



GEOFORSCHUNGSZENTRUM POTSDAM
STIFTUNG DES ÖFFENTLICHEN RECHTS

Scientific Technical Report

Dank der Herausgeber

Die Herausgeber danken den Herrn Prof. J. Erzinger und Dr. U. Harms (beide GFZ) für die kritische Durchsicht des ersten Berichtsmanuskriptes und die entsprechenden Anmerkungen. Weiterhin gilt der Dank Frau E. Kramer sowie den Herrn Dr. M. Zimmer, Dr. G. Schettler und Dipl.-Krist. R. Naumann für die Unterstützung bei der chemischen Analytik der Gesteins- und Thermalwasserproben am GFZ. Frau Ch. Thänert, Frau M. Wandel und Frau I. Heinzel vom GFZ sei für die Hilfe bei der technischen Fertigstellung des Berichtes besonders gedankt. Die Betreiber der geothermischen Heizzentralen und die Firma Geothermie Neubrandenburg GmbH haben durch ihre Hilfe bei Meßarbeiten und durch die Bereitstellung von Daten das Erscheinen des vorliegenden Berichtes wesentlich unterstützt.

Einleitung

Herbert Schneider und Ernst Huenges

Das vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF) geförderte Forschungsprojekt „Evaluierung geowissenschaftlicher und wirtschaftlicher Bedingungen für die Nutzung hydrogeothermaler Ressourcen“ hat seine Wurzeln in der erfolgreichen Nutzung geothermischer Energie an mehreren Standorten im Ostteil des Norddeutschen Beckens. Ein wesentliches Ziel des Forschungsprojektes ist die Optimierung dieses Verfahrens der umweltfreundlichen Wärmeversorgung. Dabei erfordert die Bewertung der geowissenschaftlichen Bedingungen einen verbesserten Zugriff auf im Zusammenhang mit der geothermischen Nutzung des Untergrundes stehende geowissenschaftliche Daten und Informationen. Aus diesem Grund haben sich die Bearbeiter in z. T. enger Zusammenarbeit mit Verfassern von Primärdokumentationen vorgenommen, die abgelegten Informationen aufzubereiten, zu bewerten und mit eigenen, neuen Untersuchungsergebnissen zu ergänzen. Dabei sind sowohl Ergebnisse aktueller vom BMBF geförderter Projekte wie z. B. "Geowissenschaftliche, geotechnologische und verfahrenstechnische Forschungsarbeiten zur Vervollkommnung des Verfahrens der Nutzung geothermischer Ressourcen im Hinblick auf das Langzeitverhalten" (Geothermie Neubrandenburg, GmbH), „Spezielle geomikrobiologische Untersuchungen an geothermisch genutzten Tiefenwässern an Standorten in Mecklenburg-Vorpommern“ (Umwelt- und Rohstoff-Technologie GmbH Greifswald), „Geologische Grundlagen für die Geothermienutzung in Nordostdeutschland“ (Gesellschaft für Umwelt- und Wirtschaftsgeologie mbH Berlin) als auch das von der Europäischen Union im Rahmen des JOULE II Programms geförderte Vorhaben „Improvement of the Injectivity Index of Argillaceous Sandstone“ (Bearbeitung: BRGM- Frankreich, TNO- Niederlande, GTN- Deutschland) einbezogen worden. Der Report ist in zwei Teile unterteilt. Teil A beinhaltet die geowissenschaftlichen Bewertungsgrundlagen zur Geothermienutzung in Norddeutschland. In den Themenkomplex wird mit einer geologischen Übersicht zum Norddeutschen Becken eingeführt. Für die geowissenschaftliche Bewertung hydrogeothermaler Ressourcen sind Kenntnisse über Temperaturverhältnisse, Speicherverbreitung und -ausbildung, Porenraumparameter und das Wissen über die Eigenschaften der Thermalwässer erforderlich. Daher werden die interessierenden Reservoirs eingehend mineralogisch/petrophysikalisch charakterisiert. Zusammen mit der hydrochemischen Charakterisierung der Tiefenwässer sowie der mikrobiologischen Analyse der Thermalwässer wird es möglich, die Ausgangslage und den Ablauf möglicher Prozesse bei der Nutzung der hydrothermalen Ressourcen zu erfassen.

Geowissenschaftliche Erfahrungen, inklusive spezielle Untersuchungen an den Standorten der im Betrieb befindlichen geothermischen Heizzentralen werden im Teil B vorgestellt. Am Ende dieses zweiten Teils erfolgt eine Zusammenstellung wichtiger Daten zur Aquifer- und Thermalwassercharakteristik der geothermischen Heizzentralen Waren/Müritzt, Neubrandenburg und Neustadt-Glewe (alle in Mecklenburg-Vorpommern) in tabellarischer Form.

