

Vermessung und Optimierung von Solar- und Wärmeübergabestationen eines solar unterstützten Nahwärmenetzes

J. Nußbicker¹⁾, D. Mangold²⁾, W. Heidemann¹⁾, H. Müller-Steinhagen^{1), 2), 3)}

¹⁾ Universität Stuttgart, Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik

Pfaffenwaldring 6, D-70550 Stuttgart

Tel.: 0711 / 685-3536; Fax: 0711 / 685-3503

E-mail: nussbick@itw.uni-stuttgart.de, Internet: www.itw.uni-stuttgart.de/sun

²⁾ Solar- und Wärmetechnik Stuttgart, ein Forschungsinstitut der Steinbeis-Stiftung

³⁾ DLR Stuttgart, Institut für Technische Thermodynamik

1. Einleitung

Mit der solar unterstützten Nahwärmeversorgung in Neckarsulm-Amorbach werden derzeit etwa 250 Wohneinheiten versorgt, siehe Bild 1. Die Wärmeversorgung erfolgte im Jahr 2003 zu 39 % solar. Der geplante solare Deckungsanteil am Gesamtwärmebedarf beträgt 50 %. Um einen hohen solaren Deckungsanteil zu erreichen, wird im Sommer überschüssige Wärme in einem Langzeit-Wärmespeicher bis zur Heizperiode gespeichert. Dieser ist als Erdsonden-Wärmespeicher ausgeführt, der die Wärme direkt im Erdreich speichert.

Eine Besonderheit des vorgestellten Nahwärmenetzes ist das 3-Leiter-Netz, bei dem der Solar- und der Wärmerücklauf in einer Leitung zusammengefasst sind.

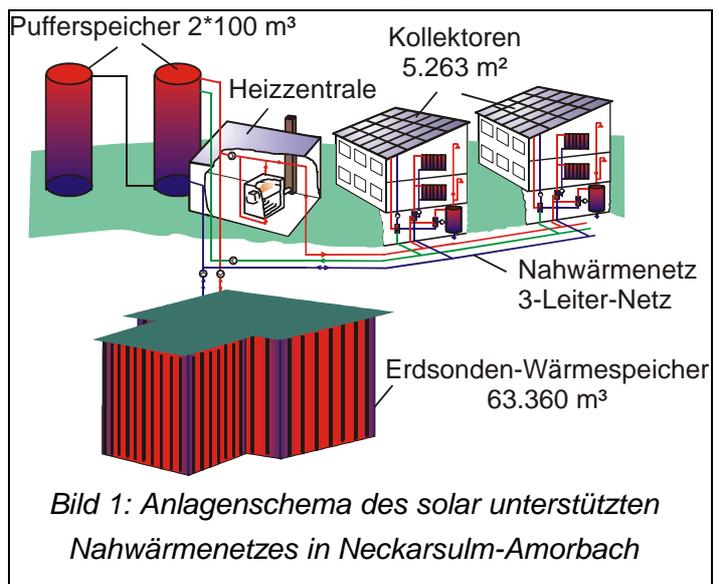


Bild 1: Anlagenschema des solar unterstützten Nahwärmenetzes in Neckarsulm-Amorbach

