



## Stand der Technik bei der Überprüfung von Brunnen und Grundwassermessstellen

Zur Überprüfung von Brunnen und Grundwassermessstellen werden heute standardisierte Verfahrenskomplexe der Bohrlochgeophysik eingesetzt, die in entsprechenden Arbeitsblättern des DVGW (vergl. z. B. [1+2]) fixiert sind. Dabei ist als eine der wesentlichen Fragestellungen der Nachweis der homogenen Verfüllung und Abdichtung des Ringraums mit Quellton oder Ton-Zement-Suspensionen anzusehen. Je nachdem, ob bei der Herstellung der Ringraumabdichtungen markierte oder unmarkierte Tone oder Ton-Zement-Suspensionen verwendet wurden, kommen für deren Überprüfung die folgenden Verfahrenskombinationen zum Einsatz (Tab. 1):

- GR (Gamma-Ray-Log): Messung der natürlichen Gammastrahlung von Ringraumhinterfüllung und Gebirge,
- SGL (segmentiertes Gamma-Ray-Log): Messung der natürlichen Gammastrahlung von Ringraumhinterfüllung und Gebirge in drei, jeweils um 120° horizontal versetzten Segmenten,
- GG.D (Gamma-Gamma-Dichte-Log): Messung der gestreuten Gammastrahlung, die umgekehrt proportional der Dichteverteilung ist,
- RGG.D (Dichte-Ringraumscanner-Log): um 360° rotierende Messung der relativen Dichteänderung im Ringraum,
- NN (Neutron-Neutron-Log): Messung der gestreuten Neutronenstrahlung, die ein Maß für den Gesamtwasserstoffgehalt darstellt und
- MAL (Suszeptibilitäts-Log): Messung der Magnetisierbarkeit des Materials.

### Mögliche Messverfahren zur Überprüfung von Erdwärmesonden

Prinzipiell wären die oben genannten Verfahrenskombinationen auch dazu geeignet, mit ihnen die Ringraumabdichtungen von Erdwärmesonden zu überprüfen. Da die hier verwendeten Ton-Zement-Suspensionen durchgängig unmarkiert sind, müsste somit eine Kombination der Messverfahren GR, GG.D und NN eingesetzt werden. Aufgrund der Dimensionierung der überwiegenden Zahl von Erdwärmesonden,

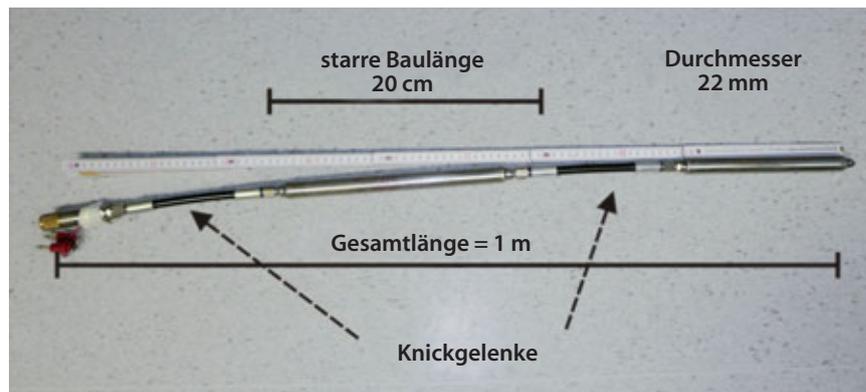


Abb. 2 GR-Messsonde für die Kontrolle von Erdwärmesonden

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

Table 1 Verfahrenskomplexe zum Nachweis von Ringraumabdichtungen (in Anlehnung an [1])

die einen Innendurchmesser von 26 mm aufweisen, fehlte es bisher hierfür jedoch an geeigneten Bohrlochmesssonden, mit denen man in der Lage ist, die extrem kleindimensionierten PE-Rohre einer Erdwärmesonde gefahrlos, sprich havariefrei, befahren zu können. Eine besondere Schwierigkeit bildet dabei der Einsatz von radioaktiven Prüfstrahlern, wie sie für die Messverfahren GG.D und NN erforderlich sind. Untersuchungen haben gezeigt, dass derartige Messsonden immer eine starre und damit genau definierte Geometrie zwischen Messdetektor und Prüfstrahler aufweisen müssen, da andernfalls keine repräsentativen Messwerte gewonnen werden können. Hieraus resultiert eine aufgrund physikalischer Gesetzmäßigkeiten vorgegebene minimale Baulänge der Messsonde.

