

Ergebnisse eines aktuellen Kombispeicher-Tests

# Das Herz der Solaranlage

Harald Drück,  
Prof. Erich Hahne\*

*Die Leistungsfähigkeit der gesamten Solaranlage hängt in hohem Maß vom Speicher bzw. seiner Integration ab. Dies gilt insbesondere bei Anlagen zur Heizungsunterstützung. Um dem Solarfachmann die Auswahl zu erleichtern, werden nachfolgend die Testergebnisse von vier Speichern für die kombinierte Brauchwassererwärmung und Raumheizung präsentiert und miteinander verglichen.*

Acht Solaranlagen zur kombinierten Brauchwassererwärmung und Raumheizung wurden am ITW 1997 im Rahmen eines umfangreichen Vergleichstests untersucht. Der Test dieser Anlagen erfolgte in Anlehnung an den europäischen Normentwurf prEN 12977 mit einem komponentenorientierten Testverfahren, d. h. die Speicher wurden separat getestet. Im folgenden wird die Vorgehensweise beim Test von Kombispeichern kurz beschrieben und die Testergebnisse für einige ausgewählte Speicher vorgestellt und diskutiert. Zusätzlich wird das Zusammenwirken der einzelnen Speicher mit der Solaranlage untersucht. Hierzu werden die Speicher in eine „Standard-Kombianlage“ integriert und für festgelegte Referenzbedingungen (Meteorologie, Lastprofile) wird die Leistungsfähigkeit der verschiedenen Konfigurationen durch Simulation ermittelt.

## So wurde getestet

Die Vorgehensweise beim Test von Kombispeichern stellt eine Weiterentwicklung des in [1] beschriebenen Verfahrens zur thermischen Prüfung von Warmwasserspeichern dar. Ziel hierbei ist die Ermittlung von Kennwerten, die in Verbindung mit einem numerischen Rechenmodell eine detaillierte Beschreibung des thermischen Verhaltens des Speichers ermöglichen. Das Testverfahren läßt sich in folgende Schritte untergliedern:

- Betrieb des Speichers am Teststand entsprechend definierter Testsequenzen. Hierbei werden sämtliche Ein- und Austrittsgrößen (Volumenströme und Temperatur-

ren), die Umgebungstemperatur sowie die Temperaturen an den Positionen für die Temperaturfühler zur Regelung der Solaranlage gemessen und aufgezeichnet. Im Inneren des Speichers werden keine Messungen vorgenommen, um die Schichtung nicht durch die eingebaute Meßfühler zu beeinflussen.

- Bestimmung der Speicherkennwerte (z. B. Wärmeübertragungsvermögen der Wärmeübertrager, vertikale Position der Anschlüsse und Temperaturfühler) durch Parameteridentifikation auf der Basis der Meßdaten in Verbindung mit einem numerischen Rechenmodell für den Speicher.

- Verifizierung der beim Test ermittelten Kennwerte bzw. des Rechenmodells durch die „Nachsimulation“ einer sogenannten Verifizierungssequenz.

## Diese Kombispeicher wurden untersucht

Für den Vergleich wurden von den 10 getesteten Speichern vier typische Kombispeicher ausgewählt (Bild 1). Bei allen Speichern erfolgt die solare Beladung über einen im Speicher eingebauten Wärme-

übertrager. Das Brauchwasser wird, mit Ausnahme von Speicher B, ebenfalls über einen eingebauten Wärmeübertrager erwärmt. Die Wärmedämmung erfolgt mit Weichschaum-Formteilen, die nach dem Aufstellen des Speichers angebracht werden.

Die Besonderheiten der einzelnen Speicher werden im folgenden kurz beschrieben. Zusätzlich ist der bei einer Anbieterbefragung im Juni 1998 ermittelte Listenpreis (inkl. MwSt.) angegeben. Die Preise beziehen sich auf die Speicher wie sie in Bild 1 dargestellt sind, d. h. inklusive notwendigem Zubehör (z. B. externer Brauchwasserwärmeübertrager)

### Speicher A (5570,- DM)

- Über dem Solarkreis-Wärmeübertrager ist ein Konvektionskamin angebracht, um eine geschichtete Beladung des Speichers zu ermöglichen. Aufgrund der relativ groß dimensionierten Öffnungen unten am Konvektionskamin ergibt sich auf der Sekundärseite des Wärmeübertragers (also im Speicher) ein Massenstrom, der etwa zwei- bis dreimal so groß ist wie der Massenstrom durch den Solarkreis-Wärmeübertrager.

- Für die Erwärmung des Brauchwassers befindet sich im Speicher ein Glattrohr-Wärmeübertrager aus Kupfer, der sich über die gesamte Höhe des Speichers erstreckt.