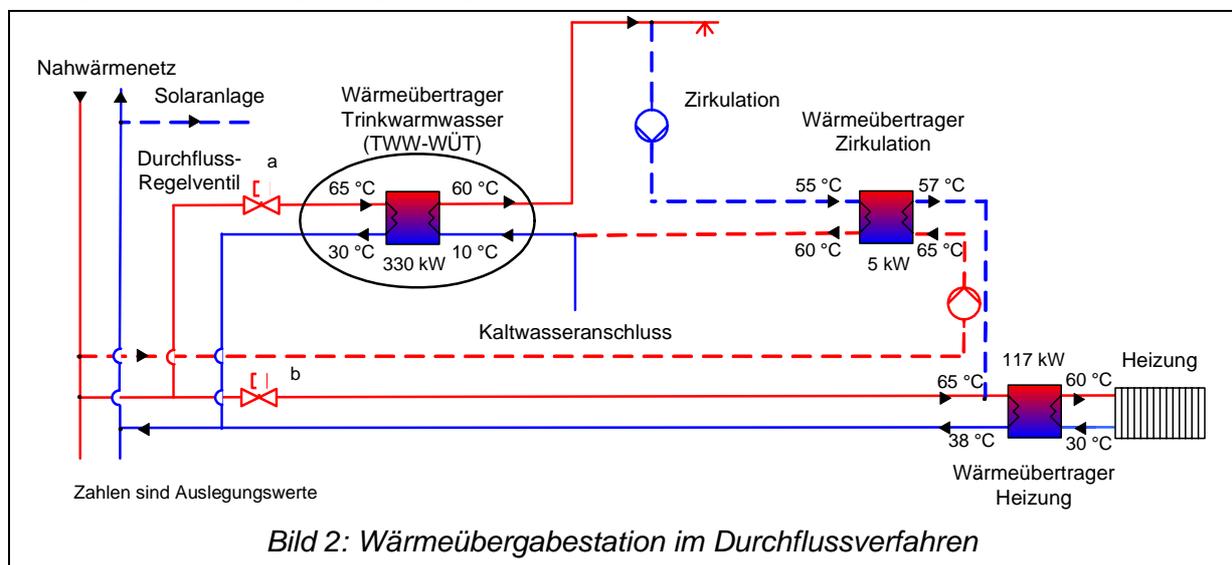
Der Wärmerücklauf aus den Gebäuden fließt somit direkt in das Kollektorfeld. Deshalb ist eine niedrige Netzzücklauftemperatur bei diesem System von entscheidender Bedeutung für den Solarertrag. Das 3-Leiter-Netz wurde realisiert, um eine Leitung und damit Kosten einzusparen. Außerdem ist der Anschluss weiterer Kollektorfelder vergleichsweise einfach.

Im Folgenden werden die Ergebnisse von Einzelvermessungen an drei Wärme- bzw. Solarübergabestationen vorgestellt.

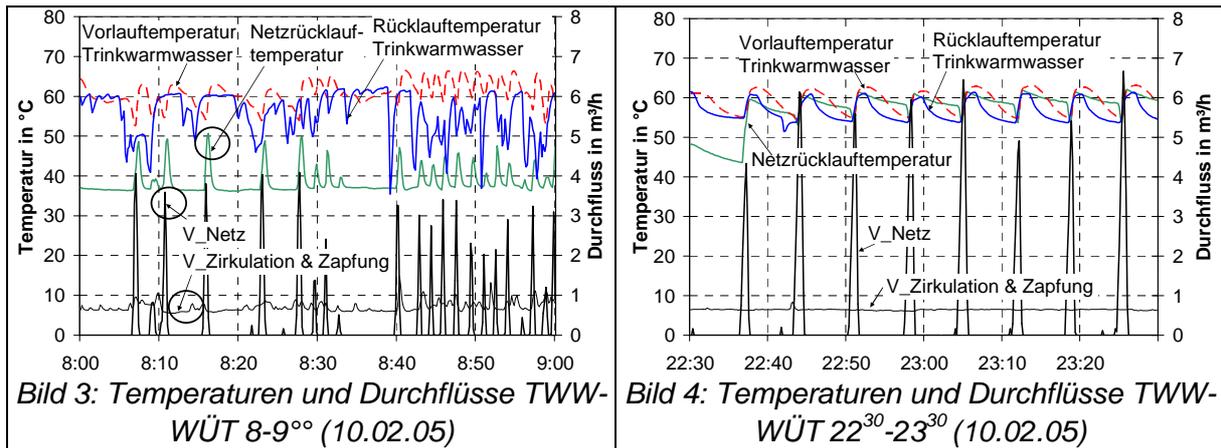
2. Wärmeübergabestationen

2.1 Durchflussverfahren

Die untersuchte Wärmeübergabestation versorgt ein Seniorenpflegeheim mit 75 Bewohnern. Die Trinkwarmwasserbereitung erfolgt im Durchflussverfahren, die Heizung ist mit einem Wärmeübertrager an das Nahwärmenetz angeschlossen, siehe Bild 2. Aus Komfortgründen und um einen sicheren Schutz vor Legionellen zu gewährleisten, wurde die Trinkwarmwasserbereitung mit Zirkulation realisiert. Die Zirkulation ist über einen separaten Wärmeübertrager in das System eingebunden. Der erwärmte gebäudeseitige Zirkulationsvorlauf wird in den Kaltwasseranschluss geführt, damit der Trinkwarmwasser-Wärmeübertrager (TWW-WÜT) nicht auskühlt. Der netzseitige Zirkulationsrücklauf wird zur weiteren Abkühlung in den Heizungsvorlauf geführt. Die Regelung erfolgt mit Durchfluss-Regelventilen im Netzvorlauf.



