
SOLAR UNTERSTÜTZTE NAHWÄRMEVERSORGUNG IN CRAILSHEIM

D. Bauer¹⁾, W. Heidemann¹⁾, H. Müller-Steinhagen^{1), 2)}

¹⁾ Universität Stuttgart, Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik

Pfaffenwaldring 6, D-70550 Stuttgart

Tel.: 0049-711-685-69445, Fax: 0049-711-685-63503

E-mail: bauer@itw.uni-stuttgart.de

²⁾ DLR Stuttgart, Institut für Technische Thermodynamik

1 Einleitung

Durch die Fortsetzung des deutschen Energieforschungsprogramms Solarthermie-2000 unter dem Namen Solarthermie2000plus [1] durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) wurde die Möglichkeit geschaffen, weitere Pilotanlagen der solar unterstützten Nahwärmeversorgung mit saisonaler Wärmespeicherung zu realisieren und wissenschaftlich zu begleiten. Im Dezember 2004 wurde im Rahmen der von der Bundesregierung initiierten Innovationsagenda das Projekt in Crailsheim vom Impulskreis Energie als eines von vier innovativen ‚Leuchtturmprojekten‘ ausgewählt. Es ist das einzige auf dem Gebiet der erneuerbaren Energien.

2 Lage und Eigenschaften des Nahwärmenetzes

Auf einem ehemaligen Militärgelände entsteht in Crailsheim das Neubaugebiet ‚Hirtenwiesen II‘. Neben einem schon errichteten Gymnasium und einer Sporthalle sollen dort nach dem Bebauungsplan der Stadt Crailsheim etwa 260 Wohneinheiten – überwiegend Einfamilien- und Reihenhäuser – gebaut und über ein Nahwärmenetz mit Wärme zur Heizung und Trinkwarmwasserbereitung versorgt werden. Die Trinkwassererwärmung in den Wohngebäuden erfolgt im Durchflussprinzip. Die Vorlauftemperatur des Nahwärmenetzes soll nach Fertigstellung des Baugebietes bei 65°C liegen, die durchschnittliche Rücklauftemperatur bei 35°C. Der zu erwartende Gesamtwärmebedarf des Nahwärmenetzes beträgt 4100 MWh/a [2], [3] und soll zu 50% solar gedeckt werden.

In Abbildung 1 ist ein Modell des Baugebietes dargestellt. Die fünf Mehrfamiliengebäude der Crailsheimer Bau- und Entwicklungsgesellschaft (CBE) auf der linken Seite, ehemalige Kasernengebäude, werden zurzeit Stück für Stück renoviert und mit jeweils 400m² großen Kollektorfeldern eingedeckt. Für den ersten Bauabschnitt der Hirtenwiesen II existiert ein Bebauungsplan, viele Häuser wurden bereits errichtet. Der zwischen dem ersten Bauabschnitt und den CBE-Gebäuden liegende zweite Bauabschnitt ist bisher nur als städtebaulicher Entwurf vorhanden.

Im Süden wird das Neubaugebiet durch einen zweigeteilten Lärmschutzwall begrenzt, der das Wohngebiet von einem Gewerbegebiet trennt und das Abbruchmaterial der Kasernengebäude aufnimmt. Hier wird der Großteil der Kollektorfläche installiert werden. Der Lärmschutzwall bildet zusammen mit der angrenzenden Grünfläche das zukünftige Naherholungsgebiet der Hirtenwiesen. Nördlich des Walls befindet sich die vorgesehene Fläche für den Erdsonden-Wärmespeicher. Aufgrund der großen Entfernung zwischen den Kollektorfeldern auf den CBE-Gebäuden und denen auf dem Lärmschutzwall verfügt die Solaranlage über zwei Pufferspeicher und Heizzentralen, eine in der Sporthalle und eine am Lärmschutzwall.

