

Bohrlochgeophysikalischer Nachweis von sekundär eingebrachten Ringraumabdichtungen

Brunnensanierung oder -rückbau ■ Bohrlochgeophysikalische Messungen unterstützen die Planung für den Rückbau eines Brunnens in vielen Fällen erheblich. Durch den Einsatz bildgebender Verfahren kann darüber hinaus der Nachweis einer ringsum erfolgreichen nachträglichen Abdichtung des Ringraums sowie dessen hydraulischer Dichte erbracht werden.

Der Erfolg einer jeden Sanierungs- oder Brunnenrückbaumaßnahme hängt entscheidend von der genauen Kenntnis des Brunnens ab. Dies gilt im besonderen Maße für Ringraumabdichtungen, die durch Perforations- und Verpresstechniken nachträglich im Ringraum eingebracht werden. Um später bei der Ausführung keine Pannen erleben zu müssen, ist für die Planung dabei insbesondere von Bedeutung:

- Verrohungsplan: Bis zu welcher Teufe reicht welches Rohr mit welchem Durchmesser?
- Zustand der Rohre: Sind die Rohre noch so stabil, dass sie perforiert werden können ohne dabei vollständig zerstört zu werden?
- Peilrohre: Bis zu welcher Teufe sind im Ringraum Peilrohre vorhanden, welchen Durchmesser haben diese und aus welchem Material sind sie?
- Ringraumverfüllung: Welche Verfüllungen, insbesondere Abdichtungen (Tonsperren, Zementationen), sind im Ringraum vorhanden?
- Geologisches Schichtenverzeichnis: Ist ein zuverlässiges geologisches Schichtenverzeichnis vorhanden?

Da man in der Praxis immer wieder erleben muss, dass von manchen Brunnen nicht einmal die exakte Teufe bekannt ist, helfen bei der Klärung dieser Fragen meist nur bohrlochgeophysikalische Messungen. Ein Restrisiko bleibt jedoch, da auch die Bohrlochgeophysik nicht immer alle Fragen eindeutig beantworten kann.

