

Geologische und geothermische Ergebnisse aus dem Projekt „Mitteltiefe Erdwärmesonde Heubach“

– Hintergrundinformationen–

Projektinformation und -stand:

Am 12.06.2012 wurden die im Januar 2012 begonnenen Bohrarbeiten für die Tiefe Erdwärmesonde Groß-Umstadt-Heubach nach erfolgreichem Einbau der Verrohrung in das 773 m tiefe Bohrloch mit der Zementierung der Verrohrung gegen das Gebirge abgeschlossen. Der Einbau eines GfK-Steigrohrs mit Glasfaserkabel und Temperaturmesskette wurde im September 2012 abgeschlossen, ein Geothermal Response Test fand im November 2012 statt.

Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt der HEAG Süd Hessische Energie AG (HSE) wird vom Hessischen Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUVELV) über Mittel aus dem europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) gefördert. Es soll Grundlagen erarbeiten und demonstrieren, wie die Wärmeversorgung eines mittelständischen Industriebetriebes, in diesem Fall der Fa. Frenger Systemen B.V., mit einer mitteltiefen koaxialen Erdwärmesonde ökonomisch unter Nutzung der regenerativen Energiequelle Erdwärme im Zusammenwirken mit einer energetisch besonders sparsamen Gebäudetechnik erfolgen kann. Damit erfüllt das Projekt wichtige Vorgaben aus dem Umsetzungskonzept der hessischen Landesregierung zum hessischen Energiegipfel.

Das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) ist vom HMUVELV über eine Verwaltungsvereinbarung mit der wissenschaftlich-geologischen Begleitung des Projekts beauftragt.

Das am 21.12.2010 begonnene Pilotprojekt stellt nach Fertigstellung **die erste Nutzung der (mittel-) tiefen Geothermie in Hessen** dar. Neben der mitteltiefen Erdwärmesonde zum Heizen der Produktionsgebäude werden auch 8 „herkömmliche“ Doppel-U-Erdwärmesonden mit Tiefen von 90 bis 138 m zur Kühlung von Bürogebäuden verwendet. Letztere wurden bereits im Jahr 2011 eingerichtet. Eine der Bohrungen wurde als Kernbohrung abgeteufelt, die das HLUG aus Mitteln der geologischen Landesaufnahme finanziert hat.

Daten, Zahlen des Projekts:

- Die Produktionshallen der Fa. Frenger mit einer Fläche von ca. 6.000 m² sowie Büroräume mit einer Fläche von ca. 1.400 m² sollen beheizt und gekühlt werden. Diese wurden mit einer Gebäudedämmung nach neuestem Standard errichtet (ca. 30 W/m² auf beheizter Fläche), mit einer Niedertemperatur-Deckenstrahlheizung (Produkt der Fa. Frenger) ausgerüstet und unterschreiten nach Angaben der Betreiber die Vorgaben der EnEV 2007 um ca. 50%.
- Ziel: Erreichen einer Wärmeleistung von 130 - 140 kW bei einer Vorlauftemperatur von ca. 35 °C (davon durch die oberflächennahen Erdwärmesonden ca. 40 kW und durch die tiefe Erdwärmesonde ca. 90 kW, Entzugsleistungen 41 kW bzw. 61 kW) und eine Kühlleistung von 35 - 45 kW bei einer Vorlauftemperatur von ca. 17 °C.