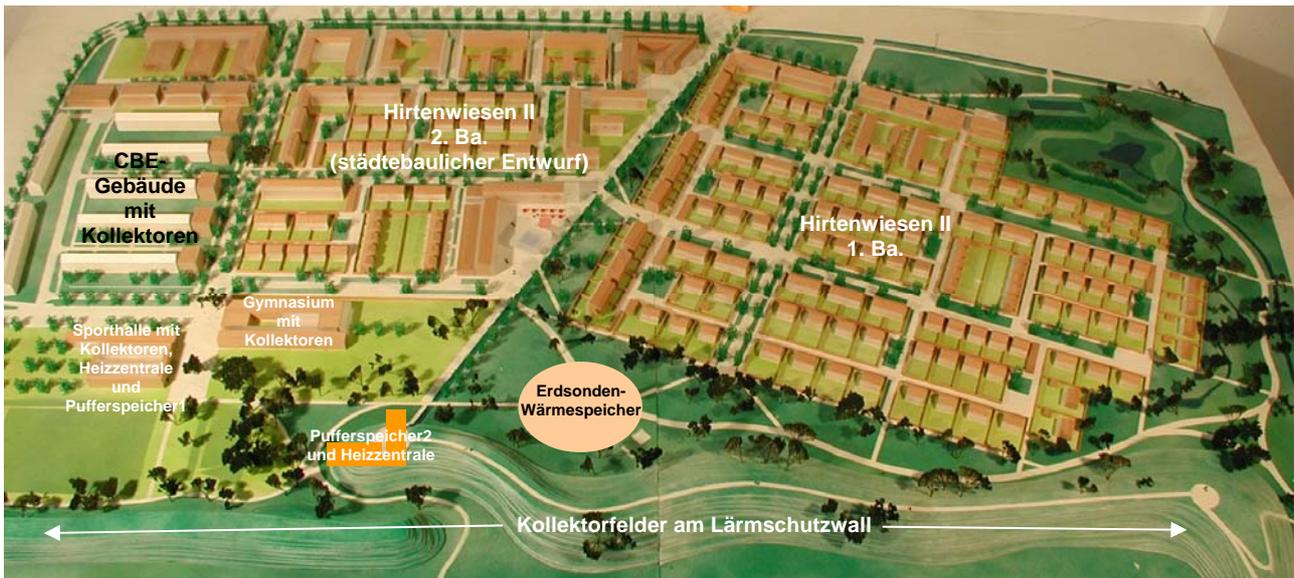


Abbildung 1: Siedlungsmodell des Baugebietes [Modell: Stadt Crailsheim]

3 Funktionsprinzip und Auslegungsdaten der Solaranlage

Die Solaranlage besteht aus zwei Teilen:

- Der erste Anlagenteil besteht aus Kollektorfeldern auf den CBE-Gebäuden mit jeweils 400 m^2 , weiteren Kollektorfeldern auf dem Gymnasium und der Sporthalle (530 bzw. 220 m^2), dem 100 m^3 großen Pufferspeicher 1 und einer Heizzentrale, über welche die Solaranlage an das Nahwärmenetz angeschlossen ist.
- Der zweite Anlagenteil ist ein rein saisonal betriebener Anlagenteil mit etwa 5000 m^2 Kollektorfläche auf dem Lärmschutzwall, dem Erdsonden-Wärmespeicher, dem Pufferspeicher 2 mit 480 m^3 Inhalt und einer separaten Heizzentrale.

Die beiden Anlagenteile sind durch eine ca. 300 m lange Leitung miteinander verbunden. Abbildung 2 zeigt die Verschaltung der Komponenten.

Die Kollektorflächen auf dem Wall dienen der Beladung des Erdsonden-Wärmespeichers. Die maximale Beladeleistung des Erdsonden-Wärmespeichers liegt deutlich unter der maximalen Wärmeleistung der Kollektoren, so dass diese nicht zeitgleich eingebracht werden kann. Durch den Pufferspeicher 2 kann die hohe Kollektorleistung am Tag aufgenommen und über 24 Stunden verteilt an den Erdsonden-Wärmespeicher abgegeben werden. Dieser wird aus 80 Erdwärmesonden, die als Doppel-U-Rohrsonden ausgeführt werden, bestehen. Bei einem Abstand der Sonden von drei Metern und einer Sondentiefe von 60 m ergibt sich ein Speichervolumen von $37\,500 \text{ m}^3$.

