

# Monitoringmethoden für Wasserwerksstandorte mit Salzwassergefährdung [Teil 1]

**Grundwasserversalzung** ■ *Versalzungsgefahr bedeutet besonders in Nord- und Mitteldeutschland eine potenzielle Gefährdung vieler Wasserwerksstandorte. Für die Langzeitüberwachung eines möglichen Salzwasseraufstiegs mit Methoden der Bohrlochgeophysik werden zunehmend so genannte Wächterbrunnen genutzt, in denen das Induktionslog, eine auf elektromagnetischer Basis arbeitende Weiterentwicklung der Standardwiderstandssonden, erfolgreich zum Einsatz kommt.*

**G**eogene Grundwasserversalzungen können in Wassergewinnungsgebieten zu schwer wiegenden Problemen führen, die im Extremfall sogar das Aus einzelner Brunnen oder der gesamten Brunnengalerie bedeuten. Deshalb ist es an potenziell gefährdeten Standorten erforderlich, ein vorausschauendes und effizientes Monitoring einzurichten.

Monitoringmethoden in Grundwassermessstellen und Brunnen schaffen eine Datengrundlage sowohl für eine wirtschaftlich optimale Fahrweise einer potenziell gefährdeten Brunnengalerie als auch für die Planung neuer Brunnenstandorte. Für den Wasserwerker ist deshalb die Beobachtung der Veränderungen der Süß-/Salzwassergrenze an seinem Standort über die Zeit ein sehr wichtiges Steuerungselement. Während Versalzungserscheinungen in Entnahmehäusern des süddeutschen Raumes nur bei außergewöhnlichen hydrogeologischen oder anthropogenen Bedingungen, hier insbesondere im Umfeld von Salzvorkommen und oberflächlichen Salzhalden, auftreten, kommen sie im Bereich der norddeutschen Tiefebene dagegen bekanntermaßen eher häufig vor. Die Ursachen für die erhöhte Salzführung des Grundwassers im unmittelbaren Küstenbereich beruhen auf

einem zunehmenden Einfluss des salzigen Meerwassers (Meerwasserintrusion).

Eine binnenländische Versalzung, die räumlich die Hauptgefährdung der Wassergewinnung darstellt, wird aber durch den Aufstieg hoch salinaren Tiefenwassers im Bereich von Salzstöcken, im Bereich tektonischer Störungszonen oder über eiszeitliche Rinnen ursächlich hervorgerufen. Hierdurch kommt es zu einer sekundären Versalzung der tertiären und quartären Formationen, die im Norden Deutschlands die wichtigsten Trinkwasserreservoirs enthalten. Die prinzipielle regionale Verbreitung dieser „Salzwasserbedrohung“ kann heute meist einschlägigen hydrogeologischen Karten entnommen werden. Aber für einen konkret zu entwickelnden bzw. bereits genutzten Standort müssen, wie auch sonst bei projektbezogenen Untersuchungen üblich, die örtlich anzutreffenden hydrogeologischen und dabei speziell die hydrodynamischen Bedingungen erkundet und in möglichst wirklichkeitsnahen Strömungsmodellen erfasst werden. Im Folgenden werden verschiedene Möglichkeiten der Erkundung und des vorausschauenden Monitorings bei Versalzungsgefahr der Entnahmehäuser beschrieben.

## Bestimmung des Salzgehalts in Aufschlussbohrungen

Bohrlochgeophysikalische Messungen gestatten es, die Gefährdung schon in der unausgebauten Aufschlussbohrung zu bewerten. Beim Einsatz der Bohrlochgeophysik mit einer geeigneten Messverfahrenskombination ist es bereits vor der Installation der Filterstrecke möglich, die zu erwartende Salinität des Porenwassers in sämtlichen erbohrten Grundwasserleitern ohne Unterstützung von Wasseranalysen zu berechnen und die Teufenlage der Süß-/Salzwassergrenze (für praktische Untersuchungen bei 1.000 mg/kg NaCl-Äquivalentgehalt festgelegt) auf den Meter genau zu bestimmen.

