



Messwagen vor dem
Berliner Reichstag.

Koaxialsonden: Alternative für die Erdwärmegewinnung in besonders sensiblen Gebieten?

Oberflächennahe Geothermie ■ Erste Untersuchungen an Koaxialsonden haben gezeigt, dass diese bezüglich des Nachweises der Ringraumabdichtung wie Grundwassermessstellen oder Brunnen behandelt werden können. Bei der generellen Entscheidung der Genehmigung von flachgeothermischen Anlagen in sensiblen Gebieten könnten derartige Anlagenkonzepte eine mögliche Alternative darstellen, da deren baulicher Zustand und damit auch deren Unbedenklichkeit für das Grundwasser eindeutig überprüft werden können.

Die Gewinnung von Heizenergie aus Erdwärmesonden mit geringer Tiefe, sogenannte oberflächennahe Geothermie, hat sich in Deutschland als regenerative Energieform in den letzten Jahren fest etabliert. Durch die großmaßstäbliche Anwendung in ganz Deutschland halten sich die Preise für derartige Anlagen auch in überschaubaren Grenzen und deren Effizienz ist bei richtiger Dimensionierung ebenfalls zufriedenstellend. Leider sind zunehmend Schadensfälle bekannt geworden, die äquivalent zu ihrem Schadensausmaß auch eine entsprechende Würdigung in der öffentlichen Wahrnehmung gefunden haben. Schadensfälle wie z.B. am Finanzministerium in Wiesbaden, die Bauschäden in Leonberg oder die Hebungen in Staufen mögen hierfür als Beispiele herangezogen werden.

Auch wenn derartige Ereignisse zum Glück nur selten auftreten, führen sie sofort zu einer Häufung kritischer Beurteilungen der Gesamttechnologie, wobei in den meisten Fällen die Schäden subjektiv begründet sind, was mitunter durch den enormen Preisdruck, der auf diesem Markt herrscht, gefördert wird. Dies alles hat zwischenzeitlich bei zahlreichen Behörden zu einer restriktiveren Handhabung bei den Genehmigungen flachgeothermischer Projekte geführt. In der Hauptsache geht es dabei um die Befürchtung, der Schutz des Grundwassers würde durch die nicht sachgerechte Errichtung von Erdwärmesonden auf der Strecke bleiben.

Bedenkt man, dass in Deutschland bereits rund 250.000 geothermische Heizsysteme betrieben werden [1], somit wahrscheinlich mehr als 500.000 Boh-

rungen hierfür abgeteuft und ausgebaut wurden, so ist diese Befürchtung nicht ganz unbegründet, zumal bekannt ist, dass bei der Errichtung von Brunnen und Grundwassermessstellen, trotz sorgfältiger Arbeitsweise und einer überwiegend externen Bauüberwachung, immer wieder Mängel festgestellt werden. Erfahrungen des Autors aus den letzten 20 Jahren bei der Überprüfung von etwa 8.000 Brunnen und Grundwassermessstellen belegen, dass etwa 10 Prozent davon mit Mängeln behaftet sind.

Die Tendenz der letzten Jahre weist hier aber eindeutig eine Verbesserung der Situation aus, was nicht zuletzt auf die konsequente Überprüfung der Bauwerke mittels Bohrlochgeophysik bei deren Abnahme zurückzuführen ist. Da bei der Errichtung von Erdwärmesonden eine Bauüberwachung oder gar eine

nachträgliche Überprüfung mittels Geophysik eher die Ausnahme sind, ist die bei Brunnen und Grundwassermessstellen festgestellte Fehlerquote von 10 Prozent für Erdwärmesonden wohl nicht zu hoch gegriffen. Die Folge ist, dass Genehmigungen für die Errichtung oberflächennaher geothermischer Anlagen in sensiblen Gebieten, z. B. Wasserschutz-zonen, Einzugsgebieten oder bekannten Bodenverunreinigungen bzw. Versalzungen des Grundwassers durch Tiefenwässer, versagt werden. Teilweise geht man sogar so weit, Erdwärmehohrungen, die mehrere Grundwasserstockwerke durchteufen, generell zu verbieten.

