

## Die solar unterstützte Nahwärmeversorgung in Crailsheim

S. Raab<sup>1)</sup>, D. Mangold<sup>2)</sup>, W. Heidemann<sup>1)</sup>, H. Müller-Steinhagen<sup>1), 2), 3)</sup>

<sup>1)</sup> Universität Stuttgart, Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik

Pfaffenwaldring 6, D-70550 Stuttgart

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

E-mail: [raab@itw.uni-stuttgart.de](mailto:raab@itw.uni-stuttgart.de), Internet: [www.itw.uni-stuttgart.de/sun](http://www.itw.uni-stuttgart.de/sun)

<sup>2)</sup> Solar- und Wärmetechnik Stuttgart, ein Forschungsinstitut der Steinbeis-Stiftung

<sup>3)</sup> DLR Stuttgart, Institut für Technische Thermodynamik

### 1. Einleitung

In Crailsheim entsteht auf einem früheren Militärgelände das Neubaugebiet ‚Hirtenwiesen II‘. Die Wärmeversorgung wird über eine solar unterstützte Nahwärmeversorgung mit Langzeit-Wärmespeicher sichergestellt. Der solare Deckungsanteil soll 50 % bezogen auf den Gesamtwärmebedarf betragen. Im Rahmen der von der Bundesregierung initiierten Innovationsagenda wurde im Dezember 2004 das Projekt in Crailsheim vom Impulskreis Energie als eines von vier innovativen ‚Leuchtturmprojekten‘ und einziges auf dem Gebiet der erneuerbaren Energien ausgewählt.

### 2. Lage und Besonderheiten des Nahwärmenetzes

Basierend auf dem Bebauungsplan der Stadt Crailsheim werden ca. 260 Wohneinheiten überwiegend in Einfamilien- und Reihenhäusern errichtet. Ein neues Gymnasium und eine neue Sporthalle sind bereits an die Wärmeversorgung angeschlossen. Der Gesamtwärmebedarf wurde durch dynamische Lastsimulationen mit dem Simulationsprogramm TRNSYS zu 4 100 MWh/a ermittelt. Davon entfallen 18 % auf Wärmeverluste im Nahwärmenetz, 12 % auf die Trinkwarmwasserbereitung und 70 % auf die Raumheizung der Gebäude. Der zugrunde liegende Heizwärmebedarf für eine typische Doppelhaushälfte beträgt 75 kWh/(m<sup>2</sup> a), für ein Mehrfamilienhaus 64 kWh/(m<sup>2</sup> a). Der relativ hohe Anteil der Raumheizung am Gesamtwärmebedarf ist auf die im Vergleich zu anderen Regionen in Deutschland große durchschnittliche Wohnfläche von 170 m<sup>2</sup> in einem Einfamilienhaus in Crailsheim zurückzuführen. Die Trinkwassererwärmung in den Wohngebäuden erfolgt im Durchflussprinzip. Die Vorlauftemperatur des Nahwärmenetzes beträgt durchschnittlich 65 °C, die Rücklauftemperatur 35 °C. Die Realisierung eines weiteren Bauabschnitts (Zeithorizont und Bebauungsstruktur) ist noch nicht absehbar und stark von der zukünftigen Marktsi-

tuation abhängig, so dass sie deshalb nicht weiter berücksichtigt wird. In Bild 1 ist ein Modell des Baugebietes ‚Hirtenwiesen II‘ dargestellt. Aufgrund der Entfernung zwischen den Kollektoren am Lärmschutzwall und den Kollektoren auf den CBE-Gebäuden, Gymnasium und Sporthalle sowie aufgrund der städtebaulichen Vorgaben wird der Langzeit-Wärmespeicher (bestehend aus Pufferspeicher, Erdsonden-Wärmespeicher und Wärmepumpe) am Lärmschutzwall sowie ein Kurzzeit-Wärmespeicher in der Nähe der übrigen Kollektoren errichtet. Die Entfernung der beiden Pufferspeicher zueinander beträgt ca. 300 m. Am Lärmschutzwall und an der Sporthalle befindet sich deshalb jeweils eine Heizzentrale.