Neben anderen fachlichen Vorbehalten, die z. B. die nicht zu definierende Lage der GG.D- oder NN-Sonde zum Gebirge und zu den umgebenden Rohren betreffen, war letztlich die Gefahr der Havarie in Form eines Festwerdens in den z. T. stark verbogenen PE-Rohren der Erdwärmesonde und dem damit verbundenen möglichen Verlust eines radioaktiven Prüfstrahlers ausschlaggebend dafür, dass der Gedanke eines

Einsatzes derartiger Sonden für die Überprüfung von Erdwärmesonden verworfen wurde. Alternativ blieben somit für den praktischen Anwendungsfall nur die Messverfahren GR und MAL übrig, durch welche die natürliche Gammastrahlung ohne die Verwendung radioaktiver Prüfstrahler bzw. die magnetische Suszeptibilität des Verpressmaterials gemessen ►

Komplette Sonde aus RC Material  
Schmaler Sondenfuß, Ø 95mm  
20 Jahre Garantie

**NEU** in unserem Sortiment  
Erdwärmesonden mit Sicherheitssondenfuß®

A 494  
Terra Calidus GmbH  
Siemensstraße 37, 07546 Gera  
Tel. +49(0)365-51 61 89 89, Fax +49(0)365-51 61 89 88  
info@terra-calidus.de, www.terra-calidus.de