Die Entladung des Erdsonden-Wärmespeichers durch zwei elektromotorisch angetriebene Wärmepumpenmodule mit jeweils 530 kW thermischer Heizleistung erhöht die Effizienz des saisonalen Anlagenteils und damit auch die Wirtschaftlichkeit. Simulationsrechnungen [3] ergaben eine optimale Einbindung der Wärmepumpen zwischen den beiden Pufferspeichern (Abbildung 3). Die Wärmepumpen können den Pufferspeicher 2 bis auf eine Temperatur von 10°C abkühlen.

Der Anlagenteil um den Pufferspeicher 1 liefert die Wärme im Wesentlichen direkt an das angeschlossene Nahwärmenetz. Bei Bedarf wird über eine Fernwärmeleitung vom nahe gelegenen Heizwerk nachgeheizt. Beide Anlagenteile sind so dimensioniert, dass möglichst wenig Wärme zwischen ihnen transferiert werden muss, um Wärmeverluste beim Durchströmen der Verbindungsleitungen zu minimieren.

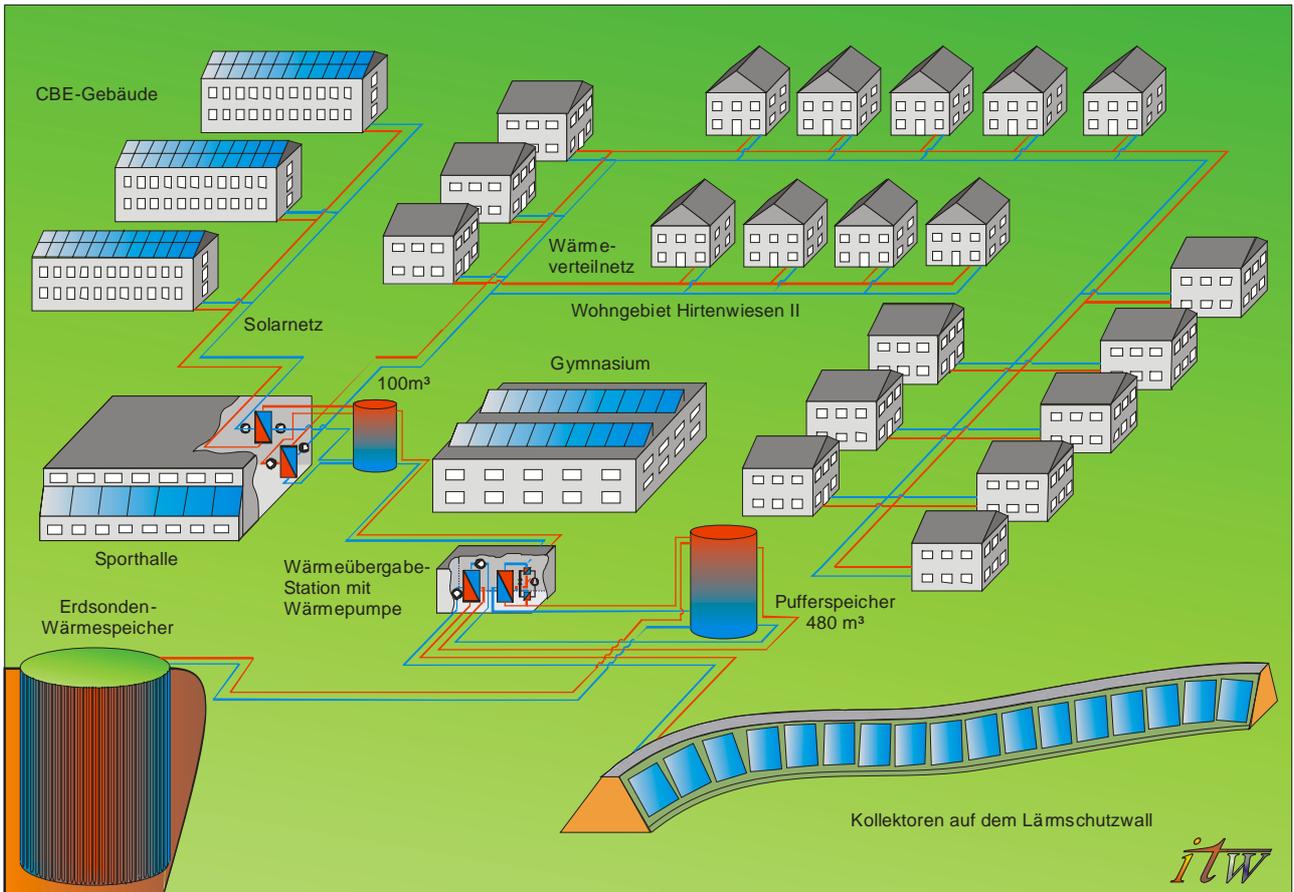


Abbildung 2: Verschaltung der Komponenten des solar unterstützten Nahwärmesystems

