



INTEGRATION SOLARTHERMISCHER ANLAGEN IN EIN AREALBEZOGENES NAHWÄRMENETZ

KONZEPT & PLANUNG

Jahresbericht 2008

Autor und Koautoren	P. Gantenbein, E. Frank
beauftragte Institution	Institut für Solartechnik SPF, HSR Hochschule für Technik Rapperswil
Adresse	Oberseestrasse 10, CH-8640 Rapperswil
Telefon, E-mail, Internetadresse	055 222 48 21, info@solarenergy.ch , www.solarenergy.ch
BFE Projekt- / Vertrag-Nummer	
BFE-Projektleiter	U. Wolfer
Dauer des Projekts	1. 8. 2008 - 31. 12. 2010
Datum	15.12.2008

ZUSAMMENFASSUNG

Auf dem Dach von Bau 4 der HSR wird ein System zur Ganzjahresnutzung von Solarthermie im Nahwärmenetz der HSR mittels einer Retrofit-Lösung aufgebaut. Aus bautechnischen Gründen ist je nach Kollektortyp ein Feld von bis zu 40m² Solarkollektorfläche vorgesehen.

Die energetische und hydraulische Analyse des Nahwärmenetzes ist noch nicht abgeschlossen. Eine zeitlich detaillierte Messdatenerfassung, in der die wichtigsten Messwerte an relevanten Netzknotenpunkten wie Energieflüsse, Temperaturen und Schaltzustände von Blockheizkraftwerk (BHKW) und Heizkessel (HK) erfasst werden, ist gestartet worden. Als Referenz für den Wärmeenergieverbrauch dienen aber derzeit noch die Monatswerte des Jahres 2007.

Die bisherigen konzeptionellen Untersuchungen haben ergeben, dass die Nutzung der Wärme aus der Solaranlage lokal im Brauchwarmwasserspeicher von Bau 4, zentral in den Pufferspeichern des BHKW oder dezentral in den Brauchwarmwasserspeichern der übrigen Bauten auf dem Campus der HSR möglich ist. Eine Deckung des Wärmebedarfs auf dem ganzen Campus der HSR ist mit der Solaranlage auch in den Sommermonaten aufgrund der baulichen Einschränkungen nicht möglich. Die Solarwärme reicht jedoch für den lokalen Warmwasserbedarf in Bau 4.

Durch Anpassung der Orientierung der Solarkollektoren kann der Nutztemperaturverlauf bzw. der Solarertrag dem lokalen Warmwasserbedarf angeglichen werden.

Weitere Abklärungen zum Kollektortyp und Messungen im Zusammenhang mit der Einspeisung der Solarwärme in die zentralen Pufferspeicher sind notwendig. Die Baubewilligung für die Solaranlage muss anschliessend dem Projektbeschreibung angepasst werden. Der zeitliche Aufbau der Solaranlage und deren Einbindung als Wärmequelle in das HSR Nahwärmenetz wird den Anforderungen der Betriebskontinuität auf dem HSR Campus angepasst.

Projektziele

- Technische **Systemerprobung** für die Ganzjahresnutzung von **Solarthermie** mittels einer einfachen **Retrofit-Lösung** bei **Nahwärmeverbunden** mit existierenden dezentralen Speichern – Brauchwasserspeichern (BWW).
- Regeltechnische Systemerprobung bei bidirektionalen Wärmeströmen in **solarthermisch unterstützten arealbezogenen Nahwärmenetzen**.

Konzept

Die Rücklauftemperatur des Nahwärmenetzes an der HSR Hochschule für Technik Rapperswil wird durch Wärmeeinspeisung aus einer Solaranlage erhöht. Dazu wurde ein modulares Konzept ausgearbeitet in welchem auf 2 Gebäuden des HSR Campus ohne erheblichen Zusatzaufwand Solaranlagen installiert werden können. In einer ersten Phase soll auf dem Bau 4 der HSR ein Kollektorfeld mit je nach Kollektortyp einer Fläche von bis zu 40m² aufgebaut werden.

Die Wärme aus dem Solarkollektorfeld wird in bestehende Wasserspeicher transportiert. Dies kann anhand von nach drei unterschiedlichen Betriebsmodi erfolgen:

I: Lokale Nutzung - Einspeisung der Wärme in den BWW-Speicher 1 in Bau 4.

II: Dezentrale Nutzung - Einspeisung der Wärme in BWW-Speicher eines anderen Gebäudes auf dem HSR Campus.

III: Zentrale Speicherung - Einspeisung der Wärme in die Pufferspeicher der Heizzentrale der HSR.

