

10 Jahre solar unterstützte Nahwärmeversorgung mit Erdsonden-Wärmespeicher in Neckarsulm-Amorbach

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

¹⁾ Universität Stuttgart, Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik

Pfaffenwaldring 6, D-70550 Stuttgart

Tel. +49-(0)711-685-63229, Fax: +49-(0)711-685-63242

nussbicker@itw.uni-stuttgart.de, www.itw.uni-stuttgart.de/sun

²⁾ DLR Stuttgart, Institut für Technische Thermodynamik

1. Einleitung

In Neckarsulm-Amorbach wird seit 1997 eine solar unterstützte Nahwärmeversorgung mit Erdsonden-Wärmespeicher (ESWSp) mit einem geplanten solaren Deckungsanteil von 50% realisiert. Derzeit sind 5469 m² Solarkollektoren mit einer thermischen Leistung von 3828 kW installiert, die zur Wärmeversorgung von ca. 300 Wohneinheiten sowie öffentlichen Gebäuden dienen. Da der sommerliche Wärmebedarf im Nahwärmenetz geringer ist als die Wärmelieferung der Solarkollektoren, wird die überschüssige Wärme in einen Erdsonden-Wärmespeicher eingespeichert. Der Erdsonden-Wärmespeicher, der als Langzeit-Wärmespeicher dient, wird vorwiegend in den Herbst- und Wintermonaten bei hohem Wärmebedarf entladen. Im ESWSp sind derzeit 528 Erdwärmesonden installiert, dies entspricht einem Speichervolumen von 63360 m³. 1997 wurde ein Pilotspeicher gebaut, der 1998 sowie 2001 auf sein jetziges Volumen erweitert wurde, siehe Bild 1.

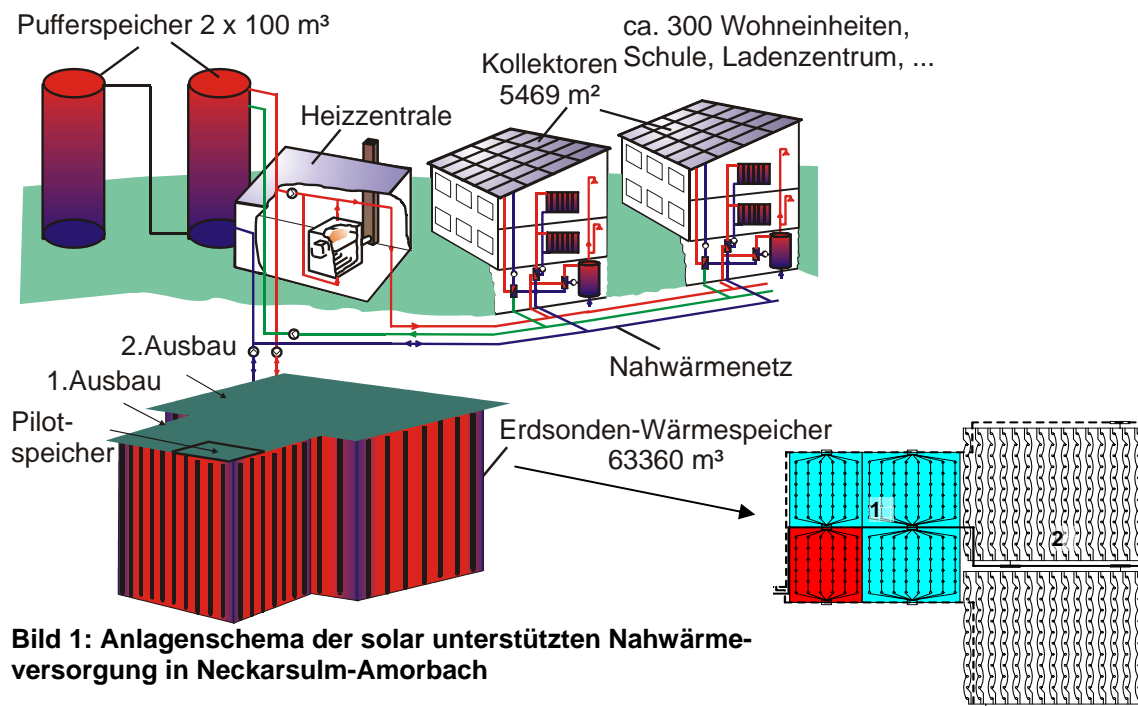


Bild 1: Anlagenschema der solar unterstützten Nahwärmeversorgung in Neckarsulm-Amorbach