Unter den Bedingungen der Lockergesteinsprofile im nord- und mitteldeutschen Raum hat sich folgender Verfahrenskomplex für diese spezielle Aufgabenstellung gut bewährt:

- Bohrlochkaliber (CAL)
- Große Normale/Kleine Normale (ES); (nicht FEL!)
- Spülungswiderstand (SAL)/Temperatur (TEMP)
- Gamma-Ray (GR)
- Gamma-Gamma-Dichte (GG.D) mit Berechnung der Porosität
- Neutron-Neutron als tonbeeinflusstes zweites Porositätsverfahren

Noch besser geeignete Daten für eine Sofortauswertung erhält man, wenn das Verfahren ES gegen das Induktionslog (IL) ausgetauscht wird. Dieses moderne Messverfahren gestattet es, auf Grund seiner erheblichen seitlichen Eindringtiefe, sofort die „echten“, nicht durch den Bohrvorgang (Bohrspülung und Kaliber) beeinflusste Werte für den elektrischen Schichtwiderstand zu berechnen. Auch die zusätzlichen Kosten für die SAL-/TEMP-Messung kann man in diesem Fall einsparen.

Um einem häufig auftretenden Missverständnis nochmals vorzubeugen: In unverrohrten Lockergesteinsbohrungen wird bei der so genannten Salinitätsmessung (SAL) kein Wert gemessen, der von der Mineralisation des Porenwassers bestimmt ist, sondern „nur“ der elektrische Widerstand der Bohrspülung. Der ist allerdings eine notwendige Korrekturgröße bei der Bestimmung der wahren Schichtwiderstandswerte aus konventionellen Widerstandsmessungen.

Im Prinzip beruht die angewandte Methodik der Auswertung darauf, dass die spezifische elektrische Leitfähigkeit der Porenflüssigkeit mit wachsender Menge von darin gelösten Mineralen gesetzmäßig, also berechenbar, zunimmt (destilliertes Wasser z. B. hat eine elektrische Leitfähigkeit von Null). Wenn man zugleich vereinfachend annimmt, dass das untersuchte Gestein nur aus zwei Komponenten, den praktisch nicht leitfähigen Gesteinskörnern und den wassergefüllten Gesteinsporen mit je nach Salinität des Porenwassers variierender Leitfähigkeit besteht, kann man letztlich die Mineralisation des Porenwassers aus den elektrischen Widerstandsmessungen errechnen, vorausgesetzt man kennt die Porosität des Gesteins, die ebenfalls eine Variable ist. Die Porosität kann mittels des zum oben beschriebenen Verfahrenskomplex gehörenden Gamma-Gamma-Logs auf ein bis zwei Volumenprozent genau berechnet werden. Voraussetzung dabei ist, dass die Messsonden vor dem Einsatz sachgerecht kalibriert wurden. Mit ausrei-

chender Genauigkeit sind diese Berechnungen aber erfahrungsgemäß nur dann möglich, wenn alle Gesteinskörner (Matrix) wirklich eindeutige Nichtleiter für den elektrischen Strom sind, wie es bei Sand, Kies oder Steinen auch praktisch der Fall ist. Durch den Einsatz des Gammalogs, welches im allgemeinen Fall auf Ton und Schluff mit hohen Messamplituden reagiert, können bindige Profilabschnitte meist leicht erkannt, aus der Berechnung ausgeschlossen und so Fehlbestimmungen vermieden werden. Da aber in Nord- und Mitteldeutschland, besonders in den Tertiärformationen, relativ häufig Schwerminerale, kalifeldspathaltige Kiese und Sande sowie Glimmerlagen anzutreffen sind, die ebenfalls eine erhöhte Gammaaktivität aufweisen, wird die Sicherheit der Gesteinsansprache und der Mineralisationsbestimmung deutlich erhöht, wenn der Gamma-Gamma-Porosität in einem grafischen Overlayverfahren die Neutron-Neutron-Porosität gegenübergestellt werden kann. Im Ergebnis dieser Messun-