Zur *lokalen Nutzung* muss dazu dem in Bau 4 vorhandenen Brauchwarmwasserspeicher aus solar-technischen Gründen ein externer Wärmeübertrager installiert werden. Aus diesem Speicher wird hauptsächlich die Küche der Mensa mit Warmwasser versorgt. Bei fehlender Solarenergie wird das Wasser weiterhin mit Energie aus dem Nahwärmenetz aufgeheizt. Ist der BWW-Speicher in Bau 4 beladen und steht zusätzlich Solarenergie zur Verfügung, dann wird über einen weiteren Plattenwärmeübertrager die Solarenergie in das Nahwärmenetz eingespeisen. Durch gleichzeitigen Betrieb der Netzpumpen kann diese Wärmeenergie in der *dezentralen Nutzung* zu einem anderen BWW-Speicher eines anderen Gebäudes transportiert werden. Sind alle BWW-Speicher auf dem HSR Campus voll/geladen, dann wird mit den Netzpumpen die Solarenergie über die Rücklaufrohrleitung in die zentralen Pufferspeicher transportiert.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Nahwärmenetz und Einbindung einer Solaranlage

Zunächst erfolgt eine eingehende Analyse der Energieflüsse im Nahwärmenetz der HSR. Das vorhandene 2-Leiter-Nahwärmenetz auf dem Areal der HSR wird mit Wärme aus einem Blockheizkraftwerk (BHKW) und dazu in Serie geschalteten Heizkesseln (HK) mit Wärme versorgt. In Fig. 1 ist eine vereinfachte schematische Darstellung von BHKW, HK, Pufferspeicher und Netzpumpen mit Mischstation. Als Brennstoff wird Erdgas eingesetzt, wobei die HK als Zweistoff-Kessel ausgelegt sind und auch mit Öl betrieben werden könnten.

Ab der zentralen Verteilstation („Hochtemperaturkollektor“) führt in jedes Gebäude eine Vorlaufrohrleitung. Aus dieser werden in den Bauten die Heizungen mit Wärme versorgt und die Brauchwasserspeicher (BWW) aufgeheizt. Alle Rücklaufrohrleitungen aus den Gebäuden werden wiederum zentral auf ein Sammelrohr, den „Tieftemperaturkollektor“, geführt. Diese hydraulische „Sternschaltung“ (d.h. keine Ringleitung) bzw. Wärmeträgerführung hat im Betriebsmodus III – zentrale Speicherung – erheblichen apparativen und rohrleitungsbaulichen Aufwand zur Folge. Dazu müssen den Pufferspeichern Wärmeübertrager in die Wartungsöffnungen eingebaut werden können, um ein gleichzeitiges Entladen von Warmwasser aus dem oberen Bereich von Puffer-Speicher 1 zu verhindern.

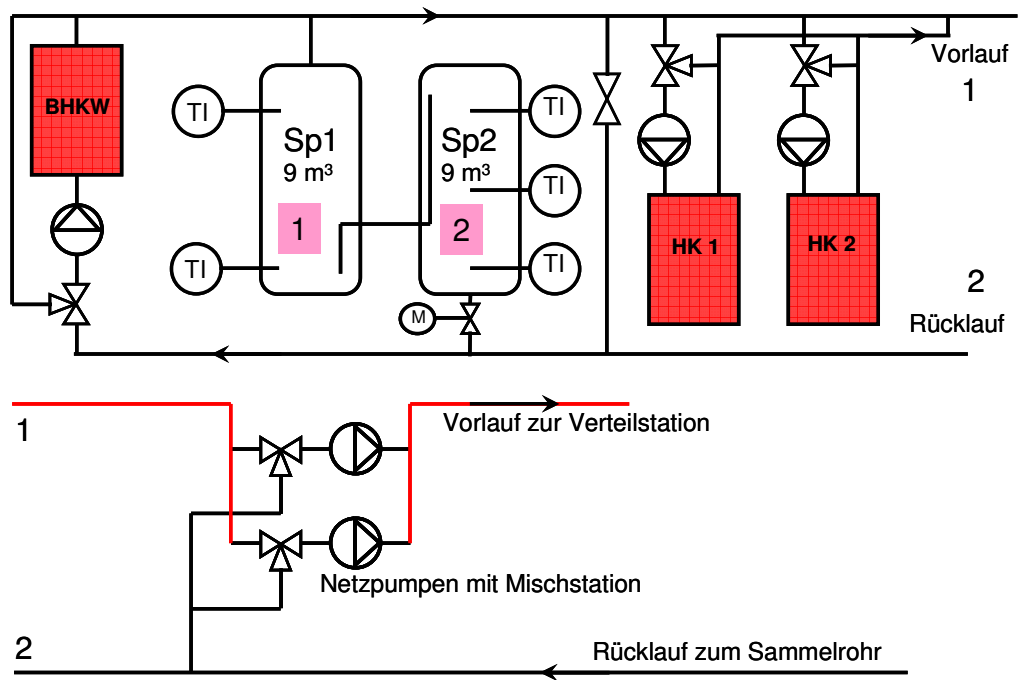


Fig. 1: Vereinfachte schematische Darstellung der „Heizzentrale“ mit Blockheizkraftwerk (BHKW), Pufferspeicher und Heizkessel (HK 1 & HK 2) sowie der Netzumpen mit Mischstation. Die Pufferspeicher sind mit Sp1 und Sp2 bezeichnet. Diese Pufferspeicher werden über das BHKW beladen.

