtentechnik wird der Speicher von oben bis unten mehr oder weniger gleichmäßig abgekühlt. Insbesondere im unteren Bereich, in dem der Solarwärmetauscher sitzt, liegen immer deutlich höhere Temperaturen vor als bei einem Brauchwasserspeicher. Die Reduzierung des solaren Deckungsgrads einer Solaranlage zur Brauchwasserbereitung sind nach abschätzenden Simulationsrechnungen beträchtlich.

Auch für Brennwertgeräte sind hohe Rücklauftemperaturen ungünstig, weil dadurch das Rauchgas nicht bis zur Kondensation abgekühlt werden kann.

Die nutzbare Wärmekapazität eines ungeschichtet entladenen Speichers wird bei 60 °C Speichertemperatur und 45 °C Warmwassertemperatur auf ungefähr ein Fünftel (!) eines gleich großen Brauchwasserspeichers reduziert (Kaltwasser: 10 °C, Temperaturunterschied zwischen Speicher und Warmwasser: 5 K).

Im wesentlichen werden derzeit vier verschiedene Kombikonzepete angeboten. In Abb. 1 ist der Temperaturverlauf (T) über die Speicherhöhe (h) bei Warmwasserbereitung qualitativ für die vier Speichertypen dargestellt.

• Wärmetauscherwendel als Durchlauf-erhitzer im oberen Speicherbereich:

Das Brauchwasser durchströmt eine Rohrwendel und kühlt dabei das gesamte unterhalb des Wärmetauschers liegende Speicherwasser gleichmäßig ab. Das Speicherwasser am Boden kann dadurch niemals tiefer als die Warmwassertemperatur abgekühlt werden (außer durch Wärmeverluste oder eine Niedertemperaturheizung während der Heizperiode). Um die Wärmekapazität zu erhöhen, muß der Speicher auf hohe Temperaturen aufgeladen werden, was wiederum ungünstig für Solaranlagen und Brennwertgeräte ist. Der Vorteil dieser Speicher besteht in der Brauchwasserhygiene: In der ständig durchspülten Wärmetauscherwendel können sich nur schwerlich Keime festsetzen und vermehren.

• **Tank in Tank-Speicher:** Innerhalb des Pufferspeichers befindet sich ein zweiter Tank (meist aus Edelstahl) für das Brauchwasser. Bei manchen Speichern ist dieser Innentank auch als großvolumige Wärmetauscherspirale ausgebildet, die sich von unten bis oben durch den Puffer zieht. Der Inhalt des Innentanks ist größer als der der Wärmetauscherwendel in der obigen Anordnung. Wenn nicht mehr Wasser auf einmal entnommen wird als Warmwasser innerhalb des heißen Speicherbereichs bevorratet ist, so kann dieses Wasser ohne Temperaturabfall für die Wärmeübertragung gezapft werden. Damit das System auch bei Teilbeladung funktioniert, muß die Wärmeübertragungsfläche des Innentanks im oberen Bereich so groß sein, daß sie alleine die Erwärmung des Brauchwassers im Durchlauf ermöglicht. Daher wird bei Warmwasserentnahme auch immer der obere Speicherbereich abgekühlt. Wichtig bei diesen Speichern ist, daß der Innentank bis an den Boden des Pufferbehälters geführt wird. Dadurch erreicht man eine bessere Abkühlung des unteren Speicherbereichs als bei der vorherigen Lösung.

