

## UNTERSUCHUNG DES EINFLUSSES VON GRUNDWASSERSTRÖMUNG AUF ERDSONDEN-WÄRMESPEICHER

[Förderkennzeichen: 0329289A](#)

*D. Bauer<sup>1)</sup>, W. Heidemann<sup>1)</sup>, H. Müller-Steinhagen<sup>1), 2)</sup>*

*<sup>1)</sup> 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](mailto:bauer@itw.uni-stuttgart.de)*

*<sup>2)</sup> DLR, Institut für Technische Thermodynamik, Stuttgart*

### **Project description**

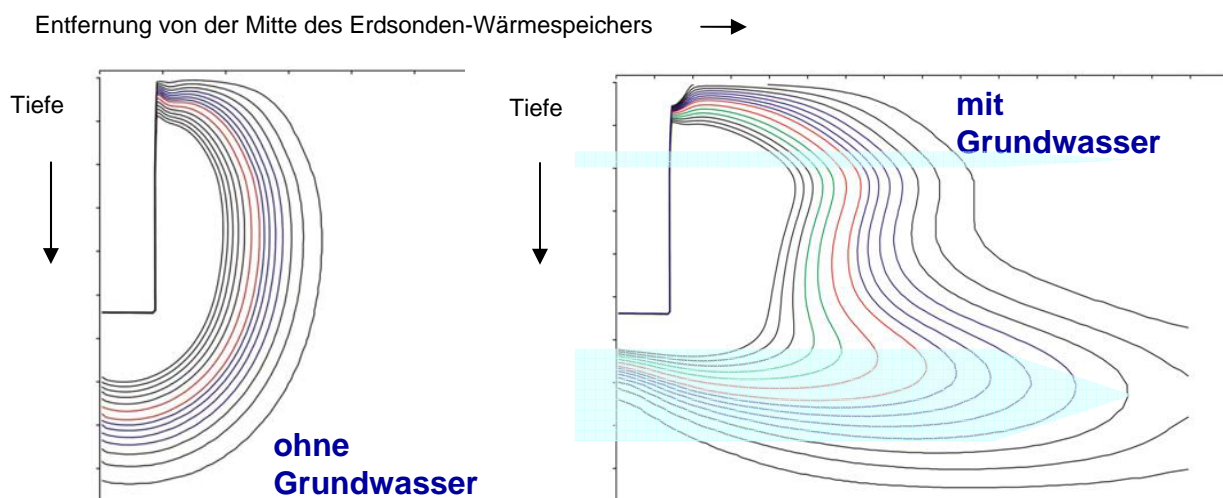
Borehole thermal energy stores used for seasonal heat storage in solar assisted district heating systems are very sensitive to groundwater flow. However, there is no suitable simulation tool available to predict the long-term performance of these systems in the presence of groundwater flow. A mass and heat transport model is being developed at the Institute of Thermodynamics and Thermal Engineering, University of Stuttgart, to simulate the behaviour of this type of systems. The model will be validated on extensive monitoring data gained from the borehole thermal energy store build in Crailsheim, Germany.

### **Projektbeschreibung**

Bei solar unterstützten Nahwärmesystemen (SuN) mit saisonaler Wärmespeicherung hat sich die Erdsonden-Wärmespeicher-Technologie –abhängig von den örtlichen geologischen Verhältnissen– als technisch und wirtschaftlich sinnvolle Alternative zu anderen Konzepten der Wärmespeicherung etabliert (M. Bodmann et al. 2005). Zur Dimensionierung von Erdsonden-Wärmespeichern und aller weiteren Komponenten eines SuN-Systems wurden bisher umfangreiche Simulationen im Vorfeld getätigt. Die dabei verwendeten Simulationstools, z.B. TRNSYS-DST (TRNSYS 2000), können die Auswirkung von fließendem Grundwasser auf die Effizienz von Erdsonden-Wärmespeichern und damit auf das gesamte SuN-System nicht oder nicht hinreichend erfassen. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der örtlichen hydrogeologischen Untersuchungen basierte die Entscheidung für oder gegen einen Erdsonden-Wärmespeicher somit auf der Einschätzung eines Expertenkreises. Die Auslegung aller

Anlagenkomponenten inklusive des Erdsonden-Wärmespeichers musste bislang unter Vernachlässigung von auf Grundwasserfluss beruhenden Effekten geschehen.