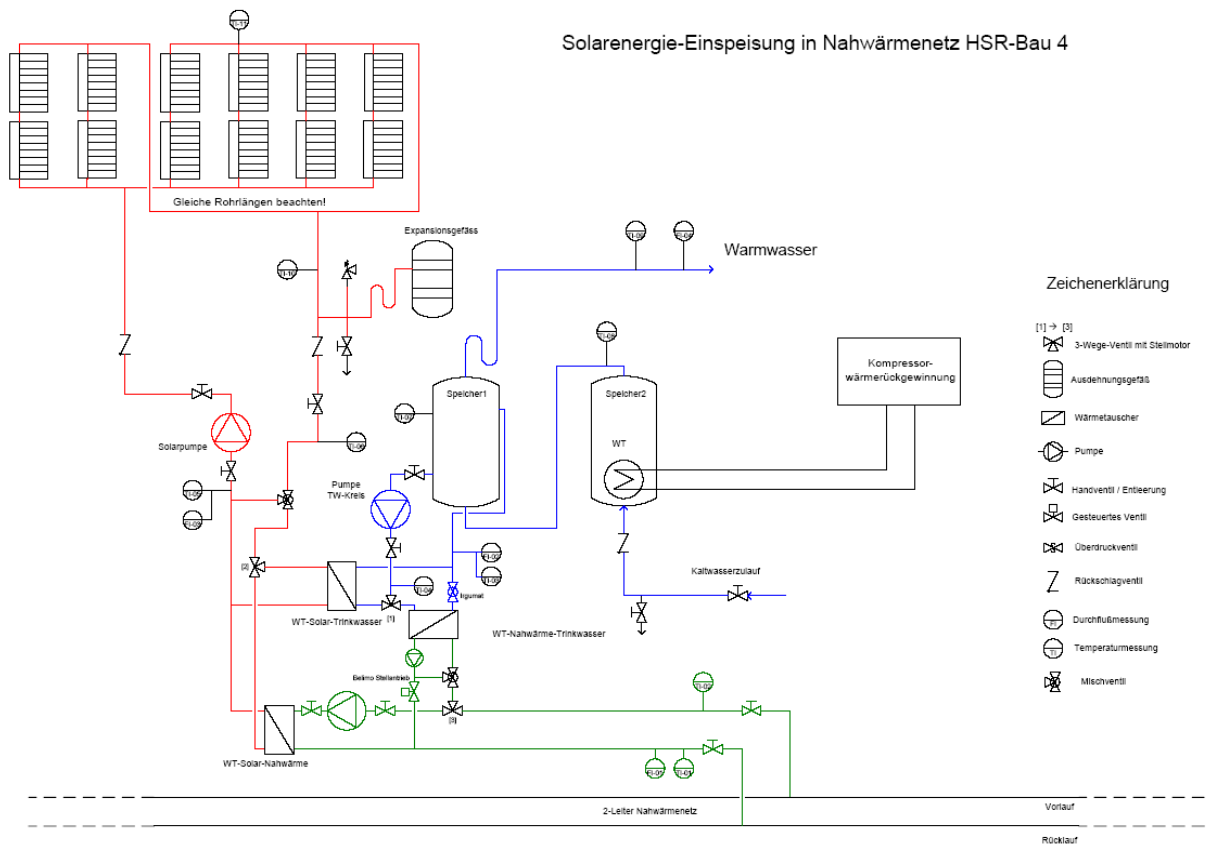


Fig. 2: Schematische Darstellung der Solaranlage mit Wärmeeinspeisung in den BWW-Speicher 1 (links) und in das Nahwärmenetz der HSR. Die Wärmeübertragung aus dem Nahwärmenetz in den Speicher 1 ist vorhanden und bleibt bestehen, s. Fig. 4.

Theoretisch steht dieser Lösung zwar nichts entgegen, die Flexibilität zur Reinigung dieser Tanks wird allerdings erheblich eingeschränkt.

Messungen

Energieverbrauch – Monatsdaten

Zur Analyse des Nahwärmenetzes wurde eine Messkampagne gestartet, in der die wichtigsten Messwerte an relevanten Netzpunkten wie Energieflüsse, Temperaturen und Schaltzustände von BHKW und HK zeitlich detailliert erfasst werden. Da die Messungen erst Ende dieses Jahres gestartet werden konnten, dient zunächst der Energieverbrauch des Jahres 2007 als Referenz. In Fig. 3 sind die Monatsdaten von Energiebezug bzw. Erdgas-Volumenbezug des Jahres 2007 grafisch dargestellt.