Zusammenfassung und Ausblick

Peer Hoth, Ernst Huenges und Andrea Seibt

Hydrogeothermale Erdwärmenutzung (hydrothermale Geothermie) ist die Nutzung des energetischen Potentials von niedrig- bis hochthermalen natürlichen Tiefenwässern. Für diese Art der Erdwärmenutzung stehen unter den geologischen Bedingungen Norddeutschlands nur hydrothermale Systeme niedriger Enthalpie zur Verfügung. Die für diese Systeme charakteristischen heißen ($>100\text{ °C}$), warmen ($40\text{-}100\text{ °C}$) oder niedrig temperierten ($25\text{-}40\text{ °C}$) Wässer können vorrangig zur Raum- und Prozeßwärmeversorgung eingesetzt werden. Bis zu 100 °C warme Thermalwässer aus Sandsteinreservoirs werden schon über Zeiträume von bis zu 10 Jahren an drei Standorten Norddeutschlands entsprechend genutzt. Dabei wird das Thermalwasser über eine Bohrung an die Erdoberfläche gefördert und nach dem Wärmeentzug über eine zweite Bohrung wieder in die Entnahmeschicht verbracht. Ähnliche Vorhaben sind für andere Standorte begonnen worden, oder in Planung begriffen.

Die wirtschaftliche Effizienz der energetischen Nutzung der norddeutschen Thermalwässer erfordert große Thermalwasservorräte, hohe realisierbare Volumenströme und eine problemlose Rückführung der Wässer in die Speicher. Sie ist daher an spezielle geologische Bedingungen gebunden, deren Bewertung neben den ökonomischen Gesichtspunkten die Basis zur Einschätzung des zukünftigen Nutzungspotentials darstellt. Entsprechende Bewertungsgrundlagen basieren auf der Analyse der Verbreitung potentieller Speichergesteine, der komplexen geologisch-petrophysikalischen Charakterisierung der Aquifere und ihrer geothermischen Verhältnisse sowie der chemisch-mikrobiologischen Charakterisierung der Thermalwässer und der Analyse der grundsätzlichen Eignung dieser Wässer für den technologischen Prozeß der Wärmeengewinnung. Zusätzlich schließen sie die langjährigen Erfahrungen beim Betrieb der geothermischen Heizzentralen ein.

Generell stellen Sandsteine aus Kreide, Jura und Trias potentielle Nutzhorizonte des Norddeutschen Beckens dar. Bewertungskriterien für die Eignung dieser Sandsteinspeicher sind in Abhängigkeit der ökonomischen Rahmenbedingungen zu erfüllende Mindestanforderungen hinsichtlich ihrer Ausbildung und ihrer Transporteigenschaften. Entsprechende Daten werden aus Laboruntersuchungen sowie Bohrlochtesten und Bohrlochmessungen gewonnen. Neben der Speicherausbildung sind die chemisch-mikrobiologischen Eigenschaften der Thermalwässer von entscheidender Bedeutung für den Betrieb von Thermalwasserkreisläufen. Daher sind eine umfassende Wasseranalytik der nutzbaren Wassertypen, eine Erfassung der im Schichtwasser gelösten Gase und die Analyse der mikrobiologischen Situation weitere Basis der geowissenschaftlichen Bewertung. Für die in Norddeutschland bisher genutzten und am weitesten verbreiteten Formationswässer vom Na-Cl-Typ sind lediglich Eisenhydroxidausfällungen infolge von Sauerstoffkontakt technologisch bedeutend. Auf der Grundlage gezielter Sauerstoffmessungen lassen sich Hinweise zur Betriebsführung geothermischer Heizzentralen ableiten. Besonders kritisch ist der Sauerstoffeintrag in den Speicherhorizont selbst zu bewerten. Auftreten und Intensität möglicher daraus folgender Speicherschädigungen sind zum einen vom Eisengehalt der Thermalwässer, der Sauerstoffmenge und zum anderen von der Speicherausbildung abhängig. Da geothermisch nutzbare Tiefenwässer aus Sedimentbecken überwiegend ein reduzierendes Milieu aufweisen, sind die Schlußfolgerungen zur Verhinderung von Speicherschädigungen bei der Reinjektion infolge eines Sauerstoffeintrages allgemein gültig. Eine Nutzung anderer Wassertypen - z. B. von Wässern mit deutlich höheren Calcium- oder Sulfatgehalten erfordert detaillierte Untersuchungen und Berechnungen zu chemischen Wechselwirkungsreaktionen zwischen Speichergesteinen und Fluiden und unter Umständen modifizierte technologische Konzepte.

Zur ersten Bewertung der Temperaturbedingungen des norddeutschen Untergrundes kann auf ein umfangreiches Datenmaterial sowie eine Reihe von publizierten Kartenwerken zurückgegriffen werden. Insbesondere bei Aussagen und Abschätzungen von lokalen Speichertemperaturen sind die vorhandenen Daten kritisch zu analysieren, da z. B. die Temperaturmessungen oft nicht unter thermischen Gleichgewichtsbedingungen durchgeführt wurden und daher bedeutende Abweichungen gegenüber der wahren Gebirgstemperatur möglich sind.

