

# Erfahrungen mit dem Systemaufbau großer Kombianlagen zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung

Reiner Croy, Hans Peter Wirth

ZfS - Rationelle Energietechnik GmbH; Verbindungsstr. 19; 40723 Hilden  
Tel.: 02103/2444-0; Fax: 02103/2444-40; email: [info@zfs-energietechnik.de](mailto:info@zfs-energietechnik.de)  
Internet: [www.zfs-energietechnik.de](http://www.zfs-energietechnik.de)

Ein wichtiges Ziel des Forschungskonzepts Solarthermie2000plus war die Weiterentwicklung der Systemtechnik von großen Kombianlagen zur kombinierten Nutzung der Solarwärme für Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung. Die wenigen vorliegenden detaillierten Erfahrungen an untersuchten Anlagen haben gezeigt, dass hier noch ein erhebliches Entwicklungspotential zur Steigerung der Effizienz und Betriebssicherheit vorhanden ist. Diese Einschätzung wird unterstützt durch die Auswertung von Hydraulik-schemata ausgeführter großer Kombianlagen. Im Folgenden wird auf zwei Mängel näher eingegangen. Weitere Auffälligkeiten beim hydraulischen Aufbau sind in /1/ beschrieben.

## Ungünstige Aufteilung des Solarpuffervolumens

Systemkonzepte für Kleinanlagen sollten nicht ungeprüft für größere Anlagen übernommen werden. In einer von der ZfS untersuchten Anlage /1/ wurden drei bivalente Speicher, die als Einzelspeicher in Kleinanlagen vorgesehen waren, zu einer parallel durchströmten Speicherbatterie zusammenschaltet (Bild 1, links).