Die Daten geben qualitativ den typischen Wärmebedarf im Schweizer-Mittelland über das Jahr wieder. Selbst in den Sommermonaten besteht im Nahwärmenetz der HSR ein Wärmebedarf, welcher nicht nur durch das zur Notstromversorgung vorgesehene BHKW gedeckt werden kann. Auch die Heizkessel haben in den Monaten von Juni bis September einen Erdgasverbrauch im Bereich von 1000m³ bzw. von rund 10000kWh.

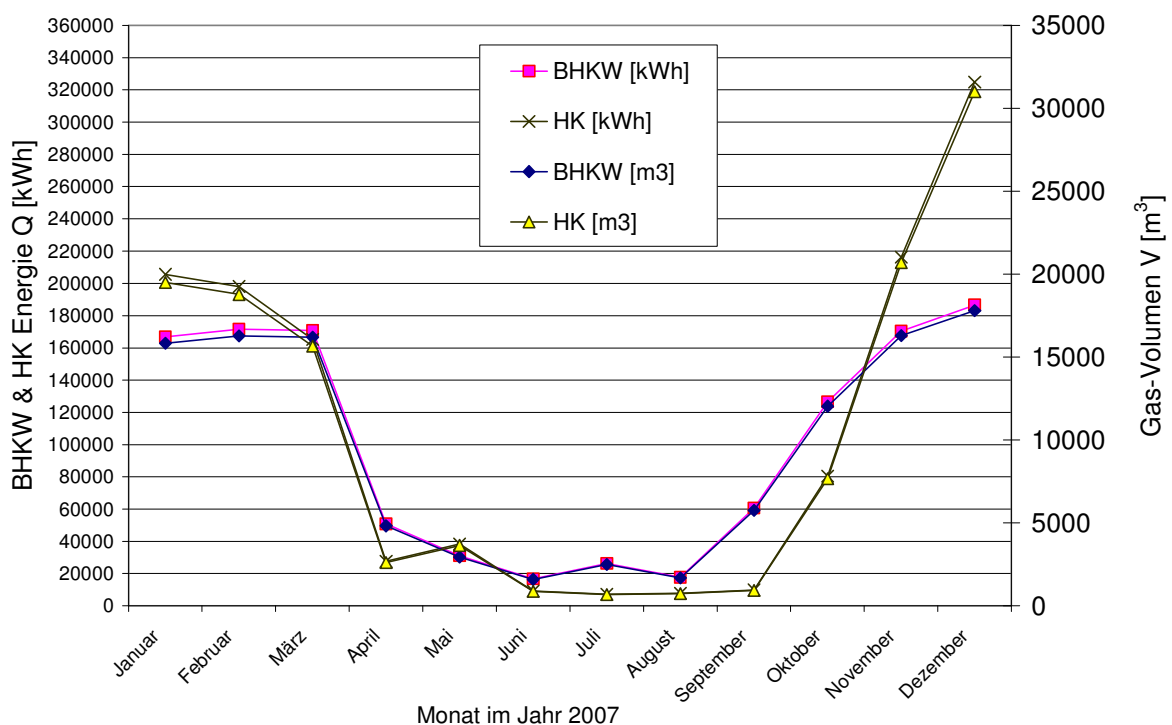


Fig. 3: Energiebezug der HSR im Jahr 2007 in Form von Erdgas von der Erdgas Obersee AG in Rapperswil-Jona. Verbrauch an Erdgas (Gas-Volumen) im BHKW und den 2 HK des HSR-Nahwärmenetzes.

Ideal wäre die Bereitstellung des Wärmebedarfs in den Sommermonaten durch Solarenergie. Dadurch müssten die Heizkessel in dieser Zeit nicht betrieben werden.

Verbrauchsprofil und Temperaturverlauf im lokalen Brauchwarmwasserpeicher

In Fig. 4 sind die zwei lokal in Bau 4 vorhandenen 2000l BWW-Speicher mit Anbindung an das Nahwärmenetz dargestellt. Zur Vorwärmung des Brauchwassers wird in Speicher 2 die Abwärme aus Kompressorkältemaschinen genutzt.