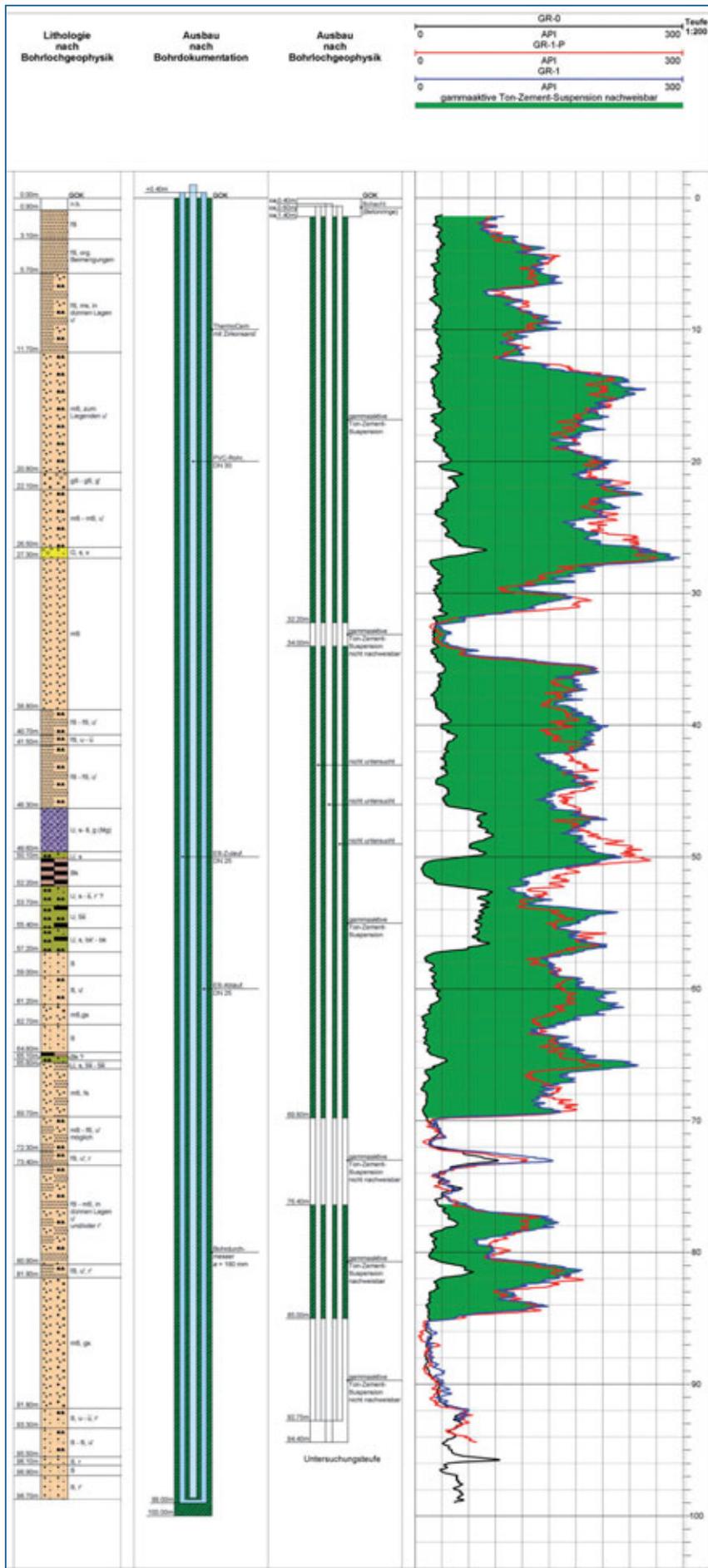


Abb. 3 Beispiel für bohrlochgeophysikalische Kontrolle einer Erdwärmesonde

wird. Entsprechend der bei der Überprüfung von Grundwassermessstellen gesammelten zahlreichen Erfahrungen wurde eine miniaturisierte GR-Bohrlochmesssonde konstruiert, die aufgrund ihrer Dimensionen für die Untersuchung von Erdwärmesonden geeignet erschien (Abb. 2).

**Einsatz der Messsonde**

Erstmalig kam diese Sonde in einem Forschungsvorhaben der Beuth-Hochschule für Technik Berlin zum Einsatz. Im Rahmen dieses Vorhabens sind mehrere Bohrungen abgeteuft worden, die anschließend zu Erdwärmesonden ausgebaut wurden. Als Besonderheit wurde hier ein Mittelrohr, PVC, DN 35 mit eingebaut, über das auch die Verpressung der Ton-Zement-Suspension erfolgte. Hierzu wurde das Mittelrohr am Fuß mit einem Rückschlagventil versehen. Nach der Beendigung der Verpressung erfolgte dann ein kurzzeitiges Durchspülen dieses Mittelrohres mit klarem Wasser, sodass dieses frei von Suspension war. Das Rückschlagventil am Fuß des Mittelrohres verhinderte das Wiedereindringen von Suspension. Verpresst wurden handelsübliche, für die Errichtung von Erdwärmesonden vorgesehene Ton-Zement-Suspensionen, die zur besseren Nachweisbarkeit durch den Hersteller mit ca. 15 % Zirkonsand dotiert waren. Vor dem Ausbau und der Verfüllung der unverrohrten Spülbohrung ist diese mit dem Ziel der lückenlosen Erfassung der geologischen Schichtenfolge bohrlochgeophysikalisch vermessen worden. Nach dem Ausbau und der Verpressung der Bohrungen erfolgten Messungen mit der miniaturisierten GR-Sonde sowohl in dem DN 35 Mittelrohr als auch in den PE-Rohren mit Innendurchmesser 26 mm. Weitere Messungen mit der miniaturisierten GR-Sonde wurden zwischenzeitlich auch in anderen, nicht an das Forschungsprojekt gebundenen Erdwärmesonden ausgeführt.

**Ergebnisse der Vermessungen**

Messungen in verschiedenen Erdwärmesonden haben gezeigt, dass selbst diese miniaturisierte Sonde nicht in jedem Fall in den z. T. stark verbogenen PE-Rohren der Erdwärmesonden zum Einsatz gebracht werden kann. Die maximale starre Baulänge von 20 cm ist

offensichtlich oftmals immer noch zu groß, um bei den vorhandenen Biege-  
radien der PE-Rohre eine problemlose  
Befahrung dieser mit der Bohrloch-  
sonde zu gewährleisten. Teilweise traten  
diese Verbiegungen auch erst nach hal-  
ber Messstrecke auf, sodass zumindest  
ein Teil der Erdwärmesonde überprüft  
werden konnte. In der **Abbildung 3**  
sind sowohl die Messungen aus der un-  
verrohrten Spülbohrung (linker Teil  
der Abbildung) als auch die Kontroll-  
messungen dargestellt (rechter Teil der  
Abbildung). Die schwarze mit „GR-0“  
bezeichnete Messkurve ist dabei die  
Gamma-Messung aus der unverrohrten  
Spülbohrung. Mit GR-1-P ist die Gam-  
mameasurement im DN 35 PVC-  
Mittelrohr und mit GR-1 die Messung  
im DN 32 PE-Erdwärmerohr (Innen-  
durchmesser 26 mm) bezeichnet. Die  
grün markierte Fläche zwischen den  
Messkurven beschreibt somit die durch  
von Zirkonsand dotierte Ton-Zement-  
Suspension hervorgerufene Erhöhung  
der natürlichen Gammastrahlung. Auf-  
fällig ist auch, dass die Messung im DN  
35 Mittelrohr fast deckungsgleich mit  
der Messung im DN 32 PE-Rohr ist.  
Hieraus lässt sich ableiten, dass beide  
Möglichkeiten der Messdurchführung  
gleichwertig sind. Deutlich sind  
zwischen 32,2 und 34,0 m/69,8 und  
76,4 m und unterhalb 85,0 m Bereiche  
zu erkennen, in denen keine gamma-  
aktiv-markierte Ton-Zement-Suspension  
vorhanden ist (Abb. 3).