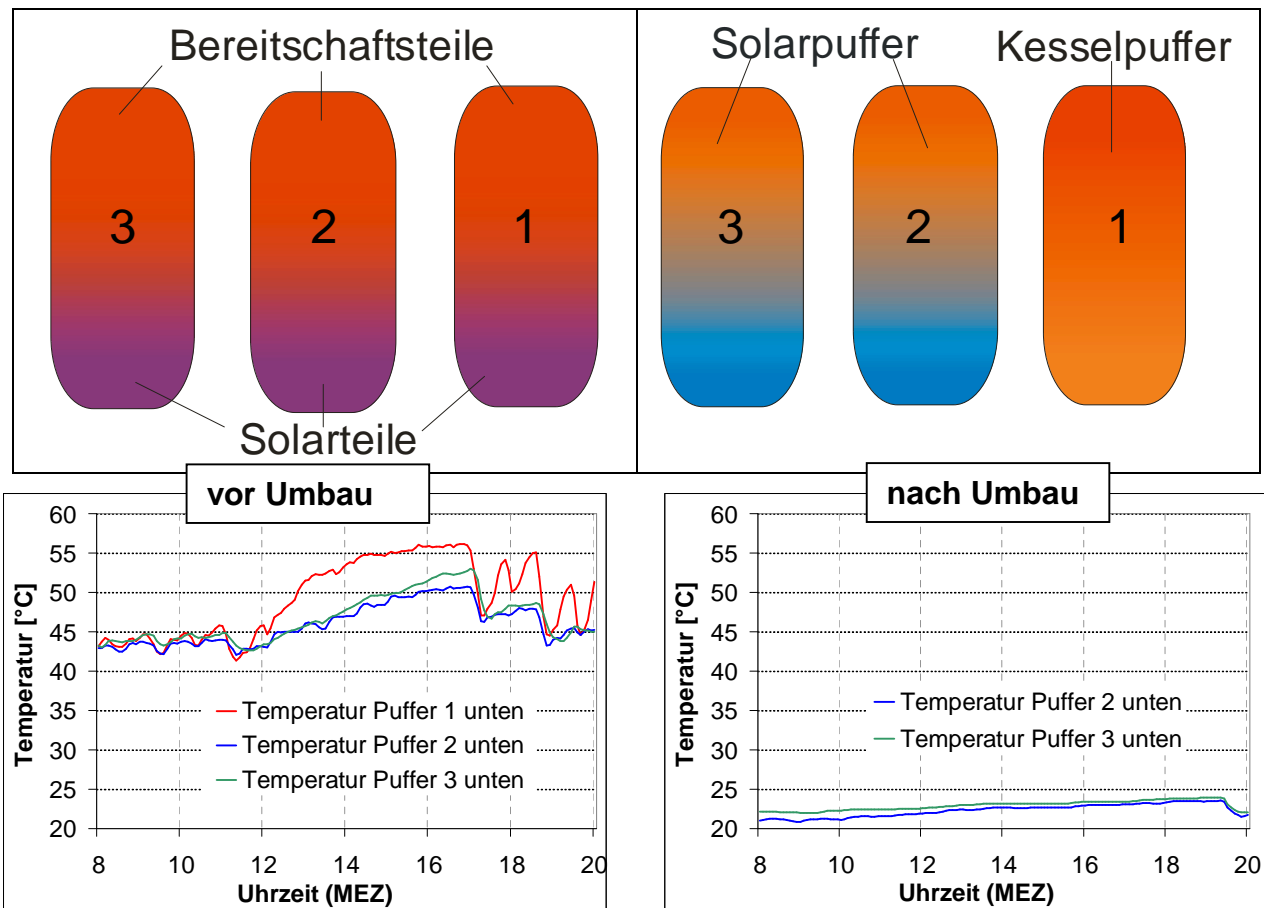


Bild 1: Aufteilung des Speichervolumens und Temperaturverteilung an Wintertagen ohne Solarenergieeintrag vor (links) und nach Umbau (rechts)

Die diesem Bericht zugrunde liegenden Untersuchungen wurden mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) unter den Förderkennzeichen 032 9601Q und 032 9268B gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Wie Messergebnisse vor und nach einem von der ZfS initiierten Umbau gezeigt haben, konnte durch die thermische Trennung des Speichervolumens auf zwei monovalente Solar- und einen monovalenten Nachheizspeicher (Bild 1, rechts) eine deutlich bessere Temperaturschichtung und gleichmäßigere Temperaturverteilung erzielt werden, was sich in der jetzt niedrigeren Speichertemperatur unten ausdrückt.

### Anbindung von Verbrauchern mit unterschiedlichen Rücklauftemperaturen

Wenn mehrere Lastkreise (Verbraucher) mit unterschiedlichen Rücklauftemperaturen an das Solarsystem angebunden werden, wie z.B. Warmwasser, Zirkulation und Raumheizung, dann sollten die jeweiligen Rückläufe temperaturorientiert in die entsprechende Temperaturzone der (des) Solarspeicher(s) eingespeist werden. Nur so wird erreicht, dass sich eine gute Temperaturschichtung im Solarspeicher aufbaut und die Solaranlage auf dem niedrigstmöglichen Temperaturniveau arbeiten kann, um eine optimale Systemeffizienz zu erreichen. Für die Praxis bedeutet dies zumeist, dass die Verbraucher mit separaten Rücklaufleitungen und - im Trinkwassernetz - mit separaten Wärmetauschern für Trinkwassererwärmung und Zirkulation an das Solarsystem angeschlossen werden müssen.

Ein oft gemachter Fehler ist, dass der Zirkulationsrücklauf an die Kaltwasserleitung angeschlossen wird (Bild 2 oben), hier beispielhaft gezeigt an dem Prinzipschaltbild einer Kombianlage mit Trinkwassererwärmung (**blaue Linien**), Zirkulation (**rote Linien**) und Heizungsunterstützung (**orange**). Die Vermischung des z.B. 55-gradigen Zirkulationsrücklaufs (kleinste zulässige Zirkulationsrücklauftemperatur nach /2/) mit 15-gradigem Kaltwasser, kann zu einer überhöhten Rücklauftemperatur in den Solarspeicher führen (in Bild 2 oben beispielhaft gezeigt für 45 °C; hängt stark ab von den Volumenstromverhältnissen). Werden dagegen separate Rücklaufleitungen für Kaltwasser und Zirkulation an den Speicher angeschlossen, (Bild 2 unten) so können auch niedrige Rücklauftemperaturen erzielt werden, die bei optimal ausgelegtem Zapf-Wärmetauscher und optimaler Anpassung des Fördervolumens der Zapf-Entladepumpe an das Zapfvolumen, nahe der Kaltwassertemperatur liegen (z.B. 20 °C im Kaltwasser-Verbraucherkreis).