Gegenwärtig ist nicht zu erkennen, wie diesem generellen Widerspruch zwischen dem Schutz des Grundwassers und dem berechtigten Interesse an der Gewinnung regenerativer Energien abgeholfen werden kann, ohne dabei die eine oder andere Seite finanziell und/oder logistisch/organisatorisch zu überfordern. Eine mögliche Alternative könnte dabei der Bau von Sonden sein, die nach den bewährten Prinzipien des Messstellen- oder Brunnenbaus errichtet werden.

Kontrolle von U-Sonden geringen Durchmessers

Zur Möglichkeit der Kontrolle von U-Sonden wurde in [2] schon ausführlich Stellung genommen. An den in diesem Artikel beschriebenen Problemen, insbesondere bezüglich der Befahrungsschwierigkeiten der U-Sonden, die ausschließlich aus PE-Material mit einem überwie-genden Innendurchmesser von 26 mm gefertigt werden, hat sich bis zum heutigen Tag nichts geändert. Auch die Verwendung von markierten Suspensionen ist für deren eindeutigen Nachweis nach wie vor notwendig. Meist ist es auch so, dass Anfragen zur Kontrolle von derartigen Sonden fast immer

erst nach deren Fertigstellung von Behörden oder Bauherren kommen, die Zweifel an deren sachgerechter Abdichtung haben. Da diese Sonden dann ausnahmslos mit unmarkierten Suspensionen abgedichtet wurden, ist der Nachweis einer sachgerechten Ringraumabdichtung bis zum heutigen Tage technisch nicht möglich, wäre hierfür doch die Kombination der Messverfahren Neutron-Neutron-Log, Gamma-Gamma-Dichte-Log und Gamma-Ray-Log erforderlich (vergl. [3]).

In [2] wurde vom Autor schon einmal darauf hingewiesen, dass der Einsatz von Messsonden mit radioaktiven Prüfstrahlern in den häufig nur sehr schwer oder überhaupt nicht befahrbaren PE-Rohren die Gefahr des Sondenverlustes birgt. Die damit erzielten Messergebnisse sind zudem meist mehrdeutig und damit kaum „gerichts-fest“ verwertbar. Dies begründet sich u. a. aus der undefinierten Lage der PE-Rohre und damit der Messsonde in der Bohrung und somit zum umgebenden Gebirge. Suszeptibilitäts- oder Temperaturmessungen stellen hier auch nur sehr bedingt eine Alternative dar, da diese, einzeln betrachtet, wie alle Verfahren mehrdeutig sind und damit im Streitfall ebenfalls einer juristischen Überprüfung kaum standhalten.

Koaxialsonden

In den letzten Jahren wurde neben den schon etablierten Technologien U-Sonde und Förder-Verpressbrunnen eine weitere Form der oberflächennahen geothermischen Energiegewinnung zur Marktreife entwickelt, die sogenannte Koaxialsonde (Abb. 1). Bei den Koaxialsonden wird zwischen dem Außen- und dem Innenrohr die Wärmeträgerflüssigkeit nach unten geleitet, wobei sie sich erwärmt, um dann im Innenrohr wieder nach oben zu steigen. Um Wärmeverluste beim Aufstieg der Trägerflüssigkeit zu vermeiden, ist das Innenrohr gewöhnlich isoliert. Die Errichtung

