

Weiter- und Neuentwicklungen

Die „gläserne“ Messstelle: Fortschritte der Bohrlochgeophysik

Parallel zur schnellen Erhöhung der Anforderungen an den ordnungsgemäßen Bau von Grundwassermessstellen mussten auch von Seiten der Bohrlochgeophysikunternehmen und ihrer Gerätehersteller viele Weiter- und Neuentwicklungen in die Untersuchungspraxis eingeführt werden. Ist die „gläserne“ Messstelle jetzt schon Wirklichkeit geworden?

Wenn man vom Lagerstättengesetz von 1934 absieht, wurden erstmals 1990 der Stand der Technik und damit auch die zu dieser Zeit bereits anerkannten Möglichkeiten der Bohrlochgeophysik zusammenfassend in dem DVGW-Arbeitsblatt „W 110 – Geophysikalische Untersuchungen in Bohrlöchern und Brunnen zur Erschließung von Grundwasser“ festgeschrieben. Das in einem vergleichbaren Zeitabschnitt (1988) veröffentlichte DVGW-Arbeitsblatt „W 121 – Bau und Betrieb von Grundwasserbeschaffungsstellen“ bezieht sich inhaltlich ganz auf das Arbeitsblatt W 110, macht aber deutlich, dass in der täglichen Praxis nur wenige der dort genannten Verfahren bei den „kleinen“ Bohrlochmessfirmen wirklich verfügbar waren und angewendet wurden. Durch die zunehmende Professionalität der Arbeit – auch bei diesen kleinen Unternehmen – gelang es im Verlauf der 90er Jahre, mehrere, bereits seit langem in der Erdölbohrlochgeophysik genutzte Messverfahren für Grundwasseruntersuchungen erfolgreich zu adaptieren und zu vertretbaren Preisen anzubieten. Es wurde aber auch offensichtlich, dass die Spezifik der im Wassersektor zu lösenden Aufgaben nach neuen Untersuchungsverfahren verlangte. Zum Ende der 90er Jahre neu erarbeitete DVGW-Arbeitsblätter, wie zum Beispiel „W 135 – Sanierung und Rückbau von Bohrungen, Grundwassermessstellen und Brunnen“, tragen dieser Entwicklung bereits deutlich Rechnung und behandeln die „Kontrollgeophysik“ als maßgeblichen und integralen Bestandteil der Qualitätssicherung. Der jetzt in grundlegender Überarbeitung befindliche „Klassiker“ W 110 wird für interessierte Fachleute und Praktiker den gegenüber 1990 in bemerkenswerter Weise gewachsenen Umfang ein-

setzbarer Messmethoden, verbesserter Dokumentationsverfahren und präziserer und belastbarer Aussagen weitgehend umfassend darstellen. Die bohrlochgeophysikalische Spezialisierung im Bereich Hydrogeologie/Umwelt ist heute bereits weit fortgeschritten und die ausführenden Unternehmen sind bezüglich ihrer Ausrüstungen und Arbeitsmethoden so stark spezialisiert, dass man mit Recht von einer „Hydrobohrlochmessung“ sprechen kann.

1. Entwicklung der geophysikalischen Untersuchungen

Im Rahmen dieses Beitrags sollen Entwicklungslinien der geophysikalischen Untersuchungen für den Teilbereich „Messstellenkontrolle“ skizziert werden, da hier die Ablösung von der „allgemeinen“ Bohrlochgeophysik vermutlich am markantesten ist. Für die Diagnose von Brunnen mittels Bohrlochgeophysik gilt im Prinzip Ähnliches. Die Entwicklung von speziellen Techniken hat bei den Brunnenuntersuchungen aber erst erheblich später eingesetzt und ist deswegen noch nicht so weit fortgeschritten. Schon jetzt ist aber erkennbar, wie der positive Prozess neuer Lösungsangebote auf der Basis technischer Weiterentwicklungen der Messgeräte sowie verbesserter Softwarelösungen und die ständigen, aber berechtigten Forderungen des Marktes nach präziseren und belastbaren Aussagen der Bohrlochgeophysik in kurzen Zeiträumen zu bedeutenden technischen Innovationen führten.

Entscheidende Kriterien bei Neubaumaßnahmen ebenso wie bei der Überprüfung von „Altmessstellen“ sind immer wieder die folgenden Punkte:

- Befahrbarkeit der Verrohrungen und Filtersektionen bis zur Endteufe

- Vorhandensein und Ausbildung der Ringraumabdichtung
- Homogenität der Ringraumverfüllungen und Ausschluss möglicher „Brückenbildung“
- Vorhandensein und Zustand der Filterkiesschüttung
- hydraulische Dichtheit der Aufsatzrohre und zentrischer Einbau in die Bohrung

1.1 Befahrbarkeit der Verrohrungen und Filtersektionen

Voraussetzung für erfolgreiche bohrlochgeophysikalische Untersuchungen und natürlich genauso für später in der Betriebsphase erforderliche Befahrungen mit Probenehmern, Loten und Pumpen ist eine einwandfreie und ungefährdete Befahrbarkeit der Messstellenrohre bis zur Endteufe. Bohrlochgeophysikalische Slimline-Sonden haben heute Standardaußendurchmesser von 38 bis 42 mm und eine Baulänge von ca. 1,8 bis 2 m (+ 50 cm Kabelanschlusskopf). Theoretisch wäre damit die Befahrbarkeit aller 2"-Ausbauten gesichert. In der Praxis kann dies leider nicht durchgängig beobachtet werden. Mit Standardsonden kommt es oft bereits in geringen Teufen zu Verklemmungen der Sonde innerhalb der Verrohrungen. Ursache dafür sind gewöhnlich nicht die Verbindungen der Rohre, sondern bereits beim Einbau des Rohrstranges entstandene Krümmungen der Rohrachse. Hervorgerufen werden diese unter Umständen durch Druckbeaufschlagung während des Einbauprozesses, den Verzicht auf eine ausreichende Anzahl Zentralisatoren, bzw. auch durch bereits vorhandene „Vorkrümmungen“, oftmals hervorgerufen durch eine unsachgemäße Lagerung der Rohre.

Kostenminimierung durch Ideenvielfalt

Da aus Kostengründen nicht immer größere Rohrdurchmesser möglich sind, waren die Messfirmen um Auswege bemüht. Zunächst wurden Messsonden

mit verringerten Außendurchmessern in den Abstufungen 36 mm, 25 mm und 22 mm gebaut. Da die Baulängen der Sonden aber wegen der erfolgten „Verschlan- kung“ kaum weiter verringert werden konnten, ergaben sich zunächst nur geringfügige Verbesserungen beim Messprozess. Ein Durchbruch in dieser Frage konnte erst in den letzten Jahren erzielt werden, nachdem man sich entschlossen hatte, „normale“ Sonden mehrfach zu „brechen“ und dann die entstandenen Segmente wieder flexibel miteinander zu verbinden. Mit den „Flex-Sonden“ macht die Vermessung von 2"-Messstellen heute

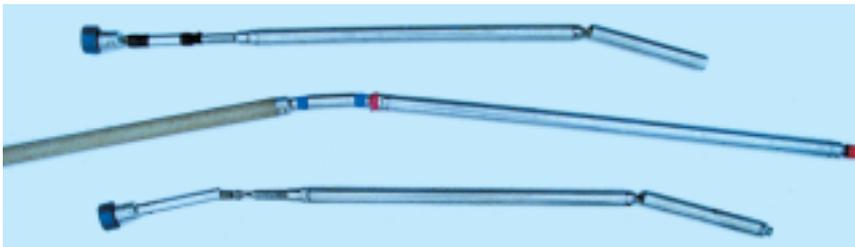


Bild 1: Flexible Sonden für kleindimensionierte Messstellen.

kaum noch Schwierigkeiten (Bild 1). Da die Sondenaußendurchmesser jetzt nicht mehr extrem klein zu sein brauchen, wird auch die technische Leistungsfähigkeit von Standardsonden schon fast wieder erreicht. Auf der Seite der Bohrlochmes- sung konnte so die Leistungsökonomie verbessert werden und auf Seiten des Auf- traggebers entsteht zugleich der Vorteil, dass er bei Einsatz der neuen flexiblen Technik für fast alle Messstellen von der Bohrlochgeophysik komplette und belast- bare Aussagen bis zur Endteufe des Aus- baus erhält.