Um festzustellen inwieweit sich eine ungünstige Zusammenführung von Kaltwasser und Zirkulation auf die Systemeffizienz auswirkt, wurden TRNSYS-Simulationsrechnungen für beide gezeigten Systemschemata mit Anbindung an ein Mehrfamilienhaus (16 Wohneinheiten) durchgeführt, jeweils für Niedrigenergiehausstandard (NEH) und einen Dämmstandard in Anlehnung an die Wärmeschutzverordnung 95. Die folgende Tabelle zeigt die wichtigsten Randbedingungen der Berechnungen (ausführliche Beschreibung in /1/). Interpretiert wird nur die Variante NEH, da die Berechnungen mit WSchV95 zu ähnlichen Grundaussagen führen.

Zapfprofil Mehrfamilienhaus MFH WW-Verbrauch bei 60 °C		nach VDI 6002-1 /3/; Annahme: 16 Wohneinheiten WE 2,3 Bew/WE; Winter: 28 l/(d Bew); Sommer: 23 l/(d Bew)				
Zirkulation		24 h/d; ΔTmax: 5 K; 0,21 m³/h; 50 % der Energie für WW				
Raumheizung Variante 1 Variante 2		Niedrigenergiehaus NEH: 46 kWh/m² <sub>WF</sub> pro Jahr; 45/30 °C ähnlich WSchV95: 100 kWh/m² <sub>WF</sub> pro Jahr; 70/40 °C				
Auslegung Solarsystem	Faktor Dimensionrg.	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3,3</b>	<b>5</b>	<b>10</b>
	Aperturfläche	12 m²	24 m²	40 m²	60 m²	120 m²
	Speichervolumen	0,6 m³	1,5 m³	2,9 m³	5,0 m³	12,5 m³
	Sommer-Auslastung	70 l/(m² d)	35 l/(m² d)	21 l/(m² d)	14 l/(m² d)	7 l/(m² d)

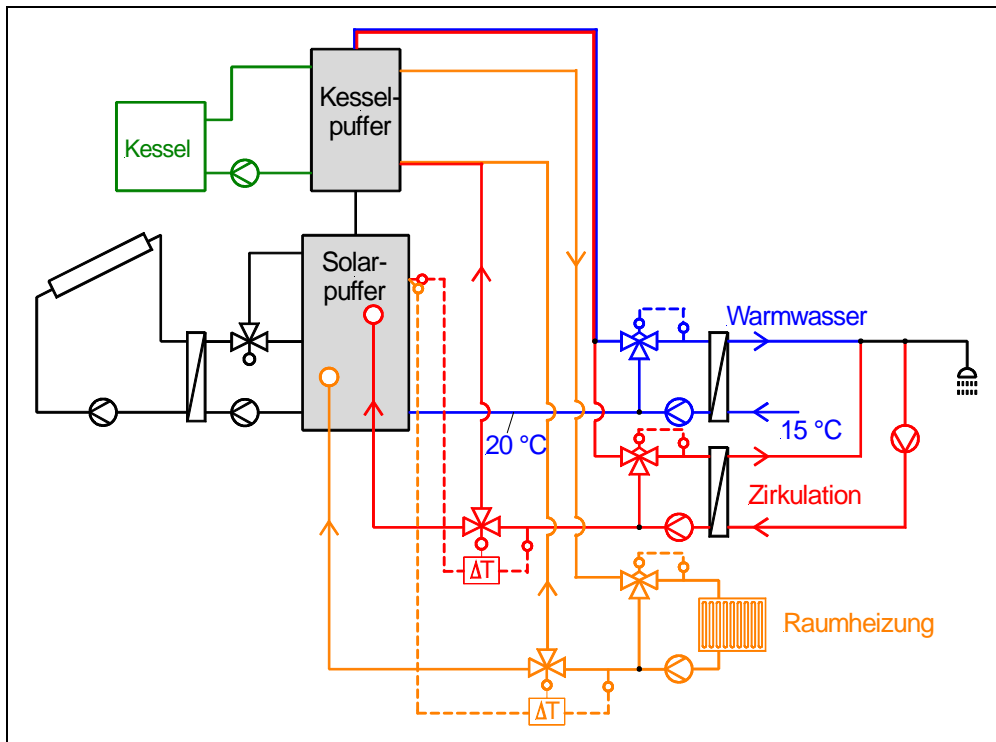
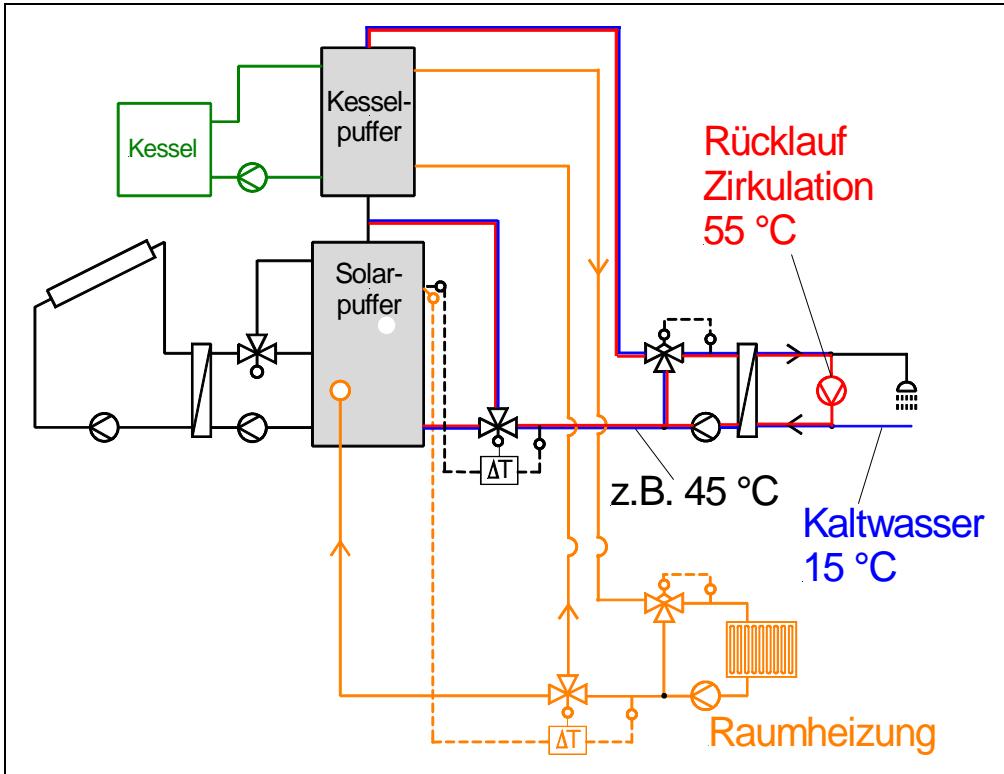