Generell sind die abgeleiteten geowissenschaftlichen Bewertungsgrundlagen auf die Nutzung hydrogeothermaler Ressourcen aus Porenspeichern anderer Sedimentbecken weitgehend übertragbar. Da z. B. in einigen osteuropäischen und auch asiatischen Ländern ähnliche Ressourcen vorhanden sind und sich dort aufgrund anderer ökonomischer Verhältnisse die geothermische Energie weit kostengünstiger gewinnen ließe, wäre ein Wissenstransfer in diese Länder auch der deutschen Wirtschaft dienlich. Zukünftige Ziele weiterer Untersuchungen sollten einerseits auf Überlegungen zur zusätzlichen sekundären bzw. stofflichen und damit die Wirtschaftlichkeit wesentlich erhöhenden Nutzung der Thermalwässer sowie zur Eignung von klüftig-porösen Speichergesteinen unter Nutzung der Erfahrungen aus dem Hot-Dry-Rock-Projekt gerichtet sein. Andererseits muß eine noch stärkere Verknüpfung aller Bewertungskriterien angestrebt werden, so daß letzten Endes eine ökonomische, ökologische und rechtliche Bewertung der Nutzung hydrogeothermaler Ressourcen auf geowissenschaftlicher Basis möglich wird.

Summary

In Germany low enthalpy thermal waters (mainly with temperatures between 40 °C and 100 °C, maximum temperatures partly above 100 °C) are of great importance in the exploitation of hydrogeothermal energy. Large thermal water reserves, high realizable flow rates (50-100 m³/h) and high productivity (>50m³/h×MPa) are the main requirements for efficient economic exploitation. Thus usage is restricted to certain geologic conditions and special reservoir properties.

One of the most favorable German areas for direct geothermal heat recovery is the North German Basin. Mainly Cretaceous-, Jurassic- and Triassic sandstone reservoirs in a depth range between 1000 and 3000 m can be utilized there. Detailed geologic and petrophysical investigations of the reservoir rocks, knowledge about their temperature conditions, chemical and microbiological analysis of the formation waters and the estimation of possible fluid-rock interactions are on the one hand the basis for an evaluation of the regional energy potential and on the other hand the main basis for a locally successful technical exploitation.

Reliable and efficient geothermal heat supply requires proper management of the thermal water loop of the geothermal plant. This includes economic and energy as well as environmental aspects. The design of the geothermal loop has to be optimized according to the specific conditions of each site. Today reliable technical solutions exist even for the highly concentrated geothermal brines of the very permeable but sensitive sandstone aquifers in North Germany. Initial Fe²⁺ content of the reducing Na-Cl-brines and the possible precipitation of iron hydroxides induced by oxygen entry between production and re-injection well is of main technologic importance there.

Further investigations within this BMBF-project should focus on the secondary use of the thermal waters and on the suitability of dual-permeability (fissured) reservoirs.

Autorenliste

GeoForschungsZentrum Potsdam
Telgrafenberg, 14473 Potsdam
E-mail: huenges@gfz-potsdam.de

*Jörg Erzinger
Andrea Förster
Dieter Freund
Peer Hoth
Ernst Huenges
Dirk Naumann
Jörg Schrötter
Andrea Seibt
Erik Spangenberg
Hans-Adolf Ullner*

Geothermie Neubrandenburg GmbH
Postfach 1824, 17008 Neubrandenburg
E-mail: gtn@nb.regionet.de

*Heiko Horn
Torsten Kellner
Birgit Rohstock
Herbert Schneider
Peter Seibt*

Geothermie Wildau GmbH
Karl-Marx-Str. 114, 15745 Wildau

Wilfried Rockel

Technische Universität Berlin
Institut für Angewandte Geophysik
Ackerstr. 71-76, 13355 Berlin
E-mail: tros0938@mailszrz.zrz.tu-berlin.de

*Hans Burkhardt
Bernd Troschke*

Universität Karlsruhe
Mineralogisches Institut
Kaiserstr. 12, 76131 Karlsruhe
E-mail: georg.frosch@bio-geo.uni-karlsruhe.de

*Egon Althaus
Georg Frosch*

TU Bergakademie Freiberg
Institut für Bohrtechnik und Fluidbergbau
Agricolastr. 22, 09596 Freiberg
E-mail: martin@bohr1.tbt.tu-freiberg.de

*Volker Köckritz
Margit Martin*

**Alfred-Wegener-Institut für Polar- und
Meeresforschung**
Postfach 120 161, 27515 Bremerhaven

Michael Kühn

Umwelt- und Rohstoff-Technologie GmbH
Brandteichstr. 19, 17489 Greifswald

*Sabine Bochnig
Klaus Hofmann
Manfred Köhler
Fernando Völsngen*