- Der Bereitschaftsteil für die Raumheizung und die Brauchwassererwärmung ist vom unteren Bereich des Speichers durch eine horizontale Platte separiert. Damit soll der Abbau der Temperaturschichtung durch eine Reduzierung des vertikalen Wärmetransports vermindert werden.

### Speicher B (6720,- DM)

- Zur geschichteten solaren Beladung befindet sich über dem Solarkreis-Wärmeübertrager ein Rohr mit diversen Auslässen, die mit Klappen versehen sind. Um hohe

\* Dipl.-Ing. Harald Drück ist wissenschaftlicher Mitarbeiter beim Forschungs- und Testzentrum für Solaranlagen (TZS) des Instituts für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW) der Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 6, D-70550 Stuttgart, Tel. (07 11) 6 85 35 36, Fax (07 11) 6 85 35 03; Prof. Dr.-Ing. Erich Hahne ist der Leiter dieses Instituts.

Vorlauftemperaturen und eine ausgeprägte Temperaturschichtung im Speicher zu erreichen muß dieser in eine Solaranlage integriert werden, die nach dem „low flow“-Prinzip arbeitet.

– Das vom Raumheizungskreis zurückkommende Wasser wird ebenfalls durch ein entsprechendes Schichtungsrohr in den Speicher eingeschichtet.

– Die Erwärmung des Brauchwassers erfolgt durch einen externen Platten-Wärmeübertrager, der an der Außenseite des Speicherbehälters innerhalb der Wärmedämmung angebracht ist.

**Speicher C (4790,- DM)**

– Dieser Speicher wird als sogenannter „Tank-im-Tank-Speicher“ bezeichnet, da

sich im eigentlichen Speicher ein zweiter, kleinerer Speicher für das Brauchwasser befindet. Diesem wird die Wärme durch das ihn umgebende Heizungswasser zugeführt.

– Die Solarenergie wird dem Speicher über einen waagrecht eingebauten Rippenrohr-Wärmeübertrager aus Kupfer zugeführt.

**Speicher D (5710,- DM)**

– Hier ist sowohl der Solarkreis-Wärmeübertrager als auch der Brauchwasser-Wärmeübertrager mit entsprechenden Vorrichtungen versehen, um eine geschichtete Be- bzw. Entladung des Speichers zu ermöglichen.

– Damit eine ausgeprägte Temperaturschichtung während der Beladung des Speichers aufgebaut werden kann, muß der Speicher in Verbindung mit einer „low flow“-Solaranlage betrieben werden.

**Welcher Kombispeicher ist der Beste?**

Beim Test der Speicher werden eine Reihe von Speicherkennwerten ermittelt, die gemeinsam mit einem numerischen Rechenmodell (Multiport [2]) eine detaillierte Beschreibung des thermischen Verhaltens des Speichers ermöglichen. Einige dieser Kennwerte, wie z. B. die Wärmeverlustrate, können direkt miteinander verglichen und beurteilt werden. Andere, wie z. B. die Höhen der Anschlüsse und Temperaturfühler, sind ebenfalls für die Beschreibung des Speichers wichtig, da durch sie z. B. das zur Verfügung stehende Bereitschafts- oder Puffervolumen festgelegt wird. Eine direkte Bewertung dieser Kennwerte ist jedoch nur sehr eingeschränkt möglich.

In Bild 2 sind für die vier untersuchten Kombispeicher die Entnahmeprofile bei der Brauchwasserentnahme sowie die Temperaturverläufe an den individuellen Positionen der Temperaturfühler dargestellt. Die Messungen hierzu wurden wie folgt durchgeführt:

- Beladung des gesamten Speichers mit einer Eintrittstemperatur von 60 °C so lange, bis die Austrittstemperatur des untersten Anschlusses (am Boden) 55 °C erreicht hat.
- Entladung über den zur Brauchwassererwärmung dienenden Wärmeübertrager mit einem Volumenstrom von 600 l/h und einer Kaltwassereintrittstemperatur von 20 °C. Die Entladung wurde beendet, wenn die Warmwasseraustrittstemperatur 30 °C unterschritt.