Durch das Fehlen von geeigneten Simulationstools können derzeit Berechnungen nur unzureichend durchgeführt werden, wie sie im Zuge von wasserrechtlichen Genehmigungsverfahren für Erdsonden-Wärmespeicherprojekte, bei denen eine Grundwasserbeeinflussung befürchtet wird, erforderlich sind. Benötigt werden Voraussagen des dreidimensionalen Temperaturfeldes in und um den Speicher unter Berücksichtigung von fließendem Grundwasser zu beliebigen Zeitpunkten (Bild1).



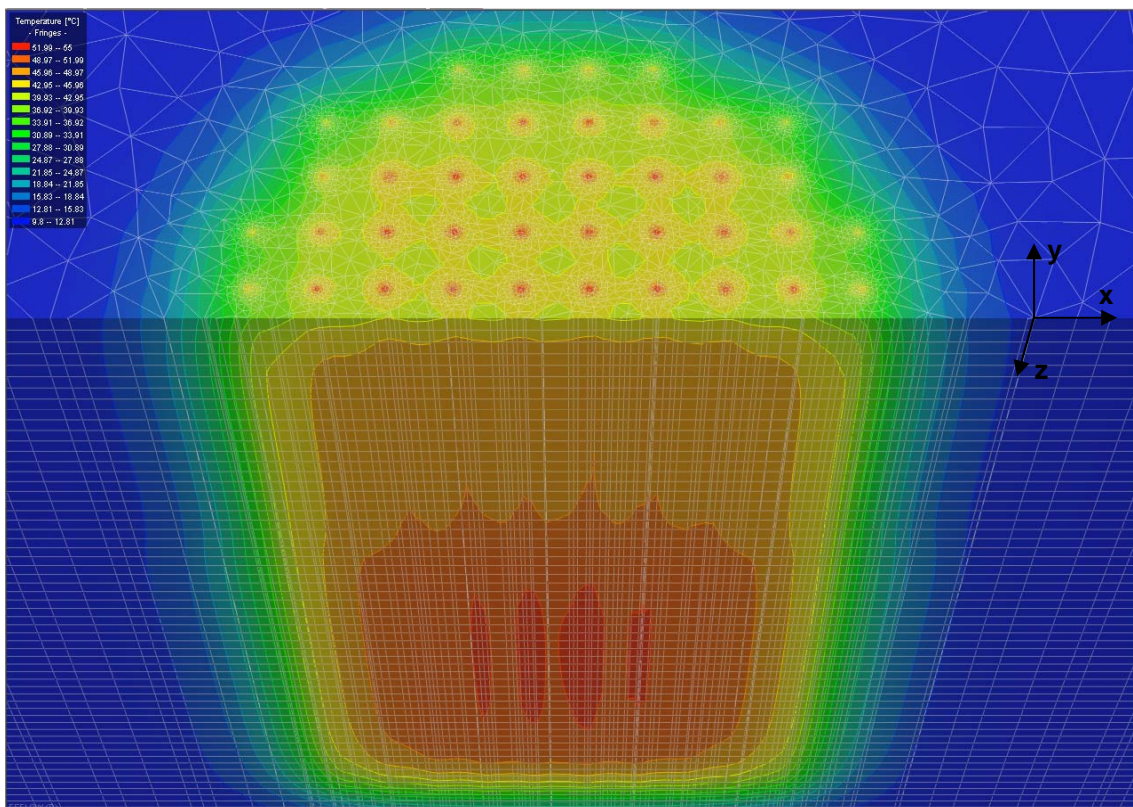
**Bild 1:** Isothermendarstellung im Erdreich um einen Erdsonden-Wärmespeicher ohne (links) und mit Grundwasserfluss (rechts); berechnet mit einem am ITW entwickelten Finite Difference Solver

Da in geringem Maß die Be- und in hohem Maß die Entladewärmemengen sowie -temperaturen eines Erdsonden-Wärmespeichers stark von der Speichereffizienz und damit von der Grundwassersituation abhängen, kann derzeit zur Berechnung kein im Bereich der Grundwasserhydrologie kommerziell verfügbares Simulationstool wie z.B. FEFLOW (FEFLOW 2007) verwendet werden, welches den konvektiven und advektiven Wärmetransport berücksichtigt. Der Grund dafür ist, dass diese Simulationstools nicht berücksichtigen, wie die Wärme ins Erdreich gelangt (nämlich über U-Rohrsonden) und damit keine realitätsnahe Koppelung an ein zur Simulation der restlichen Anlagenteile verwendetes Tool (TRNSYS) zulassen.