- Die Tiefbohrung wurde von der Fa. Anger's Söhne, Hessisch Lichtenau, abgeteuft und wird als koaxiale Sonde, bestehend aus einem Innen- und Außenrohr (17,8 cm Ø) ausgebaut. Auch hier zirkuliert das Wärmeträgermedium wie in einer flachen Sonde in einem geschlossenen Kreislauf, allerdings zwischen einem Außenrohr aus Stahl, in dem sich das Wärmeträgermedium auf dem Weg nach unten erwärmt und einem davon thermisch isolierten Innenrohr aus GfK, in dem das warme Wasser hochsteigt.
- Der Zusatz zum Hauptbetriebsplan zum Abteufen der tiefen Bohrung wurde im November 2011 vom RPU Da, Dezernat Bergaufsicht in Wiesbaden genehmigt, das Bewilligungsfeld zur Entnahme von Erdwärme im Dezember 2011.
- Der geplante Standort der Erdwärmesondenanlage liegt im Bereich der Zone IIIA (Weitere Schutzzone) des Trinkwasserschutzgebietes für die Brunnen der Stadt Groß-Umstadt. Es wird daher gemäß Leitfaden „Erdwärmennutzung in Hessen“ hinsichtlich des Grundwasserschutzes bei Erdwärmesondenbohrungen als wasserwirtschaftlich ungünstiges Gebiet eingestuft. Daher wurde eine hydrogeologische Stellungnahme zur Grundwassergefährdung durch das HLOG erstellt. Eine Beeinträchtigung der Trinkwassergewinnungsanlagen wurde nicht erwartet und es wurde den Bohrarbeiten und der Installation von Erdwärmesonden unter speziellen Auflagen zugestimmt. Hierzu zählt u.a. der Einbau einer Schutzverrohrung in den oberen grundwasserführenden Bereichen der Tiefbohrung bis auf das anstehende Festgestein, um einen qualitativen oder quantitativen Einfluss der Bohrarbeiten auf das Grundwasser auszuschließen. Die Schutzverrohrung wurde bis 35 m Teufe ausgeführt.
- Weitere Projektpartner sind: Frenger Systemen BV –Heiz- und Kühltechnik GmbH (Anwender und Multiplikator, Grundstücksinhaber), Viessmann Werke GmbH & Co KG (Anwendung und Optimierung der Wärmepumpentechnik), H. Anger's Söhne Bohr- und Brunnenbaugesellschaft mbH (Anwendung und Optimierung der Bohrtechnik), weitere Wissenschaftliche Begleitung: Universität Kassel (Messkonzept und CO₂-Bilanzierung)

Warum wird diese Art der Erdwärmennutzung in dem Projekt behandelt?

- Vorteil einer „mitteltiefen Sonde“ gegenüber flacheren Systemen ist einerseits die höhere Jahresarbeitszahl der Anlage aufgrund einer hohen Quelltemperatur (hier ca. 38°C in 770 m Tiefe, geothermischer Gradient ca. 3,7 °C/100m) und der sehr geringe Platzbedarf durch nur eine Bohrung. Im Vergleich zu den bislang üblichen tiefen Erdwärmesonden wirken sich andererseits der Einsatz einer mobilen Bohranlage mittlerer Größe (herkömmliche Brunnenbohranlage) zur Niederbringung der Bohrung und der geringere Bohrdurchmesser günstig auf die Bohrkosten aus. In dem Projekt soll auch die Übertragbarkeit des Konzepts auf andere geologische und bauliche Situationen geprüft werden, z.B. für platzsparende Wärmegewinnung im innerstädtischen Bereich.
- In Deutschland sind bislang nur wenige tiefe Erdwärmesonden in Bau oder Betrieb, so z.B. in Aachen und Arnsberg, in der Schweiz in Weggis (Vierwaldstättersee) und in Zürich. Diese über 2000 m tiefen Anlagen wurden mit erheblichem baulichem Aufwand mit Tiefbohrgeräten, wie sie u.a. auch in der Erdölindustrie Verwendung finden, niedergebracht. Ein ähnliches wie das Heubacher Projekt ist inzwischen mit einer 820 m tiefen koaxialen Erdwärmesonde in Osnabrück im Bau.
- Die bei der Nutzung der tiefen Geothermie bei hydrothermalen oder petrothermalen Systemen möglichen Risiken werden durch den Einsatz einer tiefen Erdwärmesonde vermieden: Da keinerlei Grundwasser entnommen oder reinjiziert wird, sind Auswirkungen einer tiefen Erdwärmesonde auf das Grundwasser lediglich auf eine leichte Temperaturänderung in Bohrlochnähe beschränkt. Probleme mit der Förderung hoch mineralisierten Wassers aus großen Tiefen wie z.B. Auskristallisationen, gibt es nicht. Das Risiko künstlich ausgelöster schwacher Erdbeben (induzierte Seismizität), das bei hydrothermalen oder petrothermalen geothermischer Nutzung unter ungünstigen Umständen durch das Umpumpen großer Wassermengen zwischen Förder- und Injektionsbohrung gegeben sein kann, ist hier ausgeschlossen.