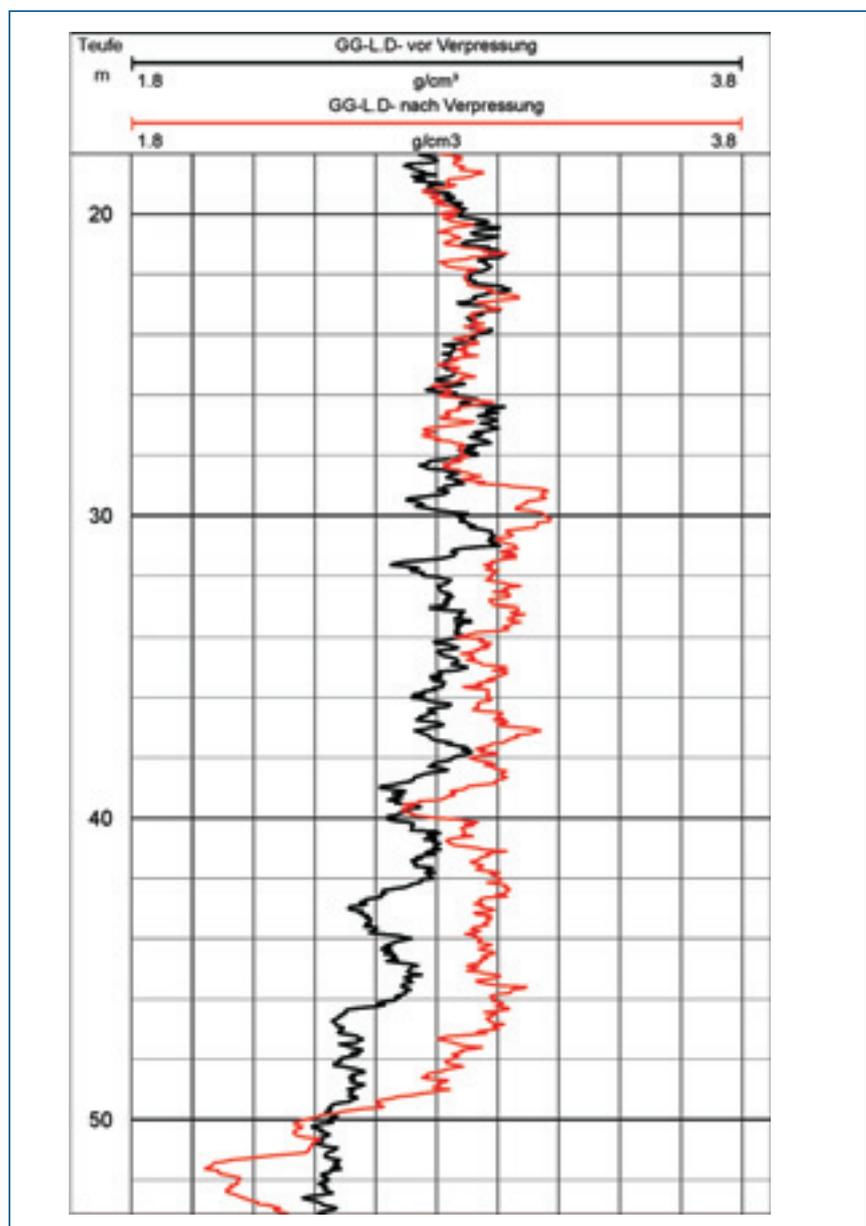


Abb. 1 Gamma-Gamma-Dichte-Log vor und nach sekundärer Ringraumverpressung

Zustandsanalyse und Nullmessung

Im Regelfall wird vor der Planung der Sanierung oder des Rückbaus eines Brunnens eine bohrlochgeophysikalische Zustandsanalyse des Brunnens vorgenommen. Ziel dieser Untersuchung ist dabei die Überprüfung

- des Allgemeinzustands des Brunnens mittels einer Fernsehsondierung, um z. B. auszuschließen, dass sich Fremdkörper im Brunnen befinden (abgerissene Pumpen, Steigleitungen etc.), die wiederum Havarien mit dem technischen Gerät hervorrufen können,
- des Vorhandenseins und/oder der Lage von Ringraumabdichtungen, um die späteren Verpresshorizonte festlegen zu können,
- der Ringraumverfüllung/Ausschluss von Brückenbildungen, um z. B. beim Verpressen ein „Durchschlagen“ der Suspension bis an die Oberfläche oder, was noch schlimmer wäre, in die Filterstrecke zu verhindern,
- der Wanddicke der Aufsatzrohre (Grad der Durchrostung), um zu verhindern, dass beim Perforieren oder Verpressen die Rohre kollabieren,
- der Teufenreichweite der einzelnen Rohrtouren des Brunnenausbaus, um die Perforations- und Verpresshorizonte festlegen zu können,
- der Lage der Rohrverbindungen, um insbesondere verhindern zu können, dass versehentlich im Bereich der Verbindungen perforiert wird (doppelte Wandstärke!),
- des geologischen Profils, um die Lage der nachträglich einzubringenden Ringraumabdichtungen planen zu können,
- auf mögliche Rohrovalitäten/Rohrbeschädigungen, insbesondere im Hinblick auf eine havariefreie Befahrbarkeit des Brunnens mit technischem Gerät.