In Bild 3 ist zu erkennen, dass das Regelventil a (V_{Netz}) mehrfach pro Stunde öffnet. Durch die Trägheit des Regelventils wird ein netzseitiger Durchfluss von bis zu $4 \text{ m}^3/\text{h}$ erreicht. Der gebäudeseitige Durchfluss ($V_{\text{Zirkulation \& Zapfung}}$) beträgt jedoch im Tagesverlauf zwischen $0,6 \text{ m}^3/\text{h}$ (nur Zirkulation) und ca. $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$ (Zirkulation & Zapfung). Die netzseitige Rücklauftemperatur am TWW-WÜT betrug während der Messungen (Aug. 04 - Feb. 05) bei geöffnetem Regelventil $\sim 45\text{-}55 \text{ }^\circ\text{C}$. Dadurch stieg auch die Netzzücklauftemperatur, die bei geschlossenem Trinkwasser-Regelventil aufgrund der Heizung ca. $35 \text{ }^\circ\text{C}$ beträgt, kurzzeitig auf $45\text{-}55 \text{ }^\circ\text{C}$. Dieses Wasser fließt direkt zur Solaranlage. In den Sommermonaten 2004 waren die Temperaturspitzen noch höher, sodass mehrmals die Stagnations-Ausschaltbedingungen erreicht wurden. Dies bedeutet deutliche Ertragseinbußen für die Solaranlage, da die Wiederinbetriebnahme nach einer Stagnation erst nach 8 Stunden erfolgen kann.

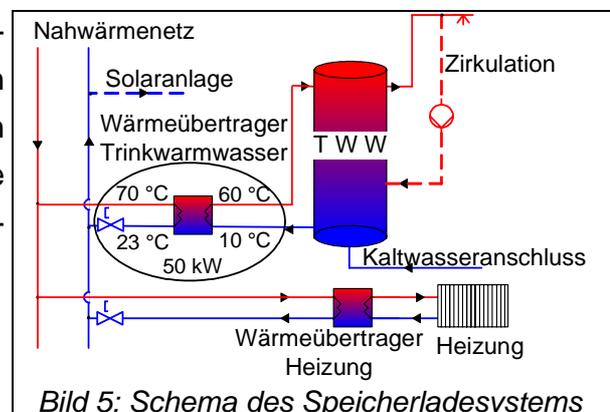


In Bild 4 ist zu erkennen, dass das Regelventil a (V_Netz) in den Nachtstunden in regelmäßigen Abständen von etwa fünf Minuten öffnet und schließt. Von 22³⁰-2³⁰ ist die Nachtabenkung der Heizung aktiv. In dieser Zeit fließt, da es keinen Durchfluss durch den Heizungswärmeübertrager gibt, der netzseitige Zirkulationsrücklauf in den Netzvorlauf zurück und von dort wieder zum Zirkulationswärmeübertrager. Da keine Zapfungen erfolgen und demzufolge kein Wasser nachströmt, kühlt das Wasser im Netzvorlauf langsam ab. Die Regelung versucht, die Zirkulationsverluste im Trinkwarmwassernetz zu kompensieren, indem sie das Regelventil a öffnet. Dieses schließt jedoch gleich wieder, da durch den relativ hohen Durchfluss die Sollvorlauftemperatur sehr schnell erreicht wird. Nach wenigen Minuten ist die Sollvorlauftemperatur jedoch wieder unterschritten, sodass das Regelventil wieder öffnet.

