

# Forschungs- und Entwicklungsprojekt mitteltiefe Erdwärmesonde Groß-Umstadt-Heubach

G2/  
G4

JOHANN-GERHARD FRITSCHÉ & ANNE KÖTT

## Einleitung

Im März 2011 wurde in Groß-Umstadt-Heubach (Landkreis Darmstadt-Dieburg) mit den ersten projektbegleitenden flachen Bohrungen zur Nutzung der Geothermie mittels einer 800 m tiefen Erdwärmesonde begonnen. Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt unter der Leitung der HEAG Süd Hessische Energie AG (HSE) wird wegen seines innovativen Charakters und der herausragenden Bedeutung für den zukünftigen Beitrag der Geothermie zur Energieversorgung durch das Hessische Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUVELV) gefördert. Das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) ist vom HMUVELV mit der wissenschaftlich-geologischen Begleitung beauftragt. Bei dem Projekt sollen auch Erfahrungen hinsichtlich Projektablauf und Optimierung bei Planung und Umsetzung tiefer

Erdwärmesondenanlagen gewonnen werden, um die Übertragbarkeit und Wirtschaftlichkeit bei zukünftigen Standorten praxisnah zu bewerten.

Nach Fertigstellung im Sommer 2012 wird die Anlage die erste Nutzung der mitteltiefen Geothermie in Hessen darstellen. Die Produktionshallen der Fa. Frenger mit einer Fläche von ca. 6 000 m<sup>2</sup> sowie Büroräume mit einer Fläche von ca. 1 400 m<sup>2</sup> wurden mit einer Gebäudedämmung nach neuestem energetischen Standard errichtet. Nach Ausrüstung mit einer der hier produzierten Niedertemperatur-Deckenstrahlheizungsanlagen werden sie den Betreibern zufolge die Vorgaben der Energieeinsparverordnung (EnEV) um ca. 50 % unterschreiten. Neben der 800 m tiefen Erdwärmesonde werden zusätzlich 8 flache Erdwärmesonden mit Tiefen zwischen 90 m



**Abb. 1:** Die neuen Produktionshallen in Heubach, die mit Erdwärme geheizt bzw. gekühlt werden sollen.

und 139 m vornehmlich zur Kühlung der Büroräume verwendet.

Zahlreiche oberflächennahe Erdwärmesonden nutzen in Hessen bereits den Untergrund mit Tiefen bis zu 250 m, größtenteils zur Beheizung von Privathäusern. Im Landkreis Darmstadt-Dieburg wurden bisher mehr als 470 derartige Anlagen in Betrieb genommen; in Hessen sind es insgesamt über 6 300 Anlagen.

Die bei der Nutzung der tiefen Geothermie mittels hydrothermalen Systemen (Förderung von Thermalwasser) oder petrothermalen Systemen (Förderung von Wasser aus künstlich erzeugten Rissystemen in großer Tiefe) möglichen Risiken treten bei der Wärmeengewinnung durch die 800 m tiefe Erdwärmesonde nicht auf: Da keinerlei Grundwasser entnommen oder reinjiziert wird, sind Auswirkungen auf das Grundwasser lediglich auf eine leichte Temperaturänderung in Bohrlochnähe beschränkt. Probleme mit der Förderung hoch mineralisierten Wassers aus großen Tiefen gibt es bei mitteltiefen und tiefen Erdwärmesonden 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 ebenfalls ausgeschlossen.