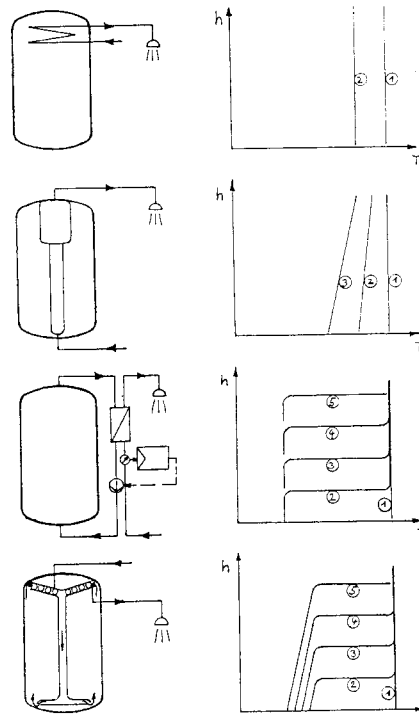


Abb. 1: Entladekurven verschiedener Kombispeicher zu verschiedenen Zeitpunkten

- Pufferspeicher mit externer Wärmeübergabestation:** Bei extern an Pufferspeichern angebrachten Warmwassererwärmern wird das Speichermedium mittels einer Pumpe durch den Wärmetauscher gefördert. Die Pumpe ist entweder unregelt und wird über einen im Brauchwasserkreis eingebauten Strömungswächter in Betrieb gesetzt. Andere Ausführungen regeln die Pumpe getaktet oder kontinuierlich nach der Temperatur des Brauchwassers am Wärmetauscheraustritt. Bei den aufwendigsten Anordnungen sitzt ein Strömungssensor im Brauchwasserkreis. Die Speicherwasserpumpe wird so geregelt, daß sich in der Wärmeübergabestation speicherseitig der gleiche Durchfluß wie brauchwasserseitig einstellt. Diese Art der Entladung ist thermodynamisch effizient: Das Speicherwasser wird bei geregelten Pumpen sehr gut abgekühlt unten eingeschichtet. Allerdings sind die Systeme mit relativ großem Aufwand und auch einer erhöhten Störanfälligkeit verbunden. Problematisch in der Praxis ist oft das Regelverhalten: Wird die Pumpe nicht exakt geregelt, kann es speziell zu Beginn einer Entnahme zu schwankenden Warmwassertemperaturen (und damit zu Komforteinbußen) kommen.
- Pufferspeicher mit Thermosiphon-Wärmetauschern:** In Kunststoff-Leitstrukturen eingebaute Wärmetauscher sorgen durch selbstregende physikalische Wirkprinzipien für eine geschichtete Entladung. Die Wärmetauscher verbinden den einfachen Aufbau und die gute Durchströmung einer Rohrwendel mit einer Schichtenentladung ähnlich der einer externen Übergabestation. Speicher mit solchen thermosiphonischen Entladevorrichtungen werden mittlerweile von vier deutschen Solarfirmen (*ELCO Klöckner, Paradigma, Wagner & Co., CONSOLAR*) angeboten. Dabei wird in drei Fällen die weiter unten beschriebene CONSOLAR-Leittechnik eingesetzt.

Geschichtete Einspeisung der Solarwärme

Ähnlich wie die Entladung hat auch die Art der Beladung des Kombispeichers Einfluß auf den Nutzungsgrad einer Solaranlage. Eine geschichtete Beladung macht in Verbindung mit einem reduzierten Durchfluß des Solarkreises (low-flow) Sinn, damit bei guten Wetterverhältnissen im Kollektor sofort nutzbare Temperaturen erreicht werden. Die Vorteile sind bekannt: bessere Verfügbarkeit, kleinere Rohrquerschnitte mit geringeren Wärmeverlusten und Kosten, höhere solare Deckungsrate.

Bei einer ungünstigen Übertragung der Solarwärme in das Speicherwasser können jedoch alle Vorteile wieder zunichte gemacht werden. Wichtig ist auch hier ein möglichst guter Wärmeaustausch im Gegenstrom. Dies bedeutet: Der Wärmeträger des Solarkreises erwärmt das Speicherwasser auf eine Temperatur, die nur wenig unter seiner Temperatur liegt und kühlt dabei selbst möglichst weit ab. Liegt keine gute Gegenstromwärmeübertragung vor, so sind hohe mittlere Kollektortemperaturen mit schlechtem Wirkungsgrad nötig, um das Speicherwasser auf Nutztemperatur zu erwärmen.