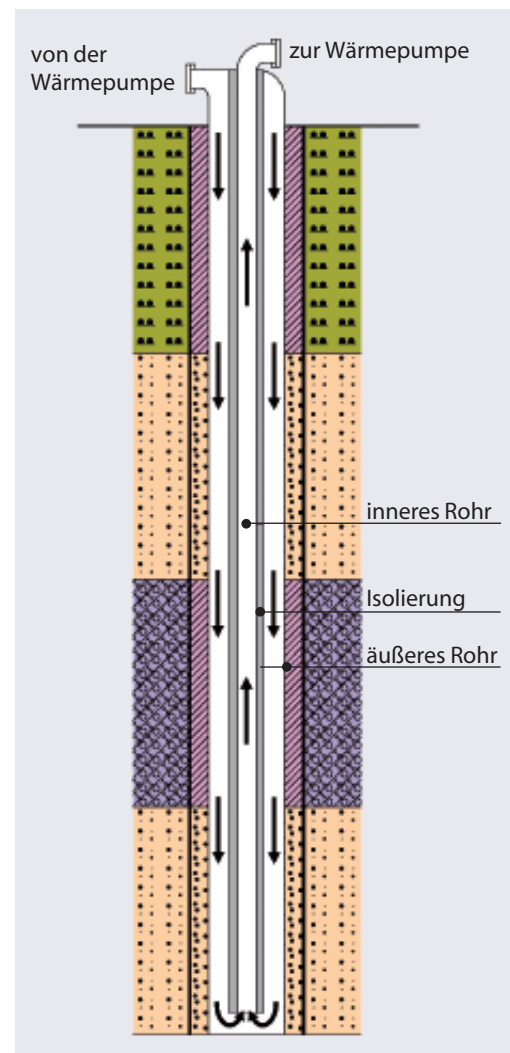


Abb. 1 Prinzipskizze einer Koaxialsonde

derartiger Sonden erfolgt dabei nach dem bewährten Schema des Brunnen- bzw. Messstellenbaus.

In eine ausreichend große Vorbohrung (vergl. hierzu in [4]: „Mindestbohrerdurchmesser in Abhängigkeit vom Ausbaudurchmesser und Abdichtungsmaterial bei Trocken- und Spülbohrungen“) werden die Verrohrung und die Ringraumverfüllung eingebracht, wobei das anzuwendende Bohrverfahren dabei zweitrangig ist, sicherlich aber preisbestimmt wirkt. Das Außenrohr wird analog dem Bau einer Messstelle instal- ▶



BOHRLOCHMESSUNG-STORKOW GmbH

D-15859 Storkow - Schützenstraße 33 Tel./Fax: +49 33678 436 30 / 436 31 - <http://www.blm-storkow.de>

