

Erfahrungen aus Betrieb und Ausbau der solar unterstützten Nahwärmeversorgung mit Erdsonden-Wärmespeicher in Neckarsulm-Amorbach

J. Nußbicker, D. Mangold, W. Heidemann, H. Müller-Steinhagen

*Universität Stuttgart, Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW)
Pfaffenwaldring 6, D-70550 Stuttgart
Tel. +49-(0)711-685-3536, Fax: +49-(0)711-685-3503
Email: nussbick@itw.uni-stuttgart.de
Internet: www.itw.uni-stuttgart.de*

Zusammenfassung

Die solar unterstützte Nahwärmeversorgung in Neckarsulm-Amorbach befindet sich derzeit im 4. Betriebsjahr. Seit November 2001 ist der 2. Ausbau des Erdsonden-Wärmespeichers abgeschlossen. In diesem Beitrag werden Weiterentwicklungen bei Erdsonden-Wärmespeichern sowie Betriebsergebnisse und -erfahrungen bei der solar unterstützten Nahwärmeversorgung erläutert. Unter anderem gab es beim Betrieb der Kollektorfelder Probleme, die durch regelungstechnische Ausfälle verursacht wurden. Erfolgreich waren dagegen die Maßnahmen zur Senkung der Netz-Rücklauf-temperatur. Diese konnte im Jahr 2000 gegenüber 1999 deutlich gesenkt werden.

Aktueller Stand des Projektes

Das Volumen des Erdsonden-Wärmespeichers umfasst derzeit insgesamt 63.360 m³ Erdreich und wird von 528 Erdwärmesonden erschlossen. Durch die solar unterstützte Nahwärmeversorgung, Bild 1, werden eine Schule (1) mit Turnhalle (3), ein Ladenzentrum (4) und Wohngebäude (2 = Seniorenwohnheim), (7), (8), (9) mit insgesamt 140 Wohneinheiten versorgt. Die Kollektorfelder sind bis auf ein Kollektorfeld auf einem Carport (5) und ein Kollektorfeld auf einem Lärmschutzwall (6) auf den genannten Gebäuden installiert. Derzeit sind an die solar unterstützte Nahwärmeversorgung 5044 m² Kollektorfläche angeschlossen.

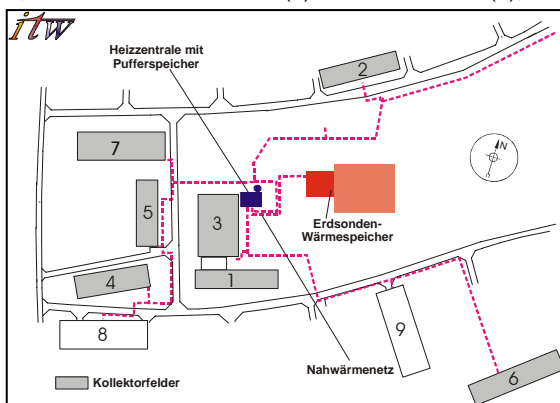


Bild 1: Übersicht zur solar unterstützten Nahwärmeversorgung in Neckarsulm-Amorbach

Der Erdsonden-Wärmespeicher

Der Erdsonden-Wärmespeicher in Neckarsulm-Amorbach speichert Wärme, die im Sommer durch die Kollektoren gewonnen und zu dieser Zeit nicht vom Nahwärmenetz benötigt wird. Die gespeicherte Wärme kann dann bei hohem Wärmebedarf an das Nahwärmenetz geliefert werden.

Der Erdsonden-Wärmespeicher in Neckarsulm-Amorbach wurde in drei Phasen gebaut, Bild 2. Der Pilotspeicher (1997) diente zur Verifikation der in den Simulationen zur Speicherauslegung verwendeten Boden- und Speicherparameter. Für die Simulationen wurden die Werte der Bodenparameter aus der Literatur und Laborversuchen verwendet. Der 1. Ausbau (1998) und der 2. Ausbau (2000) erfolgten entsprechend des Baufortschrittes der zu versorgenden Gebäude.