Der dritte Kreislauf, dem bei einem Kombispeicher Beachtung geschenkt werden muß, ist der Kessel- und Heizkreis, der direkt an den Pufferbehälter angeschlossen ist. Aufgrund der hohen Massenströme kann die Speicherschichtung innerhalb kurzer Zeit abgebaut werden. Wichtig sind:

- Leitvorrichtungen für die in den Puffer geleiteten Ströme,
- temperaturorientierte Einspeisung der Kreise in die entsprechenden Speicherebenen, gegebenenfalls externe Umschaltung auf den „richtigen“ Anschluß.

Neuentwicklung: die SOLUS-Baureihe

Seit Frühjahr diesen Jahres wird am Kombispeichermarkt eine Neuentwicklung angeboten (vergl. SE 2/97). Bei den SOLUS-Pufferspeichern wurde versucht, den genannten Aspekten gerecht zu wer-

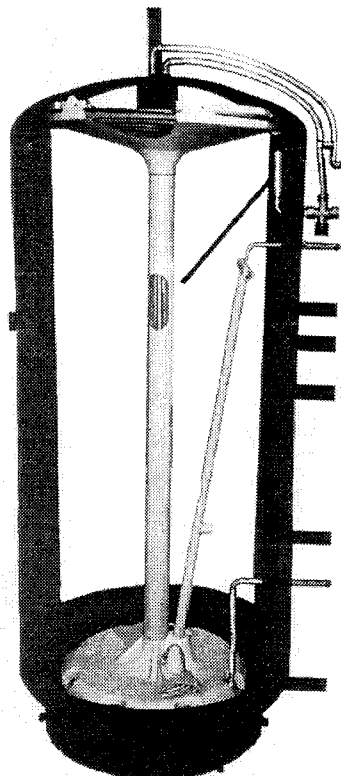


Abb. 2: Aufbau des SOLUS-Kombispeicher
Fotos: CONSOLAR

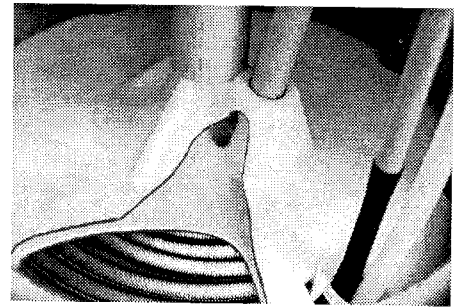


Abb. 3: Aufgeschnittenes Kunststoffgehäuse des von CONSOLAR hergestellten Solarwärmetauschers

den, ohne den finanziellen und montage-technischen Aufwand hochzutreiben. Die Speicher bauen auf dem mit Unterstützung der *Deutschen Bundesstiftung Umwelt* entwickelten Kunststoff-Solar-speicher CONUS 500 auf /2/.

Die SOLUS-Speicher haben Behälter aus Stahl, die einen Überdruck von 6 bar zulassen (Abb. 2). Sie gehen aus einer Entwicklungszusammenarbeit der Firmen *Ritter Energie- und Umwelttechnik* und *CONSOLAR* hervor. Wie beim CONUS 500 befindet sich auch bei der SOLUS-Baureihe der Solarwärmetauscher, eine in einem Kunststoffgehäuse eingebaute Rippenrohrspirale (Abb. 3), am Boden des Speichers.

Ein Aufströmrohr, das mit dem Kunststoffgehäuse dicht verbunden ist, führt schräg nach oben bis an die Untergrenze des Bereitschaftsteils des Speichers, in dem immer eine Mindesttemperatur für die Warmwasserbereitung vorliegt. Innerhalb dieses Aufströmrohres verläuft ein Kupferrohr, das den heißen Solarkreis in den zentralen Anschluß der Rippenrohrspirale leitet. Hierdurch wird das Speicherwasser in der Umgebung des Kupferrohres sowie der Spirale erwärmt und strömt nach oben.