2. Messdatenauswertung und Erfahrungen

2.1 Erdsonden-Wärmespeicher

Wie erwähnt, dient der Erdsonden-Wärmespeicher als Langzeit-Wärmespeicher, um die im Sommer überschüssige solare Wärme im Winter nutzbar machen zu können. Es ist geplant, den ESWSp mit den Solarkollektoren auf Temperaturen von 85-90°C zu beladen. Der Wärmeeintrag in das Erdreich erfolgt über 30 m tiefe Doppel-U-Rohr-Sonden mit einem Durchmesser von 25 mm, die u. a. wegen der hohen Temperaturen, aus Polybuten bestehen. Der ESWSp wurde zur Erdoberfläche hin mit einem diffusionsoffenen Wärmedämmaufbau versehen. Weitere Informationen über den Bau und Betrieb des ESWSp können [1] und [2] entnommen werden.

In Bild 2 sind die Be- und Entladewärmemengen sowie die Temperaturen in 10 m Tiefe in der Mitte des 1. u. 2. Ausbaus des ESWSp aufgetragen. Es ist zu erkennen, dass die Entladewärmemenge bis zum Jahr 2004 sehr gering war. Der ESWSp muss in den ersten Betriebsjahren erwärmt

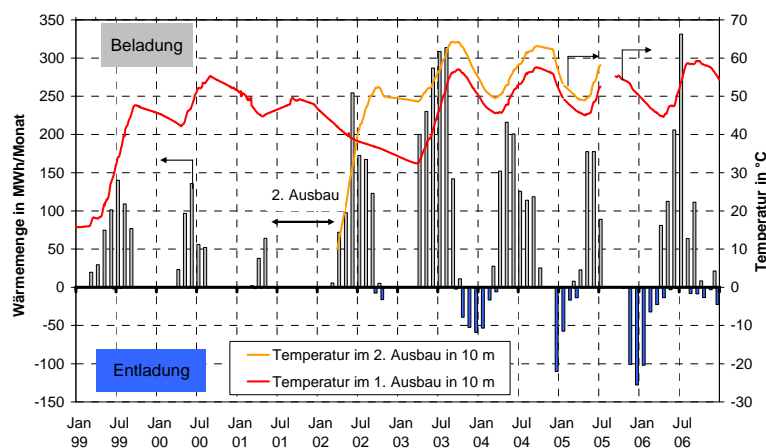


Bild 2: Be-/Entladewärmemengen sowie Temperaturen des Netzurücklaufs und im ESWSp in 10 m Tiefe

werden, bis ein quasi-stationärer Zustand erreicht wird. Dies ist auch an den Temperaturen im ESWSp erkennbar, die in den letzten Jahren maximal ca. 65°C betragen, wobei die Temperaturen im 2. Ausbau etwa 5 K höher sind als im 1. Ausbau. Dieser wurde 2002 nicht beladen, um eine schnelle Temperaturangleichung der Speicherbereiche zu erreichen. Die Entladung kann nur bis auf das Temperaturniveau des Netzurücklaufs erfolgen, da dies die niedrigste Temperatur im System ist. Da diese bisher auch im Winter meist mehr als 40-45°C (statt geplanter maximal 40°C) betrug, siehe Bild 4, konnte der prognostizierte Speichernutzungsgrad von 70% bisher nicht erreicht werden. Ebenso wurde die geplante maximale Speichertemperatur von 85-90°C noch nicht erreicht. Dies liegt u. a. an der gegenüber der Planung zu geringen Kollektorfläche (geplant: 6500 m², installiert: 5469 m²).