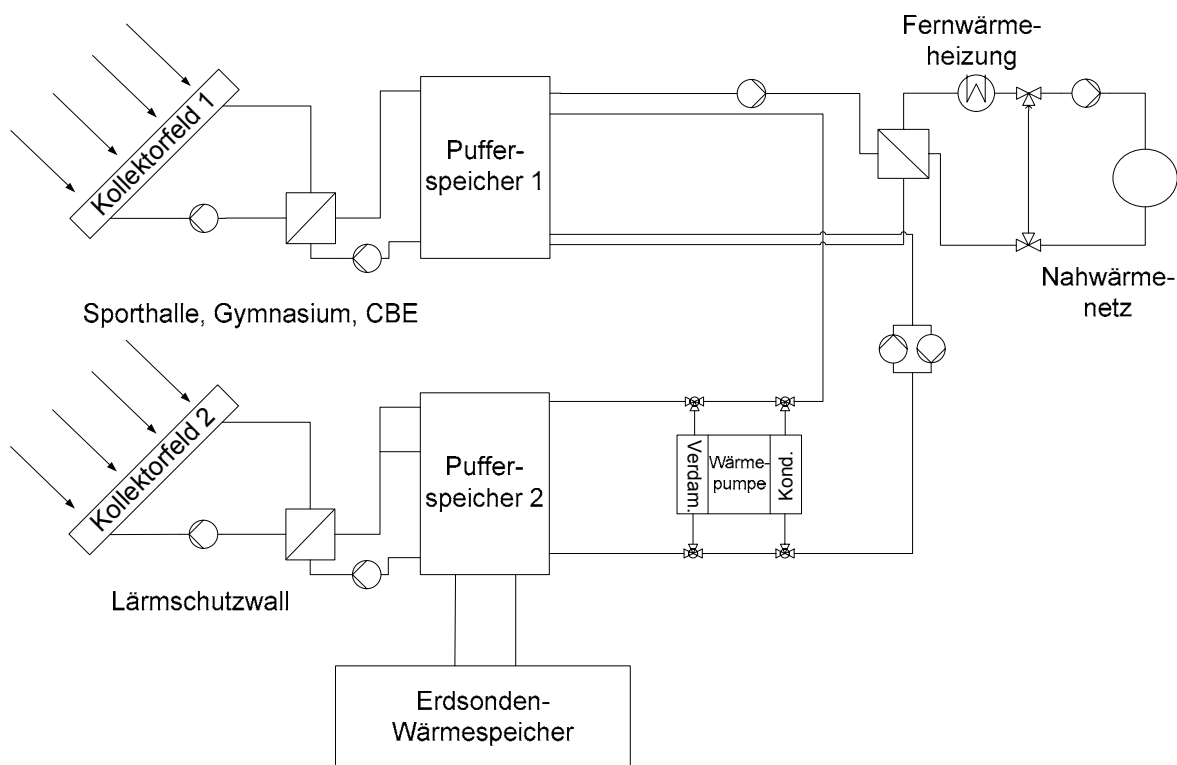


**Bild 1: Modell der Lage des Neubaugebietes ‚Hirtenwiesen II‘ [Modell: Stadt Crailsheim] (helle Gebäude: Bestand; dunkle Gebäude: Neubauten)**

### 3. Aufbau und Funktionsweise des Systems

In Bild 2 ist ein vereinfachtes Anlagenschema der solar unterstützten Nahwärmeversorgung dargestellt. Fünf Mehrfamiliengebäude der Crailsheimer Bau- und Entwicklungsgesellschaft (CBE) werden im Zuge von Sanierungsmaßnahmen mit Kollektorflächen auf den nach Süden ausgerichteten Dächern (Dachneigung  $30^\circ$  gegenüber der Horizontalen) ausgerüstet (1. Haus:  $400 \text{ m}^2$  Apertur im Jahr 2004). Gymnasium und Sporthalle sind bereits mit Kollektorflächen von  $530$  bzw.  $220 \text{ m}^2$  ausgestattet. Die Kollektoren auf den Dächern von Sporthalle, Gymnasium und CBE-Gebäuden liefern ihre Wärme an den Pufferspeicher 1 mit  $100 \text{ m}^3$  Volumen. Auf der Südseite eines Lärmschutzwalls (Neigung  $30^\circ$  gegenüber der Horizontalen), der das Neubaugebiet von einem nahe gelegenen Gewerbegebiet trennt, werden weitere  $5\,000 \text{ m}^2$  Kollektorfläche installiert, integriert in ein ökologisches Gesamtkonzept. Diese Kollektorfläche liefert die gewonnene Wärme an einen weiteren Pufferspeicher