Gleichzeitig wird das kälteste Pufferwasser am Boden des Speichers außen in das Kunststoffgehäuse eingesogen und umströmt im Kreuzgegenstrom zum Solarkreis das Rippenrohr. Durch den Kamineffekt ergeben sich wesentlich bessere Wärmeübertragungswerte als bei einem frei umströmten Rippenrohrtauscher. Am oberen Ende des Aufströmrohres strömt das erwärmte Speicherwasser durch ein T-Stück seitlich aus und steigt je nach Temperatur entweder in den Bereitschaftsteil auf oder sinkt bis

Proceedings der EuroSun'96-Tagung

4 Tagungsbände für 150,- DM
1 CD-Rom für 75,- DM

DGS-Sonnenenergie Verlags-GmbH

Augustenstr. 79 • 80333 München
Tel.: 089/524071 • Fax: 089/521668



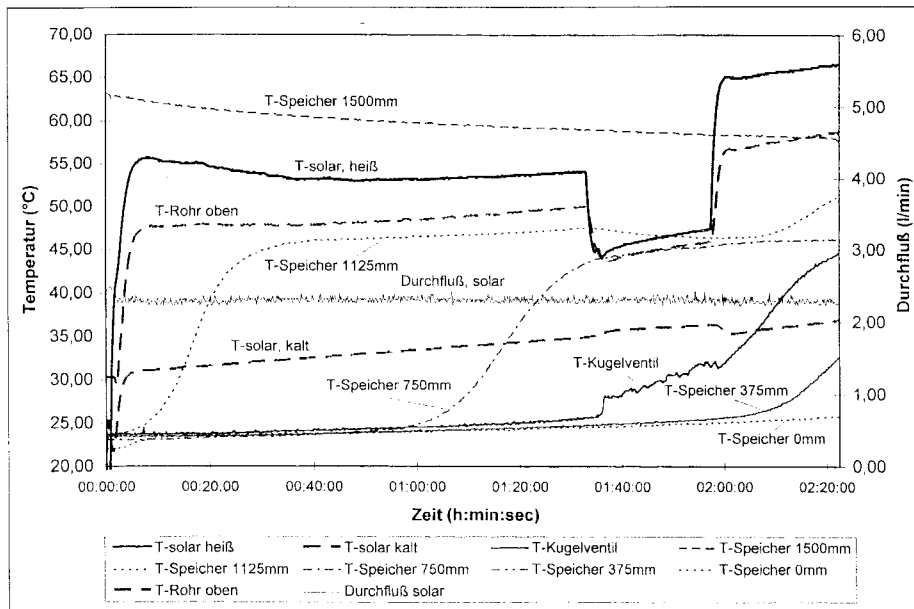


Abb. 4: Solarbelastung des SOLUS 550 mit unterschiedlichen Leistungen (Solarkreis: Wasser)

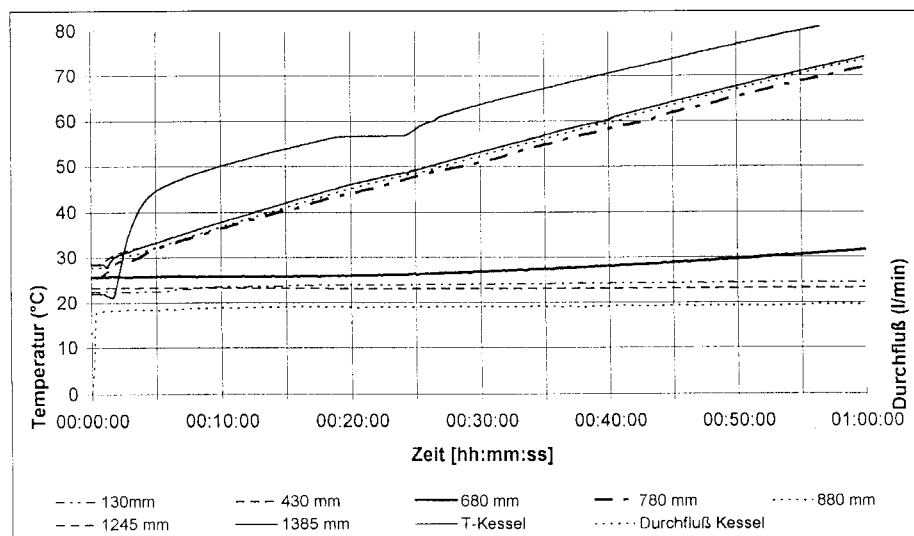


Abb. 5: Speicherbeladung, Kesselvorlauf 2: ein, Kesselvorlauf 1: aus (Messung von Ritter)

auf die seiner Temperatur entsprechende Höhe ab.