Für das bei Messstellenuntersuchungen wichtige Messverfahren „fokussiertes Elektrolog“ (FEL) konnte aufgrund der erforderlichen Sondengeometrie, die im angewendeten Messprinzip begründet ist, der bei anderen Sonden erfolgreiche Weg der Miniaturisierung oder Flexibilisie- rung nicht gegangen werden. Hier wurde auf das eigentlich technisch schon längst „ausgemusterte“ Messverfahren der Elektro- Lateralsonde in einer Spezifikation als Mikro-Unterkanten-Gradientsonde (EL- UK-0,125 m) zurückgegriffen. Dieses Log ist ebenfalls geeignet, die Muffenverbin- dungen als Screeningverfahren zu testen und die Filterlage genau zu ermitteln. We- gen seiner extrem kurzen Baulänge zeigt es sogar noch das Vorhandensein von nur 0,5 m langen Sumpffrohren an, während FEL-Messungen aufgrund der Sonden-

geometrie ca. 0,8 m vor Endteufe der Messstelle enden. Es funktioniert im Ge- gensatz zum FEL auch noch bei stark er- höhter Salinität des Wassers sehr zuver- lässig. Seine verwickelten Kurvenbilder sind für den Nutzer der Information je- doch schwerer zu „lesen“ und nur durch einen Fachmann auswertbar.

Eine neue Herausforderung für die Mi- niaturisierung der Messsonden stellt die Überprüfung von Erdwärmesonden dar, wie sie gegenwärtig von Behörden in ei- nigen Bundesländern, aber auch von Brunnenbausachverständigen aufgrund

zahlreicher bekannt gewordener Scha- densfälle gefordert wird. Hier kann viel- leicht in naher Zukunft eine Lösung mit der Weiterentwicklung der oben genann- ten 22-mm-Sonden geschaffen werden.

1.2 Ringraumdiagnose und Lithologieprofil

Das klassische Verfahren für die Lokali- sierung der aus Tonformlingen herge- stellten Abdichtungen im Ringraum ist die Messung der natürlichen Gamma- Strahlung (GR) der eingebrachten Tone. Da bei diesem Verfahren immer eine integrale Registrierung der an der Sonde eintreffenden Strahlung erfolgt, ist es hier schwierig, die „künstlich“ errichtete Ton- sperre von den gewöhnlich direkt dahin- ter liegenden tonigen Gebirgsschichten abzugrenzen. In der Vergangenheit ver- suchte man sich zu behelfen, indem man die Schütttone bereits bei der Produktion mit Zusätzen erhöhter Gammaaktivität anreicherte. Bei der Kontrollmessung do- miniert dann in vielen Fällen der so präparierte Ton gegenüber dem allge- meinen Messwertniveau. Dies ist aber längst nicht immer der Fall: Bei der Neubauab- nahme von Brunnen mit Stahlausbau ist „Gamma-verstärkter“ Ton auch heute

noch das einzig mögliche Verfahren der Wahl. Es wird meist aber zur Sicherheit in Kombination mit einem Neutron-Neu- tron-Log gemessen.

Entdeckung des Magnetlogs zum Tonsperrenachweis

Als ein Tonprodukt zum Einsatz kam, das zur Erzielung einer höheren Sinkge- schwindigkeit mit spezifisch schwereren, eisenhaltigen Zusätzen vermischt wurde, ergab sich überraschend eine neue Mög- lichkeit, dieser ständig auftretenden Aus- sageunsicherheit endgültig beizukom- men, indem man jetzt nicht mehr wie bis- lang die Gammastrahlung registrierte, sondern die erhöhte magnetische Suszep- tibilität des eingebauten Tones als Nach- weisindikator verwendete. Damit war das heute in großem Umfang angewandte Magnetlog (MAL) für diesen Zweck ent- deckt worden, das beim Tonsperrenach- weis immer eindeutige Daten liefert, da natürliche Gesteine eine mindestens um das 10- bis 20-fach geringere Magneti- sierbarkeit aufweisen als der präparierte Ton. Aufgrund der schnell steigenden Nachfrage zogen die Tonhersteller nach, und heute sind mehrere Produkte mit Eignung für den magnetischen Nachweis im Angebot, ja man hat sogar den Ein- druck, dass die eindeutige Nachweis- fähigkeit beim Einsatz von „magneti- schen“ Tonen gegenüber dem eigentli- chen Zweck, der Erhöhung der Sinkge- schwindigkeit, in den Vordergrund ge- ▶

Verschlusskappen Abstandshalter

- 2" bis 6"
- Pulverbeschichtet
- 3 Größen
- 70, 140, 200 mm



Schacht- abdeckungen

- Ø von 200 bis 610 mm
- tagwasserdicht



Michael Colshorn
Kirchstrasse 5
D 73240 Wendlingen
Telefon:
07024/929242
Telefax:
07024/929244
www.m-colshorn.de



treten ist. Magnetlogmessungen zum Tonsperrenachweis in neu errichteten Grundwassermessstellen aus Kunststoff sind heute längst Stand der Technik geworden. Für den eindeutigen Tonnachweis hinter Stahlverrohrungen eröffnen sich in absehbarer Zeit durch spektrometrische Messverfahren ebenfalls u.U. günstigere Perspektiven.

Zuverlässiges Widerstandsprofil durch Induktionslog

Entscheidend für die zuverlässige Abdichtwirkung von Tonabsperungen und Suspensionen im Ringraum ist aber ihre Korrespondenz zum lithologischen Profil

der Aufschlussbohrung. D.h., nur wenn die installierten Sperren außen an bindige Gesteinskomplexe anschließen, können sie einen hydraulischen „Kurzschluss“ über das Gebirge sicher unterbinden. Der Bohrlochmessung wird deswegen immer häufiger die Aufgabe gestellt, bei der Kontrollmessung auch die Richtigkeit des geologischen Schichtenverzeichnisses aus der Feldaufnahme, insbesondere bei Trockenbohrungen, zu kontrollieren. Wegen der relativ geringen seitlichen Reichweite der meisten Messverfahren war das bei größeren Bohrolochdurchmessern in der Vergangenheit oft nur eingeschränkt möglich. Heute steht mit dem Induktionslog (IL.RA) eine

elektrische Widerstandsprobe mit tiefem seitlichen Eindringvermögen und ausreichender Teufenauflösung auch für Messstellenuntersuchungen (Sondendurchmesser ab 36 mm) zur Verfügung, die bei Kunststoffausbau ihre Wirkungstiefe, vom Ringraum weitgehend unbeeinflusst, im anstehenden Gebirge konzentriert. Somit vom Ausbau kaum beeinflusst, liefert dieses auf elektromagnetischer Basis arbeitende Verfahren ein zuverlässiges Widerstandsprofil des Gebirges. Dies ermöglicht fast immer im Zusammenspiel mit einer Gammamessung und möglichst auch dem Magnetlog, Ringraumeffekte und Signalanteile aus dem anstehenden Gebirge weitgehend zu trennen, um so