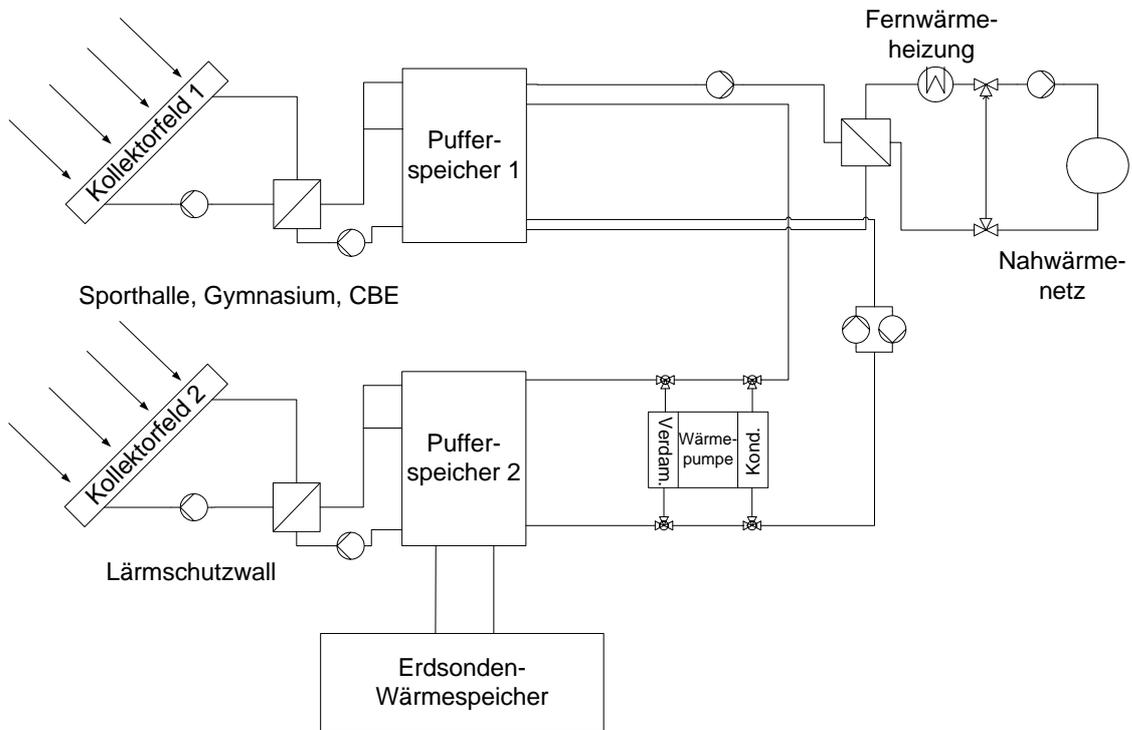


Abbildung 3: Vereinfachtes Anlagenschema des solar unterstützten Nahwärmesystems

Die bis zu drei bar druckfesten Pufferspeicher ermöglichen einen einheitlichen Druck im Gesamtsystem und den Verzicht auf zusätzliche Wärmeübertrager. Die Pufferspeicher sind aus Beton gebaut und mit Edelstahlblech ausgekleidet.

4 Realisierungsstand Juni 2006

Der erste Anlagenteil bestehend aus dem Pufferspeicher 1 und den Kollektorfeldern auf den CBE-Gebäuden (dort bisher zweimal 400 m²), dem Gymnasium und der Sporthalle ist errichtet und seit Ende des Jahres 2004 in Betrieb. Die Anlage läuft seitdem noch ohne saisonale Wärmespeicherung und konnte schon umfassend vermessen werden (siehe Kapitel 5).