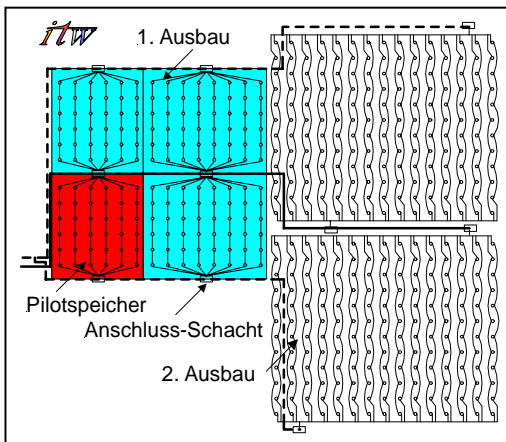


Bild 2: Schema des Erdsonden-Wärmespeichers in Neckarsulm-Amorbach

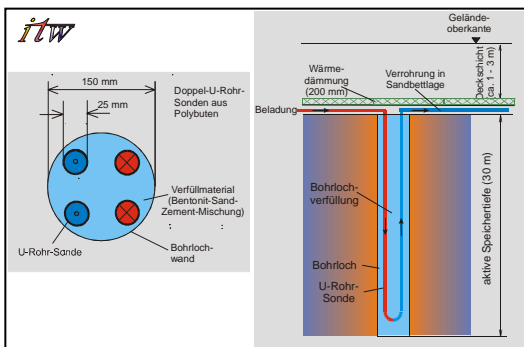


Bild 3: Aufbau und Funktionsweise der Erdwärmesonden in Neckarsulm-Amorbach

Bei der Beladung des Erdsonden-Wärmespeichers wird Wärme über Erdwärmesonden (Doppel-U-Rohr-Sonden), Bild 3, an das Erdreich abgegeben und dort gespeichert. Die Speichertiefe beträgt 30 m ab Speicheroberkante. Die Sonden bestehen aus Polybuten, da dieses Material bei den gegebenen Temperaturen (bis 85 °C) und Drücken (10 bar) die geforderte Zeitstandfestigkeit von 50 Jahren aufweist.

Die Sondenabstände waren beim Pilotspeicher und im 1. Ausbau mit 2 m äquidistant. Im 2. Ausbau betragen die Abstände zwischen den Sonden im Zentrum des Speichers 1,5 m und an den Speicherrändern 2,5 m. Diese Anordnung wurde gewählt, um die Wärmeverluste des Speichers an den Rändern zu minimieren. Es sind jeweils 6 Sonden zu einer Sondenreihe zusammengefasst. Der Anschluss der Sondenreihen erfolgt in Anschluss-Schächten, siehe Bild 2. Die Bohrlöcher der Erdwärmesonden sind mit einer Bentonit-Sand-Zement-Mischung verfüllt. Dieses Material erfüllt die Anforderung an eine hohe Wärmeleitfähigkeit, die für die Wärmeübertragung von der Sonde an das Erdreich maßgebend ist, sowie die Anforderungen an einfache Verarbeitbarkeit, Temperaturbeständigkeit und Dauerelastizität.

Eine Dämmung von Erdsonden-Wärmespeichern kann aus bautechnischen Gründen nur zur Erdoberfläche hin erfolgen. Im Pilotspeicher und beim 1. Ausbau bestand der Dämmaufbau aus einem Kiesfilter über der Dämmung, 20 cm Wärmedämmung sowie einer PE-Folie unter der Dämmung. Es wurde davon ausgegangen, dass das Dämm-Material lediglich vor aufsteigendem Wasserdampf geschützt werden muss und das Oberflächenwasser im Kiesfilter abfließt. Aufgrund des hohen Tonanteils im Boden wurde das Oberflächenwasser jedoch über längere Zeiträume in den oberen Bodenschichten gebunden. Dies führte zu stehendem Wasser auf der PE-Folie und somit zu einer dauerhaften Durchfeuchtung der Dämmung. Es wurden Proben aus dem 1. Ausbau entnommen, um den Einfluss der Durchfeuchtung auf die Wärmeleitfähigkeit des Dämm-Materials zu untersuchen. Die Messungen ergaben, dass die Wärmeleitfähigkeit gegenüber dem trockenen Ausgangszustand gestiegen war. Der Dämmaufbau im 2. Ausbau, Bild 4, wurde aufgrund dieser Ergebnisse hinsichtlich einer höheren Langzeit-Stabilität der Dämmwirkung verbessert. In den Bereichen Pilotspeicher und 1. Ausbau blieb der ursprüngliche Dämmaufbau bestehen. Die Dämmwirkung ist zwar geringer als erwartet, die Wärmeverluste sind jedoch nicht so hoch, dass ein Umbau notwendig ist. Außerdem ist nach bisherigem Kenntnisstand nicht zu erwarten, dass die Wärmeleitfähigkeit weiter steigt, bzw. dass das Dämm-Material zerstört wird, da die Wärmeverluste in den letzten beiden Jahren auf einem konstanten Niveau geblieben sind.