Falls bei mäßigen Wetterbedingungen das Speicherwasser nur soweit erwärmt wird, daß die Auftriebskräfte für ein Aufsteigen bis in den oberen Speicherbereich nicht ausreichen, so wird durch die Dichteunterschiede ein ungefähr auf halber Höhe des Aufströmrohres angebrachtes Kugelventil aufgedrückt und das Wasser strömt zur Vorwärmung in den unteren Speicherbereich.

Durchfluß	l/min	4,0
T-solar, heiß	°C	52,5
T-solar, kalt	°C	33,0
T-Rohr oben	°C	48,0
T-Speicher 0 mm	°C	24,0
Leistung	kW	5,4
k×A	W/K	815

Tab. 1: Meßdaten des leistungsoptimierten Solarwärmetauschers für SOLUS 800

Abb. 4 zeigt eine Beladekurve. Zu Beginn der Messung ist der Speicher im oberen Bereich bereits heiß (T-Speicher 1500 mm = 63 °C). Die vom Kollektor kommende Wärmetauschereintrittstemperatur liegt unter dieser Temperatur. Durch den Solarkreis wird das Speicherwasser im Wärmetauscher erwärmt und tritt mit einer Temperatur, die nur 4 bis 7 K unter der Solar-Vorlaufstemperatur liegt, aus dem Aufströmrohr oben aus. Der Austritt befindet sich ca. 5 cm oberhalb des Schichtenfühlers T-Speicher 1125 mm. Hierdurch wird der Bereich unterhalb des Aufströmrohraustritts geschichtet beladen (Ansteigen der Temperaturen T-Speicher 1125 mm und T-Speicher 750 mm). Der Solarkreis wird um ca. 20 K abgekühlt; die Rücklaufstemperatur liegt weit unter der Speichertemperatur oben.

Nach eineinhalb Stunden wird die von den Kollektoren kommende Leistung reduziert, so daß die Kollektorstrom-

temperatur unter der Speichertemperatur in Höhe des Aufströmrohres liegt. Ab diesem Zeitpunkt öffnet das Kugelventil und das vorgewärmte Speicherwasser tritt im unteren Bereich aus (siehe T-Kugelventil).

Anschließend erhöht sich die Solarleistung. Das erwärmte Speicherwasser tritt nun wieder oben zum Aufströmrohr aus und alle Temperaturen unterhalb davon steigen durch die geschichtete Beladung an.

Den SOLUS-Speicher gibt es in den Größen 550 l und 800 l. Für den 800 l-Speicher wurde der Solartauscher des CONUS 500 für eine erhöhte Leistung weiterentwickelt. In Tab. 1 sind gemessene Daten dieses Wärmetauschers dargestellt (Solarkreis: Wasser).

Durchfluß und Leistung der Messung entsprechen einer Kollektorfläche von ca. 10 m². Im Vergleich zu konventionellen Systemen wird der SOLUS 550/800 mit verringerten Durchflußraten im Solarkreis betrieben (25 l/hm²). Ein speziell an die Funktionsweise des Speichers angepaßtes Schichtenlademanagement ermöglicht die Solarregler-Baureihe CONTROL 500 /3/.

Schichtenentladung durch Leittechnik

Der Durchlauferhitzer zur Warmwassererwärmung ist ebenfalls aus einer Kupferrippenrohrspirale aufgebaut, die sich in einem trichterförmigen Kunststoffgehäuse befindet. Das Zentrum des Trichters mündet in das zentrale Abströmrohr. Hierdurch wird das bei der Brauchwassererwärmung abgekühlte Speicherwasser auf den Boden des Behälters geleitet. Eine gleichmäßige Abkühlung des gesamten Speicherinhaltes wird vermieden; die Speicherkapazität vergrößert sich gegenüber einer Anordnung ohne diese Leitstruktur auf das Zwei- bis Dreifache. Heißes Speicherwasser steht bis zur vollständigen Entladung oben am Wärmetauscher zur Verfügung.