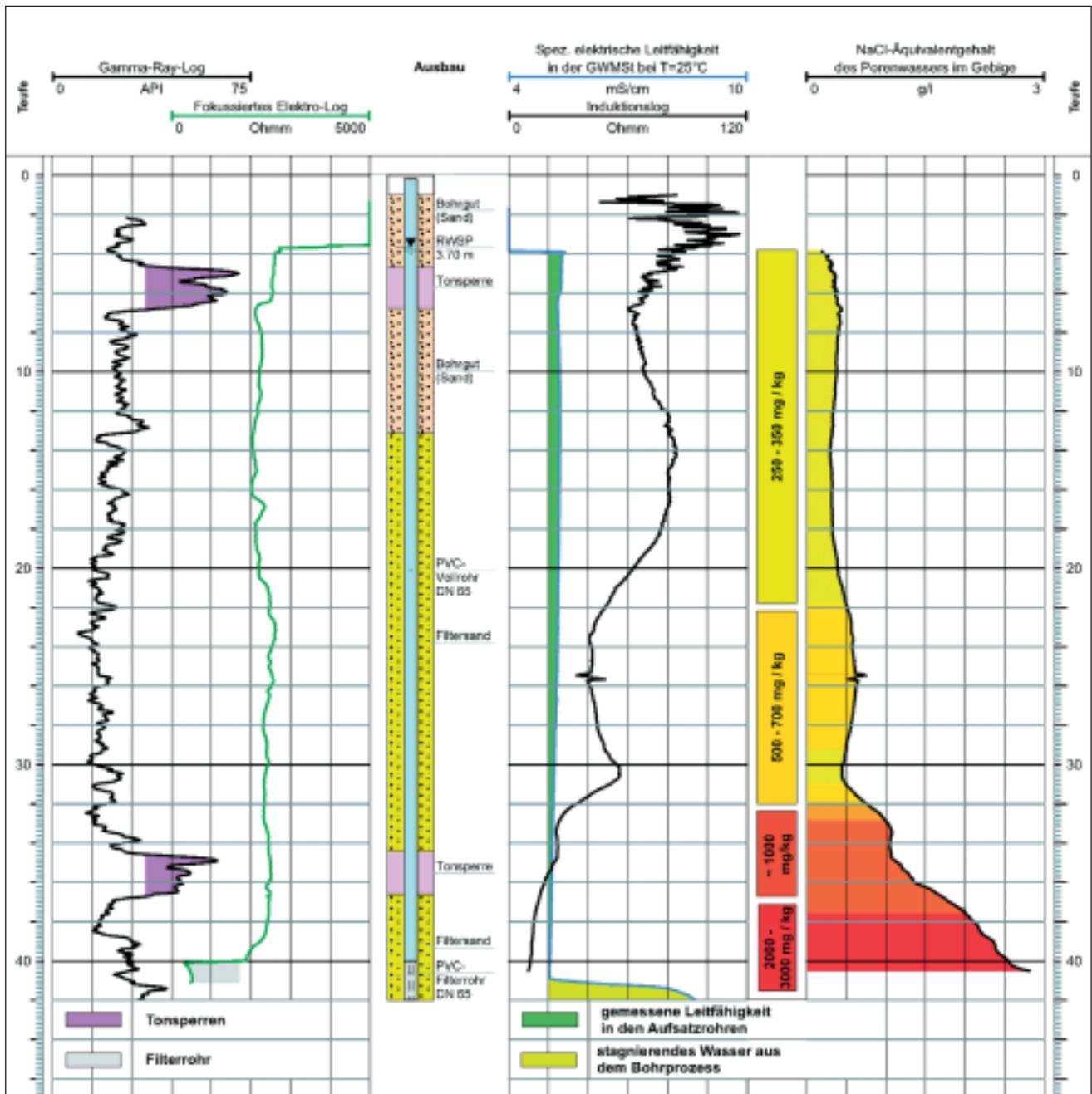


Bild 2: Salinität des Porenwassers nach dem Induktionslog.

zuverlässige Informationen über die geologische Schichtenfolge im Gebirge zu erlangen. Die Sonde ist bei allen Kunststoffverrohrungen anwendbar, dies auch noch im Bereich oberhalb des Wasserspiegels. Weite Verbreitung hat dieses Verfahren inzwischen auch bei der Verfolgung der Süß-Salzwassergrenze, die sich durch eine markante Widerstandsänderung in der Messung abbildet, in so genannten „Wächterbrunnen“ gefunden. In solchen speziell errichteten Messstellen wird durch Wiederholungsmessungen in bestimmten Zeitabständen die vertikale Verschiebung dieser Grenze verfolgt (Bild 2).

Zwei verschiedene Sondenlängen als Lösung

Ebenfalls seit etwa 1990 sind wegen der erwarteten höheren Sicherheit der Abdichtwirkung und der relativ leichten Verarbeitbarkeit Ton-Zement-Suspensionen als Ringraumverfüllungen in ständig wachsendem Umfang eingesetzt worden. Obwohl dabei zunächst bei den Initiatoren von der Annahme ausgegangen worden war, dass die spülungsähnlichen Suspensionen die Verrohrungen auf ihrer gesamten Länge in Form eines „Zylinders“ lückenlos umschließen würden und damit das Problem einer zuverlässigen Ringraumabdichtung endgültig gelöst wäre, zeigten spätere und bis heute andauernde Untersuchungen, dass die notwendigen technologischen Randbedingungen für eine einwandfreie Herstellung der Sperren vor Ort auf der Baustelle längst nicht immer eingehalten werden. Für eine bohrlochgeophysikalische Nachweisführung kam, wegen der im Vergleich zum Gebirge deutlich niedrigeren spezifischen Dichte der Suspensionen (Suspensionen: 1,35 bis 1,8 g/cm³; Gebirge: 1,95 bis 2,8 g/cm³) das Gamma-Gamma-Dichtelog in Frage. Nachdem es sich auch hier als schwierig erwies, mit konventionellen, integrale Effekte registrierenden Sonden ausreichend differenzierte Aussagen darüber zu machen, inwieweit wechselnde Dichte des Gebirges, starke Veränderungen des Bohrlochkalibers oder Mischungsänderungen der Suspension selbst das Messsignal beeinflussen könnten, begann man mit einigem Erfolg Sonden mit zwei unterschiedlichen Sondenlängen (Dual-spacing-Prinzip) für diese Aufgabenstellungen einzusetzen. Man machte damit zwar letztlich auch weiter-▶