**Geophysikalische Messungen und
Kamerabefahrungen in Brunnen und Grundwassermessstellen**

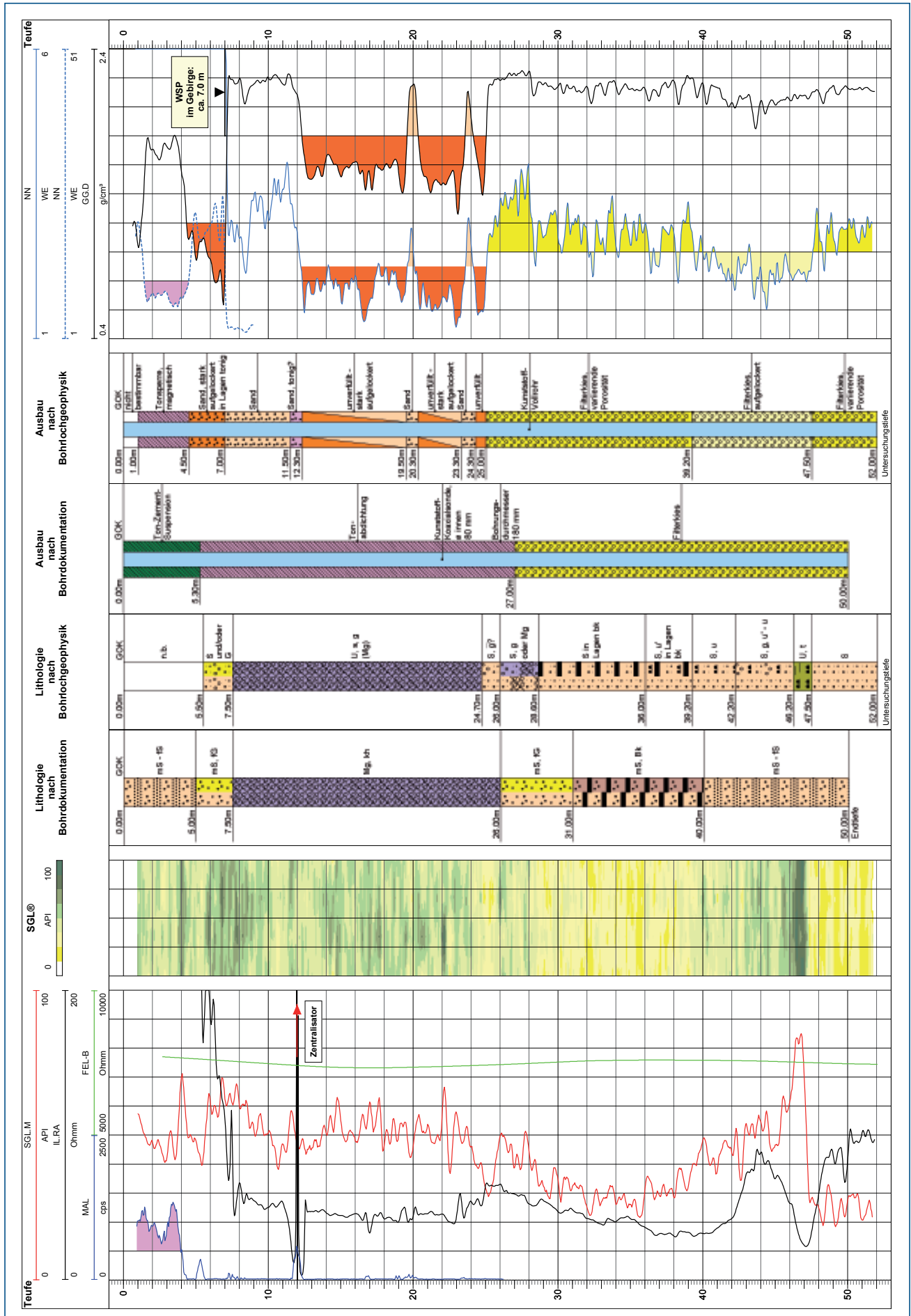


Abb. 2 Beispiel der Vermessung einer Koaxialsonde mit fehlerhafter Ringraumverfüllung

Ton oder Ton-Zement-Suspensionen	notwendige Messverfahren zum Nachweis	
	zweidimensional	dreidimensional
magnetisch markiert	MAL, GG.D	MAL, RGG.D
gammaaktiv markiert	GR, GG.D	SGL, RGG.D
nicht markiert	GR, GG.D, NN	SGL, RGG.D, NN

Quelle: [2]

Tabelle 1 Verfahrenskomplexe zum Nachweis von Ringraumabdichtungen

liert. Das Innenrohr mit der Isolierung wird erst zu einem späteren Zeitpunkt – wenn der Ringraum komplett verfüllt und abgedichtet ist – in das Außenrohr eingeschoben und kann zu jeder Zeit wieder gezogen werden. Die Ringraumverfüllung erfolgt ebenfalls, wie im Messstellenbau üblich, mit Kies- und Tonpelletschüttungen bzw. Ton-Zement-Suspension. Das heißt, rollige Bereiche werden wieder rollig verfüllt und bindige Bereiche sind mit Tonabdichtungen (Suspension oder Pellets) zu verfüllen.

Nach [4] kann dabei sogar auf die vollständige Ringraumabdichtung von mächtigen bindigen Bereichen verzichtet

werden, wenn die Tonsperre eine Mächtigkeit von 5 m nicht unterschreitet. Ohne die genauen thermodynamischen Eigenschaften derart verfüllter Ringräume bewerten zu wollen, erscheint es jedoch logisch, dass insbesondere eine direkte Anbindung der Sonde an die jeweiligen Grundwasserleiter mittels Kiesschüttung im Ringraum für deren Effektivität vorteilhaft sein müsste.

Überprüfung von Koaxialsonden

Koaxialsonden können mit den in [3] festgelegten bohrlochgeophysikalischen Verfahrenskomplexen zweifelfrei überprüft werden. Überprüfungsschwerpunkte wären dabei:

- Vorhandensein und Lage von Ringraumabdichtungen
- Dichtheit der Rohrverbindungen
- Verfüllung des Ringraums/Brückenbildungen
- geologisches Schichtenverzeichnis.

In **Tabelle 1** sind die in Abhängigkeit vom verwendeten Material für den Nachweis von Ringraumabdichtungen notwendigen Messverfahren aufgeführt.