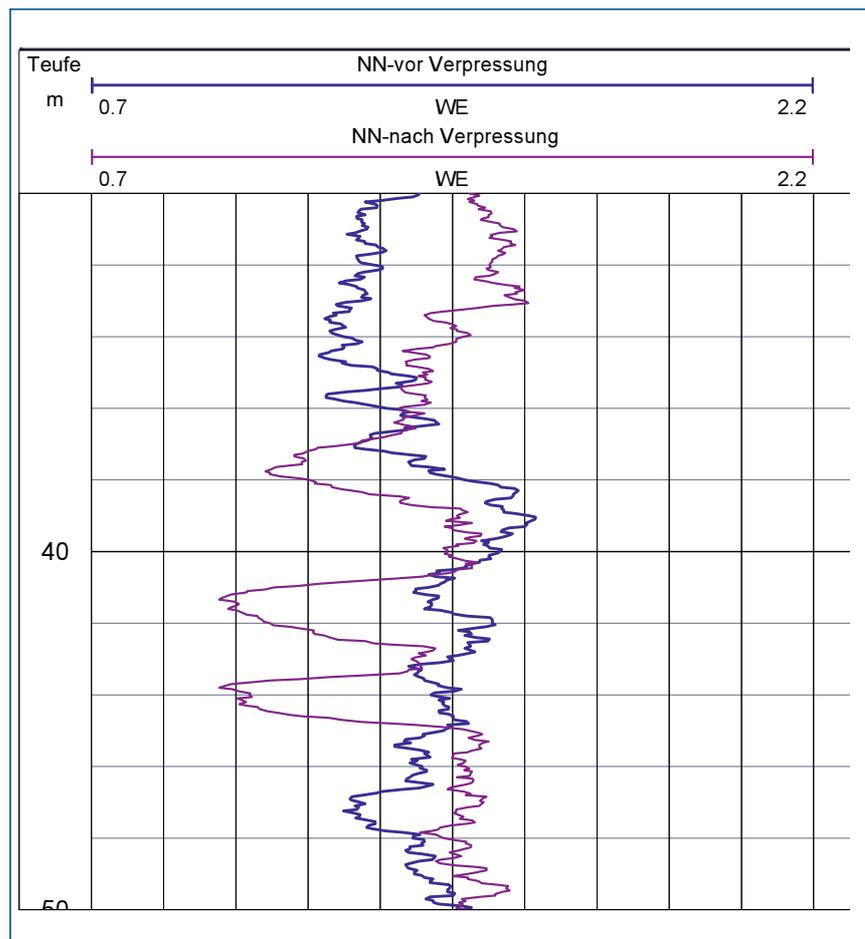


Abb. 2 Neutron-Neutron-Log vor und nach sekundärer Ringraumverpressung

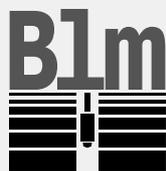
Für eine spätere Verpresskontrolle ist dabei auf jeden Fall jedoch die Bestimmung der natürlichen Gammastrahlung (SGL), der Dichte (GG.D) und des Tongehalts (NN) im Ringraum unverzichtbar. Auf Grund des Einbringens von gammaaktiver Suspension in den Ringraum ändern sich Dichte, Tongehalt und natürliche Gammaaktivität des Ringraummaterials. Die Messung vor dem Verpressen ist somit unverzichtbar, denn nur anhand des späteren Vergleichs der Nullmessungen mit den Wiederholungsmessungen kann genau bestimmt werden, wohin die Suspension im Ringraum gelangt ist. Als Messverfahren für die Nullmessungen kom-

men dabei folgende Verfahren zum Einsatz:

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 g-Strahlung, die umgekehrt proportional der Dichteverteilung ist)

NN - Neutron-Neutron-Log (Messung der gestreuten Neutronenstrahlung, die ein Maß für den Gesamtwasserstoffgehalt darstellt) ▶



BOHRLOCHMESSUNG - STORKOW GmbH

D-15859 Storkow - Straße der Jugend 32 Tel./Fax: +49 33678 436 30 / 436 31 - <http://www.blm-storkow.de>

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

Für die Zustandskontrolle des Brunnens sind ergänzend die folgenden Verfahren mit einzusetzen:

OPT – Fernsehsondierung

CAL – Kaliber-Log (Messung des Innendurchmessers des Brunnens)

EMDS – Elektromagnetisches Wanddicken-Log (Messung der Wanddicke von Stahlrohren)

Die Wanddickenmessung (EMDS.WD-1 und EMDS.WD-2) zeigt über nahe-

zu den gesamten hier dargestellten Teufenbereich sehr geringe Wandstärken. In Kombination mit der Fernsehsondierung, die optisch u. a. Bereiche verstärkter Korrosionen aushalten lässt, geben diese Messverfahren einen unverzichtbaren Überblick über den Zustand der Verrohrung, die bei Verpressungsmaßnahmen besonderer Belastung ausgesetzt ist.

Nach SGL, NN und GG.D sind im Ringraum keine Tonsperren eingebracht worden. Im Bereich von 27,3 bis 34,4 Meter liegt das bindige Gebir-

ge nah an der Rohrwandung an. Nach dieser Zustandsanalyse ist eine Verpressung von Suspension im Bereich des bindigen Gebirges zur ordnungsgemäßen Abdichtung des Ringraums unabdingbar.