- Quellfähige Schichten (z.B. mit einem Anteil von Anhydrit oder Tonmineralen), die zu Untergrundbewegungen (Senkungen und Hebungen) führen könnten oder artesisch gespanntes Grundwasser unter hohem Druck sind schon vor Beginn der Bohrarbeiten ausgeschlossen worden. Dieses auf die Kenntnis der allgemeinen geologischen Situation im größeren Umfeld gegründete Urteil hat sich bei den Bohrungen bestätigt.

Besonderheiten für die geologische Landesaufnahme und Bedeutung für die Entwicklung der Tiefen Geothermie in Deutschland:

Die von der Firma H. Anger's Söhne aus Hessisch Lichtenau abgeteufte Tiefbohrung erschließt als erste das kristalline Grundgebirge in Hessen über eine große Bohrlänge von fast 800 m. Bei den kristallinen Gesteinen handelt es sich um metamorphe, also im Verlauf der Erdgeschichte unter hohen Drücken und Temperaturen veränderte Gesteine, hier v.a. um Gneise mit unterschiedlichen Anteilen an typischen Mineralen wie Quarz, Glimmer, Feldspat sowie Hornblende und Granat.

Eine Kamerabefahrung und ein Pumpversuch in der flachen Kernbohrung ergab eine im Gneis nicht erwartete Grundwasserführung auf Klüften, die bis zu 2,5 cm weit geöffnet sind. Dennoch sind die Durchlässigkeiten insgesamt gering, der K_f -Wert liegt im Bereich von 10^{-7} m/s. In der Tiefbohrung wurde nach Einbau der Verrohrung ein Wasserspiegelanstieg aus dem zeitweise offenen untersten Bohrlochabschnitt (772,8 bis 774,9m) von 24 cm über 4 1/2 Tage festgestellt sowie über geophysikalische Bohrlochmessungen das Vorhandensein wasserführender Klüfte nachgewiesen.

Die Mächtigkeit einer erbohrten hydrothermal veränderten Zone bei 326 m Tiefe, die Ursache für einen erheblichen Nachfall war und eine Zwischenzementierung erforderte, ist mit ca. 6 m überraschend hoch. Aus dem Odenwald war dieses Phänomen noch nicht bekannt, aus anderen Kristallin-Vorkommen, wie beispielsweise aus dem Schwarzwald, gibt es entsprechende Hinweise in der Literatur.

Durch das Projekt werden außerordentlich wertvolle neue Daten zur Geologie des Odenwaldes, zur tektonischen Beanspruchung und zu geothermischen Parametern des kristallinen Untergrundes in Hessen und angrenzenden Bundesländern gewonnen und es bildet somit eine wichtige Grundlage für zukünftige Geothermieprojekte. Dies betrifft nicht nur Erdwärmesondenprojekte, sondern auch hydrothermale Projekte der tiefen Geothermie (mit Nutzung natürlichen Thermalwassers) und ist auch für petrothermale Projekte (Erzeugung eines künstlichen Wärmetauschers durch Fracking) gerade hinsichtlich des Gebirgsverhaltens in größeren Tiefen im Kristallin bedeutsam.

Das HLOG hat umfangreiche geologische Untersuchungen der Bohrproben und der Umgebung der Bohrung durchgeführt, die durch geophysikalische Bohrlochmessungen des Leibniz Instituts für angewandte Geophysik (LIAG) und weitere Untersuchungen an den Unis Frankfurt (Mikrogefüge, Altersbestimmung) und Potsdam (detaillierte Gesteinsbeschreibung und -einstufung mit der Mikrosonde) ergänzt werden. Zu Fragestellungen im Zusammenhang v.a. mit petrothermalen Erschließungen (Gebirgsspannungen, Fracking) werden am Institut für Angewandte Geowissenschaften der TU Darmstadt mit den Bohrkernen Versuche in einer Thermo-Triax-Zelle durchgeführt.

Besonders interessant sind die Wärmeleitfähigkeitsmessungen an den Gesteinen des unteren Tiefenabschnitts. In den oberen Bereichen Werte zwischen 2,5 und 3 W/(m*K) betragen, sind sie in größeren Tiefen wegen des hohen Quarzanteils höher als erwartet (3,5 bis 4 W/(m*K)). Der geothermische Gradient liegt im Bereich von 3,7 °C/100. Der geothermische Wärmestrom liegt, abhängig von der durchschnittlichen Wärmeleitfähigkeit des Untergrundes, zwischen 0,073 W/m² und 0,116 W/m² (auf etwa 1000 m² Fläche strömt also etwa eine Energie als Wärme nach

oben, mit der man eine 100 W-Glühbirne betreiben könnte). In der fertig ausgebauten Bohrung wird über einen so genannten „Geothermal Response Test“ der endgültige Wert über die Gesamtstrecke der Bohrung ermittelt werden. Insgesamt ist jetzt schon rechnerisch bewiesen, dass die etwas geringere Endteufe gegenüber der Planung von 800 m durch die hohen gemessenen Wärmeleitfähigkeiten hinsichtlich des möglichen Wärmeentzugs mehr als kompensiert wird.