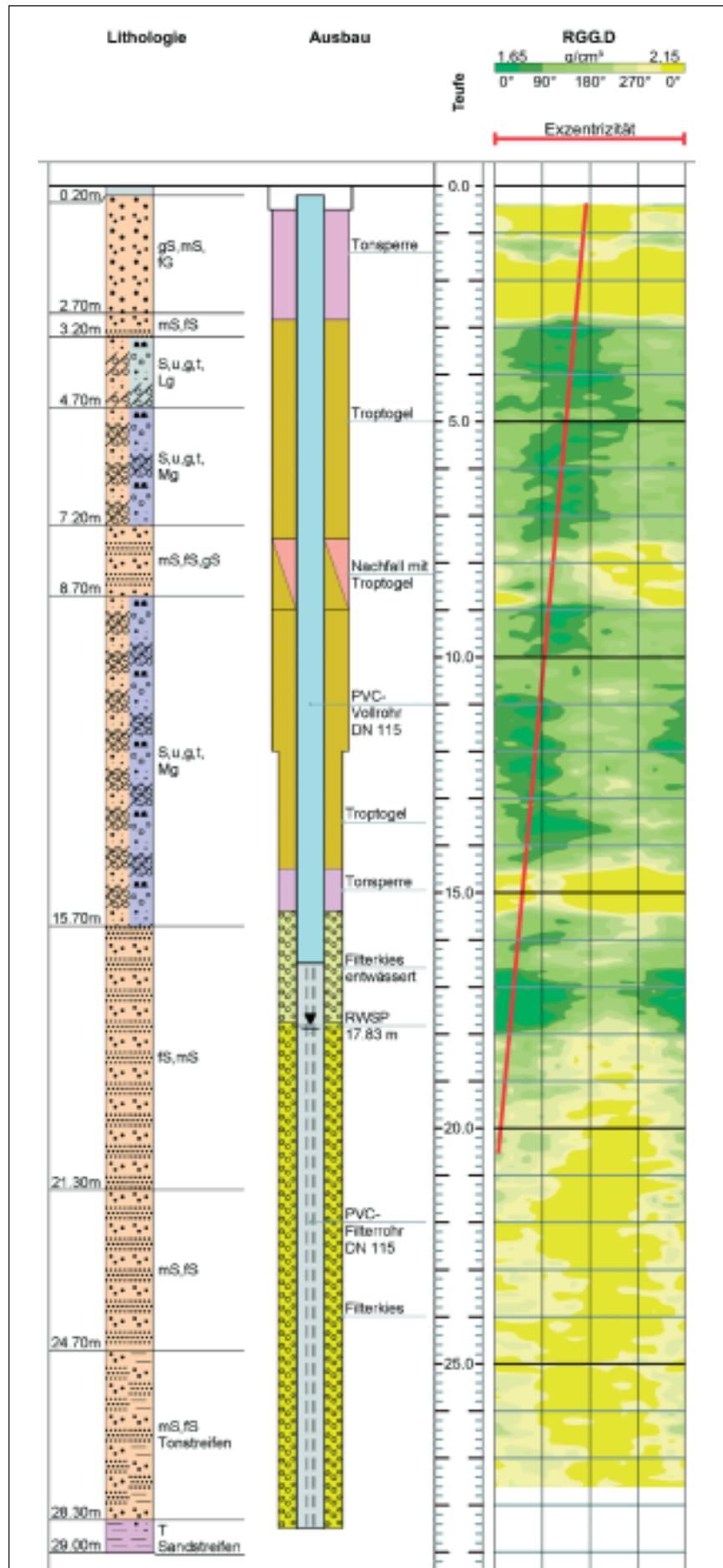


Bild 3: Ringraumprüfung mit dem Gamma-Gamma-Dichtescanner.

hin jeweils zwei integrale Messungen. Auf der Messkurve mit der längeren seitlichen Eindringtiefe wurden die Störeffekte von Gebirge und Bohrlochkaliber aber bevorzugt abgebildet, so dass jetzt eine weitgehende Trennung der Messeffekte nach ihrer Ursache mit ausreichender Sicherheit möglich war.

Die Problematik der Ringraumabdichtung

Nach der weitgehenden Klärung der Trennung des Einflusses von Gebirge und Abdichtung auf die Messergebnisse wurde die Frage aufgeworfen, ob mittels Bohrlochgeophysik bei Suspensionsabdichtung festgestellte Fehlstellen, Spülungseinschlüsse oder Nachfallbeimen-

gungen auch richtungsabhängig zuzuordnen sind. D. h.: Ist der Ringraum auch allseitig mit Suspension erfüllt? Entsprechende Hinweise aus Wiederholungsmessungen der Dichte hatten nämlich gezeigt, dass die Suspension beim Verpressen nicht immer lückenlos den gesamten Ringraum ausfüllend nach oben steigt. Vielmehr kommt es ziemlich häufig vor, dass in einzelnen Bereichen der Aufstieg nur auf „Kanälen“ erfolgt und Nachfall aus der Bohrlochwand sich mit der Suspension vermischt. Neuere Untersuchungen haben auch gezeigt, dass sich besondere Schwächezonen an solchen Stellen ausbilden, an denen die Rohre, meist aufgrund fehlender Zentralisatoren, an der Bohrlochwand anliegen. In den so entstandenen „Zwickeln“ kommt es nur er-

schwert zum Austausch von Spülung gegen Suspension. Mit den bislang in der „kleinen“ Bohrlochmessung angewendeten Messverfahren ließ sich diese Aufgabenstellung überhaupt nicht mehr bewältigen. Auch Vorbilder aus der Erdölbohrlochmessung, wie z.B. das akustische Bohrlochfernsehen (BHTV, ABF) konnten hier nur bedingt weiterhelfen. Ein völlig neues Konzept für kernphysikalische Untersuchungen musste, unter Beibehaltung des bewährten Grundprinzips des Gamma-Gamma-Dichtelogs, entwickelt werden.

Lösung des Problems: die 3-D-Dichtesonde

Bei der neuen 3-D-Dichtesonde dreht sich die Messanordnung, durch einen Motor angetrieben, ständig um die eigene Achse, so dass sich die Messgeometrie während der Befahrung der Bohrung in einer engen Spirale auf- oder abwärts bewegt. Durch sinnvoll angeordnete Abschirmvorrichtungen wird erreicht, dass die Richtcharakteristik nur auf einen schmalen räumlichen Sektor konzentriert ist. Über die Wahl des Sondenspacings kann die gewünschte Wirkungstiefe den konkreten Ringraumdimensionen gut angepasst werden. Da während der Messung neben dem Gamma-Gamma-Messwert auch Tiefe und Messrichtung mit registriert werden, kann die Dichteverteilung der Ringraumverfüllungsmaterialien in Falschfarbendarstellungen als räumlich orientiertes Image in Form eines abgewinkelten Zylinders dargestellt werden. In einer bislang nicht gekannten Weise erhält man so erstmals Einblick in die räumliche Struktur des Ringraumes. Genau lässt sich verfolgen, ob ein homogener Einbau der Abdichtungen allseitig um die Verrohrung herum erfolgt ist, also die notwendige Voraussetzung für die hydraulische Wirksamkeit realisiert werden konnte. Brückenbildung und damit spätere Setzungsgefahr der Verfüllungssäule lässt sich besser als bisher abschätzen und in ihrer potenziellen Gefährlichkeit beurteilen. „Nester“ von nachfallendem Material aus der Bohrlochwand werden als meist fleckenähnliche Strukturen mit erhöhter Dichte auf dem Scannerbild deutlich. Durch das Auftreten lang gestreckter, annähernd vertikal oder diagonal ausgerichteter linearer Elemente auf dem Scannerbild, geben sich exzentrisch erfolgte Einbauten der Verrohrung in der Bohrung sofort zu erkennen (Bild 3).