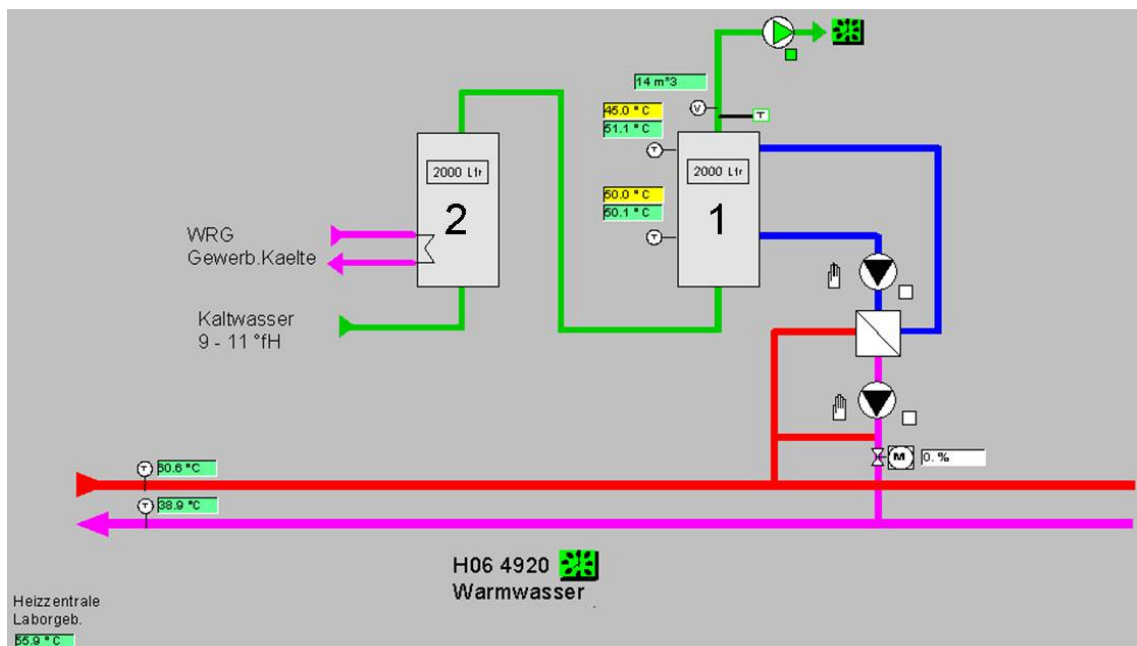


Fig. 4: Speicher für Brauchwarmwasser (BWW) im Bau 4 und thermische Energie-Anbindung an das Nahwärmenetz. Zwei in Serie geschaltete 2000l Speicher mit Wärmerückgewinnung aus den Kältemaschinen (Speicher 2). Die Energie zur Aufheizung des Wassers in Speicher 1 auf die Nutztemperatur von $T=50^{\circ}\text{C}$ bis $T=55^{\circ}\text{C}$ wird vom Nahwärmenetz geliefert.

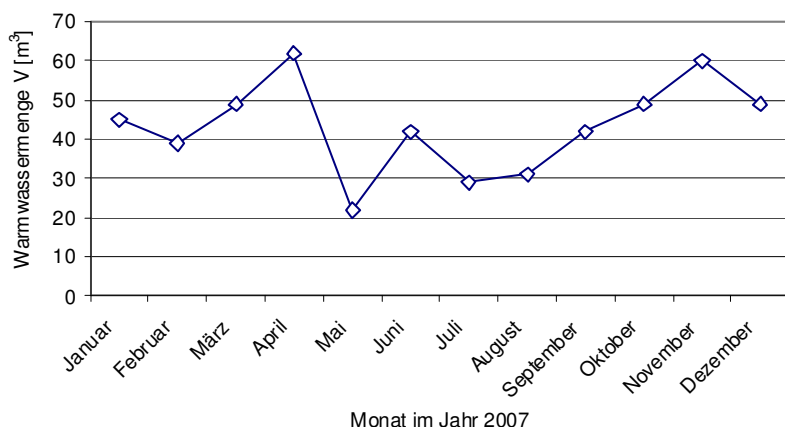


Fig. 5: Verbrauch von Warmwasser im Bau 4 der HSR während des Jahres 2007. Im Durchschnitt werden pro Monat 43m^3 Warmwasser verbraucht.

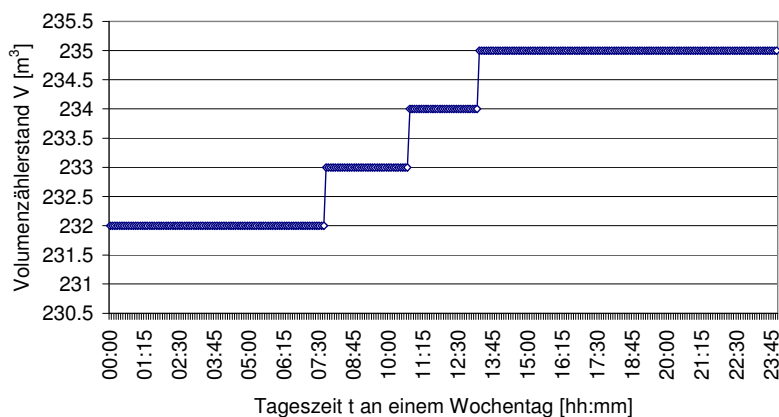


Fig. 6: Warmwasserverbrauch an einem Wochentag im Bau 4 – kumulierter Zählerstand. An diesem Messtag wurden 3m^3 Warmwasser verbraucht. Der durchschnittliche Warmwasserverbrauch pro Wochentag liegt im Bau 4 bei 2m^3 bis 3m^3 .