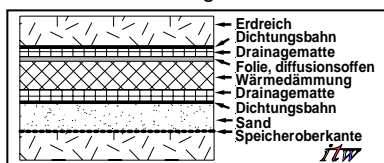


Bild 4: Aufbau der Wärmedämmung beim 2. Ausbau

Im 2. Ausbau wurde ein zur Erdoberfläche hin diffusionsoffener Dämmaufbau realisiert, der die Dämmung sowohl vor aufsteigendem Wasserdampf als auch vor stehendem Oberflächenwasser dauerhaft schützt, siehe Bild 4.

Eine weitere Verbesserung beim Bau des Erdsonden-Wärmespeichers betrifft den Bauablauf. Während der Bohrmaßnahmen beim Pilotspeicher war der Boden der Baugrube aufgrund der geschichteten Bodenverhältnisse nach Regenfällen aufgeweicht, sodass die Bohrarbeiten unterbrochen werden mussten. Vor Beginn der Bohrarbeiten beim 1. und 2. Ausbau wurde deshalb eine Kiesschicht als Drainage und zum Herstellen eines festen Untergrundes für die Bohrgeräte in die Baugrube eingebracht, Bild 5. Damit wurde ein Aufweichen der Baugrubensohle vermieden und die Bohrarbeiten konnten auch bei Regen fortgesetzt werden. Außerdem wurden die 30 m langen Sonden beim 1. und 2. Ausbau zur schnelleren und einfacheren Montage mit einem Kran in das Bohrloch eingebracht. Die in das Erdreich eingebauten Sonden wurden während der Bohr- und Anschlussarbeiten des 2. Ausbaus zum Schutz vor Verschmutzung und solarer UV-Strahlung mit einem Hüllrohr versehen.



Bild 5: Bau des Erdsonden-Wärmespeichers in Neckarsulm-Amorbach

Betriebsergebnisse der Nahwärmeversorgung im Jahr 2000

Die Wärmebilanz des Nahwärmenetzes Neckarsulm-Amorbach des Jahres 2000 ist in Bild 6 dargestellt. Die Leitungsverluste (bilanziert) sind im Vergleich zum Gesamtwärmeverbrauch sehr hoch, da das Rohrleitungsnetz bereits für die gesamte Siedlung verlegt ist. Es sind jedoch noch nicht alle Gebäude gebaut. Mit steigender Wärmelast wird der Anteil der Leitungsverluste am Gesamtwärmeverbrauch sinken. Eine Wärmelieferung aus dem Erdsonden-Wärmespeicher an das Nahwärmenetz konnte im Jahr 2000 noch nicht erfolgen, da die mittlere Speichertemperatur im Vergleich zur Netz-Rücklauf-temperatur zu niedrig war.

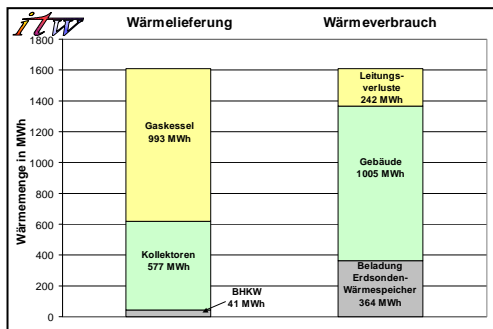


Bild 6: Wärmebilanz des Nahwärmenetzes in Neckarsulm-Amorbach

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die wichtigsten Kennwerte der Wärmebilanz im Jahr 2000.

Tab. 1: Kenndaten der Wärmebilanz für das Jahr 2000

direkt genutzte Solarwärme	213	MWh
Wärmebedarf ab Heizzentrale	1247	MWh
solarer Deckungsanteil	17	%

Im Jahr 2000 wurden 213 MWh Wärme von den Kollektoren über den Pufferspeicher direkt an das Nahwärmenetz abgegeben. Diese

Wärme wurde nicht im Erdsonden-Wärmespeicher zwischengespeichert. Der solare Deckungsanteil für das Jahr 2000 liegt mit 17 % unter dem vorausgerechneten Wert von 30 % für das 2. Betriebsjahr. Ursache ist der geringe Bruttowärmeertrag der Kollektoren.

Im Jahr 2000 lag der Bruttowärmeertrag der Kollektoren zwischen 162 und 242 kWh/(m²·a), siehe Bild 7. Diese Werte liegen deutlich unter den erwarteten Werten von 400 kWh/(m²·a). Wegen der Erweiterung der Kollektorflächen und des Anschlusses eines zweiten Pufferspeichers waren einzelne Kollektorfelder über längere Zeiträume außer Betrieb. Außerdem war der Kommunikations-Bus, über den die Solaranlagen geregelt werden, von September 2000 bis März 2001 defekt.