2.2 Nahwärmesystem und Solaranlagen

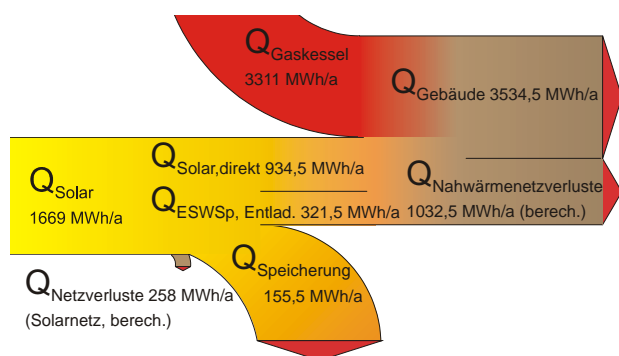


Bild 3: Sankey-Diagramm der solar unterstützten Nahwärmeversorgung Neckarsulm (2005)

Bild 3 zeigt das Sankey-Diagramm für die solar unterstützte Nahwärmeversorgung in Neckarsulm für das Jahr 2005. Es wurde 2005 etwa die Hälfte der gewonnenen solaren Wärme (1669 MWh) direkt ins Nahwärmenetz abgegeben (934,5 MWh). 321,5 MWh Wärme wurden aus dem Erdsonden-Wärmespeicher

entladen und der Gaskessel lieferte 3311 MWh. Insgesamt wurden ab Heizzentrale 3534,5 MWh Wärme abgegeben, davon 1834 MWh an das solar unterstützte Nahwärmenetz mit Erdsonden-Wärmespeicher (Grenchenstraße) und weitere 1700 MWh als Notversorgung an ein benachbartes Nahwärmenetz. Die bilanzierten Netzverluste (Solar- u. Nahwärmenetz) betragen insgesamt 1290,5 MWh und sind damit -u. a. aufgrund des weit verzweigten Nahwärmenetzes- sehr hoch. Der solare Deckungsanteil am Gesamtwärmebedarf (Trinkwarmwasser und Heizung) beträgt 27,5% und erreicht wegen der erwähnten Notversorgung nicht die Vorjahreswerte von 39%.

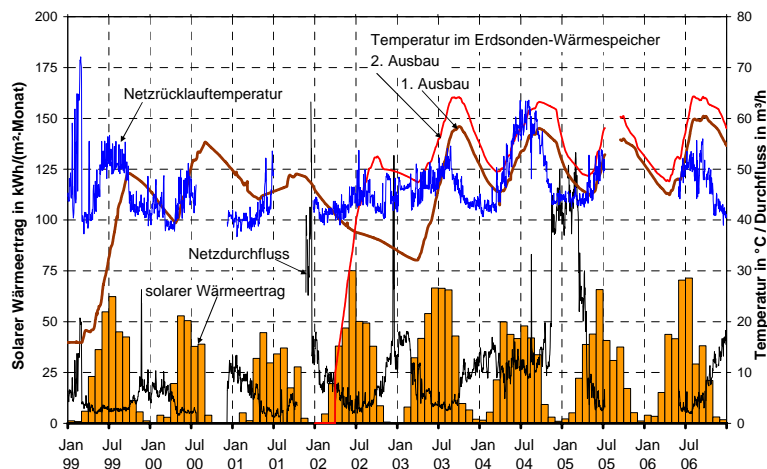


Bild 4: Solare Wärmeerträge, Netzurücklauftemperatur und Temperaturverläufe im ESWSp

In Bild 4 sind die solaren Wärmeerträge, die Netzurücklauftemperaturen und die Temperaturen im ESWSp im 1. bzw. 2. Ausbau in einer Tiefe von 10 m dargestellt. Die Netzurücklauftemperaturen betragen im Jahresmittel (volumenstromgewichtet) zwischen 43°C (2000-2002) und 50,5°C

(2004). Eine niedrige Netzurücklauftemperatur ist, da sie gleichzeitig die Kollektorrücklauftemperatur ist, für den Solarertrag von entscheidender Bedeutung. Außerdem kann der Erdsonden-Wärmespeicher nur bis auf das Niveau der Netzurücklauftemperatur entladen werden, da diese die niedrigste im System vorhandene Temperatur ist.