Die Fig. 5 und Fig. 6 zeigen das Verbrauchsprofil in Bau 4 über das Jahr 2007 bzw. über einen Wochentag. Der durchschnittliche Warmwasserverbrauch beträgt 2m^3 bis 3m^3 . Da die Mensa in Bau 4 der Hauptabnehmer des BWW ist und diese nur Wochentags betrieben wird, ist anzunehmen, dass der Mittelwert eher bei 3m^3 liegt.

Die Beladung des BWW-Speichers 1 über das Nahwärmenetz ist in Fig. 7 dargestellt. Die zentrale Steuerung öffnet um 6 Uhr das Rücklaufventil M (s. Fig. 4) und der Speicher wird auf über 50°C (T_{unten}) geladen. Durch den Warmwasserverbrauch sinkt im Laufe des Tages die Wassertemperatur im Speicher unter 45°C (T_{oben}) und dieser wird erneut mit Wärmeenergie aus dem Nahwärmenetz aufgeheizt. Die in der Zeit von 18 Uhr bis 22 Uhr sinkende Speichertemperatur wird durch die im Bau 4 vorhandene Warmwasserzirkulation verursacht.

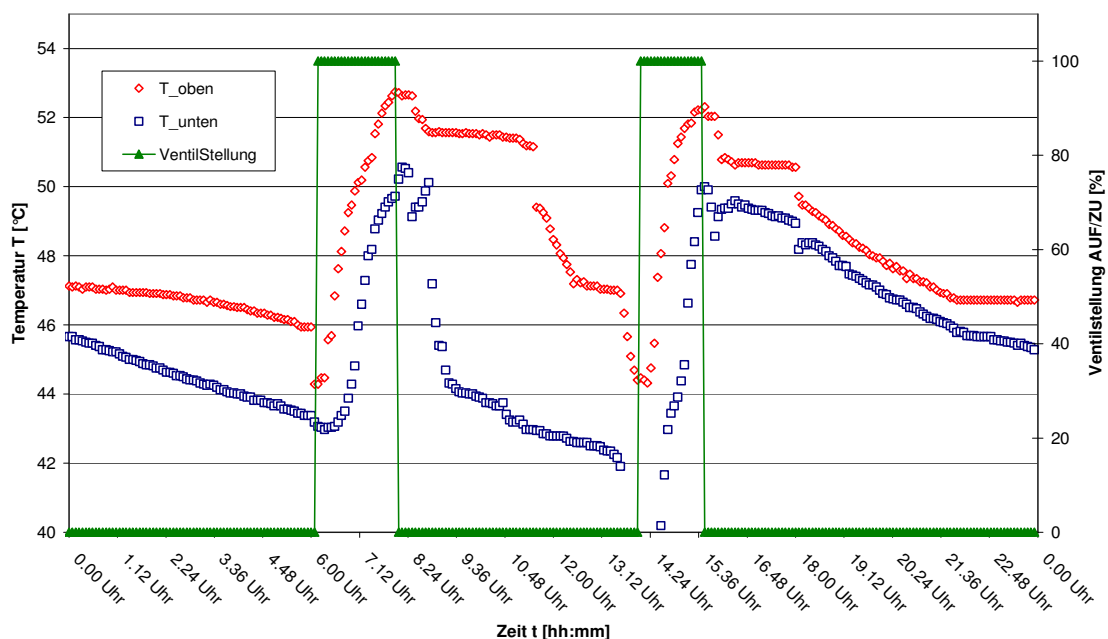


Fig. 7: Gemessener Temperaturverlauf $T_{\text{oben}}(t)$ und $T_{\text{unten}}(t)$ im Brauchwarmwasserspeicher 1 (BWW) im Bau 4 und Stellung des Ventils M zum Rücklauf, s. Fig. 4.

Bei Vorliegen weiterer Messdaten wird die aktuelle Programmierung der Regelung und Steuerung von Wärmequellen, Wärmesenken, Pumpen und Ventilen im Nahwärmenetz sichtbar. Eine Überprüfung oder gar Änderung der gewählten Einstellungen der geregelten Elemente wird dann möglich sein, um so den unnötigen Wärmeenergieverbrauch zu reduzieren.

Simulationsergebnisse - Temperaturverlauf im dezentralen BWW-Speicher 1

Das Kollektorfeld der Solaranlage auf dem Flachdach der Aula von Bau 4 kann je nach Kollektortyp eine Fläche von 34m^2 bis 40m^2 haben. Mit dieser geometrischen Begrenzung, dem lokalen Verbrauchsprofil und der geforderten Nutztemperatur sind erste Simulationen durchgeführt worden. Dazu wurde ein Teil des Systems wie es in Fig. 2 abgebildet ist in ein Polysun 4 Modell übertragen und der Solarertrag sowie in einem weiteren Modell der Temperaturverlauf im Brauchwarmwasserspeicher berechnet. Die Fig. 8 und Fig. 9 zeigen die Ergebnisse.