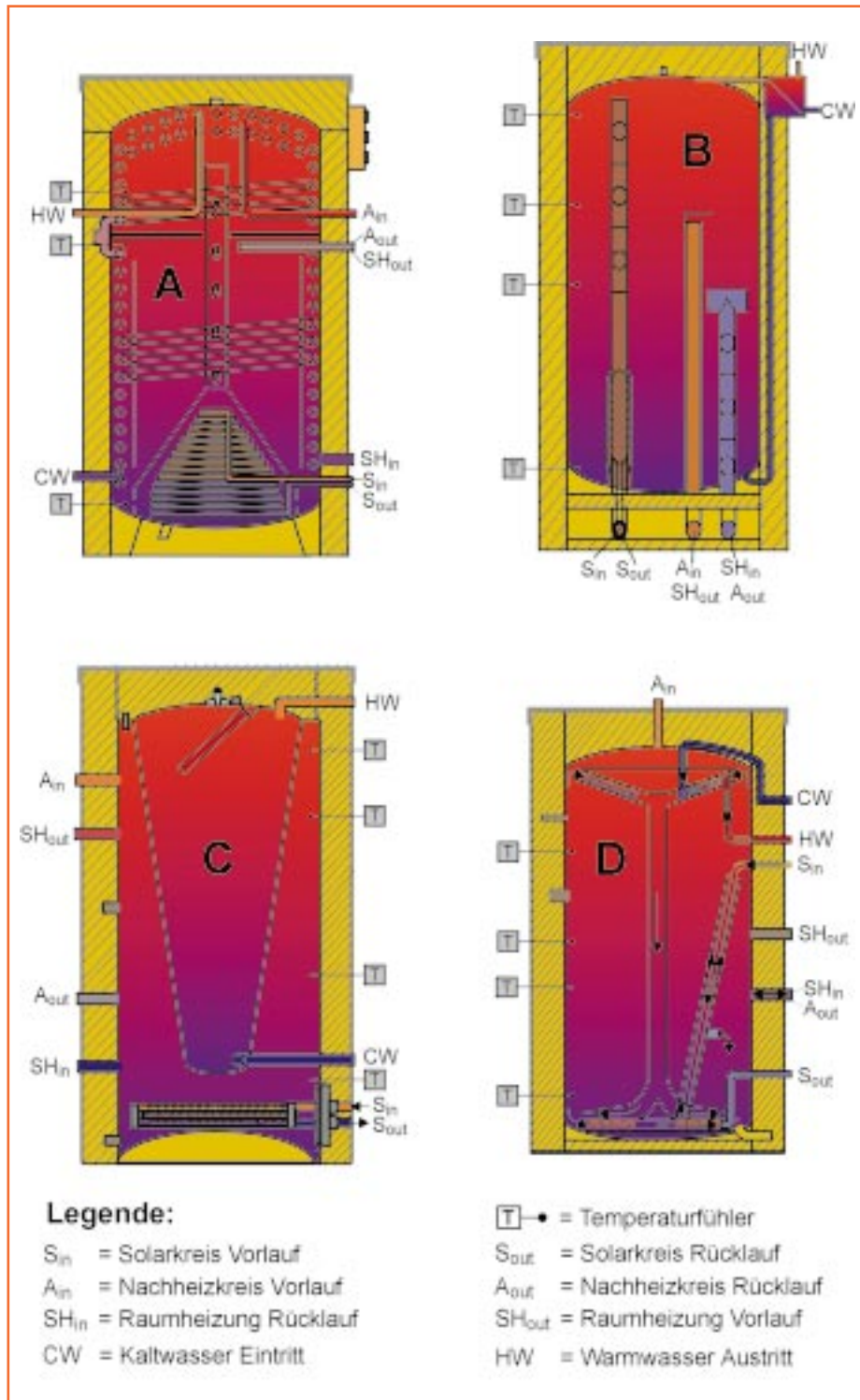


Bild 1 Schematischer Aufbau der vier untersuchten Kombispeicher

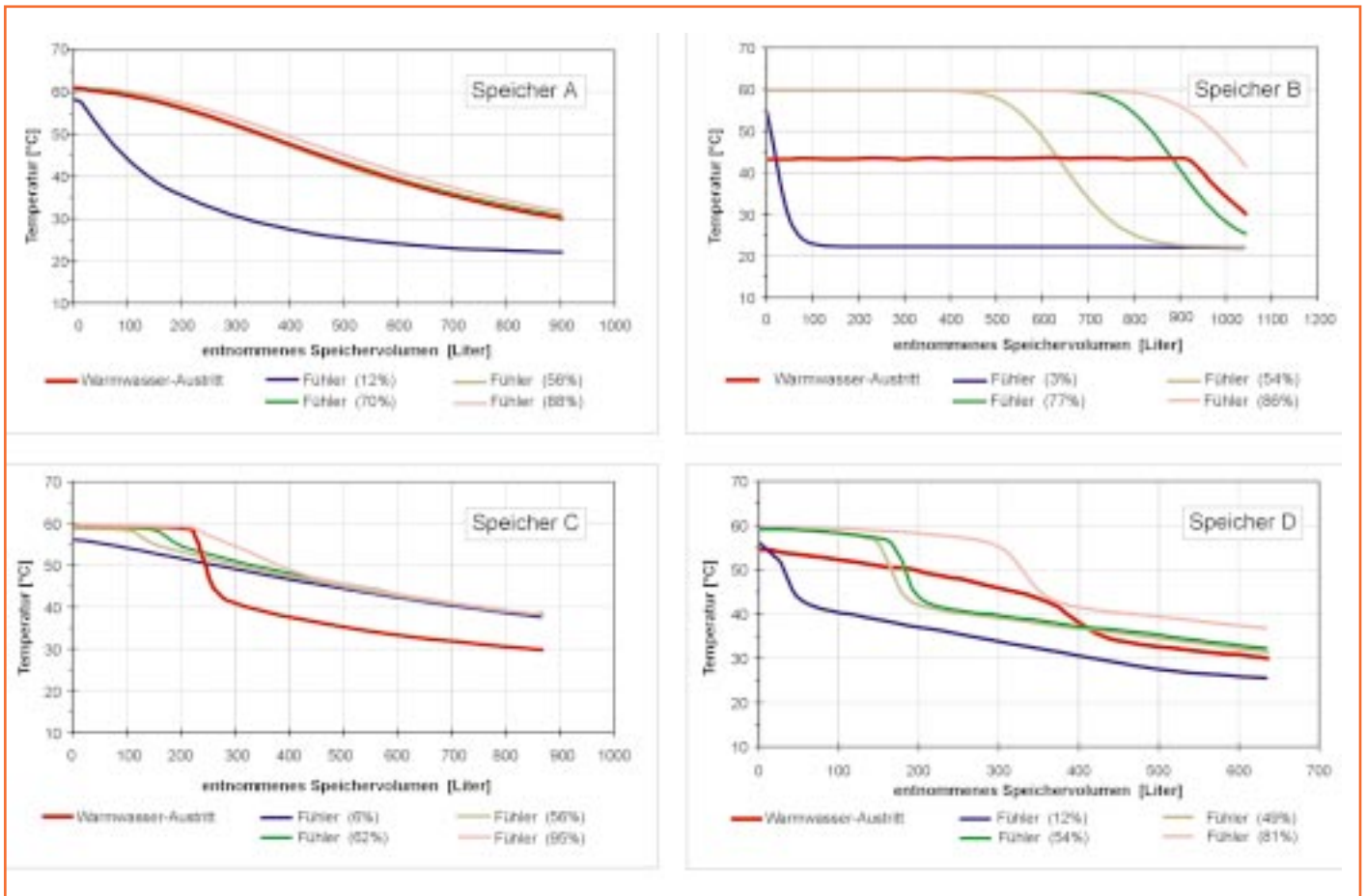


Bild 2 Warmwasseraustrittstemperatur und Speichertemperaturen bei der Entladung (die vertikale Position der Temperaturfühler ist in [%] der Speicherhöhe angegeben)

### Ergebnisse im Vergleich

– Bei einem Vergleich der in Bild 2 für die verschiedenen Speicher dargestellten Kurvenverläufe muß sowohl die Temperaturschichtung im Speicher als auch die Temperaturdifferenz zwischen der Warmwasseraustrittstemperatur und den Temperaturen im oberen Bereich des Speichers berücksichtigt werden.

– Ein Vergleich der Temperaturverläufe zeigt, daß der Speicher B nahezu ideal geschichtet entladen wird. Dies ist auf das große Wärmeübertragungsvermögen des externen Plattenwärmeübertragers sowie auf eine geeignete Regelstrategie für die Pumpe auf der Sekundärseite zurückzuführen. Der Regelung gelingt es auch, die Warmwasseraustrittstemperatur konstant auf den eingestellten Wert von ca. 45 °C einzuregeln. Die relativ große Temperaturdifferenz von 15 K zwischen der oberen Speichertemperatur und der Warmwasseraustrittstemperatur ergibt sich daher bei diesem Speicher durch die gewünschte Warmwassertemperatur von 45 °C und nicht aufgrund eines schlechten Speicherkonzeptes.

– Werden die Temperaturverläufe der Speicher mit eingebauten Brauchwasserwärmeübertragern (Speicher A, C, D) vergli-

chen, so ist offensichtlich, daß sich im Speicher D die beste Temperaturschichtung einstellt. Allerdings weist dieser Speicher auch die größte Temperaturdifferenz zwischen der Temperatur am obersten Fühler und der Warmwasseraustrittstemperatur auf.