Bild 2: Ungünstige (oben) und verbesserte (unten) Einbindung des Zirkulationsrücklaufs (Temperaturangaben beispielhaft bei optimaler Auslegung des Zapf-Wärmetauschers und optimaler Regelung der Zapf-Entladepumpe)

Basierend auf der Grundauslegung von 12 m<sup>2</sup> Aperturfläche (reine Trinkwassererwärmung; Faktor 1; Auslastung 70 l/(d m<sup>2</sup>)), wurde Anlagen bis zu 120 m<sup>2</sup> (10-fache Überdimensionierung gegenüber reiner Trinkwasserauslegung, Faktor 10) berechnet.

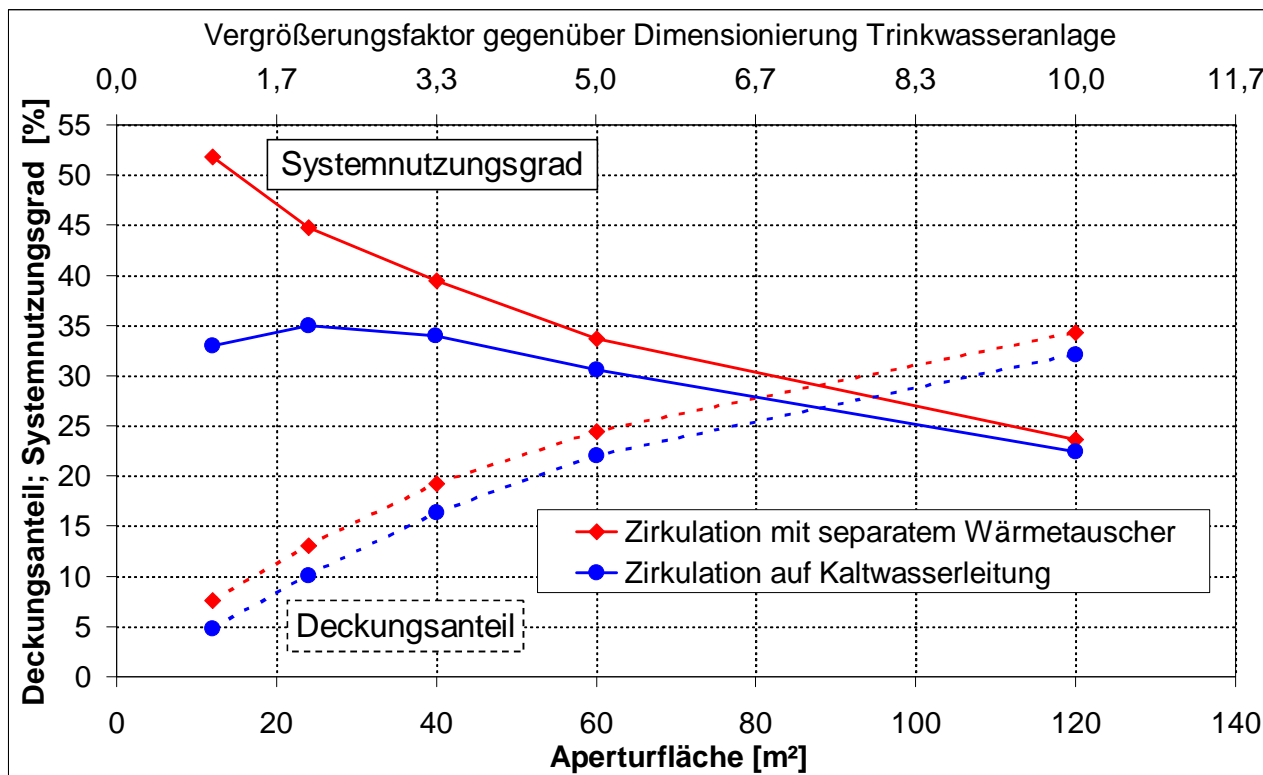


Bild 3: Jahres-Systemnutzungsgrad und Deckungsanteil bei Einbindung der Zirkulation in die Kaltwasserleitung und bei Anschluss mit separatem Wärmetauscher (NEH)

Tendenziell nimmt der Systemnutzungsgrad mit zunehmender Kollektorfläche in beiden Systemen ab (Bild 3). Beim System "Zirkulation auf Kaltwasserleitung" ist allerdings ein leicht abflachender Verlauf zwischen Vergrößerungsfaktor 3,3 und 2 bis hin zu einem Absinken bei Vergrößerungsfaktor 1 (Auslegung auf reine Trinkwassererwärmung) zu erkennen. Dies liegt daran, dass durch die ungünstige Verbraucheranbindung die nutzbare Solarwärme niedrig ist, im Vergleich dazu aber die Wärmeverluste der Kollektorkreisverrohrung nicht proportional gesunken sind.

Würde man die Systeme auf reine Trinkwassererwärmung auslegen (Faktor 1), liegt der Systemnutzungsgrad bei dem System mit separatem Wärmetauscher bei 52 %. Wird dagegen die Zirkulation auf die Kaltwasserleitung geführt, beträgt der Nutzungsgrad nur 33 % und ist somit um 19-%-Punkte (absolut) niedriger. Im Bereich der häufigsten Auslegung für Heizungsunterstützung von Faktor 2 bis 5 beträgt der Unterschied immerhin auch noch 10 bis 4-%-Punkte (absolut). Erst bei einer sehr großen Dimensionierung mit Faktor 10 wird der Unterschied mit nur noch gut 1-%-Punkt vernachlässigbar klein. Der solare Deckungsanteil am Gesamtwärmeverbrauch ist bei Anbindung der Zirkulation auf die Kaltwasserleitung über der ganzen Auslegungsbreite von Faktor 1 bis 10 um 3 bis 2-%-Punkte (absolut) niedriger als bei der Anbindung mit separaten Leitungen.