Kontrollmessung nach Verpressung

Als Suspensionen werden wegen der guten Nachweisbarkeit in der Regel gammaaktive Ton-Zement-Mischungen verwendet. Als handelsübliches Produkt kommt dabei z. B. „Troptogel C“ zum Einsatz. Aber auch herkömm-

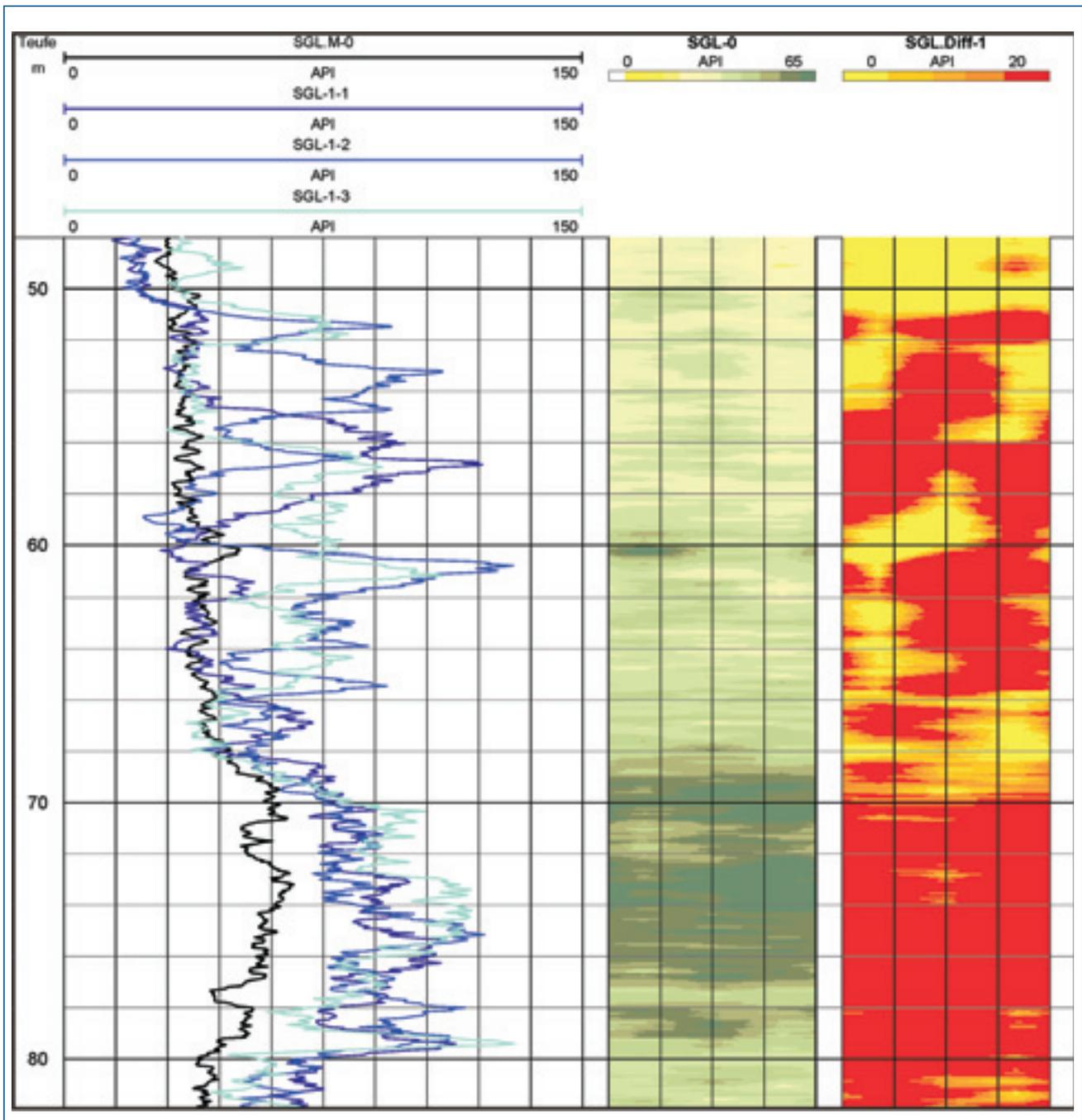


Abb. 3 Segmentiertes Gamma-Ray-Log vor und nach sekundärer Ringraumverpressung

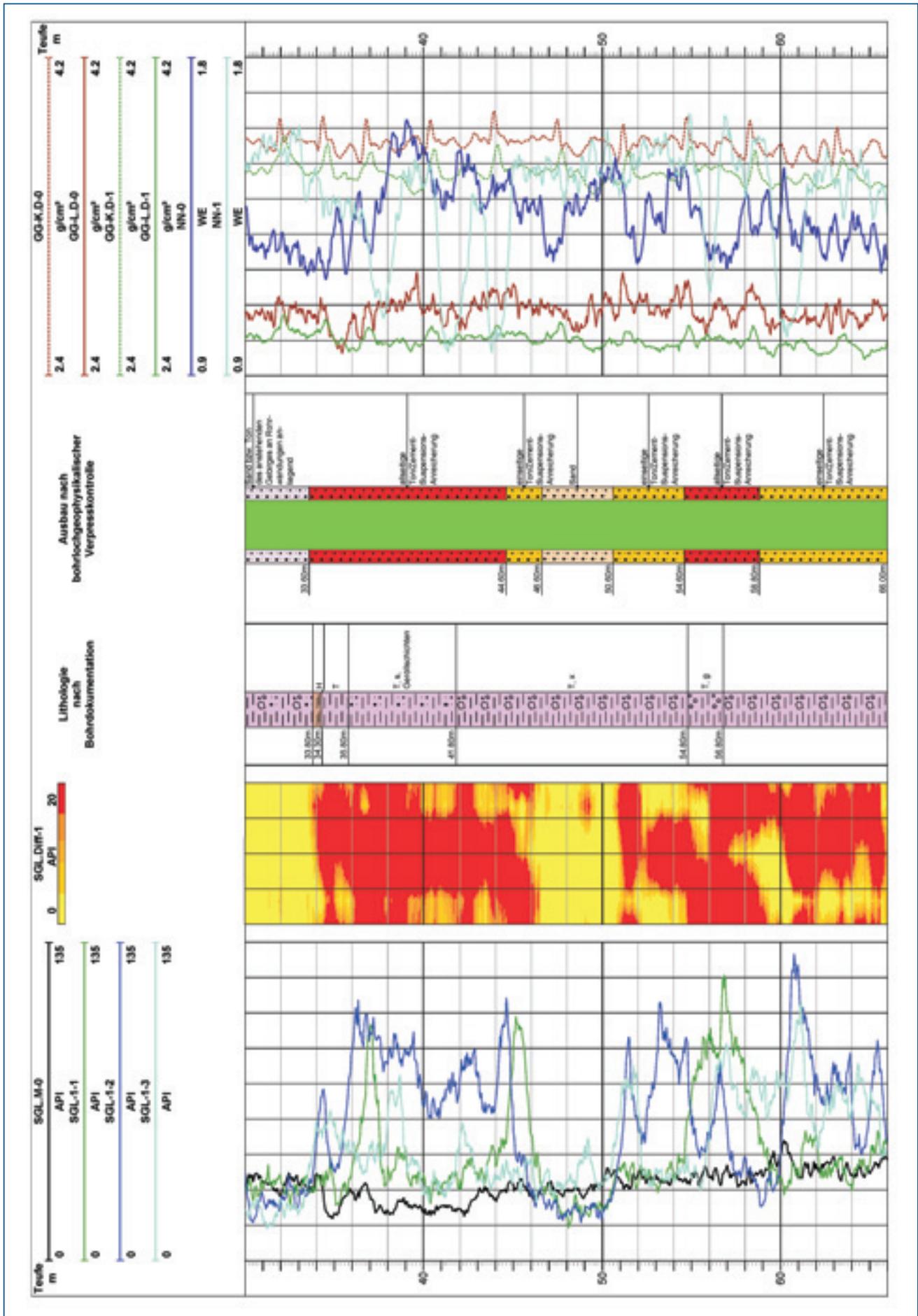


Abb. 4 Ergebnisse der bohrlochgeophysikalischen Verpresskontrolle

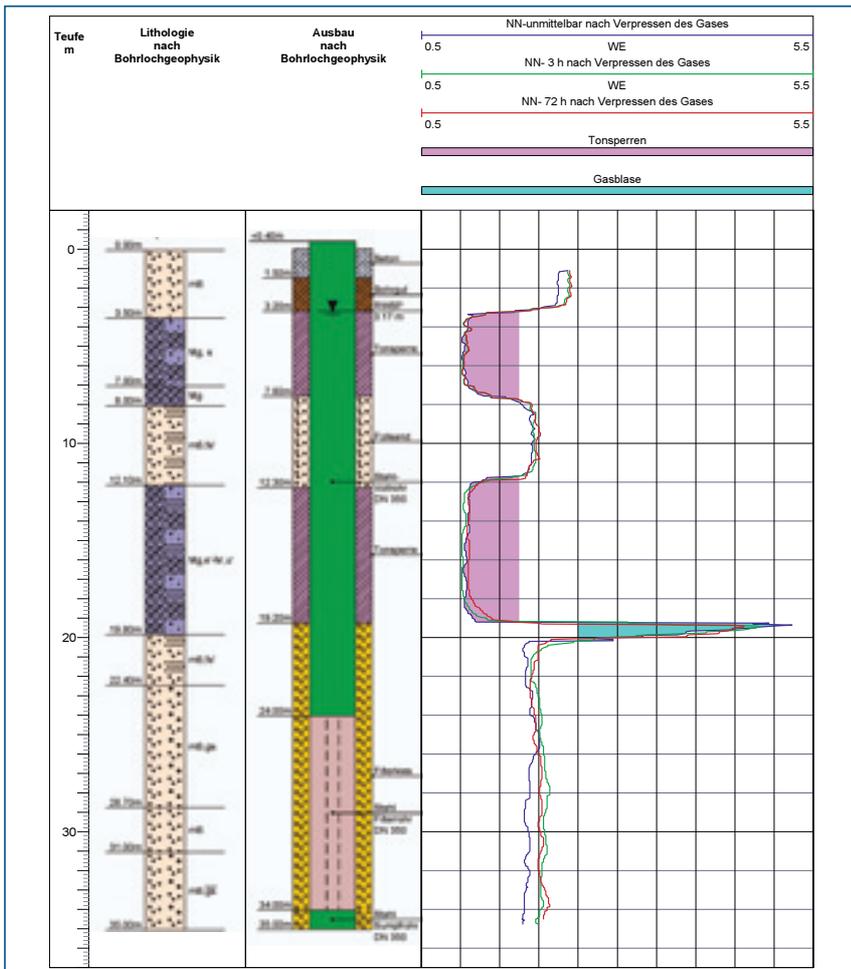


Abb. 5 Gasdynamischer Test zur Kontrolle der hydraulischen Dichtigkeit von Ringraumabdichtungen