### Zusammenfassung und Ausblick

Mithilfe einer speziell für die Unter-  
suchung von kleindimensionierten PE-  
Erdwärmerohren konstruierten Minia-  
tur-GR-Bohrlochmesssonde konnte das  
in den Ringraum von Erdwärmeboh-  
rungen eingebrachte gammaaktiv-mar-  
kierte Verpressmaterial nachgewiesen  
werden. Aufgrund des Fehlens von  
Dichtemessungen (GG.D-Log) war zwar  
keine Aussage über die Lagerungsdichte

und Konsistenz des Verpressmaterials  
möglich, jedoch scheint dieser Mangel,  
im Hinblick darauf, dass bis dato über-  
haupt keine Verpresskontrollen von Erd-  
wärmesonden möglich waren, vertret-  
bar. Da auch mit der miniaturisierten  
GR-Sonde immer wieder Befahrungss-  
chwierigkeiten der PE-Rohre DN 32  
auftraten (innen 26 mm), sind ent-  
sprechende sondentechnische Weiter-  
entwicklungen anzustreben. Festgestellt  
werden musste, dass die angetroffenen  
Befahrungsschwierigkeiten wohl immer  
auf ein übermäßiges Verbiegen der PE-  
Rohre zurückzuführen waren. Weitere  
Miniaturisierungen werden jedoch  
wahrscheinlich bald an physikalische  
Grenzen, insbesondere bezüglich der  
Mindestgröße der in der Sonde ein-  
zusetzenden Messdetektoren für die  
Erfassung der natürlichen Gamma-  
strahlung, stoßen. Zum heutigen Stand  
der Entwicklung kann festgestellt wer-  
den, dass der sichere Nachweis einer  
ordnungsgemäßen Verpressung von  
Erdwärmesonden unter folgenden  
Voraussetzungen möglich ist:

- Einsatz von Ton-Zement-Suspensionen mit Zirkonsandbeimischungen von etwa 15 % (Masseprozent),
- weitestgehend lotrechter und verwindungsarmer Einbau der PE-Rohre (Zentralisatoren verwenden, Rohre nach dem abrollen „ausbiegen“ lassen, Bohrung unter Zugbelastung des Rohrbündels verpressen und aushärten lassen, PE-Rohre am Bohrlochmund nicht abknicken) oder
- alternativ zu Pkt. 2: Einbau eines Mittelrohres aus PVC, DN 35 - 40, gegebenenfalls versehen mit einem Rückschlagventil, dass dann gleich als Verpressrohr genutzt werden kann.

Bei der Verwendung von mit Zirkon-  
sand markierten Ton-Zement-Suspensionen ist in der Mehrzahl der Fälle,  
d. h. bei relativ gering gammaaktiven

geologischen Materialien wie den  
meisten Sanden, Schluffen und Tonen,  
eine Nullmessung in der unverrohrten  
Spülbohrung nicht zwingend erfor-  
derlich, jedoch zur Überprüfung der  
geologischen Schichtenfolge empfeh-  
lenswert.

### Literatur

- [1] DVGW-Arbeitsblatt W 110 (2005): *Geophysikalische Untersuchungen in Bohrungen, Brunnen und Grundwassermessstellen – Zusammenstellung von Methoden und Anwendungen*; wvgw Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Bonn
- [2] DVGW-Arbeitsblatt W 121 (2002): *Bau und Ausbau von Grundwassermessstellen*; wvgw Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Bonn
- [3] Baumann, K./Burde, B./Goldbeck, J. (2003): *Fortschritte der Bohrlochgeophysik bei der Untersuchung von Grundwassermessstellen*; bbr Fachmagazin für Wasser und Leitungsbau, Nr. 7/2003, wvgw Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Bonn
- [4] Triller, F./Voß, T./Baumann, K.: *Verstärkte Brunnenalterung bei fehlender Ringraumabdichtung*; bbr Fachmagazin für Brunnen- und Leitungsbau, Nr. 5/2009, wvgw Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Bonn

Abbildungen: Bohrlochmessung-Storkow GmbH

### Autor:

Dipl.-Geol. Karsten Baumann  
Bohrlochmessung-Storkow GmbH  
Schützenstr. 33  
15859 Storkow  
Tel.: 033678 4363-0  
Fax: 033678 4363-1

E-Mail:  
baumann@bohrlochmessung-storkow.de  
Internet: www.blm-storkow.de



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**