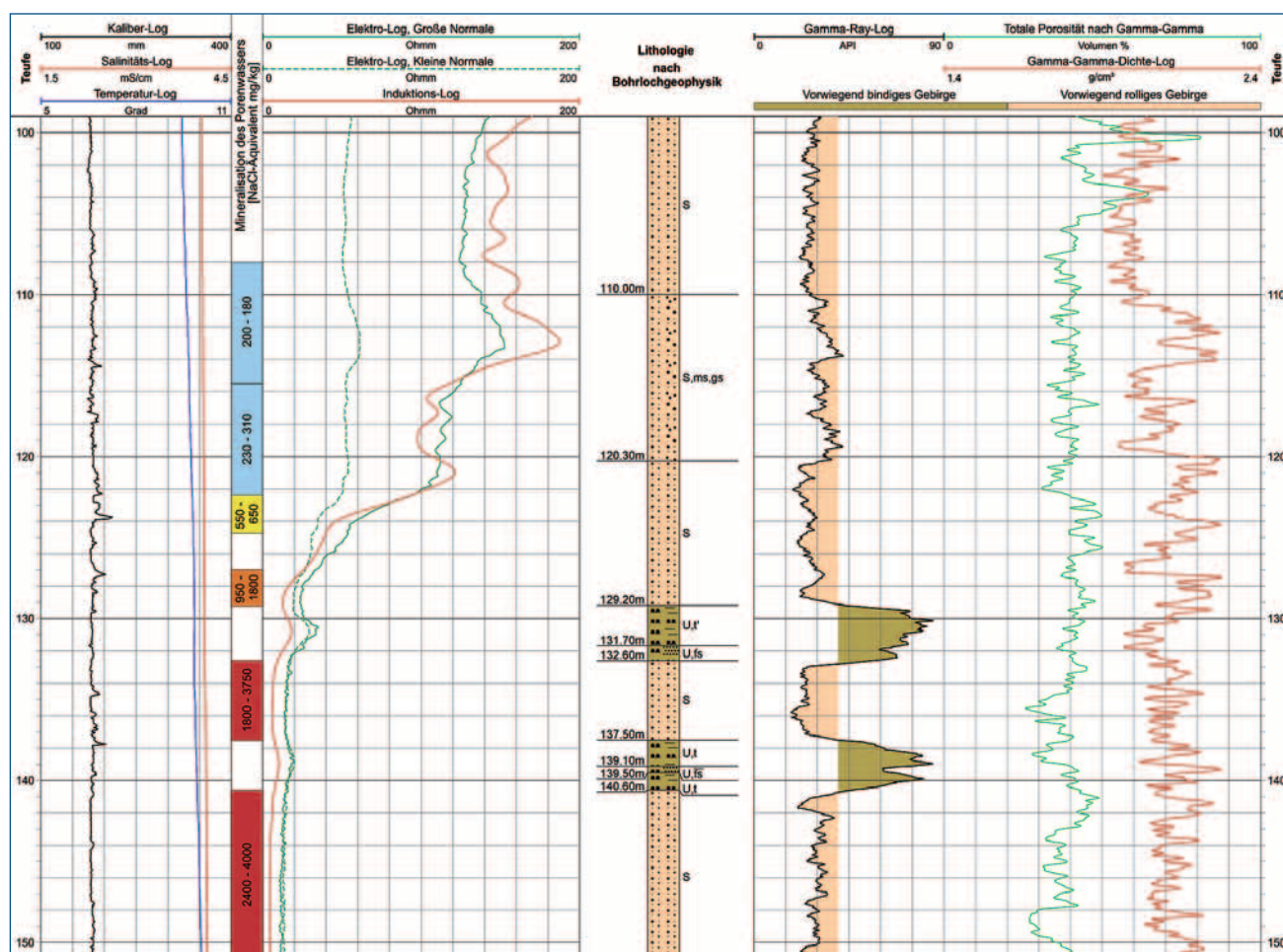
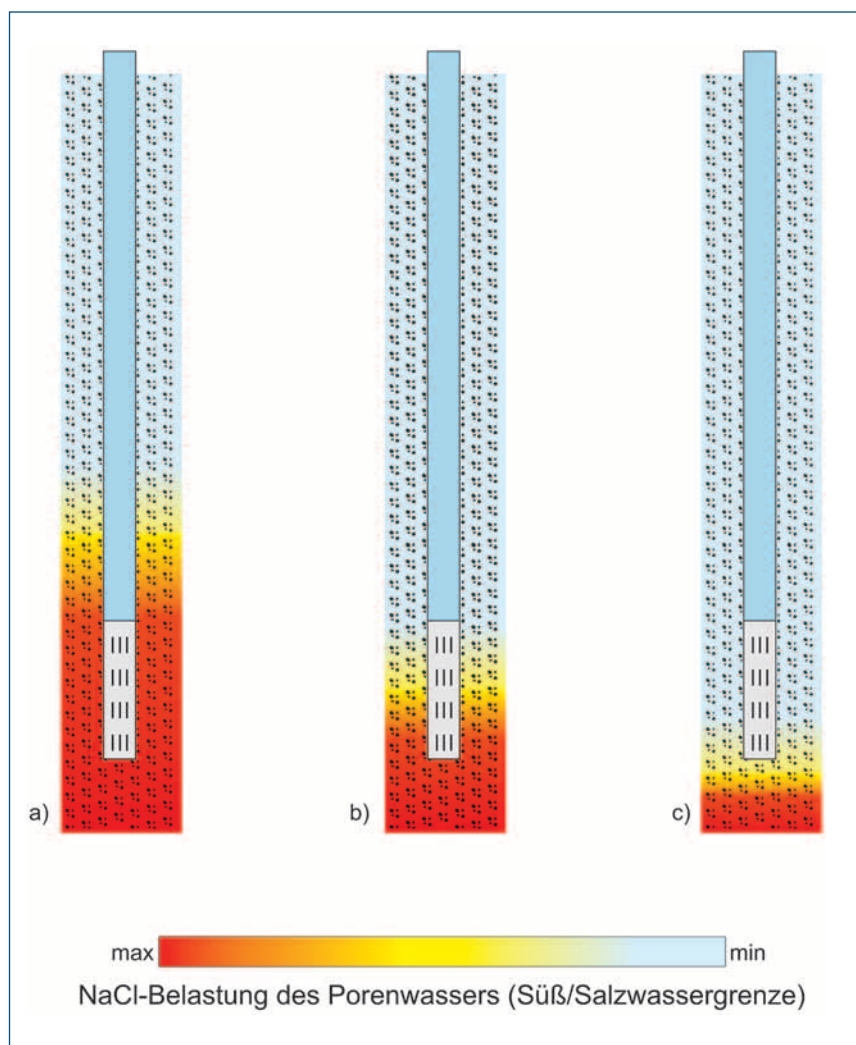