Anhand der Verteilung der solaren Energieanteile auf die einzelnen Verbraucher (Bild 4), sieht man, dass bei der Anbindung auf die Kaltwasserleitung zwar bei allen Dimensionierungen die solare Nutzwärme für die Heizungsunterstützung höher ist, der Gesamtertrag aber immer niedriger liegt, und zwar um jährlich etwa 2,5 MWh (Faktor 1 und 2) bis 1,6 MWh (Faktor 10). Bei der Anbindung mit separaten Leitungen wird dagegen mehr

Wärme für die reine Trinkwassererwärmung genutzt. Bei einer Dimensionierung gar nur mit Faktor 1 ist bei dem System mit separatem Zirkulationswärmetauscher allein die solare Nutzwärme für Trinkwassererwärmung (blauer Balkenteil) höher, als der Gesamtertrag des Systems mit Zirkulation auf Kaltwasserleitung.

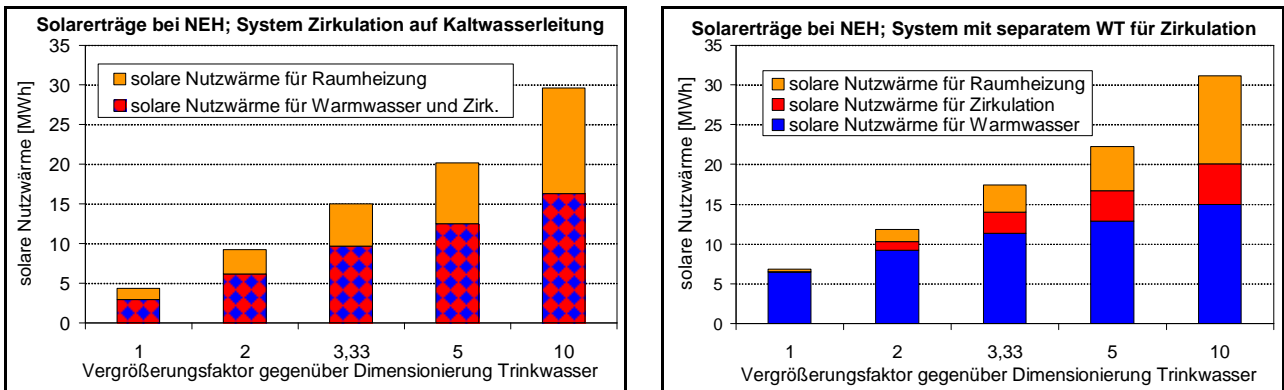


Bild 4: Solare Nutzwärmeverteilung der simulierten Systeme auf einzelne Verbraucher

Die optimale Anbindung der Verbraucher zur Nutzung des kältesten Temperaturniveaus (hier: Kaltwasser) ist also umso wichtiger je kleiner die Systeme ausgelegt werden. Bei sehr groß ausgelegten Anlagen (Faktor 10) werden die Unterschiede im Solarertrag bei dem hier untersuchten Systemtyp und Randbedingungen deutlich kleiner. Weiterhin kann der nachteilige Einfluss der Zirkulationsanbindung an die Kaltwasserleitung geringer sein, wenn die Zirkulation zeitweise abgeschaltet bzw. mit zeitweise abgesenkten Temperaturen betrieben wird (vor allem während der Zapfzeiten), was nach /2/ bei hygienisch einwandfreien Verhältnissen zulässig ist. Welcher Aufwand für den separaten Anschluss von Verbrauchern noch zu rechtfertigen ist, hängt also individuell vom Systemaufbau, der Betriebsweise der Verbraucher und der Dimensionierung bzw. dem gewünschten Deckungsanteil ab. Die hier vorgestellten Berechnungen dürfen also keinesfalls verallgemeinert werden, sondern müssen für verschiedene Fälle neu durchgeführt werden.

Um die Anzahl der anzuschließenden Rücklaufleitungen an den Solarpuffer, und damit den Installations- und Regelungsaufwand zu begrenzen sind auch Lösungen denkbar, bei denen der Rücklauf des einen Verbraucherkreises dem Vorlauf eines anderen Verbrauchers zugemischt wird, falls die Volumenströme und Temperaturniveaus dies sinnvoll erscheinen lassen. Eine derartige Reihenschaltung von zwei Verbraucherkreisen (hier: Zirkulationsentladekreis und Raumheizung) ist in Bild 5 schematisch dargestellt. Auch die Reihenschaltung von drei oder mehr Kreisen (z.B. bei Prozesswärmeanlagen) ist auf diese Art denkbar, erst recht wenn standardmäßige Pufferspeicher nicht genügend Anschlüsse haben, um die Verbraucher mit separaten Rücklaufleitungen einzeln anzuschließen. Betriebserfahrungen an großen Solaranlagen mit dieser interessanten Variante sind uns bisher allerdings nicht bekannt.