2 mit einem Volumen von 450 m<sup>3</sup>. Von dort wird die Solarwärme bei einem Überangebot vorwiegend im Sommer in den Erdsonden-Wärmespeicher eingebracht. Der Pufferspeicher 2 ist notwendig, da die Leistung des Kollektorfeldes am Lärmschutzwall aufgrund des beschränkten Wärmeübertragungsvermögens des Erdsonden-Wärmespeichers nicht zeitgleich in diesen eingebracht werden kann. Der Erdsonden-Wärmespeicher besteht aus 75 Erdwärmesonden mit einer Tiefe von je 60 m. Die Doppel-U-Rohrsonden werden in einem Abstand von 3,0 m zueinander abgeteuft. Das Gesamtvolumen des Erdsonden-Wärmespeichers beträgt 40 500 m<sup>3</sup>. Bei hohem Wärmebedarf im Nahwärmenetz wird Wärme vom Erdsonden-Wärmespeicher an den Pufferspeicher 2 und von dort an den Pufferspeicher 1 transferiert. Sinkt die Temperatur des Pufferspeichers 2 unter eine Temperatur von 50 °C, kommt zur weiteren Entladung eine Wärmepumpe zum Einsatz. Die berechnete Jahresarbeitszahl der elektrisch angetriebenen Wärmepumpe (COP) beträgt 4,7. Als Wärmequelle dient hierbei der Pufferspeicher 2, als Wärmesenke der Pufferspeicher 1. Die Wärmepumpe kühlt den Pufferspeicher 2 auf Temperaturen bis ca. 10 °C ab.



**Bild 2: Vereinfachtes Anlagenschema der solar unterstützten Nahwärmeversorgung Crailsheim (direkte Nutzung der Solarenergie unter Umgehung der Pufferspeicher nicht dargestellt)**

Durch die niedrigen Temperaturen im Pufferspeicher 2 kann der Erdsonden-Wärmespeicher auf Temperaturen von ca. 20 °C abgekühlt werden. Durch das gegenüber

einem Betrieb ohne Wärmepumpe abgesenkte Temperaturniveau in Erdsonden-Wärmespeicher und Pufferspeicher 2 beträgt der solare Ertrag des Kollektorfeldes am Lärmschutzwall (inkl. Wärmeverluste durch die Kollektorverbindungsleitungen zum Pufferspeicher 2) ca. 380 kWh/(m<sup>2</sup> a). Vom Pufferspeicher 1 wird die Wärme an das Nahwärmenetz abgegeben. Bei Bedarf wird mit Fernwärme von einem nahe gelegenen Heizwerk das Erreichen der notwendigen Netzvorlauftemperatur sichergestellt. In Tabelle 1 sind die Eckdaten zur solar unterstützten Nahwärmeversorgung zusammengefasst.

Im Vergleich zu einer solar unterstützten Nahwärmeversorgung ohne Wärmepumpe sind bei der geplanten Anlage der Erdsonden-Wärmespeicher um 40 %, der Pufferspeicher 2 und die Kollektorfläche auf dem Lärmschutzwall um 33 % geringer dimensioniert. Demgegenüber stehen die Investitions-, Betriebs- und Wartungskosten der Wärmepumpe.

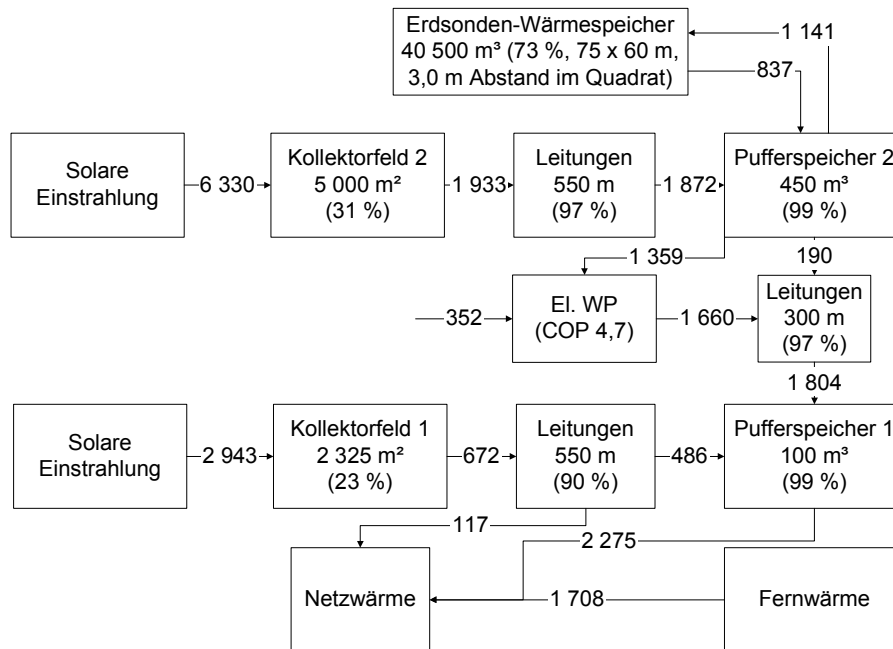
**Tabelle 1: Eckdaten der geplanten solar unterstützten Nahwärmeversorgung**