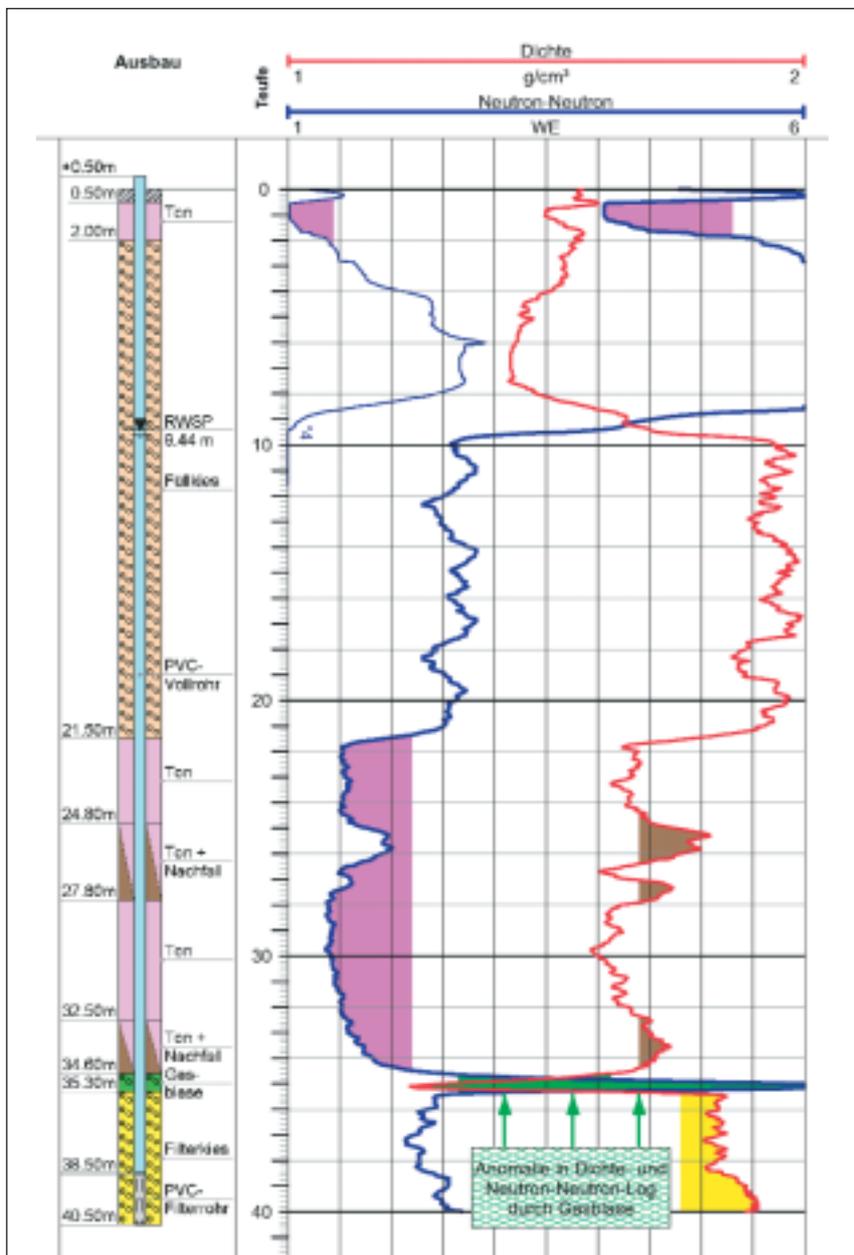


Bild 4: Dichte- und Neutron-Neutron-Anomalie durch „Gasblase“ unterhalb einer Tonsperrschicht.

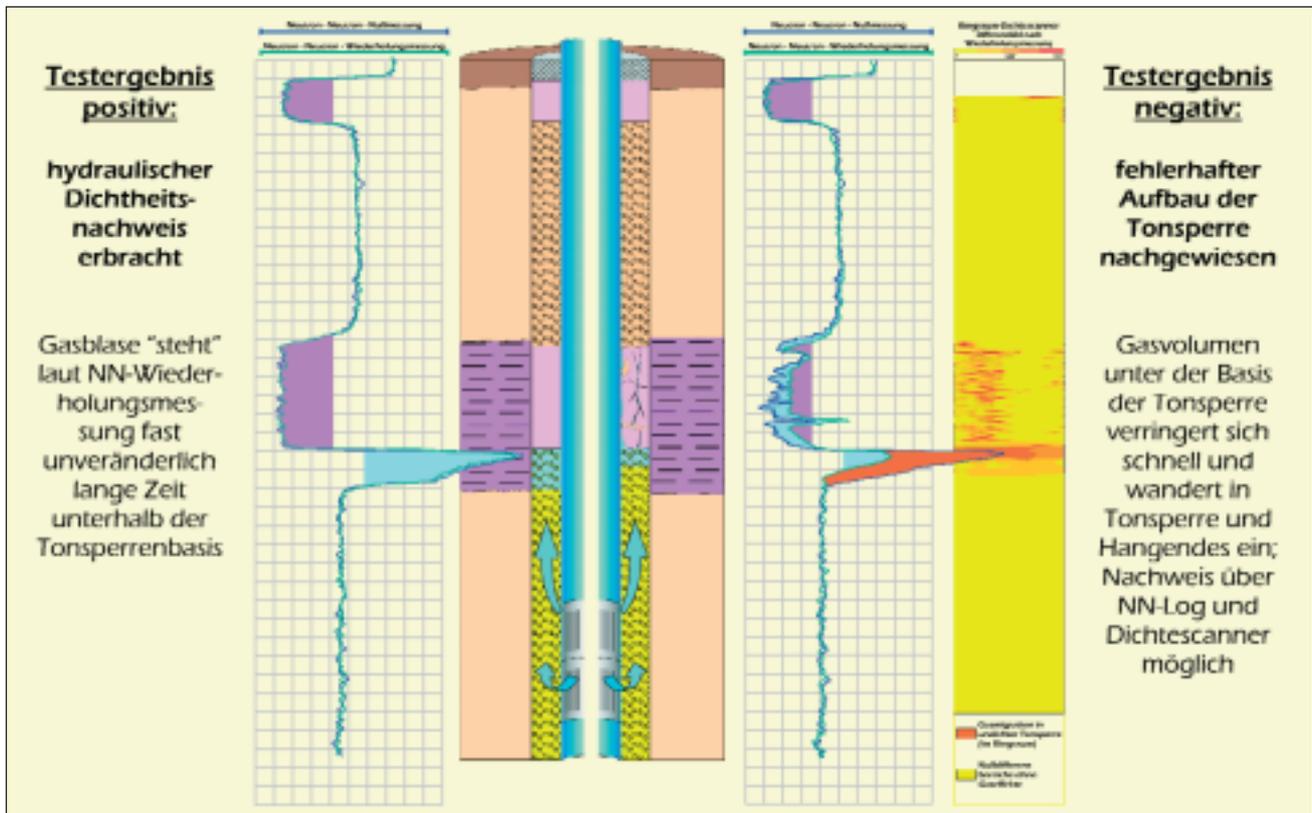


Bild 5: GDT – Gasdynamischer Test einer Ringraumabdichtung (schematisch).