Der zweite Anlagenteil steht unmittelbar vor der Realisierung. Die Inbetriebnahme soll noch im Herbst 2006 erfolgen. Lediglich die Installation der Wärmepumpen ist erst für das Jahr 2007 geplant. Zur Entladung des Erdsonden-Wärmespeichers werden diese frühestens zum Jahresende 2007 benötigt. Bei ausreichend hohen Speichertemperaturen kann die Entladung davor direkt erfolgen.

5 Messtechnik

Um neue Erkenntnisse zu erhalten und Optimierungsbedarf aufzuzeigen wird die Solaranlage detailliert vermessen. Es gelang, die Messtechnik für die wissenschaftliche Überwachung auf die SPS der Anlagenregelung aufzuschalten und damit Mess- und Regelungstechnik zeitgleich online überwachen zu können. Durch die Mess- und Regelungstechnikintegration konnten Doppelt-Installationen von Sensoren vermieden werden.

5.1 Messdaten des ersten Anlagenteils

Insgesamt wurden 40 Temperaturen, neun Volumenströme, zwölf Klappen- und Ventilstellungen und sieben Drücke über einen Zeitraum von bisher einem Jahr gemessen. Zusätzlich dienen neun installierte Wärmemengenzähler der Kontrolle der Messwerte. Abbildung 4 zeigt die im Mai gemessenen thermischen Leistungen der Anlage.

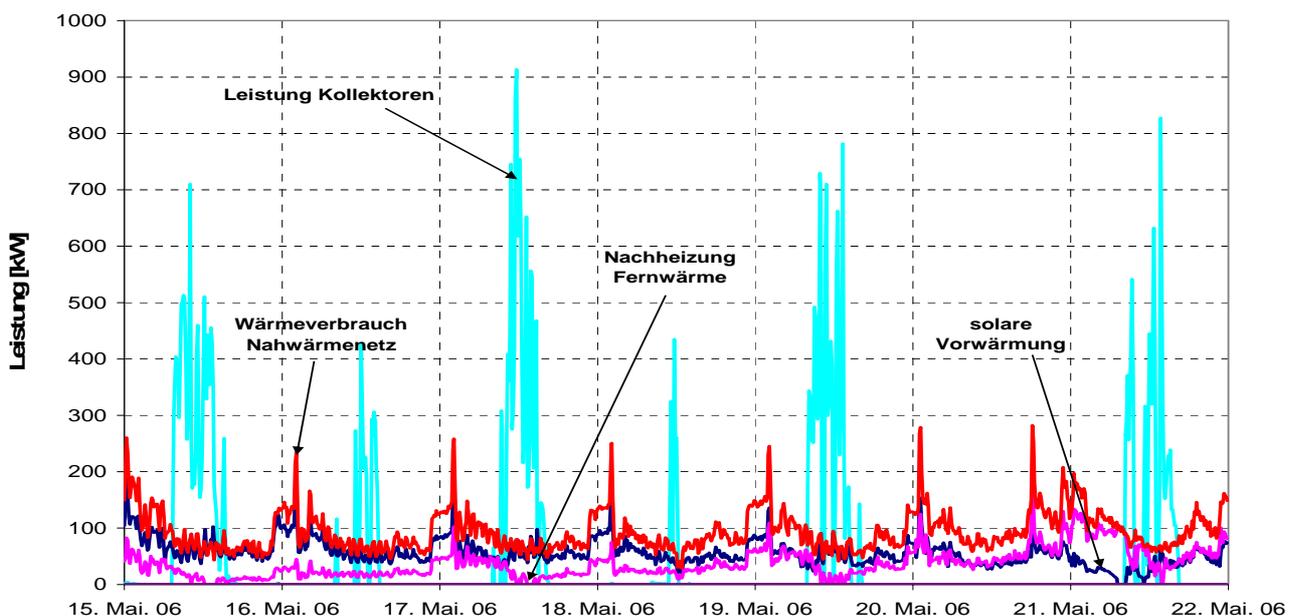


Abbildung 4: Gemessene thermische Leistungen des ersten Anlagenteils

Besonderes Interesse bei der Vermessung wurde auf die Arbeitsweise des Pufferspeichers gelegt. Die Wassertemperatur wird an 14 gleichmäßig über die Höhe des Pufferspeichers verteilten Positionen gemessen, um Aussagen über die Schichtung im Speicher treffen zu können. Der 100 m³ große Pufferspeicher ist 12,5 m hoch. Durch eine Schichtbeladeeinrichtung und die Möglichkeit, Wasser, welches heißer ist als die obere Speichertemperatur, unter Umgehung der Schichtbeladeeinrichtung direkt am oberen Ende des Pufferspeichers einspeisen zu können, schichtet der Speicher sehr gut (Abbildung 5).