Abb. 1 ■ Berechnung der Versalzung in einer Aufschlussbohrung





**Abb. 2** ■ Problematik von Probenahmen aus Messstellen zur Bestimmung der Süß-/Salzwassergrenze

gen ist es möglich, ein zuverlässiges Versalzungsprofil und natürlich auch die genaue Gliederung der geologischen Schichtenfolge der Bohrung zu ermitteln, auf deren Grundlage der Ausbau des Brunnens oder der Messstelle festgelegt werden kann. Entsprechende Möglichkeiten der Datenfernübertragung gestatten heute auch eine Sofortauswertung der Messergebnisse, ohne dass lange Stillstandszeiten für die Bohrmannschaften auftreten müssen.

Ein Beispieldiagramm einer Brunnenvorbohrung aus Norddeutschland zeigt **Abbildung 1**. Zum Einsatz kam hier ein Messprogramm mit den Verfahren SAL/TEMP, CAL, ES, IL, GR und GG.D. Berechnet wurde vor Ort zunächst das „Lithologieprofil nach Bohrlochgeophysik“ mit Hilfe des Computerprogramms LITHOLOG. Die Berechnungen der Porenwassermineralisation ergaben von Geländeoberkante

(GOK) bis ca. 122 m nutzbares Süßwasser, darunter eine nur bis 132 m reichende Übergangszone und unterhalb dieser Teufe nur noch Salzwasserführung, bei der bis zur Teufe von 150 m bereits ca. 4.000 mg/kg NaCl-Äquivalentgehalt erreicht wurden. Die so genannte Versalzungsgrenze von 1.000 mg/kg wird bei ca. 128 m überschritten.

Besonders günstig ist es, wenn diese Messungen in kleinkalibrigen Pilotbohrungen ausgeführt werden können. Im Notfall können für praktische Zwecke auch noch in großkalibrigen Brunnenbohrungen erfolgen, wenn der Durchmesser 800 mm nicht übersteigt.