Gleichzeitig bewirkt die sich ausbildende starke Thermosiphonströmung einen sehr guten Wärmeübergang im Gegenstrom. Durch eine spezielle Formgebung der Rippen wird eine intensive Umströmung des Rippenrohres erreicht.

Die Leistung des Wärmetauschers des SOLUS 800 wurde gegenüber den früheren Werten des CONUS 500 /4/ um ca. 50 % gesteigert. Bei einer Warmwasserentnahme mit 20 l/min und einem nur im Bereitschaftsteil aufgeheizten SOLUS 800 liegt der Temperaturunterschied zwischen dem gezapften Warmwasser und dem Speicherwasser oben bei nur 12 K. Der Speicher ist somit gut für die Versorgung von Zweifamilienhäusern geeignet.

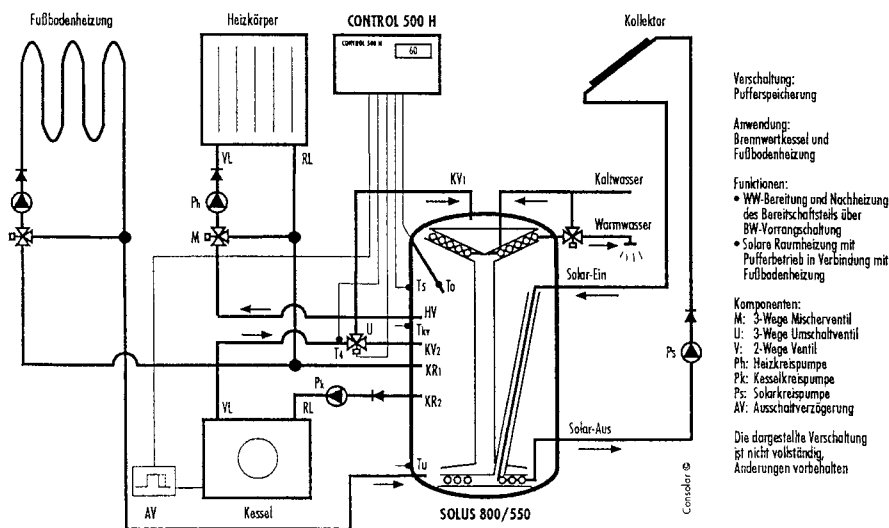


Abb. 6: Verschaltung des SOLUS 550/800 mit Kessel und zwei Heizkreisen

Unterhalb der Dämmung ist an dem Speicher bereits ein Brauchwasser-mischventil fest vormontiert. Hierdurch werden unterschiedliche Wärmetauscher- und Speicheranströmtemperaturen bei unterschiedlichen Zapfraten ausgeglichen.

Kesselanbindung

Der Speicher wird zur Nachheizung und zur Heizungsanbindung direkt mit dem Kessel- bzw. Heizkreis verbunden. Eingespeicherte Solarwärme kann ohne weiteren Wärmeübergang in die Heizung geleitet und tiefe Temperaturen im unteren Speicherbereich können insbesondere für Brennwertkessel voll genutzt werden.

Zur Vermeidung einer Vermischung der Schichtung durch den Kessel- oder Heizkreis sind spezielle Leitbleche auf der Innenseite des Tanks an den Anschlüssen angebracht. Abb. 5 zeigt eine Beladekurve, bei der zur Untersuchung der Leitbleche oben am Speicher Pufferwasser entnommen und aufgeheizt am Kesselvorlauf 2 (zweitoberster seitlicher Anschluß) wieder eingespeist wird.

Man sieht, daß die 10 cm unterhalb der Einspeisestelle aufgezeichnete Temperatur durch den Beladevorgang mit einem Durchsatz von knapp 20 l/min nicht beeinflußt wird.