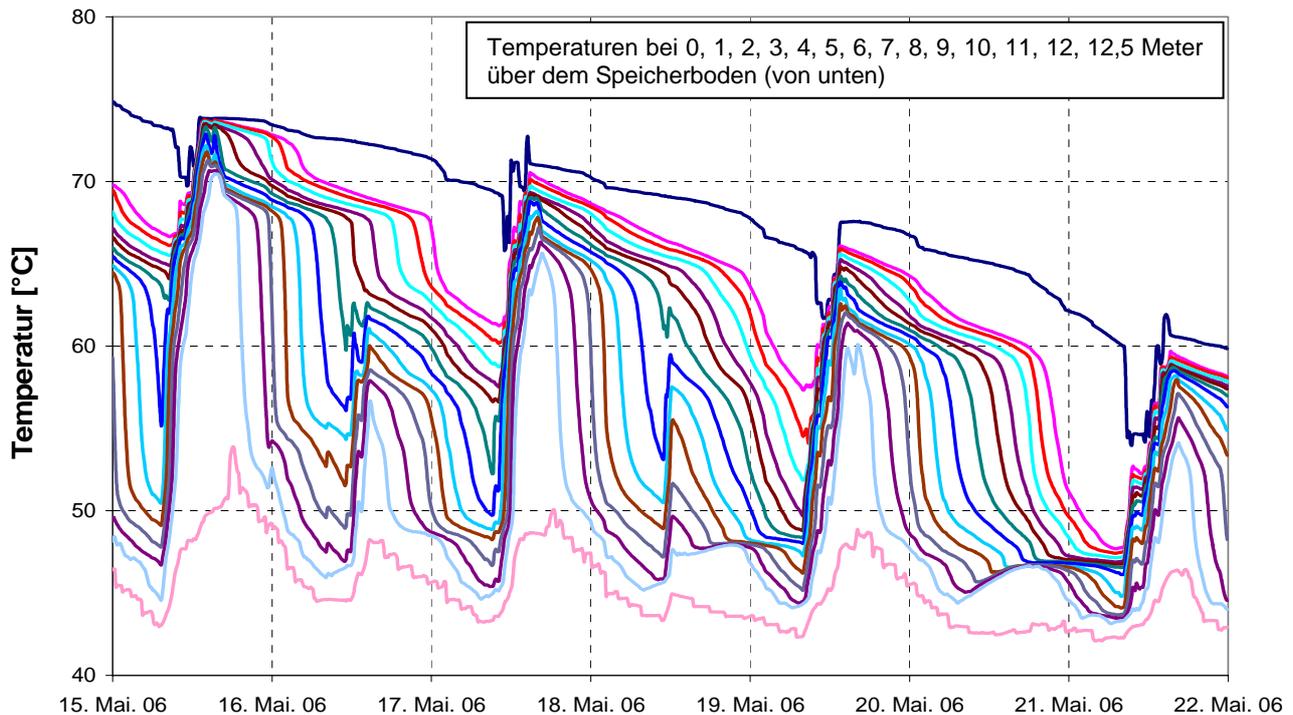
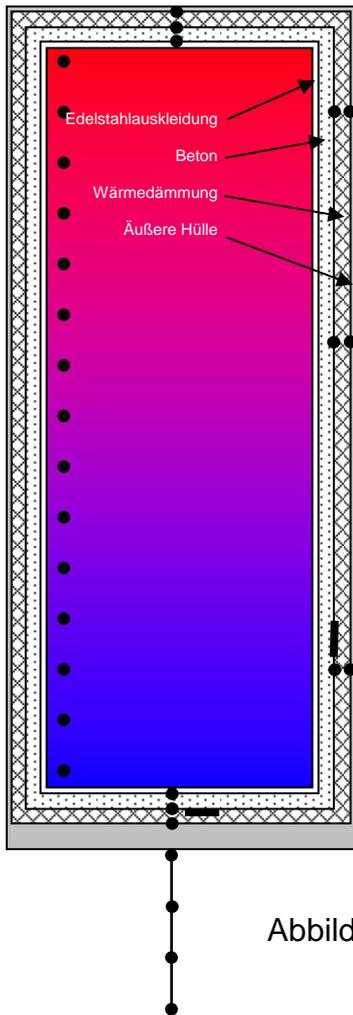


Abbildung 5: Schichtverhalten des Pufferspeicher 1

Die kurze Zykluszeit des Speichers von etwa einem Tag und die gute Wärmedämmung führen zu derzeit sehr niedrigen Verlusten in Relation zur umgesetzten Wärmemenge.