Um in Zukunft fundierte Aussagen über die Beeinflussung von fließendem Grundwasser auf Erdsonden-Wärmespeicher treffen zu können, werden im Rahmen dieses Projektes die thermodynamischen Vorgänge von Erdwärmesonden in das Finite-Elemente-

Programm FEFLOW implementiert. Innerhalb FEFLOW wird ein anwenderfreundliches Makro erarbeitet, um durch einfache Parametereingabe einzelne Erdwärmesonden und Erdwärmesondenfelder zu charakterisieren. Weiterhin wird an der Kopplung der beiden Expertenprogramme TRNSYS und FEFLOW gearbeitet. Letztendlich kann nur durch eine voll-dynamische Kopplung die ausgeprägte Wechselwirkung zwischen Erdsonden-Wärmespeicher und restlicher Anlagentechnik erfasst werden.

Erste Ergebnisse der in FEFLOW durchgeführten Voruntersuchungen zeigten eine sehr gute Eignung des Programms sowohl für die Modellierung von Erdwärmesonden als auch zur Berechnung von Temperaturfeldern in und um Erdsonden-Wärmespeicher (Bild 2).



**Bild 2:** 3D-Temperaturfeld eines Erdsonden-Wärmespeichers nach sechs Monaten Beladung im horizontalen (oben) und vertikalen (unten) Schnitt; FEFLOW-Simulation

Die im Rahmen dieses Projektes gewonnenen Erkenntnisse und entstehenden Simulationsprogramme lassen auch fundierte Aussagen über die thermische Funktionalität von einzelnen Erdwärmesonden unter Berücksichtigung realer hydrogeologischer Verhältnisse zu. Als Wärmequelle für erdgekoppelte Wärmepumpen mit Unterstützung der Temperaturregeneration des umliegenden Untergrunds im Sommer durch Einspeisung von Solarwärme oder von durch Klimatisierung anfallender Wärme finden diese Systeme zunehmend Einsatz in Privat- und Industriebauten.

Das entstehende Simulationstool wird anhand realer Messdaten von Thermal Response Tests und umfangreicher Messtechnik am Erdsonden-Wärmespeicher in Crailsheim validiert werden.

Das Projekt wird in Zusammenarbeit mit zwei im Unterauftrag stehenden Projektpartnern erarbeitet. Die Implementierung der Wärmeübertragungsmechanismen von Erdwärmesonden in das Programm FEFLOW sowie die volldynamische Kopplung mit TRNSYS wird von der DHI-WASY GmbH (dem Entwickler von FEFLOW) in Zusammenarbeit mit dem ITW, Universität Stuttgart, durchgeführt. Bei der Erfassung der zur Validierung notwendigen Messdaten am Erdsonden-Wärmespeicher in Crailsheim wird von der CDM Consult GmbH unterstützend gearbeitet. Die Installation der Messtechnik findet auf dem Gelände der Stadtwerke Crailsheim statt, die dieses dazu in dankenswerter Weise zur Verfügung stellen.

## Literatur

**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

**TRNSYS**, A Transient System Simulation Program, Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin, Madison and Transsolar, Stuttgart, Germany, 2000

**FEFLOW**, Finite Element Subsurface Flow & Transport Simulation System, WASY GmbH, Berlin, Germany, 2007

## Links

Stadtwerke Crailsheim [www.stw-crailsheim.de](http://www.stw-crailsheim.de)

DHI-WASY GmbH [www.wasy.de](http://www.wasy.de)

**Projektkosten:** 205.710 € (100 % Förderung durch das BMU)

**Laufzeit:** März 2008 bis Dezember 2009