Eine der flachen Bohrungen wurde, vom HLUG finanziert, komplett als 90 m tiefe Kernbohrung abgeteuft, um anhand der gewonnenen Gesteinsproben und durch Messungen im Bohrloch Daten über die geologischen Verhältnisse im Untergrund zu gewinnen. Die Daten gingen in eine numerische Modellierung des Untergrundes ein, mit der durch ein Ingenieurbüro die endgültige Dimensionierung der Erdwärmesonde in der tiefen Bohrung erfolgte (KUNTZ et al. 2012). Die richtige Bemessung von Erdwärmesonden ist Voraussetzung für ihren technischen und wirtschaftlichen Erfolg. Eine zu geringe Dimensionierung kann zu

erheblichen Problemen im Betrieb sowie zu überhöhten Betriebskosten führen; eine Überdimensionierung führt zu unnötig hohen Investitionskosten. Für den Ausbau der 800 m tiefen Erdwärmesonde wird eine koaxiale Sonde mit einem Stahl-Außenrohr von 178 mm Durchmesser und einem Innenrohr aus glasfaserverstärktem Kunststoff mit einem Durchmesser von 85 mm zum Einsatz kommen. Das kalte Wasser bewegt sich in dem Außenrohr nach unten, erwärmt sich und steigt in dem isolierten Innenrohr nach oben.

Am 22.12.2011 wurde durch die hessische Umweltministerin Lucia Puttrich in Heubach die 800 m tiefe Bohrung gestartet. „In der zukünftigen Wärmeversorgungsstrategie spielt die geothermische Energienutzung eine wichtige Rolle“, so Puttrich. „Der hessische Energiegipfel hat jüngst die Empfehlung ausgesprochen, die geothermische Wärmenutzung weiter auszubauen. Mit diesem Projekt beginnt Hessen mit der Nutzung tiefer geothermischer Energie. Das Interesse an diesen Untersuchungen ist bundesweit sehr groß. Die Erfahrungen aus dem Projekt lassen Rückschlüsse auf weitere Tiefengeothermieprojekte in Hessen, speziell im Rheingraben zu“, erläuterte Puttrich.



**Abb. 2:** Mit einem Knopfdruck startete am 22.12.2011 die erste geothermische Tiefenbohrung in Hessen (v. li.: Bürgermeister Ruppert, Ministerin Puttrich, HSE-Vorstandsvorsitzender Filbert, Landrat Schellhaas und Frenger Systeme-Geschäftsführer Menge).

## Geologie und Petrografie

Heubach befindet sich im nordöstlichen Bereich des kristallinen Teils des Böllsteiner Odenwalds, der durch die Otzberg-Störungs-Zone vom Bergsträßer Odenwald im Westen getrennt ist. Er besteht aus einem nach Nordnordosten abtauchenden, sattelförmigen Kernbereich (Orthogneis-Kern aus Granodiorit- und Granitgneisen mit eingeschalteten Metagabbros und Amphiboliten), der von der sogenannten „Schieferhülle“ umgeben ist, die überwiegend aus Metasedimenten wie Biotit- und Hornblendegneisen, Glimmerschiefern und Quarziten sowie Amphiboliten mit einer Gesamtmächtigkeit von mehr als 600 m besteht (ALTENBERGER & BESCH (1993), STEIN et al. (2001).

Wie die stark verwitterten Aufschlüsse im Ortsbereich Heubach sowie die Gesteinsproben der im April 2011 bis 90 m abgeteuften Kernbohrung zeigen, stehen im Untergrund v. a. Gneise (Sammelbegriff „Augengneise“) an. In der weiteren Umgebung von Heubach (östlich und westlich) wird das kristalline Grundgebirge von jüngeren Sedimenten (Rotliegend, Zechstein, Unterer Buntsandstein) überlagert.