Fügt man den oben genannten Messverfahren noch ein Induktions-Log (induktive Messung der elektrischen Leitfähigkeit zur Gliederung der geologischen Schichtenfolge) hinzu, so ist anhand der Messungen auch eine Gliederung von rolligen und bindigen Gebirgsschichten, bei Messungen aus der Ausbauperforierung heraus, möglich. Voraussetzung hierbei ist jedoch, dass der Durchmesser der Ausbauperforierung in einem üblichen Verhältnis zum Bohrdurchmesser steht (vergl. hierzu in [4], Arbeitsblatt Tabelle 1). Somit wäre zumindest nachträglich eine Überprüfung des Schichtenverzeichnisses, z. B. von Spülboh-

Damit die ganze Wärme oben ankommt – ThermoCem®

Der Trockenmörtel mit herausragender Wärmeleitfähigkeit

Mit Hilfe von Erdwärmesonden gekoppelt mit Wärmepumpen lässt sich Wärme aus der Tiefe zum Heizen oder zur Stromerzeugung gewinnen.

ThermoCem ist ein Trockenmörtel, der speziell für die Einbettung von Erdwärmesonden entwickelt wurde und mit seiner enormen Wärmeleitfähigkeit, doppelt so hoch wie bei herkömmlichen Verfüllbaustoffen, für einen noch größeren Nutzen der Energieressource Erdwärme sorgt. Nicht nur ein Gewinn für Sie, sondern auch für eine saubere Umwelt.

www.thermocem.de

HEIDELBERGCEMENT

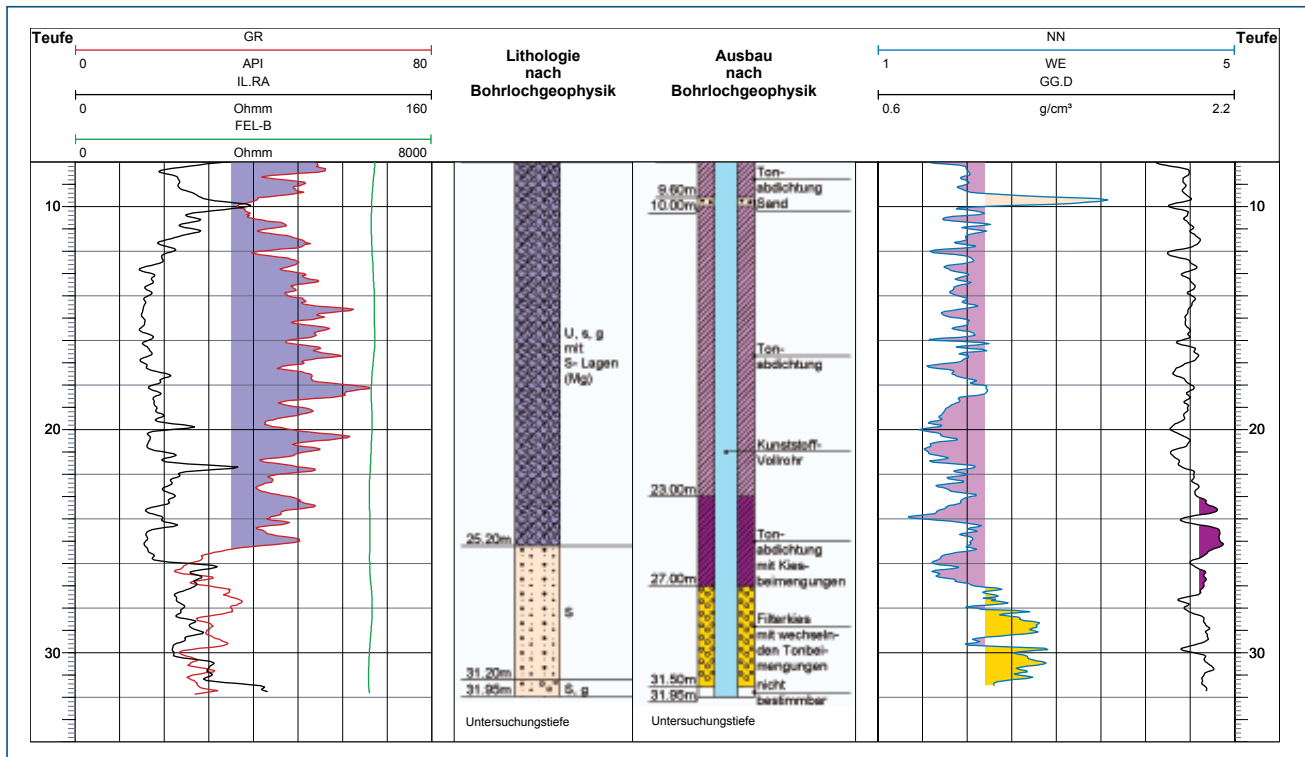


Abb. 3 Beispiel der Vermessung einer Koaxialsonde mit weitestgehend intakter Ringraumverfüllung