### Basis für eine objektive Beurteilung

Wie an diesem Beispiel deutlich wird, kann eine objektive Beurteilung des gesamten Speichers nur auf der Basis von Simulationsrechnungen durchgeführt werden. Hierzu wurden die einzelnen Speicher bzw. ihre Kennwerte in eine „Standard-Kombianlage“ mit 10 m<sup>2</sup> Flachkollektor integriert und Jahressimulationen für das als Referenzfall gewählte Einfamilienhaus am Standort Würzburg durchgeführt. Dieses Haus verfügt über eine Wohnfläche von 128 m<sup>2</sup> und ist nach der Wärmeschutzverordnung von 1995 gedämmt; es wird von 4 Personen bewohnt, die täglich 200 Liter warmes Wasser mit einer Temperatur von 45 °C verbrauchen. Als Bewertungsgröße wurde die jährliche anteilige Energieeinsparung ( $f_{sav}$ ) herangezogen. Diese gibt an, welche prozentuale Energieeinsparung durch die Kombianlage im Vergleich zu einer konventionellen Wärmeversorgung (Brauchwassererwärmung und Raumheizung mit Öl oder Gas) erzielt werden kann. Die Nachheizung für das Brauchwasser erfolgte mit einem Massenstrom von 450 kg/h und einer Eintrittstemperatur, die um 5 K

über der Brauchwassersolltemperatur  $T_{BW,soll}$  lag. Diese Solltemperatur wurde so gewählt, daß die Brauchwasserlast gerade gedeckt werden konnte.

Um einen objektiven Vergleich der Speicher zu ermöglichen, wurde als „Standard-Kombianlage“ eine Anlage verwendet, die nach dem Prinzip der Rücklaufanhebung arbeitet. Dies war notwendig, da der Speicher A, im Gegensatz zu den anderen drei Speichern, über kein Puffervolumen für die Raumheizung verfügt.

### Kennwerte auf einen Blick

Die wichtigsten bei der Prüfung des Speichers ermittelten Kennwerte sind in Tabelle 1 aufgeführt: das nutzbare Speichervolumen ( $V_s$ ), die effektive vertikale Wärmeleitfähigkeit ( $\lambda_{eff}$ ), das für die Brauchwassererwärmung aufgeheizte Bereitschaftsvolumen ( $V_{BW,aux}$ ) sowie die Wärmeverlustrate ( $UA_{s,a}$ ). Zusätzlich ist die für die Deckung des Brauchwasserbedarfs mindestens notwendige Temperatur ( $T_{BW,soll}$ ) angegeben. Um den Einfluß der Betriebsweise des Kollektorkreises zu untersuchen, erfolgte die Berechnung der anteiligen Energieeinsparung  $f_{sav}$  sowohl für high-flow (50 l/(hm<sup>2</sup>)) als auch für low-flow (12 l/(hm<sup>2</sup>)) Betrieb. Die maximalen Un-

terschiede bei  $f_{sav}$  betragen 2,5 %, was ca. 470 kWh oder etwa 12 % der jährlichen anteiligen Energieeinsparung entspricht. Hierbei muß jedoch berücksichtigt werden, daß diese Ergebnisse für die tatsächlich getesteten Speicher ermittelt wurden. Wie aus Tabelle 1 entnommen werden kann, weisen diese sowohl beim Volumen als auch bei der Wärmeverlustrate teilweise erhebliche Unterschiede auf.

Um den Einfluß charakteristischer Konstruktionsmerkmale wie z. B. der eingesetzten Schichtbe- bzw. Entladeeinrichtungen und der Position der Anschlüsse und Temperaturfühler zu untersuchen, wurden weitere Simulationsrechnungen durchgeführt. Hierbei wurde für alle Speicher das nutzbare Speichervolumen mit etwa 750 Litern und die Wärmeverlustrate (homogen über die Oberfläche verteilt) einheitlich mit 2,50 W/K angenommen. Tabelle 2 zeigt die angenommenen Kennwerte sowie die sich hiermit für die modifizierten Speicher (A\* bis D\*) ergebende anteilige Energieeinsparung.