Die Bohrpunkte liegen im Tal des Pferdsbachs. Hier steht zunächst eine ca. 10 m mächtige quartäre Überdeckung aus Tonen, (Löß-) Lehmen und Sanden mit Kiesen (Bachschottern), im unteren Bereich mit Holzresten und Torf sowie bis ca. 11 m Hangschutt aus Buntsandsteinmaterial an. Diese Lockergesteine im oberen Bereich ließen sich auch in Vorerkundungen durch geoelektrische Messungen des HLUg nachweisen. Wie aus der Kernbohrung ersichtlich wurde, folgen im Liegenden (Augen-) Gneise, die im oberen Bereich bis zu einer Tiefe von etwa 16 m grusig

verwittert sind und dann allmählich (bis 17,6 m) in festes Gestein übergehen (FRITSCH et al. 2011, FRITSCH 2011). Bis zu einer Teufe von 68,8 m handelt es sich um grobkörnige Hornblende-Biotit-Gneise mit vereinzelt feldspatreicheren Lagen. Bis 82,7 m folgen mittelkörnige Biotit-Gneise (ohne Hornblende, ebenfalls mit mehreren feldspatreichen Lagen) und bis zur Endteufe von 90 m unter Geländeoberkante stehen mittelkörnige Granat-Biotit-Gneise mit sehr feinkörnigen Zwischenlagen an. Unterbrochen werden die relativ eintönigen Gesteinsserien hin und wieder von geringmächtigen feinkörnigen Myloniten (entstanden durch Gesteinsbewegung an Verwerfungen), von hellen, grobkörnigen Pegmatiten (entstanden durch Auskristallisation von Restschmelzen) und von hellen, feinkörnigen Apliten (Ganggesteine). Die Gesteinsbeschreibung erfolgte direkt am Bohrkern und wurde dann im Labor petrographisch durch Dünnschliffe sowie geochemisch überprüft und verfeinert.

Dieses Bild bestätigen auch die Spülproben, die von 2 Imlochhammerbohrungen jeweils im Abstand von 3 m genommen wurden. Danach steht bis zur Endteufe von 139 m weiterhin Granat-Biotit-Gneis an, der immer wieder von dunkleren feinkörnigen, glimmerreichen Lagen unterbrochen wird.

Für die 800 m tiefe Bohrung ist vorgesehen, im Frühjahr 2012 zwei etwa 9 m lange Kernstrecken bei mittlerer Teufe und bei Endteufe zu nehmen, um möglichst vielfältige Laboruntersuchungen an den Gesteinen durchzuführen. In Anbetracht der Tatsache, dass die Bohrung (zumindest in Hessen) die



**Abb. 3:** Granat-Biotit-Gneis, teilweise als feinkörniger Mylonit ausgebildet, aus der Kernbohrung Heubach (Teufe 82,6–82,8 m).

erste ist, die das kristalline Grundgebirge in einer solchen Mächtigkeit und in großer Tiefe erschließt, sind umfangreiche Untersuchungen und Tests absolut notwendig, um die einmalige Gelegenheit zu nutzen, auch für andere Geothermieprojekte in Hessen und deutschlandweit wichtige Daten zur Geologie,

zur Tektonik und zu geothermischen Parametern zu erhalten. Besonders bedeutsam ist hierbei, dass ein Gestein erbohrt wird, dass im Oberrheingraben in Tiefen > 3000 m ansteht und hier für hydro- und petrothermale Erschließungen in Betracht kommt.

## Geophysikalische Untersuchungen

Die Tiefenlage des anstehenden unverwitterten Augengneises von ca. 16 m unter Geländeoberfläche wurde vor Beginn der ersten flachen Bohrungen durch geoelektrische Messungen des HLUG (Herr Dr. Kracht, Herr Schäfer) ermittelt, insbesondere, um für den Grundwasserschutz wichtige Vorinformationen zur Mächtigkeit der grundwasserführenden Lockergesteine und damit zur technischen Durchführung der Bohrungen zu erhalten. Nach Abschluss der Kernbohrung wurde eine Bohrlochmessung mit Bestimmung der natürlichen Gamma-Strahlung, der Temperatur und der Salinität durchgeführt. Sie ergab u. a. deutliche Hinweise auf Zufluss warmen, mine-

ralisierten Wassers insbesondere bei ca. 70 m unter Geländeoberfläche. Nach Auswertung der Temperaturmessungen liegt die geothermische Tiefenstufe bei dem durchschnittlichen Wert von 3 °C/100 m.