liche, im Brunnenbau übliche Ton-Zement-Suspensionen, können verwendet werden, wobei diese wegen der besseren Nachweisbarkeit zusätzlich mit etwa 10 bis 20 Prozent Zirkonsand (höhere Gammaaktivität als Ton) anzureichern sind. Mittels der Messung mit dem Segmentierten-Gamma-Ray-Log (SGL) kann dabei der Nachweis erbracht werden, ob sich die Suspension tatsächlich über den gesamten Ringraum verteilt hat. Mit den Messverfahren Gamma-Gamma-Dichte-Log (GG.D) und Neutron-Neutron-Log (NN) kann darüber hinaus geprüft werden, ob es während des Verpressvorgangs zu ungewollten Entmischungen der Suspension gekommen ist, d. h. im Extremfall nur noch ein Gemisch aus Zirkonsand und Wasser, ohne einen ausreichenden Ton-Zement-Anteil, in den Ringraum gelangt ist.

Im Folgenden soll anhand eines Beispiels der Nachweis von Troptogel C mit den verschiedenen Verfahren de-

monstriert werden. **Abbildung 1** zeigt die Messungen mit dem Gamma-Gamma-Dichte-Log vor und nach der Verpressung. Dabei werden zwei Phänomene sichtbar. Durch die Verdrängung der ursprünglichen Ringraummaterialien und der Anreicherung von Ton-Zement-Suspension kommt es zu einer Verringerung der Dichte (unterhalb von 50 Meter). Eine Vermischung der Ringraummaterialien mit Ton-Zement-Suspension führt dagegen zu einer Erhöhung der Dichte (29 bis 50 Meter). Der Porenraum ist in diesem Falle dann gleichmäßig mit Ton-Zement-Suspension verfüllt.