### Anteilige Energieeinsparung

Wie aus Tabelle 2 ersichtlich ist, sind die maximalen Unterschiede bei der anteiligen Energieeinsparung jetzt nur noch halb so groß. Sie betragen jedoch immer noch 1,3 %, was einem relativen Unterschied von knapp 7 % entspricht. Im Vergleich zu Tabelle 1 ergibt sich aufgrund der geringeren Wärmeverlustrate für Speicher A\* eine absolute Erhöhung von  $f_{sav}$  um 0,2 % und für Speicher C\* um 0,8 %. Bei Speicher B\* führt eine homogen über die Oberfläche verteilte Wärmeverlustrate von 2,5 W/K jedoch zu einer Verringerung von  $f_{sav}$  um 0,3 % (absolut). Dies ist darauf zurückzuführen, daß bei dem getesteten Speicher die Wärmeverlustrate nicht homogen über die Oberfläche verteilt war. Im Bereich des Bodens war sie höher als am Deckel und Mantel des Speichers, so daß sich insgesamt eine Wärmeverlustrate von 2,50 W/K ergab. Wird nun eine homogen über die Oberfläche verteilte Wärmeverlustrate gleicher Größe angenommen, so treten im Vergleich zum getesteten Speicher im oberen, warmen Bereich des Speichers größere Wärmeverluste auf. Dieser Effekt ist ursächlich für die sich ergebende Verringerung der anteiligen Energieeinsparung.

Für Speicher D\* erhöht sich im Vergleich zur Tabelle 1  $f_{sav}$  um 1,4 % (absolut). Zu dieser Verbesserung tragen mit ca. 1 % die geringere Wärmeverlustrate und mit ca. 0,4 % das größere Volumen bei. Bei der Verwendung dieses Speichers ergibt sich jedoch immer noch die geringste Energieeinsparung. Dies ist hauptsächlich auf die ungünstige Positionierung der Anschlüsse

Speicher	$V_s$ [Liter]	$\lambda_{eff}$ [W/(mK)]	$V_{BW,aux}$ [Liter]	$(UA)_{s,a}$ [W/K]	$T_{BW,soil}$ [°C]	high-flow $f_{sav}$ [%]	low-flow $f_{sav}$ [%]
A	693	1.80	208	3.43	54	20.8	20.0
B	769	1.01	231	2.53	49	20.2	20.8
C	755	1.71	128	3.59	43	20.2	19.2
D	549	1.06	104	3.48	52	18.3	18.3

**Tabelle 1** Kennwerte der getesteten Speicher und berechnete anteilige Energieeinsparung ( $f_{sav}$ )

Speicher	$V_s$ [Liter]	$\lambda_{eff}$ [W/(mK)]	$V_{BW,aux}$ [Liter]	$(UA)_{s,a}$ [W/K]	$T_{BW,soil}$ [°C]	high-flow $f_{sav}$ [%]	low-flow $f_{sav}$ [%]
A*	693	1.80	208	2.50	54	21.0	20.2
B*	750	1.01	225	2.50	49	19.9	20.5
C*	755	1.71	128	2.50	43	21.0	20.1
D*	750	1.06	143	2.50	50	19.7	19.7

**Tabelle 2** Berechnete anteilige Energieeinsparung ( $f_{sav}$ ) für eine Wärmeverlustrate von  $(UA)_{s,a} = 2.5$  W/K und ein Speichervolumen von  $V_s \approx 750$  Liter

für den Rücklauf des Nachheizkreises ( $A_{out}$ ) bzw. der Raumheizung zurückzuführen. Für eine optimale Anordnung dieser Anschlüsse würde sich eine um etwa 1 % höhere anteilige Energieeinsparung ergeben.