Zweifel beseitigen mit dem Gasdynamischen Test

Bei komplizierten hydrologischen Verhältnissen (z. B. Artesik) oder bei nach Standardmessungen noch verbliebenen Zweifeln an der hydraulischen Dichtheit des installierten Gesamtsystems wird seit kurzem eine zusätzliche In-situ-Prüfung der Wirksamkeit von Ringraumabsperungen angeboten, der Gasdynamische Test (GDT). Dabei wird über ein Packer-system aus der Messstelle heraus, durch die Filter hindurch, Stickstoffgas in den Ringraum gepresst. Unterhalb der Tonsperre sammelt sich schnell eine „Gasblase“, deren Existenz und Ausmaß mit einer Neutron-Neutron-Messung durch die Verrohrung hindurch festgestellt werden kann („Nullmessung“) (Bild 4). Ist die Ringraumabdichtung vorschriftsmäßig „dicht“, zeigen im zeitlichen Abstand durchgeführte Wiederholungsmessungen nur geringe Veränderungen. Bei durchlässigen Ringraumabdichtungen verkleinert sich die „Gasblase“ ziemlich schnell, wobei das Gas weiter nach oben in die Abdichtung hinein und letztendlich durch sie hindurch migriert. Für die messtechnische Erfassung dieses Vorgangs eignet sich die Neutron-Neutron-Messung (NN) ebenfalls. In Kombination damit erfolgt mit der Ringraum-

scanner-Messung (RGG.D) die Kontrolle, auf welchem Weg das Gas durch die Ringraumabdichtung hindurchgekommen ist. Wegen der bei diesem Spezialverfahren räumlich orientierten Untersuchungsgeometrie kann der Aufstiegsweg des Gases anhand der dabei entstehenden signifikanten Dichteänderungen (Porenwasser wird durch Gas verdrängt) hinter dem Rohr räumlich und richtungsbezogen genau verfolgt werden. Mit diesem Verfahren wird die Entscheidung wesentlich erleichtert, ob man bei einer nach dem Ergebnis der Standardverfahren nur als teilweise gelungen eingeschätzten Abdichtung trotzdem eine für den speziellen Einzelfall noch akzeptable Rückhaltewirkung erzielt hat (Bild 5).

Neukonstruktionen lösen viele Probleme

Die hohe Effektivität des Dichtescannerverfahrens führte schnell dazu, auch für weitere bekannte Wirkprinzipien 3-D-Methoden zu entwickeln. Seit seiner Einführung (ca. 1997) wurde das Segmentierte Gamma-Log (SGL) in seiner Standardbauausführung für Untersuchungen von Brunnenausbauten oberhalb eines Durchmessers von 250 mm in einem rela-

tiv kurzen Zeitraum fast zum Standardverfahren. Es konnte die konventionellen Gammamessungen (GR) bei Brunnenuntersuchungen deshalb so schnell ersetzen, da es in ähnlicher Weise wie das Dichtescanner-Log arbeitend, den gesamten Raum um die Verrohrung herum (in▶



Dr. Lux
Geophysikalische
Fachberatung GbR

Vermittlung, Planung, Beratung geowissenschaftlicher Messungen und Untersuchungen einschließlich Auswertung und Gutachtenerstellung mit Schwerpunkt Bohrlochgeophysik für:

- Wassererkundung und -erschließung
- Brunnenbau und Bau von Grundwasser-messstellen
- Ingenieurgeologie
- Verkehrswegebau
- Deponiebau und -sanierung
- Umweltgeologie und -geophysik
- Rohstofferkundung
- Sanierung von Altbergbau

GFL - Dr. Lux
Geophysikalische Fachberatung GbR
Kleine Tabarzer Straße 6
99894 Friedrichroda

Tel.: 03623 - 200 927 • Fax: 03623 - 200 925
E-Mail: dr-lux@t-online.de

drei 120°-Sektoren unterteilt) bildhaft wiedergeben kann. Der auf dem Image in Falschfarben dargestellte Parameter ist hier aber, im Unterschied zum Dichtescanner, die natürliche Gammastrahlung. Durch eine vollständige Neukonstruktion gelang es inzwischen, die schwierigen Abschirmungs- und Kalibrierungsprobleme zu lösen und eine Sonde mit vergleichbarer Leistungsfähigkeit auch für den Durchmesserbereich von 100 bis 250 mm zu bauen. Dieses „Mini-SGL“ wird im Gegensatz zur Standardsonde mit Zentrierungen versehen gemessen. Es dient, meist in Korrespondenz zum NN-Log, bei Kontrollmessungen in großkalibrig ausgebauten Messstellen einer qualifizierten Tonsperrenkontrolle besonders dann, wenn einfache, nicht speziell markierte Stücktone für den Bau der Tonsperren eingesetzt wurden. Es hat sich ebenfalls bei Messungen durch Stahlverrohrungen hindurch gut bewährt.

Wenn nachträglich eingebrachte Ringraumabdichtungen nachgewiesen werden

sollen, wird das SGL ebenfalls mit Erfolg eingesetzt. Im Ringraum verpresste Suspensionen mit künstlich erhöhter Gammaaktivität werden mittels Null- und Wiederholungsmessungen lokalisiert und ihre räumliche Ausbreitung überprüft.

1.3 Prüfung der Verrohrungen

Je vollständiger die zur Verfügung stehenden Wasserressourcen genutzt werden müssen und je strenger die gesetzlichen Normen dafür ausgestaltet werden, umso intensiver müssen auch die Anstrengungen zum Schutz der genutzten Grundwasserleiter vor Kontamination sein. Nach Gesetzeslage besteht die oberste Priorität darin, eine Gefährdung des Grundwassers durch das Bauwerk auszuschließen. Das einwandfreie Funktionieren steht in diesem Kontext erst an zweiter Stelle. Das bedeutet für die geforderte Sicherheit an Grundwassermessstellen, dass hydraulische Kurzschlüsse nicht nur im Ringraum verhindert werden müssen sondern auch der Dichtheit der Muffenverbindungen

erhöhte Aufmerksamkeit zu schenken ist. Außer durch natürliche Druckunterschiede zwischen den Grundwasserstockwerken sind diese Verbindungsstellen natürlich auch durch Wasserspiegelschwankungen oder Entlastung beim Abpumpen der Messstelle (z. B. zur Probenahme) einer erhöhten Belastung ausgesetzt. Je nach Ausmaß einer Leckage können Undichtheiten dazu führen, dass die gemessenen Wasserstände nicht korrekt sind, geogen oder anthropogen belastetes Wasser zwischen den Grundwasserstockwerken migrieren kann oder der Chemismus bzw. die Biologie einer Wasserprobe unzulässig verfälscht werden. Es wurden insbesondere ältere Messstellen gefunden, in denen bei einer Potenzialdifferenz von nur wenigen Dezimetern zwischen den beiden Grundwasserleitern pro Jahr mehr als 2500 m³ Salzwasser durch undichte Muffenverbindungen und unvollständige Ringraumabdichtungen von unten nach oben flossen, was zu einer merklichen Versalzung des oberen Grundwasserleiters in der Umgebung der Messstelle geführt hat.