Kollektorfläche 1 (CBE, Gymnasium, Sporthalle)	[m <sup>2</sup> ]	2 325
Kollektorfläche 2 (Lärmschutzwall)	[m <sup>2</sup> ]	5 000
Volumen des Pufferspeichers 1 (Kurzzeit-Wärmespeicher)	[m <sup>3</sup> ]	100
Volumen des Pufferspeichers 2 (Kurzzeit-Wärmespeicher)	[m <sup>3</sup> ]	450
Volumen des Erdsonden-Wärmespeichers (Langzeit-Wärmespeicher) bestehend aus 75 Doppel-U-Rohrsonden (Tiefe 60 m)	[m <sup>3</sup> ]	40 500
maximale Kondensatorleistung der Wärmepumpe	[kW]	750
maximale Leistung des Nahwärmenetzes	[kW]	2 900
jährlicher Wärmebedarf des Nahwärmenetzes	[MWh/a]	4 100
solarer Deckungsanteil (endenergetisch)	[%]	50
solare Wärmekosten (inkl. Planung und 16 % MWSt., ohne Förderung)	[Ct./kWh]	21

#### 4. Auslegung und Energiebilanz

Neben der oben dargestellten Kombination aus Erdsonden-Wärmespeicher, Heißwasser-Wärmespeicher und Wärmepumpe zur saisonalen Wärmespeicherung wurden weitere Möglichkeiten zur hydraulischen Einbindung der Wärmepumpe untersucht (z. B. zwischen Erdsonden-Wärmespeicher und Pufferspeicher 2). Die verschiedenen Varianten wurden in einer ausführlichen Simulationsstudie mit dem dynamischen Simulationsprogramm TRNSYS untersucht. Die gewählte Variante führte zur höchsten Effizienz der Anlage und damit zu den niedrigsten solaren Wärmekosten. In Bild 3 ist das Prozessdiagramm der solar unterstützten Nahwärmeversorgung mit den jährlichen Nutzungsgraden der einzelnen Prozesse dargestellt. Zur Auslegung kommt der Wetterdatensatz ‚Franken‘ zum Einsatz (Raab, 2004). Aufgrund des Wärmepumpeneinsatzes kann der Erdsonden-Wärmespeicher auf Temperaturen bis ca. 20 °C entladen werden und erreicht einen jährlichen Nutzungsgrad von 73 %. Die

Nutzungsgrade der Pufferspeicher liegen aufgrund hoher Zykluszahlen bei 99 %. Durch die Wärmepumpenintegration und damit durch relativ niedrige Rücklauftemperaturen zum Kollektorfeld 2 ist der Nutzungsgrad mit 31 % deutlich höher als für Kollektorfeld 1 (23 %).



**Bild 3: Prozessdiagramm der solar unterstützten Nahwärmeversorgung Crailsheim (Einheit der Zahlen auf den Pfeilen: MWh/a; Prozentzahl: jährlicher Nutzungsgrad)**

## 6. Ausblick

Die solar unterstützte Nahwärmeversorgung in Crailsheim wird von 2005 bis Mitte 2006 um einen weiteren Pufferspeicher sowie Kollektorflächen auf einem CBE-Gebäude und auf dem Lärmschutzwall erweitert. Im Jahr 2007 werden – abhängig von der Wärmeabnahme des Neu-

baugebietes – der Erdsonden-Wärmespeicher und eine Wärmepumpe hinzukommen, um die solare Wärme mit hohen Nutzungsgraden saisonal zu speichern. Derzeit wird die Integration einer verbrennungsmotorisch direkt angetriebenen Wärmepumpe untersucht, um eine gegenüber einer elektrisch angetriebenen Wärmepumpe höhere Primärenergieeinsparung zu erzielen.

## 7. Literatur

(Raab, 2004) Raab, S.; Mangold, D.; Heidemann, W.; Müller-Steinhagen, H.; 2004: Einfluss des Klimas auf die Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit solar unterstützter Nahwärmesysteme. 14. Symposium Thermische Solarenergie, Kloster Banz, 12. – 14. Mai.

*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.*