In den Monaten Mai, Juni, Juli und August kann die Solaranlage maximal ein Drittel der Wärmeleistung der Heizkessel des Nahwärmenetzes liefern. Hingegen kann der lokale Wärmebedarf zur Warmwasseraufbereitung in Bau 4 ohne weiteres gedeckt werden.

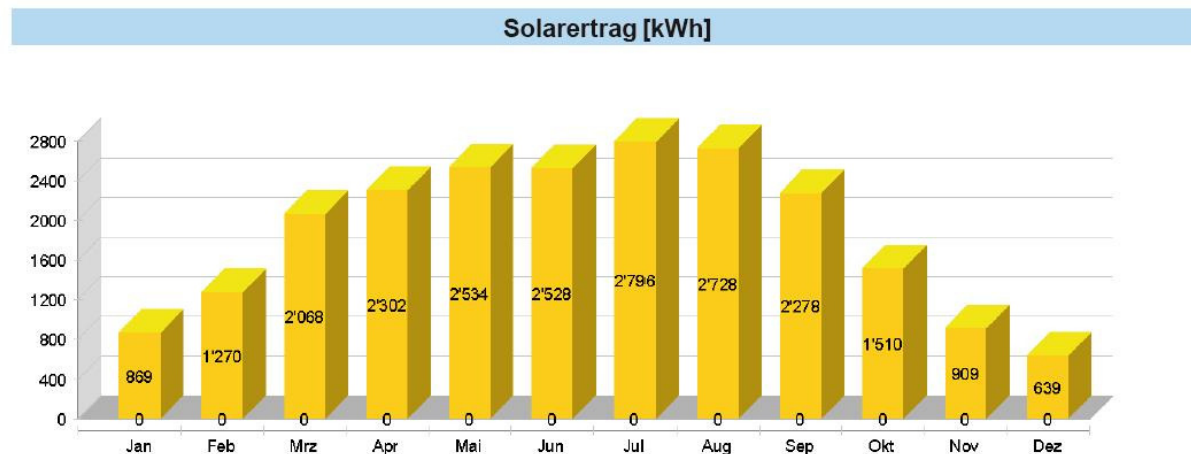


Fig. 8: Berechneter Ertrag aus einer Solaranlage mit 34m² Röhrenkollektoren. Die Kollektoren haben einen Anstellwinkel von 40° gegenüber der Horizontalen und sind 20° nach Osten orientiert.

Im Temperaturverlauf T(t) des Warmwassers in der obersten Schicht im Speicher des Poly-sun Modells ist eine qualitative Übereinstimmung mit den Messungen am BWW-Speicher 1 zu sehen, s. Fig. 7. Je nach Jahreszeit in der Simulation ist auch die Temperaturerhöhung fast identisch.

Kollektor-Anstellwinkel 50°, 10 Kollektoren mit Azimut 20°, 10 Kollektoren mit Azimut 0°