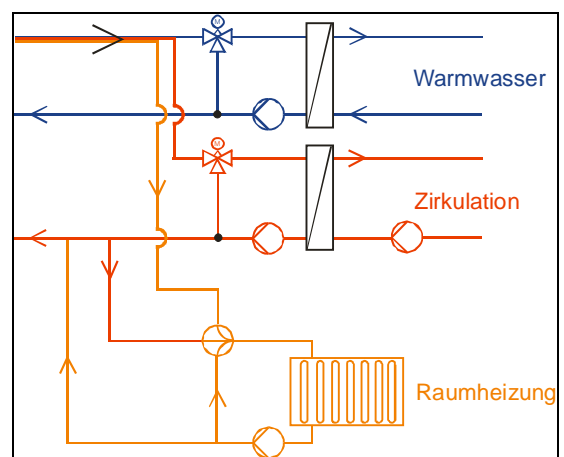


Bild 5: Anbindung mit separaten Rücklaufleitungen und Rücklauf/Vorlaufbeimischung nach /4/

## Zusammenfassung

Die Ergebnisse stellen nur einen kleinen Ausschnitt der gesamten Problematik dar. Für eine umfassende Untersuchung müssten andere Varianten von Kombianlagen wie z.B. mit seriell eingebundenem Kessel ohne Kesselpuffer oder Kombianlagen mit solarem Trinkwasser-Vorwärmespeicher analysiert werden. Auch sollte der Einfluss auf den Endenergieverbrauch des Kessels berücksichtigt werden, wozu geeignete Simulationsprogramme entwickelt werden müssen, die das Betriebsverhalten und den Endenergieverbrauch des Kessels abbilden (ein entsprechendes Forschungsprojekt ist dazu beantragt).

Systemkonzepte mit hydraulischer Trennung von Lastkreisen mit unterschiedlicher Rücklauftemperatur sollten in Zukunft entweder in Pilotanlagen oder durch Optimierung bestehender Systeme verstärkt realisiert werden, wobei auch neue Anwendungen (z.B. die Reihenschaltung von Verbraucherkreisen) zum Einsatz kommen sollten. Aber auch vereinfachte Schaltungen wie z.B. die ungünstigere Anbindung des Zirkulationsrücklaufs auf die Kaltwasserleitung können bei Anlagen mit hohem Deckungsanteil u.U. toleriert werden, wenn dadurch ein betriebswirtschaftlich günstigeres Ergebnis bei nur geringer Energieeinbuße möglich ist. Entsprechende Untersuchungen halten wir für dringend geboten um zuverlässige Empfehlungen zum Aufbau der Systemtechnik von Kombianlagen geben zu können.

Auf mögliche Schwachpunkte im Systemkonzept, deuten auch veröffentlichte Hydraulik-schemata ausgeführter Prozesswärmeanlagen hin /5/, bei denen ebenfalls die Rückläufe verschiedener Verbraucher-Lastkreise in eine Leitung zusammengeführt werden. Über diese Anlagen sind uns allerdings keine Details (real ausgeführtes Hydraulikschema, Regelkonzept, Volumina und Temperatur der Rückläufe, Wärmeverbrauch etc.) bekannt, sodass an dieser Stelle dazu keine Bewertung der Anlagen vorgenommen werden kann. Wir vermuten jedoch, dass sich die angesprochenen Konzeptschwächen nicht nur auf Kombianlagen beschränken.

## Literatur

- /1/ Croy, R.; Wirth, H. P.:  
Analyse und Evaluierung großer Kombianlagen zur Trinkwassererwärmung  
Abschlussbericht November 2006 (BMU-Förderkennzeichen 032 9268B)  
Bezug: [www.zfs-energietechnik.de](http://www.zfs-energietechnik.de)
- /2/ Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW) Arbeitsblatt W 551
- /3/ VDI 6002-1 Solare Trinkwassererwärmung; Allgemeine Grundlagen, Systemtechnik und Anwendung im Wohnungsbau
- /4/ Baunach GmbH & Co KG; Rende Mix, [www.baunach.net](http://www.baunach.net)
- /5/ Sonne Wind & Wärme Ausgabe 15/2008