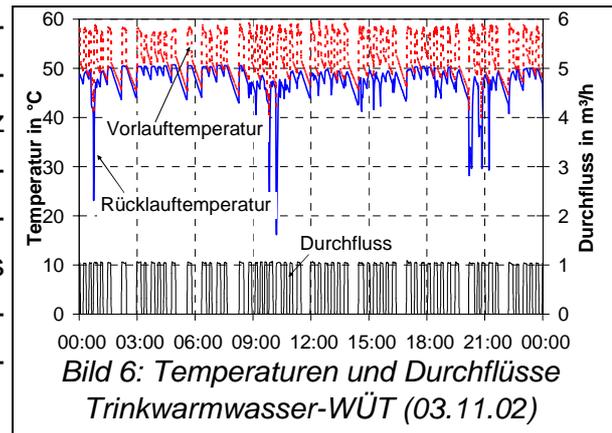
Um die Wärmeübergabestation zu optimieren, sollten die Regelparameter des Regelventils angepasst werden, sodass die Temperaturspitzen minimiert werden. Außerdem sollte eine Rückschlagklappe in den Netzvorlauf (Heizung) eingebaut werden, um ein Zurückfließen des netzseitigen Zirkulationsrücklaufs in den Netzvorlauf zu unterbinden.

2.2 Speicherladesystem

Die Wärmeübergabestation mit Speicherladesystem, siehe Bild 5, versorgt ein Ladenzentrum mit diversen Geschäften und 35 Wohneinheiten mit Wärme. Die Zirkulation ist in den Trinkwarmwasserspeicher (TWW, 800 l) eingebunden.



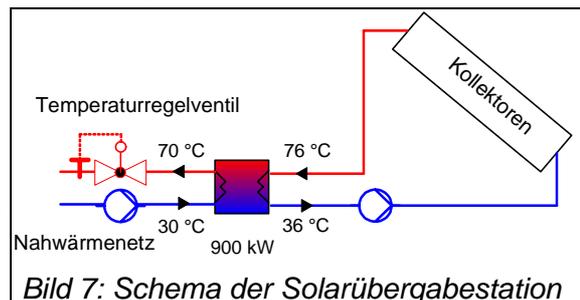
In Bild 6 ist zu erkennen, dass der Trinkwarmwasserspeicher sehr häufig nachgeladen werden muss (Durchfluss). Trotz häufigen Nachladens sinkt die Vorlauftemperatur zeitweise unter die Sollvorlauftemperatur von 60 °C. Der Einbau eines größeren TWW-Speichers ist aus Komfortgründen und zur Einhaltung der Trinkwasserverordnung 2001 empfehlenswert.



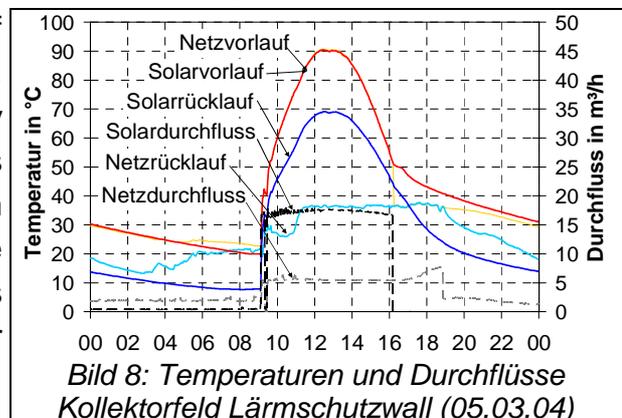
Diese Maßnahme sollte auch zu einer Verringerung der Rücklauftemperatur und damit zu einem höheren Solarertrag des Kollektorfeldes führen.

3. Solarübergabestationen

Es wurde die Solarübergabestation, siehe Bild 7, eines 1.109 m²_{Apertur} Kollektorfeldes (Lärmschutzwall) untersucht. Das Kollektorfeld besteht aus Arcon HTU-Kollektoren mit NIOX-Absorber und einer Aperturfläche von je 12,6 m². Die Kollektoren sind mit einer Neigung von 30 ° in südwestlicher Richtung aufgeständert. Der Durchfluss auf der Netzseite wird geregelt, sodass die Netzvorlauftemperatur mindestens 65-70 °C beträgt. Diese Regelung dient dazu, möglichst schnell mindestens die Netzvorlauftemperatur zu erreichen. Der solarseitige Durchfluss wird nicht geregelt.