Für die 800 m tiefe Bohrung sollen bis zu 20 unterschiedliche Bohrlochmessungen über die gesamte Teufe durch das Leibniz-Institut für Angewandte Geowissenschaften (LIAG) vorgenommen werden, um bestmögliche Informationen zur Geologie, Hydrogeologie und tektonischen Situation des Standortes zu erhalten.

## Bestimmung geothermisch relevanter Parameter

Die nutzbare Energiemenge einer tiefen Erdwärmesonde hängt in erster Linie von der Temperatur (geothermischer Gradient) des Untergrundes ab, während hydrothermale Projekte zusätzlich unbedingt auf bestimmte Förder- und Injektionsmengen angewiesen sind. Weitere wichtige Parameter sind geologische und thermische Eigenschaften des Untergrundes, insbesondere Wärmeleitfähigkeit, Grundwasserführung und hydraulische Durchlässigkeit. Labormessungen wurden an Proben aus der Umgebung und der 90 m-Kernbohrung vorgenommen. Für die gekernten Anteile der Tiefbohrung sind weitere und umfassendere Messungen in Zusammenarbeit mit dem Institut für Angewandte Geowissenschaften der TU Darmstadt geplant.

Im Vorfeld des Projekts bereits durchgeführte Messungen der Wärmeleitfähigkeit von kristallinen Gesteinen (Granite, Granodiorite, Gneise und Amphibolite) aus dem gesamten Odenwald (aus dem Datenarchiv des HLUG sowie aus dem Projekt „Hessen 3 D“ (SASS et al. 2010, BÄR et al. 2011) konnten mit Messungen im HLUG an neuen Proben von unverwittertem Gestein aus der Kernbohrung und aus Aufschlüssen des Böllsteiner Odenwalds ergänzt und verglichen werden.

Desweiteren führte ein Ingenieurbüro in der 140 m tiefen Bohrung für eine der oberflächennahen Erdwärmesonden einen sog. „Geothermal Response Test“ zur Bestimmung der durchschnittlichen effektiven Wärmeleitfähigkeit im Bohrloch (gemessen wurde 2,5 W/(m\*K)) und der effektiven Wärmekapazität durch.

## Hydrogeologie

Oberflächennah bilden die quartären Lockergesteinsablagerungen (Sande und Kiese), unterbrochen von schlecht durchlässigen Schluffen und Tonen, einen gering mächtigen Porengrundwasserleiter, der das oberste Grundwasserstockwerk darstellt. Davon durch eine sehr gering durchlässige Ton/Schluff-Schicht mit Torf und Holzresten getrennt, stellt pleistozäner Hangschutt, vornehmlich aus Geröllen des im Osten anstehenden Buntsandsteins zusammen mit der stark grusig verwitterten Zersatzzone des Gneises einen zweiten (Poren-) Grundwasserleiter dar. Die unverwitterten kristallinen Gesteine bzw. Gneise darunter sind im Allgemeinen wenig wasserdurchlässig und bilden einen nur gering ergebnigen Kluftgrundwasserleiter. Mit starkem Wasserzustrom ist dort nicht zu rechnen. Bei den Bohrungen für die oberflächennahen Erdwärmesonden wurden jedoch bereits vereinzelt Klüfte im Gneis angetroffen, die z. T. nicht offen („verheilt“), z. T. aber auch offen und mit Kluftbelägen (z. B. Eisenausfällungen) vorhanden sind. Diese fallen meist relativ flach mit maximal 30–45 °C ein, selten steiler bis zu 85 °C. Aussagen über die Klaffungswerte und damit die mögliche Wasserwegsamkeiten sind am Bohrkern nicht zu tätigen. Wie jedoch eine Kamerabefahrung des Bohrlochs der 90 m tiefen Kernbohrung und die geophysikalischen Bohrlochmessungen zeigten, sind im unteren Bereich ab ca. 70 m u. GOK vereinzelt weit geöffnete (bis zu 3 cm), nahezu horizontal verlaufende Klüfte vorhanden, aus denen Wasser zuströmt.