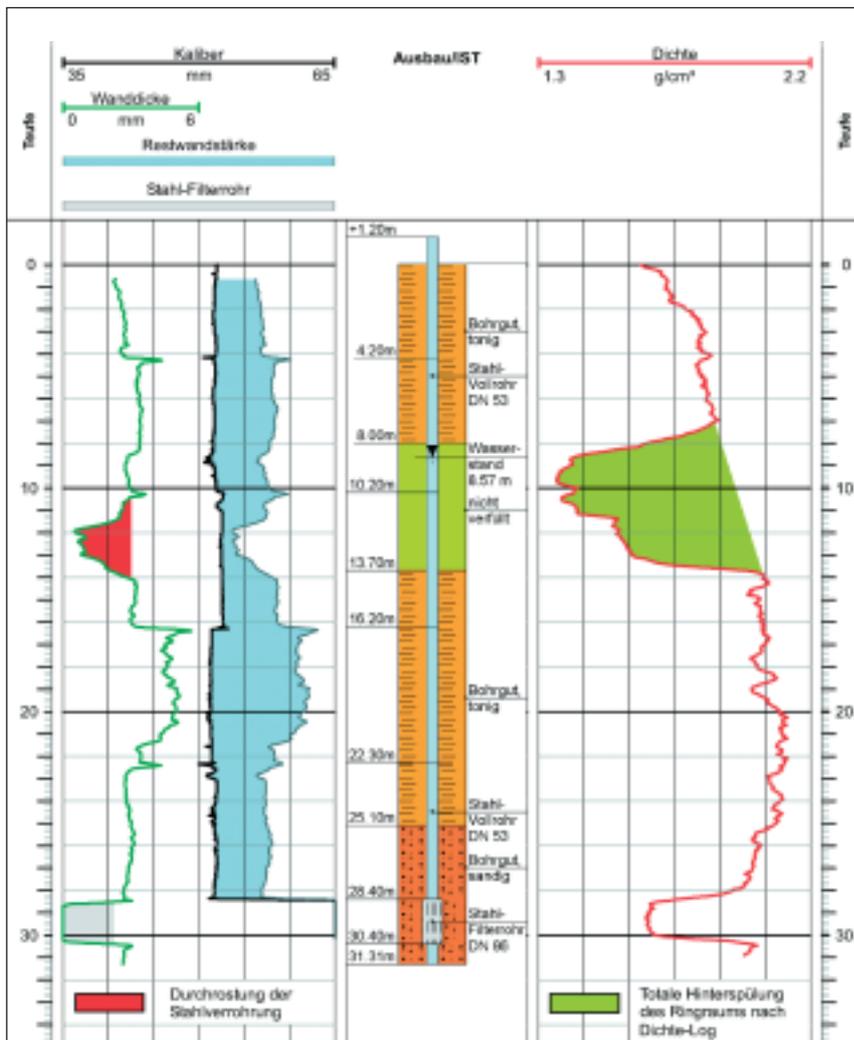


Bild 6: Elektromagnetische Wanddickenmessung bei 2"-Stahlausbau.

Dichtheitsnachweis schnell und effektiv

Alle Bohrlochmessunternehmen setzen für die vor der Inbetriebnahme einer Messstelle regelmäßig geforderten Dichtheitsprüfungen traditionell das fokussierte Elektrolog (FEL) in Brunnenschaltung (FEL-B) ein, eine Sonde, die nach dem so genannten Laterolog-3-Prinzip (2 Abschirmelektroden, 1 Messelektrode) arbeitet. Prinzipiell sind mit Ausnahme des Induktionslogs auch alle anderen Widerstandssonden für solche Messungen mehr oder weniger gut geeignet. Immer, wenn der Messstrom einen Pfad aus dem absolut nicht leitenden Kunststoffrohr über die Muffenverbindung ins Gebirge hinaus findet und dann zur Erdungselektrode der Messapparatur zurücklaufen kann, kommt es zu einem kurzzeitigen partiellen „Zusammenbruch“ des Regelstromkreises, der die Schirmelektroden steuert. Experimentelle Untersuchungen haben gezeigt, dass Risse oder Löcher in den Vollrohren oder Undichtheiten an den Muffenverbindungen solche negativen Messkurvenauschläge hervorrufen. Eine zuverlässige und allgemein gültige Beziehung zwischen der Größe der Messwertänderung und dem Grad des Schadens konnte allerdings niemals eindeutig festgestellt werden. Erst Mitte der 90er Jahre setzte sich nach aufwändigen Testarbeiten und langen Diskussionsprozessen die

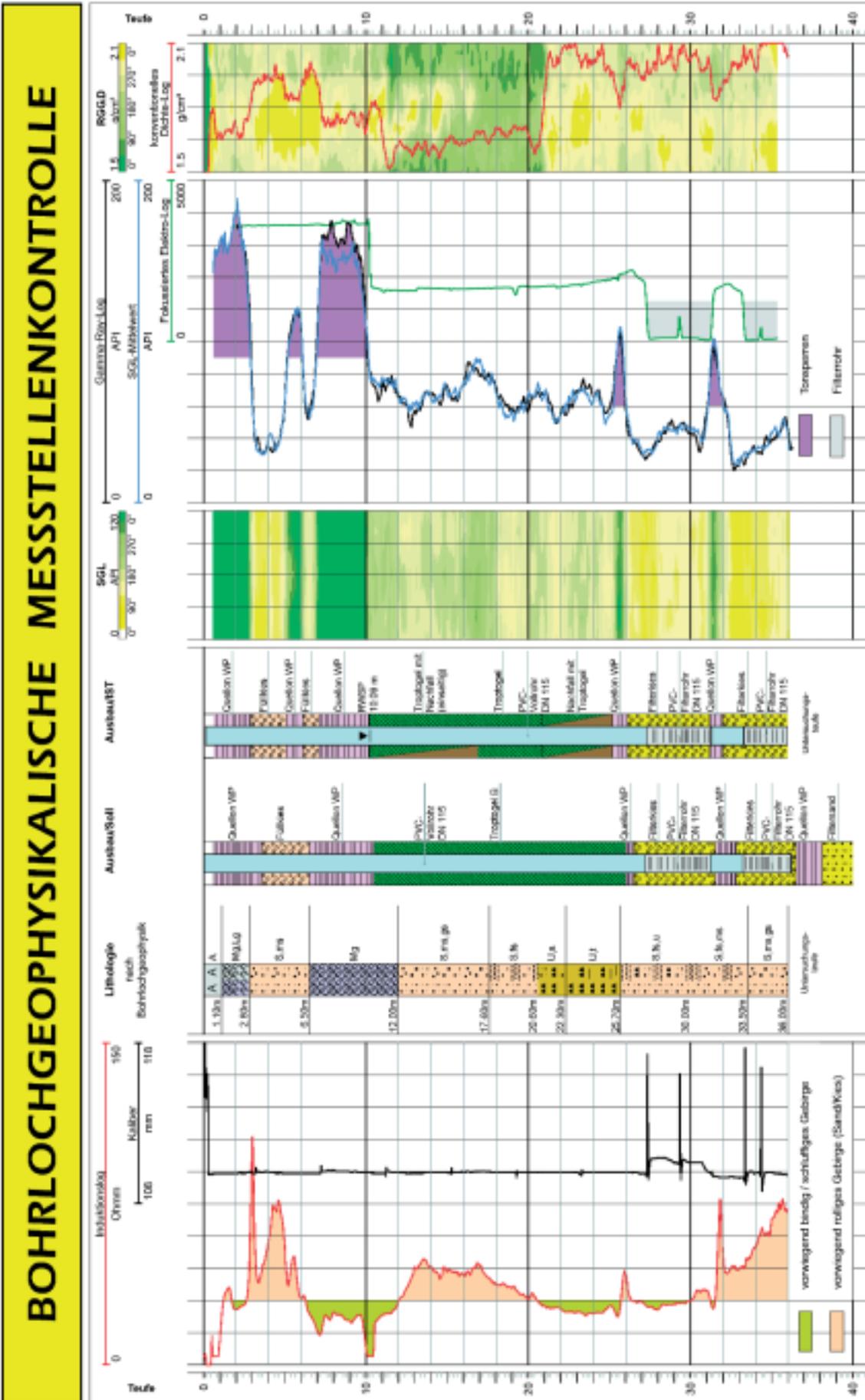


Bild 7: Dokumentation und Auswertung einer bohrlochgeophysikalischen Messstellenkontrolle.