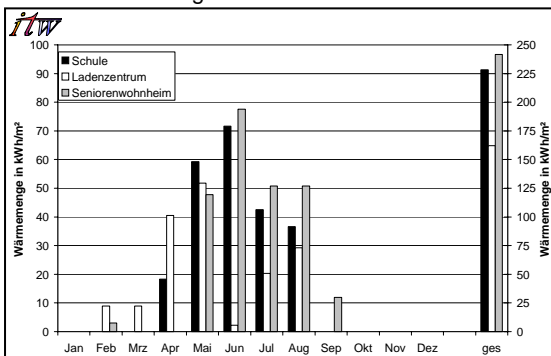


Bild 7: Bruttowärmeertrag der Kollektoren in kWh/m²kollektorfläche (2000)

Die Netz-Rücklauftemperaturen haben einen großen Einfluss auf den Kollektorertrag, da der Netz-Rücklauf bei dem in Neckarsulm-Amorbach installierten Dreileiternetz gleichzeitig der Solarrücklauf ist. Deshalb ist die Senkung der Rücklauftemperaturen von im Jahresmittel 47,6 °C (1999, Teil 1 des Nahwärmenetzes), siehe Bild 8, auf 43,1 °C (2000) eine deutliche Verbesserung. Die Durchschnittswerte der Rücklauftemperaturen wurden aus arithmetisch gemittelten Tageswerten berechnet. Die Verringerung der Rücklauftemperaturen wurde unter anderem durch eine geänderte Regelung der Vorlauftemperatur erreicht.

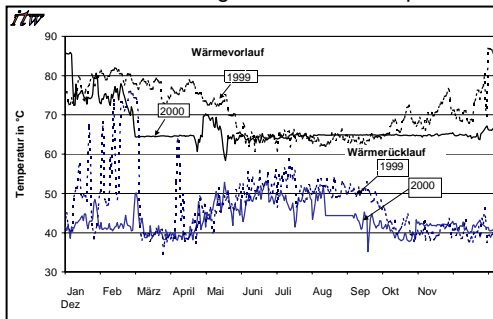


Bild 8: Temperaturen im Nahwärmenetz in Neckarsulm-Amorbach für die Jahre 1999 und 2000

Bild 9 zeigt den Temperaturverlauf im Zentrum des Erdsonden-Wärmespeichers für das Jahr 2000. Im September 2000 wurde mit 57 °C in einer Tiefe von 20 m ab Speicheroberkante die bisher höchste Temperatur im Speicher gemessen. Der Vergleich der Temperaturen oberhalb (-0,2 m) und direkt unterhalb (0 m) der Dämmung zeigt, dass die Dämmwirkung über den betrachteten Zeitraum nahezu konstant bleibt.

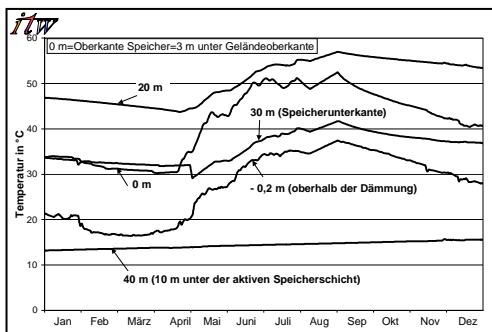


Bild 9: Temperaturverlauf im Zentrum des Erdsonden-Wärmespeichers in Neckarsulm-Amorbach (2000)

Ausblick

Für das Jahr 2002 sind gute Betriebsbedingungen zu erwarten, da der Ausbau des Erdsonden-Wärmespeichers abgeschlossen ist und mit der zur Verfügung stehenden Kollektorfläche sowohl die Gebäude versorgt werden können, als auch der Erdsonden-Wärmespeicher beladen werden kann. Allerdings ist in den nächsten Jahren noch nicht mit einer hohen Entladeleistung des Erdsonden-Wärmespeichers zu rechnen, da das gesamte Speichervolumen erst ein nutzbares Temperaturniveau erreichen muss. Diese Aufheizphase wird ca. 3 Betriebsjahre dauern. Während dieser Zeit wird sich der solare Deckungsanteil (Trinkwarmwasser und Heizung), der im so genannten eingeschwungenen Zustand 50 % beträgt, kontinuierlich erhöhen.

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) unter dem Förderkennzeichen 0329606S gefördert. Die Autoren danken für die Unterstützung. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.