Im offenen Bohrloch der Kernbohrung wurde zudem ein zweitägiger Kurzpumpversuch durchgeführt. Aus

## Fazit

Die ermittelten Ergebnisse sind entscheidend für das Verständnis der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse, die in der 800 m tiefen Bohrung zu erwarten sind. Insbesondere die 90 m tiefe Kernbohrung hat dazu einen entscheidenden Beitrag liefern können, indem hier lückenlose Bohrkern gewonnen wurden, geophysikalische Bohrlochmessungen



**Abb. 4:** Wasserführende Kluft, Teufe 71,3m, Abstand zwischen den Laserpunkten ca. 1,5 cm (Kamerabefahrung an der Kernbohrung Heubach).

der Wiederanstiegskurve des Grundwasserspiegels nach dem Pumpversuch kann der Bohrlochabschnitt mit festem Augengneis unterhalb der Lockergesteinsüberlagerung als schwach durchlässig eingestuft werden.

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.

und die Kamerabefahrung durchgeführt wurden und ein Pumpversuch ausgewertet werden konnte. Die Daten haben Neuerkenntnisse hinsichtlich der Wasserführung, der petrographischen Abfolge, der Gesteinsverwitterung und der tektonischen Beanspruchung des kristallinen Grundgebirges erbracht.

## Literatur

- ALTENBERGER, U. & BESCH, T. (1993): The Böllstein Odenwald: Evidence for pre- to early Variscan plate convergence in the Central European Variscides.– Geol. Rundsch., 82, 3, 475-488; Stuttgart.
- FRITSCH, J.-G., KÖTT, A., KRACHT, M., NESBOR, H.-D., REISCHMANN, TH., RUMOHR, S. & SCHLÖSSER-KLUGER, I. (2011): Geologische Ergebnisse aus dem Projekt „Tiefe Erdwärmesonde Heubach“.– 6. Tiefengeothermieforum Hessen, 15. Sept. 2011, Darmstadt.
- FRITSCH, J.-G. (2011): Erdwärmesonde Groß-Umstadt/Heubach: Die erste Nutzung tiefer Geothermie in Hessen. – 8. Biberacher Geothermie-tag, 01. Dez. 2011; Biberach.
- KUNTZ, D., KÜBERT, M., WALKER-HERTKORN, S., APPEL, G., FRITSCH, J.-G. & KÖTT, A. (2012): Tiefe Erdwärmesonde Heubach – Projektstand sowie Erfahrungen aus Projektlauf, Genehmigung und Anlagenplanung.– GeoTherm Tagung; Offenburg.
- SASS, I., BÄR, K., ARNDT, D., FRITSCH, H.-G., GÖTZ, A., HEGGEMANN, H., HOPPE, A., HOSELMANN, C., KRACHT, M., KÖTT, A., LIEDMANN, W. & STÄRK, A. (2010): Stand des 3D-Modells der geothermischen Tiefenpotenziale in Hessen.– 5. Tiefengeothermie-Forum, 15.09.2010; Darmstadt.
- BÄR, K., SASS, I., ARNDT, D. & HOPPE, A. (2011): Forschungs- und Entwicklungsprojekt „3D-Modellierung der tiefengeothermischen Potenziale von Hessen“.– 6. Tiefengeothermie-Forum, 15.09.2011; Darmstadt.
- STEIN, E., ALTENBERGER, U. & KREHER-HARTMANN, B. (2001): Geologie des Kristallinen Odenwaldes – seine magmatische und metamorphe Entwicklung (Exkursion D1 am 19. und D2 am 20. April 2001).– Jber. Mitt. Oberrhein. Geol. Ver., N.F. 83: 89-111; Stuttgart.