Erkenntnis allgemein durch, dass eine FEL-Anomalie nicht in jedem Fall ein hydraulisch wirksames Leck darstellt. Dies ist auch verständlich, denn der beobachtete elektrische Stromfluss durch die Muffenverbindung hindurch kann natürlich außer von „echten“ Undichtigkeiten genauso durch Einbaufehler wie Feuchtigkeitsfilme, den Einsatz elektrisch leitender Schmiermittel (Grafitbeimengungen) oder Schmutzreste in den Gewindegängen hervorgerufen worden sein und dann zu einer „Fehldetektion“ führen. Wenn das FEL aber keine Anomalie an einer Muffe zeigt, so ist durch viele Untersuchungen eindeutig nachgewiesen worden, dass die Rohre dann auch hydraulisch dicht sind. Deshalb kann die FEL-Sonde auch heute noch mit Erfolg als wirkungsvolles Screeningverfahren eingesetzt werden, um für die Mehrzahl der Muffenverbindungen den Dichtheitsnachweis schnell und effektiv zu erbringen.

Für die letztendliche Verifizierung einer Undichtheit werden sowohl Einzel- als auch Doppelpackertests genutzt. Nach DVGW-Arbeitsblatt 121 sind beide Varianten zugelassen. Die zusätzliche Druckbeaufschlagung soll danach nicht mehr als 1 bar betragen. Über den im Einzelfall notwendigen Prüfdruck sollte vor Beginn der Arbeiten Einverständnis erzielt werden. Richtschnur könnte dabei die konkrete, am Aufschluss maximal zu erwartende Druckdifferenz sein. In Versuchen hat sich ergeben, dass es nicht immer gleichgültig ist, ob die Testbelastung durch Über- oder Unterdruck, d. h. durch Absenkung oder Erhöhung des Wasserspiegels in der Messstelle, erzeugt wird. Zumindest einige Verbindungstypen zeigten bei der hydraulischen Durchlässigkeitsprüfung bei Richtungswechsel der Belastung deutlich unterschiedliche Fließmengen an den geprüften Muffenverbindungen.

Selbstverständlich ist, dass zeitlicher Ablauf des Versuches, Packersetzdruck und Druckverlauf an der getesteten Muffe digital registriert und dokumentiert werden müssen.

EMDS jetzt auch für Messstellen anwendbar

Besonders in den neuen Bundesländern werden noch in großer Anzahl ältere Messstellen genutzt, bei denen alle Aufsatzrohre aus verzinktem Stahl bestehen. Neben den Muffenverbindungen sind hier immer auch Beeinträchtigungen der Standfestigkeit infolge innerer und äußere-

rer Materialkorrosion zu erwarten. Zunächst war mit wenig Erfolg versucht worden, das Problem wenigstens näherungsweise mit TV-Befahrungen oder Mikrokalibermessungen zu lösen. Eine wirklich befriedigende Lösung war erst dann greifbar, als es schließlich möglich war, eine kleinkalibrige Neuentwicklung der auf elektromagnetischem Wirkprinzip arbeitenden Wanddickensonde EMDS, die bisher nur in Brunnen eingesetzt wurde, auch in Messstellen ab DN 50 einzusetzen. Diese für Slimline-Verhältnisse speziell konstruierten Sonden messen die Restwandstärke der Vollrohre in der durchfahrenen Teufe jeweils als integralen Effekt. Deshalb können kleine, „bohrungsartige“ Löcher in der Rohrwandung mit diesem Verfahren nicht festgestellt werden. Anhand zahlreicher Erfahrungen beim Einsatz dieses Verfahrens in Brunnen kann man aber davon ausgehen, dass Korrosion aufgrund eines bestimmten Wasserchemismus auftritt und somit gewöhnlich eher flächenhaft am Rohr feststellbar ist (**Bild 6**).

2. Zusammenfassung

Auf die Eingangsfrage „Ist die gläserne Messstelle schon Wirklichkeit geworden?“ zurückkommend, lautet die Antwort – salomonisch wie meist – „Ja“ und „Nein“. „Ja“ – es konnten wichtige Fortschritte und auch echte technische Durchbrüche in dem beschriebenen Zeitraum erreicht werden. Und „Nein“ – mit Entwicklungen, wie dem Ringraumdichtescanner und dem segmentierten Gamma-log wurde erst ein Anfang gemacht, auch in der „kleinen“ Bohrlochgeophysik moderne, dreidimensional arbeitende, „bildgebende“ Verfahren einzuführen (**Bild 7**). Für qualitätsgerecht arbeitende Bohrunternehmen sollten nicht Befürchtungen aufgrund der immer weiter gehenden Kontrollmöglichkeiten durch Bohrlochmessungen im Vordergrund stehen. Es sollte vielmehr die Chance genutzt werden, den Auftraggebern **ihre** in hoher Qualität errichteten Grundwassermessstellen als Referenzen auch „bildlich“ vorführen zu können. In diesem Sinne leisten die Geophysikfirmen letztlich auch einen Beitrag dazu, dass der zumindest tendenziell mit dem ständigen Preisverfall eingehende Qualitätsverlust gestoppt werden kann. ■

Literaturhinweise

[1] BAUMANN, K. & THOLEN, M. (2001): Mängel an Brunnen und Grundwassermessstellen. – *bbr Wasser, Kanal- & Rohrleitungs-*

bau, 1/2001, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln

[2] BAUMANN, K., LEWIN, H. G. & NOLTE, L. P. (2002): Nachträgliche Herstellung von Ringraumdichtungen als Sanierungsmaßnahme für Brunnen und Grundwassermessstellen. – *bbr Wasser, Kanal- & Rohrleitungsbau*, 3/2002, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln

[3] NIEHUES, B. (2002): Anforderungen und Problematiken von Abdichtungen in Bohrungen, Messstellen und Brunnen. – *bbr Wasser, Kanal- & Rohrleitungsbau*, 3/2002, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln

[4] BAUMANN, K., THOLEN, M. & TRESKATIS, C. (2003): Qualitätskriterien für Abdichtungssuspensionen im Brunnenbau. – *bbr Fachmagazin für Wasser- und Leitungstiefbau*, 4/2003, wvgw Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser, Bonn

[5] TRIMPIN, M. (2003): Abdichtungen – Umläufigkeiten im Ringraum. – *bbr Fachmagazin für Wasser- und Leitungstiefbau*, 5/2003, wvgw Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser, Bonn

[6] DVGW-Merkblatt W 110 (1990): Geophysikalische Untersuchungen in Bohrlochern und Brunnen zur Erschließung von Grundwasser. – wvgw Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser, Bonn

[7] DVGW-Arbeitsblatt W 121 (1988 & 2003 (Gelbdruck)): Bau und Betrieb von Grundwasserbeschaffenheitsmessstellen. – wvgw Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser, Bonn

[8] DVGW-Arbeitsblatt W 123: Bau und Ausbau von Vertikalfilterbrunnen. – wvgw Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser, Bonn

[9] DVGW-Arbeitsblatt W 135 (1996): Sanierung und Rückbau von Bohrungen, Grundwassermessstellen und Brunnen. – wvgw Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser, Bonn

[10] DVGW (2003): Untersuchungen zur Bestimmung von Qualitätskriterien für Abdichtungsmaterialien im Brunnenbau (Studie), <http://www.dvgw.de/wasser/informationen-frdasfach/wasserversorgung.html#dichtung>

Quelle aller Abbildungen: Bohrlochmessung – Storkow GmbH

Kontakt

Dipl.-Geol. Karsten Baumann
Dipl.-Geophys. Burckhard Burde
Dipl.-Ing. (Geophys.) Jeanette Goldbeck
Bohrlochmessung – Storkow GmbH
Straße der Jugend 32
15859 Storkow
Tel.: 03 36 78/4 36 30
Fax: 03 36 78/4 36 31
E-Mail: blm.storkow-kb@t-online.de