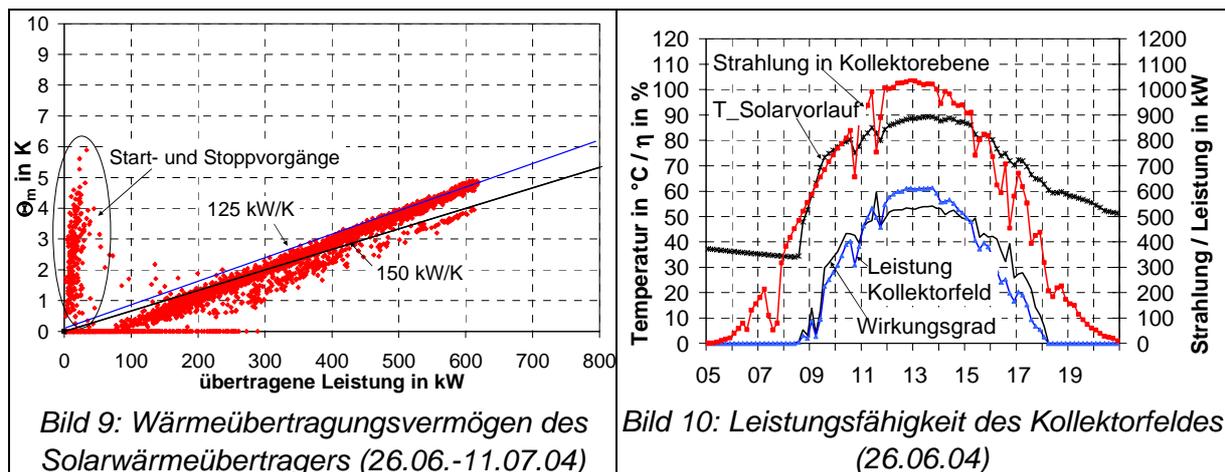


Die ersten Auswertungen, siehe Bild 8, haben ergeben, dass der Netzdurchfluss viel zu niedrig und damit die Solarvorlauf- gleich der Netzvorlauftemperatur war. Dadurch wurden bereits Anfang März Vorlauftemperaturen von 90 °C erreicht. Ursache war ein defektes Temperaturregelventil. Dieses wurde Anfang Juni 2004 ersetzt. Seither funktioniert die Regelung besser, bedarf jedoch noch weiterer Optimierungen. Zum Beispiel reagiert die Regelung relativ träge, sodass der netzseitige Durchfluss nahezu konstant ist. Es wurde außerdem festgestellt, dass an einigen Tagen die Solarpumpe erst ausgeschaltet hat, als die Solarrücklauftemperatur bereits größer als die Solarvorlauftemperatur war.



Um die Leistungsfähigkeit des Solarwärmeübertragers zu bestimmen, wurden die mittleren logarithmischen Temperaturdifferenzen über der Leistung aufgetragen, siehe Bild 9. Die erreichte Leistung ist mit 125 kW/K geringer als die Auslegungsleistung von 150 kW/K. Zu erkennen sind außerdem die Start- und Stoppvorgänge an der geringen Leistung bei einer hohen Temperaturdifferenz. Eine ca. 10-15 % geringere Wärmeübertragungsleistung als nach Auslegung wurde bei allen vermessenen Solarwärmeübertragern beobachtet. Es ist deshalb eine nicht zu knappe Auslegung zu empfehlen und auf eine geringe Grädigkeit ($< 3 \text{ K}$) zu achten.

Die Ermittlung der Leistungsfähigkeit des Kollektorfeldes ergab im stationären Zustand einen aus Messwerten berechneten Wirkungsgrad von ca. 50 % und eine Maximalleistung von 600 kW, siehe Bild 10. Das Kollektorfeld erreicht damit die unter den gegebenen Randbedingungen theoretisch erreichbare Leistung. Verbesserungen sind durch eine Senkung der Netzurücklauftemperatur, die im Sommer über $50 \text{ }^\circ\text{C}$ lag, zu erreichen. Dies würde auch die Stagnationsgefahr verringern.



4. Zusammenfassung

Die Untersuchung der Wärme- und Solarübergabestationen hat ergeben, dass die für den Kollektor ertrag entscheidenden niedrigen Netzurücklauftemperaturen aus verschiedenen Gründen (Regelung, Auslegung, Defekte) nur selten erreicht werden. Aufgrund der Vielzahl der festgestellten Betriebsstörungen ist eine regelmäßige Überprüfung des Betriebes und der Erträge bzw. Wärmemengen empfehlenswert.

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) gefördert. Die Autoren danken für die Unterstützung. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.