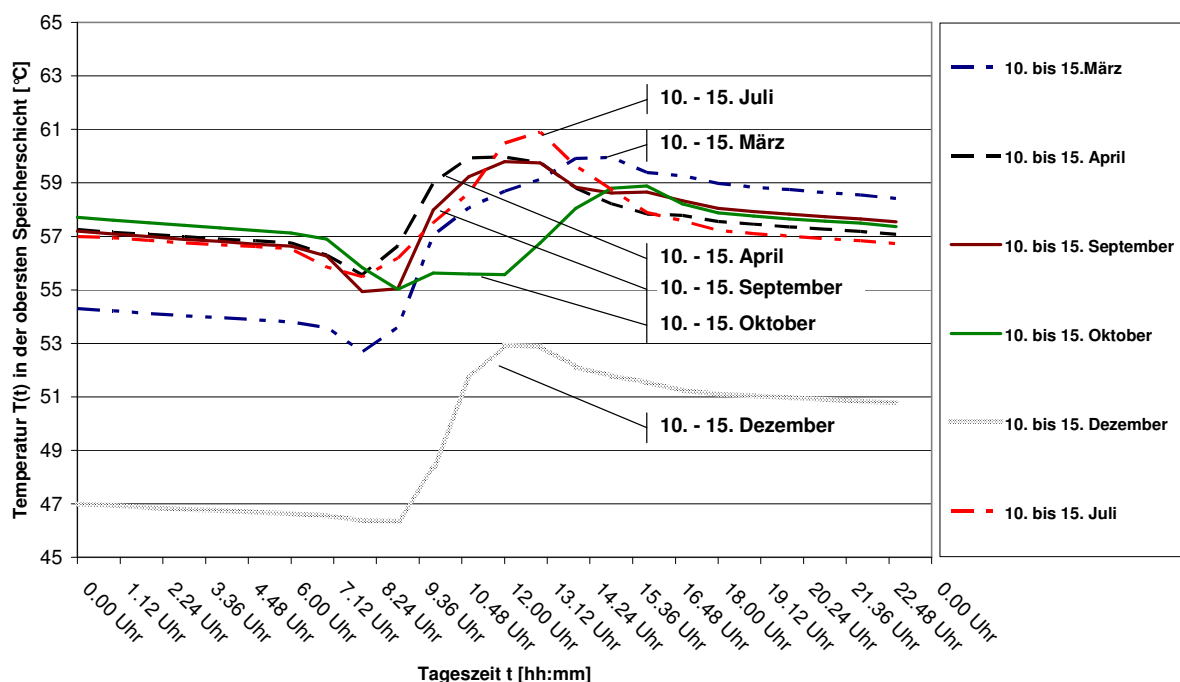


Fig. 9: Berechneter Temperaturverlauf in der obersten Schicht des Speichers 1 (BWW). Die Solaranlage wurde dazu mit zwei Kollektorfeldern unterschiedlicher Orientierung simuliert. Ein Teilfeld wurde auf Grund des Verbrauchsprofils (Fig. 7) um 20° nach Osten und das andere Teilfeld nach Süden orientiert. Beide Teilfelder haben einen Anstellwinkel von 50°.

Wichtige Ergebnisse aus der Literatur

Die Veröffentlichungen zu vergleichbaren Systemen im Retrofitbereich sind spärlich. Dieser Mangel ist auf die jeweils örtlich speziellen Gegebenheiten wie relative Anordnung der Verbraucher, Verbrauchsprofil und Temperaturniveau in Nahwärmenetzen zurückzuführen. Alle zur Verfügung stehenden Publikationen behandeln Neubau-Systeme [1, 2, 3]. Die Arbeiten auf diesem und in thematisch angrenzenden Gebieten wie grosse Solaranlagen werden weiterhin verfolgt.

Nationale und internationale Zusammenarbeit

Im Rahmen des Projektes besteht Kontakt zu möglichen nationalen und ausländischen Komponenten und Bauteillieferanten.

Bewertung 2008 und Ausblick 2009

Die auf dem Dach der Aula des Bau 4 der HSR geplante Solaranlage kann den Wärmebedarf auf dem HSR Campus auch in den Sommermonaten nicht decken, da auf der zur Verfügung stehenden Dachfläche ein Solarkollektorfeld mit maximal 40m² Platz hat. Hingegen ist die Deckung des Wärmebedarfs in Bau 4 in den Sommermonaten möglich. Durch Anpassung der geografischen Orientierung des Kollektorfeldes kann der Nutztemperaturverlauf bzw. der Solarertrag mit dem Wärmebedarf in Bau 4 abgeglichen werden. Bei reduziertem Warmwasserbedarf in Bau 4 kann die Solarwärme durch die zentralen Netzpumpen in die anderen Bauten der HSR transportiert werden.

Aus den geplanten Messungen am Nahwärmenetz werden die Verbrauchsprofile in den übrigen Gebäuden des HSR Campus ersichtlich. Daraus wird ablesbar, ob der Betriebsmodus III - Beladen der zentralen Pufferspeicher mit Solarenergie - je ins Spiel kommen kann. Eine Entscheidung zum Ausbau des Retrofitsystems für den Betriebsmodus III kann danach gefällt werden.

Die Entscheidung, welcher Kollektortyp für die Ausführung der Solaranlage gewählt wird, muss noch gefällt werden: Die daraus resultierende notwendige Anpassung der Baubewilligung ist in Planung.

Der zeitliche Aufbau der Solaranlage und deren Einbindung als Wärmequelle in das HSR Nahwärmenetz wird den Anforderungen der Betriebskontinuität auf dem HSR Campus angepasst.

Referenzen

- [1] **Solare Nahwärme.** Leitfaden für die Praxis. E. Hahne et al, Fachinformationszentrum Karlsruhe, BINE Informationsdienst, TÜV-Verlag Köln 1998.
- [2] **Solare Trinkwassererwärmung mit Grossanlagen.** F. A. Peuser , R. Croy, U. Rehrmann, H.-P. Wirth, Fachinformationszentrum Karlsruhe, BINE Informationsdienst, TÜV-Verlag Köln 1999.
- [3] **Energiewirtschaftliche Bewertung integrierter Nahwärmesysteme auf der Basis von solarer Wärme und Kraft-Wärme-Kopplung.** Entress Jörg, Dissertation, Eberhard-Karls-Universität zu Tübingen, 1997.