rungen, möglich. Als weiteres Messverfahren könnte noch ein FEL (Fokussiertes-Elektro-Log) zum Einsatz gebracht werden, um hiermit unmittelbar nach Rohreinbau die Dichtheit der Rohrverbindungen zu prüfen. Dies erspart „böse Überraschungen“ bei der Druckprüfung des Systems, die meist erst kurz vor Fertigstellung der Anlage erfolgt.

Bei der in der **Abbildung 2** gezeigten Erdwärmesonde wurde ein zu geringer Bohrdurchmesser gewählt, sodass es bei der Verfüllung des Ringraums zu Problemen gekommen ist. Die ferromagnetisch markierten Tonpellets können, wie im Neutron-Neutron-Log (NN) und dem Magnetik-Log (MAL) ersichtlich, nur bis zu einer Teufe von 4,5 m nachgewiesen werden. Aus der Induktions-Log-Messung (IL.RA) ist in einer Teufe von 12,0 m ein metallischer Abstandshalter zu identifizieren. Beim Vergleich der „Lithologie nach Bohrdokumentation“, d. h. der Ansprache der Spülproben mit der „Lithologie nach Bohrlochgeophysik“, sind einige markante Unterschiede ersichtlich. So wurden der tonige Schluff unterhalb 46,2 m ebenso wie die im Hangenden zwischen 39,2 m und 46,2 m vorhandenen bindigen Bestandteile in der sandigen Matrix bei der Spülprobenaufnahme nicht erkannt.

Der verwendete Abstandshalter hat zu Brückenbildungen geführt, wie in der Teufe 12,3 m bis 25,0 m aus dem NN-Log (Neutron-Neutron-Log) und dem GG.D-Log (Gamma-Gamma-Dichte-Log) ersichtlich ist. Dieser Bereich ist weitgehend unverfüllt. Das inhomogene GG.D-Log im Teufenbereich unterhalb von 25,0 m weist auf eine Auflockerung der Filterkiesschüttung und damit variierende Porositäten hin. Auch wurde der Filterkies 2 m höher geschüttet als in der Ausbaudokumentation angegeben. Das FEL (Fokussiertes-Elektro-Log) zeigt keinerlei „markante Peaks“, sodass von der Dichtheit der Rohre ausgegangen werden kann. Aufgrund des geringen Ringraums sind die eingesetzten Messverfahren sehr stark vom Gebirge überprägt und damit nur in Kombination aller Verfahren eindeutig auswertbar.

Bei der in **Abbildung 3** dargestellten Erdwärmesonde ist bis zu einer Teufe von 27,0 m eine vollständige Verfüllung mit Ton-Zement-Suspension bzw. Tonpellets anhand des NN-Logs bzw. des GG.D-Logs nachweisbar, wobei im unteren Bereich, von 23,0 m bis 27,0 m, eine Vermischung mit Filterkies wahrscheinlich ist. Die Kiesschüttung ist ebenfalls vereinzelt mit tonigen Bei-

mengungen, Suspension, Tonpellets oder Schluff aus dem Gebirge durchsetzt. Auch Spülungsreste können die Ursache für diese Durchmischung sein. Nach der FEL-Messung sind die Rohrverbindungen unauffällig und somit auch als dicht anzusehen. Zwischen 9,6 m und 10,0 m hat sich rolliger Nachfall (Sand/Kies) in der Tonsperre abgesetzt, was anhand des NN-Logs zweifelfrei belegt wird. Das Gamma-Ray-Log (GR) ist auch bei dieser Erdwärmesonde stark vom Gebirge überprägt, wobei auch hier der relativ kleine Ringraum als Ursache anzusehen ist.