3. Transiente Simulation des Erdsonden-Wärmespeichers

Es wurden transiente Simulationen mit dem Superposition Borehole Model (SBM) für TRNSYS [3], [4] durchgeführt, um die Vorhersagen des thermischen Verhaltens des ESWSp zu validieren und Optimierungsvorschläge, z. B. für die Be- und Entladeregelung, aufzuzeigen. Dazu wurde das Modell angepasst und eine detaillierte Parameteranalyse durchgeführt. Bei den Simulationen wurde der ESWSp mit den gegebenen geometrischen und hydraulischen Randbedingungen unter Verwendung der gemessenen Speicherein- und -austrittstemperaturen sowie Volumenströme nachgebildet. Bild 5 zeigt die simulierten Temperaturen im ESWSp in einer Tiefe von 10 m, der Vergleich mit Bild 2 zeigt, dass die Differenzen zwischen gemessenen und simulierten Temperaturen max. 3 K betragen. Für die Be- und Entladewärmemengen betragen die Differenzen zwischen Messung und Berechnung weniger als 5%.

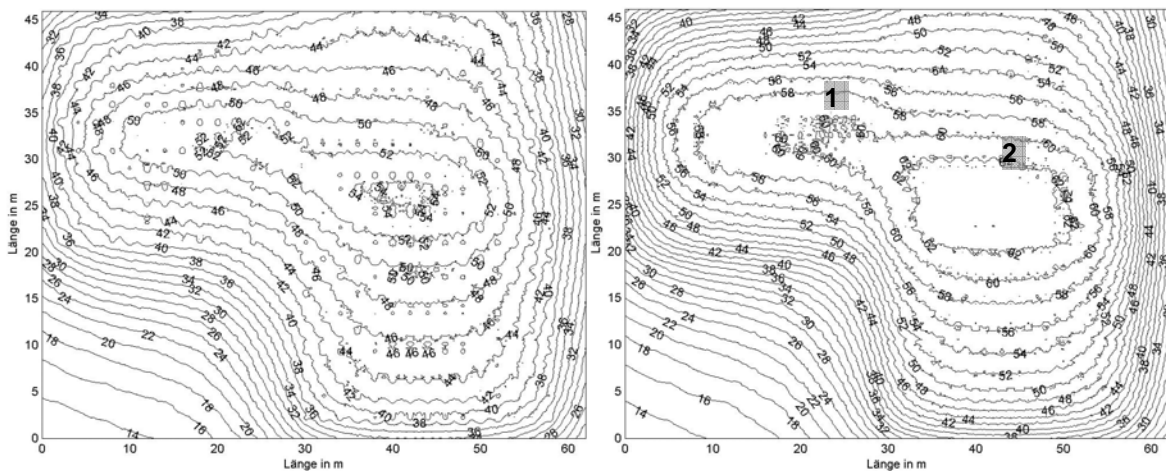


Bild 5: Temperaturen im Erdsonden-Wärmespeicher in 10 m Tiefe Ende März bzw. Sep. 2004

In Bild 6 sind die relativen Änderungen des Speichernutzungsgrades (Verhältnis auszu eingespeicherter Wärmemenge) in Abhängigkeit von der relativen Änderung ausgewählter Parameter aufgetragen. Den signifikantesten Einfluss haben die Wärmeleitfähigkeit der Schichten 2 und 4, d. h. der Dämmung über dem ESWSp (λ_2) und der Bodenschicht unter dem ESWSp (λ_4). Der Referenzwert λ_2 betrug $0,06 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. Die Simulationen haben einen Wert von $0,1 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ergeben. Bei diesem Wert werden sowohl für die Differenz zwischen gemessenen und simulierten Temperaturen als auch Be- und Entladewärmemengen die niedrigsten Werte erreicht. Der Wert λ_4 kann nicht beeinflusst werden, muss aber bei der Quantifizierung der Wärmeverluste des ESWSp berücksichtigt werden.