Besonders bedeutsam ist die Bohrung an dieser Stelle auch, weil ein Kristallingestein in großer Tiefe erbohrt wurde, was sonst nur sehr selten in Deutschland bzw. Mitteleuropa der Fall ist (Beispiele Bad Urach, Soultz-sous-forêts). Dadurch können Vergleiche zu anderen Tiefbohrungen in Kristallingesteinen hinsichtlich z.B. der Entwicklung der Durchlässigkeiten oder Porositäten und Wärmeleitfähigkeiten von Gesteinen mit zunehmender Tiefe gezogen und für die Planung weiterer Projekte herangezogen werden. Auch für das Projekt „Hessen 3 D“ sind diese Variationen gesteinsphysikalischer Parameter in Abhängigkeit von der Tiefe sehr wertvoll, da es hierfür im Projekt nur Annahmen bzw. Analogieschlüsse gab und diese Annahmen nun durch Meßwerte verifiziert und in das Modell integriert werden können. So wird das geothermische Tiefenpotenzial von Hessen noch genauer abgeschätzt werden können.

Fazit

- Erstmalig in Hessen wurde eine Bohrung im Kristallin in erheblicher Mächtigkeit abgeteuft. Es handelt sich um eine der ganz wenigen Bohrungen in Mitteleuropa mit fast 800 m erbohrtem Kristallingestein.
- Wichtige Erfahrungen für Planung, Genehmigungsverfahren und Abwicklung und vor allem auch für die bohrtechnische Planung und für die Kostenkalkulation wurden gesammelt.
- Die Bohrung bietet eine einmalige Gelegenheit, Gesteine, die nicht nur für tiefe Erdwärmesonden in Betracht kommen, sondern auch für hydrothermale und petrothermale Nutzung in großen Tiefen in frischem, unverwittertem Zustand zu untersuchen. Abhängigkeiten gesteinsphysikalischer Parameter von der Mächtigkeit der Überlagerung können erkannt werden. Gesteinsgefüge und Tektonik (Klüfte, Störungen) im tiefen kristallinen Untergrund können direkt beobachtet und vermessen werden.
- Damit bilden die Ergebnisse der Bohrung eine wichtige Grundlage für weitere Geothermieprojekte, sowohl in vergleichbaren Gesteinen, als auch mit ähnlichen finanziellen und ökonomischen Zielsetzungen.
- Die Auswertung der geophysikalischen Bohrlochmessungen des Leibniz-Instituts für angewandte Geophysik (LIAG) und des HLOG erbringt einen großen Erkenntnisgewinn. Aussagekraft und Anwendungsmöglichkeiten sind auf andere Kristallingebiete übertragbar, z.B. Kristallin im Oberrheingraben.
- Umfangreiche weitere Untersuchungen werden noch durchgeführt oder fanden bereits statt und warten auf ihre Auswertung. Ein erheblicher weiterer Erkenntnisgewinn ist zu erwarten, dies betrifft vor allem die detaillierten Untersuchungen der Bohrkerne. Der Forschungscharakter des Projekts erfordert mehr finanzielle Mittel als spätere „Routineprojekte“, da viele zusätzliche, auch allgemeingültige und in andere Regionen übertragbare Untersuchungen vorgenommen werden, von denen kommende Projekte auch kostenmäßig profitieren werden.

Weitere Informationen:

<http://www.hlug.de/start/geologie/erdwaerme-geothermie/tiefe-geothermie/projekte-erdwaermesonde-heubach/mitteltiefe-erdwaermesonde-heubach.html>

Projekt-Ansprechpartner im HLOG:

Dr. Johann-Gerhard Fritsche, johann-gerhard.fritsche@hlug.hessen.de, Tel. 0611 - 6939 917

Anne Kött, anne.koett@hlug.hessen.de, Tel. 0611 - 6939 734