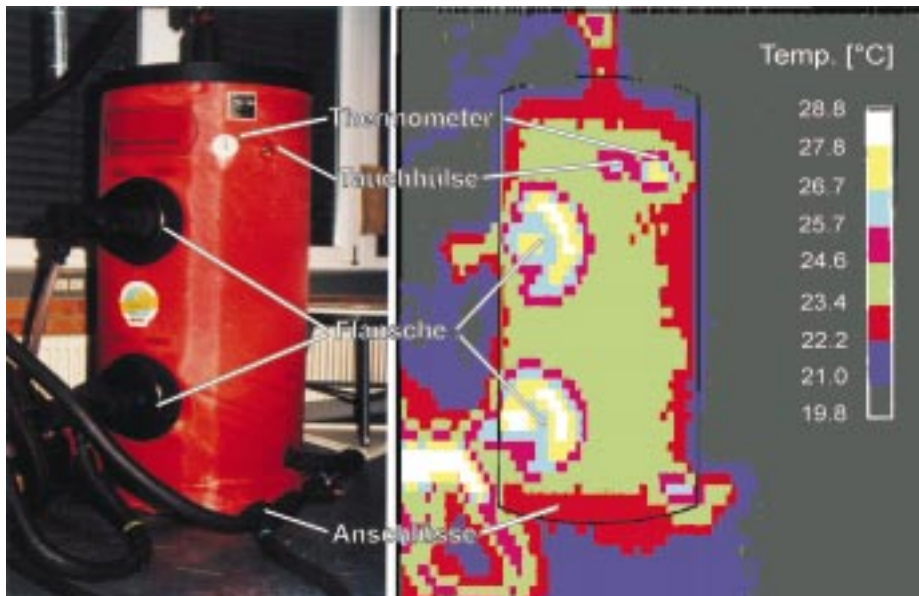
### Speicher A\*: gutes Design

Im allgemeinen kann von Solaranlagen dann eine hohe Leistungsfähigkeit erwartet werden, wenn sie auf einem guten low-flow-Konzept basieren bzw. mit Speichern ausgerüstet sind, die ein geringes Bereitschaftsvolumen für die Brauchwassererwärmung besitzen. Aber wie ist dann das gute Abschneiden von Speicher A\* beim high-flow-Betrieb zu erklären, obwohl dieser fast das größte Bereitschaftsvolumen in Verbindung mit der höchsten erforderlichen Nachheiztemperatur aufweist? Hierfür sind zwei Effekte maßgebend. Zum einen erstreckt sich der Brauchwasserwärmeübertrager über die gesamte Höhe des Speichers. Dies hat den Vorteil, daß das kalte Brauchwasser immer zuerst den unteren Bereich des Speichers durchströmt und abkühlt, was sich positiv auf den Wirkungsgrad des Kollektors auswirkt. Zum anderen weist der Solarkreis-Wärmeübertrager beim Betrieb mit hohen Durchflüssen (high-flow) ein großes Wärmeübertragungsvermögen auf und die Schichtbeladevorrichtung arbeitet effektiv. Weitere Simulationsrechnungen haben ge-

zeigt, daß mit Speicher A\* eine anteilige Energieeinsparung von etwa 21,3 % erzielt werden könnte, wenn sich das Wärmeübertragungsvermögen des Solarkreis-Wärmeübertragers beim low-flow-Betrieb nicht verringern würde.

### Ergebnis des „Tank-im-Tank“ Konzeptes

Interessant ist auch ein Vergleich der Ergebnisse im Hinblick auf das Abschneiden des „Tank-im-Tank“-Speicherkonzeptes (Speicher C\*). Obwohl dieser Speicher als einziger nicht über eine Schichtbeladevorrichtung für den Solarkreis verfügt, weist er mit die höchste Energieeinsparung auf. Hierfür ist insbesondere das geringe Bereitschaftsvolumen sowie die geringe erforderliche Nachheiztemperatur ( $T_{BW,soil}$ ) ausschlaggebend. Bei der Nachheizung mit einer Eintrittstemperatur von 48 °C (43 °C + 5 K) wird im inneren Brauchwassertank bereits die gewünschte Temperatur von 45 °C erreicht, wenn am entsprechenden Temperaturfühler (dem zweiten von oben) eine Temperatur von 43 °C ( $T_{BW,soil}$ ) herrscht. Daß dieses geringe Temperaturniveau ausreicht, ist auf die direkte Entnahme des Brauchwassers aus dem inneren Tank (d. h. ohne zusätzlichen Wärmeübertrager) zurückzuführen. Dieser Vorteil wird im Hinblick auf den Komfort zum Nachteil, wenn sehr große Mengen warmen Wassers auf einmal benötigt werden. Denn ist das Volumen des inneren Brauchwassertanks erst einmal entnommen, so ist es fraglich ob die gewünschte Temperatur von 45 °C noch gewährleistet werden kann. Ursache dafür ist, daß der Wärmeübergang zwischen dem



**Bild 3** Wärmebrücken an kritischen Speicher-Bereichen sollten vermieden werden (Infrarot-Thermographie; Temperatur im Speicherinneren: ca. 60 °C)

äußeren und inneren Tank, der deutlich schlechter ist als bei den Speicherkonzepten, bei denen das Brauchwasser erst beim Durchströmen des Wärmeübertragers erwärmt wird (Speicher A\*, B\*, D\*).

### Was zeichnet einen guten Speicher aus?

In diesem Beitrag wurden vier am Markt erhältliche Kombispeicher verglichen (Tabelle 1). Zusätzlich wurden die durch diese vier Speicher repräsentierten Speicherkonzepte einander gegenübergestellt (Tabelle 2). Hierbei hat sich gezeigt, daß die Unterschiede zwischen den einzelnen Kombispeichern deutlich größer sind, als dies aufgrund der diversen Speicherkonzepte zu erwarten ist. Ein Speicher, der auf einem „genialen“ Konzept basiert, garantiert deshalb noch lange keine größere Leistungsfähigkeit als ein „einfacher“ richtig dimensionierter Speicher mit einer guten Wärmedämmung und ausreichend großen Wärmeübertragern. Erst wenn diese Voraussetzungen erfüllt sind, ist es sinnvoll Schichtbe- bzw. Entladevorrichtungen zur weiteren Ertragssteigerung einzusetzen. In diesem Fall ist es sehr wichtig, daß die gesamte Anlagentechnik hierauf abgestimmt ist.