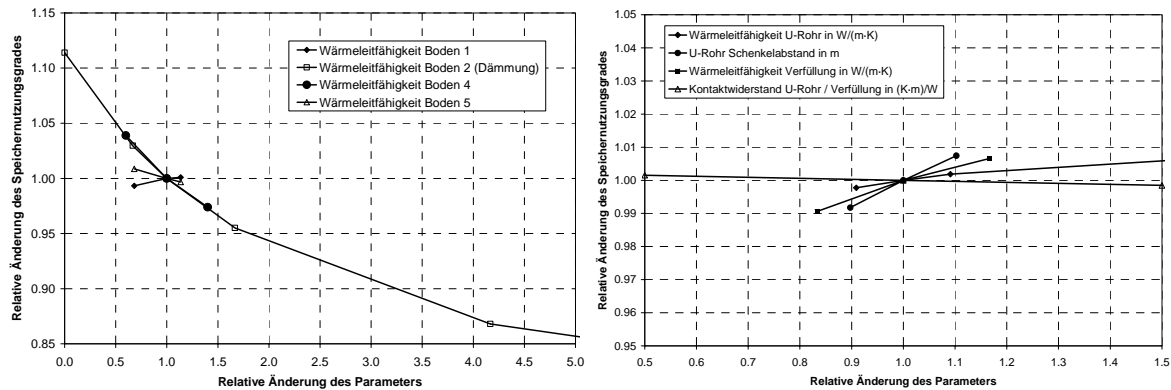


Bild 6: Relative Änderung des Speichernutzungsgrades in Abhängigkeit von der relativen Änderung ausgewählter Speicherparameter

4. Zusammenfassung und Ausblick

Die vergangenen Jahre haben gezeigt, dass die solaren Deckungsanteile unter den Erwartungen geblieben sind. Hauptursachen hierfür sind eine geänderte Bebauung und hohe Netzzrücklauftemperaturen. Als problematisch hat sich vor allem die Regelung erwiesen, die u. a. zu diversen Ausfällen des Betriebs der Solarkollektoren und des ESWSp geführt hat und derzeit ersetzt wird. In zukünftigen Projekten muss auf eine niedrige Netzzrücklauftemperatur und eine zuverlässige Anlagenregelung und -überwachung besonderer Wert gelegt werden.

Literatur

- [1] M. Benner, M. Bodmann, D. Mangold, J. Nußbicker, S. Raab, Th. Schmidt, H. Seiwald: Solar unterstützte Nahwärmeversorgung mit und ohne Langzeit-Wärmespeicher (Nov. 98 bis Jan. 03), Forschungsbericht zum BMWi-Vorhaben 0329606 S, ISBN 3-9805274-2-5, Stuttgart 2004
- [2] J. Nußbicker, D. Mangold, W. Heidemann, H. Müller-Steinhagen, Bau und Betrieb des Erdsonden-Wärmespeichers in Neckarsulm-Amorbach, 8. Geothermische Fachtagung & 5. Symposium Erdgekoppelte Wärmepumpen, Landau/Pfalz, 10.-12.11.2004
- [3] P. Eskilson, Superposition Borehole Model, Manual for Computer Code, Department of Mathematical Physics, University of Lund, Schweden, 1986
- [4] S. Holst, Type 146 TRNSBM – Modified Version for separate ground layers, TRANSSOLAR, 1997

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) unter dem Förderkennzeichen 0329607F gefördert. Die Autoren danken für die Unterstützung. Die Verantwortung für den Inhalt dieses Berichtes liegt bei den Autoren.