In **Abbildung 2** sind die aufgenommenen Messkurven des Neutron-Neutron-Logs vor und nach der Verpressung dargestellt. Auf Grund einer erhöhten Porosität im Ringraum in den Bereichen in denen sich Suspension angereichert hat, ergibt sich im Neutron-Neutron-Log ein deutliches Minimum (37,0-38,5 m, 41,0-42,5 m;

43,5-44,8 Meter). Kommt es mehr zu einer Vermischung der Suspension mit dem vorhandenen rolligen Ringraummaterial als zu einer Verdrängung und ausschließlichen Anreicherung der Suspension im Ringraum, so reagiert das Neutron-Neutron-Log unter Umständen neutral im Vergleich zur Nullmessung. Es kann kein eindeutiger Nachweis für eine Anreicherung der Suspension erfolgen.

Ein Problem sowohl bei Gamma-Gamma-Dichte als auch beim Neutron-Neutron-Log ist, dass die Messung jeweils nur einseitig gerichtet erfolgt. Oft kommt es aber auf Grund von inhomogenen Lagerungsverhältnissen oder exzentrisch eingebauten Rohren nicht zu einer gleichmäßigen, allseitigen Ausbreitung der Suspension im Ringraum. Abhilfe schafft hier die Verpresskontrolle mittels Segmentiertem Gamma-Ray-Log. Die Messung erfolgt hierbei in drei um jeweils 120° versetzten Segmenten und erlaubt damit einen „Rundumblick“ im Ringraum. Zur Visualisierung der Messung wird die gemessene Gammaaktivität von 0° bis 360° in die Ebene abgerollt dargestellt.

Abbildung 3 zeigt die Ergebnisse der SGL-Messung vor und nach Verpressung. Dargestellt sind das SGL-Log der Nullmessung sowie dessen Mittelwert (SGL.M-0) und die Differenz der Gammaaktivität vor und nach Verpressung (ebenfalls als flächenhafte Darstellung, SGL-Diff-1) sowie die drei Segmente der SGL-Messung nach Verpressung (SGL-1-1/2/3).

Deutlich lassen sich nach SGL-0 die bindigen Schichten im Gebirge von 69 Meter bis 79 Meter aushalten. Aus der Differenz der Gammaaktivität nach und vor dem Verpressen (rechte Spalte „SGL-Diff-1“) wird die durch den Eintrag von Suspension hervorgerufene Erhöhung der Gammaaktivität im Ringraum ermittelt. In der Darstellung lassen sich die Bereiche aushalten, in denen die Ton-Zement-Suspension vollständig den Ringraum erfasst hat. Im Beispiel ist von 70,0 bis 80,5 Meter eine allseitige und von 51,0 bis 70,0 Meter eine einseitige Anreicherung von Suspension zu erkennen. Oberhalb von 51,0 Meter ist keine Suspension nachweisbar.

In **Abbildung 4** sind die Ergebnisse der Verpressung zusammenfassend dargestellt. Nur die Kombination aller Messverfahren lässt eine gesicherte Interpretation zu. Einzelne Messverfahren sind immer mehrdeutig bzw. weisen nur auf eine bestimmte Eigenschaft des Ringraums hin, die jedoch nicht für eine Gesamtaussage ausreichend ist. So zeigt zum Beispiel das Neutron-Neutron-Log bei 60 Meter Teufe ein deutliches Minimum, welches auf die Anreicherung von Suspension hinweist. Jedoch komplettiert erst das SGL das Bild und zeigt, dass die Anreicherung nur einseitig stattgefunden hat. Im Gegensatz dazu deutet das Neutron-Neutron-Log im Bereich von 34,0-37,0 m nicht auf eine Anreicherung von Suspension hin, im SGL jedoch zeigt sich ein nahezu allseitiger Verpresserfolg. Im dargestellten Beispiel wurde die erfolgreiche Verpressung des Ringraums in der rechten Ausbauezeichnung dokumentiert. Der Brunnen kann nun schichtengetreu verfüllt werden oder, wenn ein Weiterbetrieb nach der erfolgreichen Sanierung vorgesehen ist, auch wieder genutzt werden.