Alle seitlichen Speicheranschlüsse sind mit nach unten gerichteten Bögen versehen. Durch von unten angeschlossene isolierte Rohrleitungen werden Mikrozirkulationen in den Leitungen vermieden. Der oberste Speicheranschluß dient zur geschichteten Nachladung des Brauchwasser-Bereitschaftsvolumens oder zur Durchladung des Speichers beim Betrieb mit einem Feststoffkessel. Das Kunststoffgehäuse des Brauchwasserwärmetauschers dient hierfür als Prall- und Beruhigungskörper. Um Zirkulationsverluste durch diesen Speicheranschluß zu verhindern, ist er

serienmäßig mit einer Rückschlagklappe ausgestattet. Auch am Solar-Wärmetauscheranschluß für den Kollektorvorlauf ist ein Rückschlagventil vorgesehen.

Verschaltung als Pufferspeicher

Abb. 6 zeigt ein Verschaltungsbeispiel des SOLUS 800/550. Im Heizbetrieb über den Kessel läuft sowohl die Kessel-pumpe Pk als auch die Heizkreispumpe Ph. Überschußwärme, die nicht vom Heizkreis abgenommen wird, bleibt im Speicher. Der Brenner schaltet aus, sobald der Speicher eine bestimmte, von der Heizkurve abhängige Temperatur erreicht hat. Die Pumpe Pk wird mit einer Zeitverzögerung unterbrochen, um dem Kessel die Restwärme zu entziehen. Die Heizkreispumpe Ph fördert Pufferwasser aus dem Speicher in die Heizung.

Zum Nachheizen des Brauchwasser-Bereitschaftsteils schaltet das Umschaltventil auf den oberen Kesselanschluß um, sobald der Kesselvorlauf eine höhere Temperatur hat als der oberste Speicherbereich.

In dem Schema ist ein weiterer Heizkreis (Fußbodenheizung) dargestellt. Aufgrund der tiefen Temperaturen wird die-

ser Kreis unten am Speicher angeschlossen und kann vom Solarkreis vorge-wärmtes Speicherwasser (Austritt am Kugelventil des Aufströmrohres) direkt nutzen.

Durch die fünf seitlichen Speicheran-schlüsse ist eine Vielzahl weiterer Ver-schaltungskombinationen mit guter Aus-nutzung der Temperaturschichtung mög-lich.

Ulrich Leibfried

Literatur

- /1/ Pauschinger, T.: Darf's ein bißchen mehr sein? – Solaranlagen zur kombinierten Brauchwassererwärmung und Raumheizung; Tagungsband OTTI, 7. Symposium thermische Solarenergie, 1997
- /2/ Leibfried, U., Konrad, R., Siegemund, A. und Stork, H.: Schichtenspeicher CONUS 500 – Ein neues Speicherkonzept; Sonnenenergie 6/95, DGS, 1995
- /3/ Siegemund, A., Leibfried, U., Stork, H. und Konrad, R.: Solarspeicher mit Schichtenladeregelung – Simulations- und Feldtestergebnisse; Tagungsband OTTI, 6. Symposium thermische Solarenergie, 1996
- /4/ Leibfried, U., Konrad, R., Siegemund, A., Stork, H.: Serienproduktion eines Solarspeichers aus Kunststoff, Sonnenenergie & Wärmetechnik, Nr. 6/96, Bielefelder Verlagsanstalt, 1996

Über den Autor:

Dr. Ulrich Leibfried ist Geschäftsführer und Mitgründer der Firma CONSOLAR.

Ein Überblick über Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen!



DM 12,-
inkl. Versand

DGS-Sonnenenergie
Verlags-GmbH

Augustenstraße 79
80333 München
Tel.: 089/524071
Fax: 089/521668
Email: DGS-SE@T-Online.de

DGS-Sonnenenergie Verlag-GmbH
Augustenstraße 79
80333 München
Tel.: 089/524071
Fax: 089/521668
e-Mail: DGS-SE@T-Online.de

Bücher
Tagungen
Seminare
Workshops

Solartechnik
Aus- und Weiterbildung
Nachhaltige Energieversorgung