Zusammenfassung

Erste Untersuchungen an Koaxialsonden haben gezeigt, dass diese bezüglich des Nachweises der Ringraumabdichtung wie Grundwassermessstellen oder Brunnen behandelt werden können. Zwingend notwendig ist dabei jedoch, dass die Regeln des Baus von Brunnen und Grundwassermessstellen hierbei konsequent eingehalten werden. Dies betrifft insbesondere die erforderlichen Bohrdurchmesser und die Verfüllung der Ringräume. Mit den nach [3] standardmäßig auszuführenden bohrlochgeophysikalischen Messverfahren ist eine exakte Überprüfung des Ausbaus und der Verfüllung solcher Sonden möglich.

Bei der generellen Entscheidung der Genehmigung von oberflächennahen geothermischen Anlagen in sensiblen Gebieten könnten derartige Anlagen aus Sicht des Grundwasserschutzes eine Alternative darstellen, da deren Unschädlichkeit für das Grundwasser zweifelsfrei nachgewiesen werden kann. Sofern zusätzlich noch ein Induktions-Log gemessen wird, wäre auch die Überprüfung des erbohrten geologischen Schichtenverzeichnisses, zumindest eine Gliederung in rollige und bindige Schichten, möglich.

Vorteilhaft ist weiterhin, dass Koaxialsonden nach dem problemlosen Ausbau des Mittelrohres wieder zugänglich wären, um nachfolgende Untersuchungen, z. B. Temperaturmessungen oder Dichtheitsprüfungen, darin auszuführen. Sofern die Ringraumabdichtungen derartiger Sonden ausschließlich mit brunnenbauüblichen Tonpellets erfolgt, bestände auch nicht das Problem der fehlenden Frostbeständigkeit, wie es mitunter von Ton-Zement-Suspensionen bekannt ist.

Als nicht unwesentlich sollte noch die Tatsache angesehen werden, dass es für den Rückbau von U-Sonden bisher kein geeignetes, vor allem finanziell tragbares Konzept gibt. Koaxialsonden könnten nach den hinreichend erprobten Methoden des Rückbaus von Brunnen bzw. Grundwassermessstellen (vergl. [5]) zurückgebaut werden. Inwieweit Koaxialsonden bezüglich ihrer energetischen Effizienz im Vergleich zu U-Sonden einzuschätzen sind, kann im Rahmen der bohrlochgeophysikalischen Untersuchungen nicht hinreichend geklärt werden. Ebenso wäre ein Kostenvergleich von U-Sonde und Koaxialsonde noch zu erstellen.

Literatur

- [1] www.erdwaermeliga.de/presse/mitteilungen/erdwaermeliga-bundesliga-brandenburg-erneut-erdwaerme-meister-nrw-ist-aufsteiger-des-jahres.html
- [2] Baumann, K. (2010): Erste Erfahrungen bei der bohrlochgeophysikalischen Überprüfung von Erdwärmesonden; bbr Wasser, Kanal- & Rohrleitungsbau, Nr. 5/2010, vvgw Wirtschafts- und

Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Bonn
[3] DVGW-Arbeitsblatt W 110 (2005): Geophysikalische Untersuchungen in Bohrungen, Brunnen und Grundwassermessstellen – Zusammenstellung von Methoden und Anwendungen; vvgw Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Bonn

[4] DVGW-Arbeitsblatt W 121 (2002): Bau und Ausbau von Grundwassermessstellen; vvgw Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Bonn

[5] DVGW-Arbeitsblatt W 135 (1996): Sanierung und Rückbau von Bohrungen, Grundwassermessstellen und Brunnen; vvgw Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Bonn

Bildquelle: Blm-Storkow GmbH

Autor:

Dipl.-Geol. Karsten Baumann
Bohrlochmessung-Storkow GmbH
Schützenstr. 33
15859 Storkow
Tel.: 033678-43630
Fax: 033678-43631
E-Mail: baumann@blm-storkow.de
Internet: www.blm-storkow.de





Geothermie Produkte

Die bewährte Technik

- für Profis -











STÜWA Konrad Stükerjürgen GmbH
Tel.: 05244 / 407-0
www.stuewa.de



COLSHORN

GEOTHERMIE PRODUKTE








Michael Colshorn
Neuffenstraße 78, 73240 Wendlingen
Tel. 07024/929242 Fax: 07024/929244
E-Mail: michael@colshorn.biz <http://www.colshorn.biz/>