Hydraulischer Dichtheitsnachweis der eingebrachten Abdichtung

Konnte mittels Neutron-Neutron-Log, Gamma-Gamma-Dichte-Log und Segmentiertem Gamma-Ray-Log eine sekundäre Ringraumabdichtung nachgewiesen werden, so besteht dennoch

(auch bei allseitiger Ausbreitung der Suspension) kein eindeutiger Nachweis über deren Abdichtwirkung. Alle restlichen Zweifel beseitigen kann hier nur ein gasdynamischer Test. Das Prinzip ist denkbar einfach: Über den Filter wird eine definierte Menge Stickstoff in den Ringraum verpresst. Das Gas steigt auf Grund seines natürlichen Auftriebs nach oben und sammelt sich unterhalb der Ringraumabdichtung. Mittels Neutron-Neutron-Log kann die „Gasblase“, die sich hierbei durch ein lokales Maximum zeigt, eingemessen werden. Wiederholungsmessungen geben anschließend Klarheit darüber, ob die Ringraumabdichtung wirklich undurchlässig ist. In diesem Falle würde eine zeitlich versetzte Neutron-Neutron-Messung nur marginale Veränderungen der charakteristischen NN-Anomalie zeigen.

Bei nicht vollständiger Abdichtung des Ringraums verkleinert sich die Gasblase und wandert mit der Zeit nach oben. Diese Migrationspfade können mit Ringraumdicke-Scanner und Neutron-Neutron-Log verfolgt werden, so dass ausgeschlossen werden kann, dass das Gas in horizontaler Richtung ausgewichen ist. Erfahrungsgemäß sind wirksame Ringraumabdichtungen so dicht, dass die Gasblase noch nach Wochen unterhalb der Abdichtung nachgewiesen werden kann. **Abbildung 5** zeigt ein Messbeispiel mit einem positiven Testergebnis. Die Gasblase steht

laut NN-Wiederholungsmessung nahezu unveränderlich unterhalb der Abdichtungsbasis.

Zusammenfassung

Mittels bohrlochgeophysikalischer Messungen ist es einerseits möglich den Rückbau eines Brunnens besser zu planen, andererseits kann durch den Einsatz moderner, so genannter bildgebender Verfahren, der Nachweis einer ringsum erfolgreichen nachträglichen Abdichtung des Ringraums sowie derer hydraulischer Dichtheit erbracht werden. Ständen Auftraggeber und die Behörden dem Verfahren einer nachträglichen Ringraumverpressung beim Rückbau aber auch bei der Sanierung von Brunnen in der Vergangenheit eher skeptisch gegenüber, ist durch den Einsatz dreidimensional arbeitender Bohrlochmessverfahren heute eine eindeutige Erfolgskontrolle gegeben.

Literatur unter: www.bbr-online.de

Alle Abb.: BLM Storkow

Autoren:

Dipl.-Geol. Karsten Baumann
 Dipl.-Geophys. Isabel Pfenner
 Bohrlochmessung Storkow GmbH
 Straße der Jugend 32
 15859 Storkow
 Tel.: 033678-4363-0
 Fax: 033678-4363-1
 E-Mail: baumann@blm-storkow.de,
 pfenner@blm-storkow.de
 Internet: www.blm-storkow.de



Apropos Geothermie:

Erschließen Sie die Energie der Tiefe!

Für effiziente Geothermie-Bohrungen wird besonders solides Equipment mit Doppeldreh- oder Doppelrotorkopf benötigt.

Mit Praxis bewährtem Gerät von Nordmeyer erreichen Sie schnell und sicher Ihre Bohrteufe – dank höchster Qualität in jedem Detail mit minimalem Verschleiß.

solide • zuverlässig • wertbeständig



Das perfekte System für Geothermie-Bohrungen:

Mit Doppeldreh- oder Doppelrotorkopf werden Bohrgestänge und Verrohrung gleichzeitig abgeteuft.

DSB 2/7 auf Raupen-Fahrgestell



Nordmeyer

Maschinen- und Brunnenbohrgerätebau

Nordmeyer GmbH & Co. KG, Werner-Nordmeyer-Str. 3, D-31226 Peine
 Telefon +49 (0) 5171 / 542-0, Telefax +49 (0) 5171 / 542-110
www.nordmeyer.de, info@nordmeyer.de

Seit 70 Jahren der Spezialist für Bohrgeräte und Erdbohrtechnik