5.2 Geplante Messtechnik des zweiten Anlagenteils

Im zweiten Anlagenteil wird die Messtechnik des Pufferspeichers 2 noch etwas detaillierter ausgeführt. Zusätzlich zu den am Pufferspeicher 1 realisierten Messstellen kommen noch weitere Temperaturfühler hinzu, die die Temperaturen im Erdreich bis vier Meter unter dem Speicher sowie auf beiden Seiten der Wärmedämmung messen. In Verbindung mit Wärmestrommessplatten am Speicherboden und an der Speicherwand können so die Speicherverluste besser quantifiziert werden. Weiterhin kann die Wärmeleitfähigkeit der Wärmedämmung kontinuierlich gemessen und auf eingedrungene Feuchtigkeit hin überprüft werden. Da der Pufferspeicher 2 nicht wie der Pufferspeicher 1 freistehend aufgestellt, sondern zum größten Teil eingegraben wird, ist bei ihm die Gefahr, dass Feuchtigkeit in die Wärmedämmung eindringt, größer als beim Pufferspeicher 1. Abbildung 6 zeigt die geplanten Temperatur- und Wärmestrom-Messstellen am Pufferspeicher 2.



Für die Statik des Speichers sind die Temperaturbelastung und die Änderungsgeschwindigkeit der Temperaturen an der Bodenplatte und am Deckel des unter Innendruck stehenden Speichers interessant. Um diese zu ermitteln werden auf beiden Seiten des Betons Temperatursensoren angebracht. Die Wassertemperatur wird an 15 Positionen in Abständen von einem Meter gemessen, um auch über das Schichtverhalten des Pufferspeichers 2 Aussagen treffen zu können. Der geplante Erdsondenwärmespeicher wird ebenfalls umfangreich vermessen. Dazu werden neun Messlanzen bis in eine Tiefe von 80 Metern installiert. An diesen Messlanzen wird an insgesamt 86 Positionen die Speichertemperatur gemessen. Sechs weitere Sensoren erfassen die Temperatur an zwei ausgewählten Erdwärmesonden. Durch die Messung der Temperatur im Verteiler-Vorlauf und -Rücklauf sowie in der Solarzentrale können die Verluste der Anbindeleitungen bestimmt werden. Mehrere Wärmestrommessplatten auf der Wärmedämmung ergänzen die Vermessung des Erdsondenwärmespeichers.

- Wärmestrommessplatte
- Temperatursensor

Abbildung 6: Geplante Temperatur- und Wärmestrom-Messstellen am Pufferspeicher 2

6 Ausblick

Die baulichen Maßnahmen des solar unterstützten Nahwärmesystems in Crailsheim sollen im Sommer 2006 abgeschlossen werden, so dass die Inbetriebnahme der gesamten Anlage im Herbst diesen Jahres erfolgen kann. Durch die Koppelung der Mess- und Regelungstechnik ist sichergestellt, dass die Anlage schon ab der Inbetriebnahme umfangreich vermessen werden kann.

7 Literatur

- [1] www.solarthermie2000plus.de
- [2] **S. Raab, D. Mangold, W. Heidemann, H. Müller-Steinhagen:**
Die solar unterstützte Nahwärmeversorgung in Crailsheim, 15. OTTI-Symposium thermische Solarenergie, 2005, Tagungsband S. 524-528
- [3] **M. Bodmann, D. Mangold, J. Nußbicker, S. Raab, A. Schenke, T. Schmidt:**
Solar unterstützte Nahwärme und Langzeit-Wärmespeicher (Februar 2003 bis Mai 2005), Forschungsbericht zum BMWA / BMU-Vorhaben 0329607F

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.