Ein objektiver Vergleich und eine Beurteilung von Speichern ist nur auf der Basis von Ergebnissen umfangreicher Tests möglich. Mit Hilfe von detaillierten Simulationsprogrammen kann für definierte Randbedin-

gungen (Wetter, Last) die Leistungsfähigkeit unterschiedlicher Speicher rechnerisch ermittelt werden.

Zusammenfassend läßt sich folgendes feststellen

- Die Wärmeverluste eines Speichers müssen möglichst gering sein. Die Qualität der Wärmedämmung läßt sich nicht nur aufgrund ihrer Dicke beurteilen. Wärmebrücken im Bereich von Anschlüssen, Flanschen, Tauchhülsen und Thermometern sollten vermieden werden (siehe Bild 3). Die Wärmedämmung muß insbesondere an diesen kritischen Bereichen exakt ausgeführt werden. Sollte dies beim angelieferten bzw. installierten Speicher nicht der Fall sein – was in der Praxis leider häufig anzutreffen ist – läßt sich durch das nachträgliche Anbringen bzw. Verbessern der Wärmedämmung meist eine deutliche Verringerung der Wärmeverluste erreichen.

- Eine Solaranlage arbeitet um so effektiver, je niedriger das Temperaturniveau ist. Dies gilt sowohl für das Brauchwasser als auch für die Raumheizung.

- Ein kleiner, auf niedrigerem Temperaturniveau betriebener Bereitschaftsteil für die Brauchwassererwärmung wirkt sich deutlich positiv auf die mit der Solaranlage erzielbare Energieeinsparung aus. Es ist deshalb wichtig, daß der Bereitschaftsteil keinesfalls überdimensioniert wird. Jedoch darf hierbei auch der Aspekt der Versorgungssicherheit mit warmem Wasser nicht vernachlässigt werden.

- Die Wärmeübertrager sollten ein großes Wärmeübertragungsvermögen aufweisen, damit geringe Temperaturdifferenzen für die Übertragung einer hohen thermischen

Leistung ausreichen. Beim Wärmeübertrager des Solarkreises ist ein Wärmeübertragungsvermögen von etwa 80 W/K je m<sup>2</sup> Kollektorfläche ein guter Wert.

- Wichtig ist, daß ein geeigneter, richtig dimensionierter Speicher ausgewählt wird. In der Praxis ist ein Speicher häufig nicht unbedingt „gut“ oder „schlecht“, sondern richtig oder falsch dimensioniert.

- Durch den Betrieb mit reduziertem Durchfluß im Kollektorkreis (low flow) kann nur dann eine Ertragssteigerung erzielt werden, wenn die gesamte Anlagentechnik darauf abgestimmt ist.

- Ein leistungsfähiger Speicher muß nicht unbedingt einen komplizierten Aufbau besitzen.

- Ein guter Speicher muß nicht teuer sein.

#### Literatur

Die erwähnten europäischen Normen sind als prEN beim DIN erhältlich. Im Frühjahr 1999 werden die Normen unter Berücksichtigung der bei der CEN-Umfrage eingegangenen Einsprüche überarbeitet. Voraussichtlich Ende 1999 wird dann über die endgültige Verabschiedung der Normen abgestimmt.

[1] H. Drück, M. N. Fisch: Verfahren zur thermischen Prüfung von Warmwasserspeichern für Solaranlagen, Tagungsband zum fünften Symposium Thermische Solarenergie, Seite 190–194, Kloster Banz, Juni 1995

[2] Multiport Store Model for Trnsys, Type 74/140, Version 1.98, Januar 1999, H. Drück, Th. Pauschinger, Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW), Universität Stuttgart

### Test-Unterstützung

Bei allen gegenwärtig über Kombianlagen geführten Diskussionen sollte berücksichtigt werden, daß Solaranlagen zur kombinierten Brauchwassererwärmung und Raumheizungsunterstützung sich erst in den letzten Jahren auf dem deutschen Markt etabliert haben. Zur Entwicklung geeigneter Testverfahren und Beurteilungsstrategien werden daher sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene gegenwärtig umfangreiche Anstrengungen unternommen.

Der Vergleichstest der Kombispeicher wurde teilweise durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) finanziert. Ebenso wird von dieser ein Projekt zum Thema Kombianlagen gefördert, das gegenwärtig gemeinsam von DFS (Deutscher Fachverband Solarenergie) dem ITW und einer Vielzahl von Herstellern von Solaranlagen bearbeitet wird. Die Autoren danken für diese Unterstützung.