Anhand zahlreicher Vergleiche der Laboranalysen von Wasserproben mit den aus der Bohrlochmessung errechneten Salzgehalten zeigt sich, dass die durch-

schnittliche Abweichung zwischen Bestimmungen im Labor und aus Bohrlochmessungen normalerweise 15 Prozent nicht übersteigt. Da die Berechnung in Form von NaCl-Äquivalenten erfolgt, wird die quantitative Übereinstimmung mit wachsendem NaCl-Übergewicht in höher salinaren Porenwässern immer besser. Bei gering mineralisiertem Wasser, also typischem Süßwasser, liegt der berechnete Wert zwischen dem Verdampfungs- und dem Glührückstand.

### Salinitätsmonitoring in Messstellen

Eine weithin übliche Methode, die Süß-/Salzwassergrenzen zu verfolgen, ist die Entnahme von Wasserproben durch Abpumpen der jeweiligen Grundwassermessstelle mit anschließender chemischer und/oder isotohydrochemischer Analyse. Problematisch dabei ist, dass die Repräsentanz der entnommenen Probe meist nur sehr eingeschränkt ist und somit Aussagen zum tatsächlichen Salzgehalt oder der Isotopenverteilung des Grundwassers in der jeweiligen Teufe und zur eigentlichen teufenmäßigen Lage der Süß-/Salzwassergrenze nur sehr eingeschränkt möglich sind. Letztlich sind Fehleinschätzungen bei diesem Verfahren nicht auszuschließen. Mit **Abbildung 2** soll die prinzipielle Schwierigkeit der Probenahme skizzenhaft verdeutlicht werden:

(a) In der ersten Messstelle liegt die Süß-/Salzwassergrenze bereits oberhalb der Filterstellung. Die entnommene Wasserprobe wird nur Salzwasser anzeigen. Eine zutreffende Aussage über die Lage der Süß-/Salzwassergrenze ist hier nicht mehr möglich.

(b) In dieser Messstelle liegt die Süß-/Salzwassergrenze innerhalb der Filterstrecke. Die Messstelle liefert beim Abpumpen eine Mischprobe, die zwar den Charakter des entnommenen Wassers summarisch repräsentiert, aber es ebenfalls nicht zulässt, die Teufenlage der Grenze zu bestimmen. Auch durch den Einbau von Packersystemen innerhalb einer längeren Filterstrecke während des Abpumpens können die Ergebnisse nur partiell verbessert werden.

(c) In dieser Messstelle liegt die Süß-/Salzwassergrenze noch unterhalb der Fil-

terstellung. Eine entnommene Probe wird in der Regel nur Süßwasser anzeigen. Es ist deswegen nicht möglich, eine vorausschauende Warnung zur Aufwärtsbewegung der Grenze abzugeben, bevor das Salzwasser den Filter erreicht hat.

Alle diese Fälle setzen zudem noch eine ideale Messstelle voraus, d.h. eine Messstelle mit einer gleichmäßigen Verteilung der Wasserzuflüsse über die gesamte Filterlänge, die es in der Praxis jedoch kaum gibt. Vielmehr zeigt sich selbst bei Porengrundwasserleitern im Lockergestein anhand von Flowmetermessungen immer wieder, dass die Zuflüsse bei Messstellen und Brunnen von der Intensität her meist ziemlich ungleichmäßig über die Filterstrecke verteilt sind. Oft ist zudem festzustellen, dass beim Abpumpen ein erheblicher Teil des Wassers unmittelbar an der Filteroberkante und/oder an der Filterunterkante in die Messstelle eintritt. Dies erklärt sich aus dem so genannten Fahrstuhleffekt, der durch die oftmals über die Filterstellung nach oben und unten hinausreichenden Filterkiesschüttungen oder durch die so genannten Gegenfilter hervorgerufen wird. Das hat zur Folge, dass ein wesentlicher Anteil der entnommenen Wasserprobe gar nicht aus dem Bereich der Filterstrecke stammt, sondern irgendwo aus dem Hangenden oder Liegenden zugeströmt ist. Völlig unberücksichtigt bleibt hierbei noch, dass ein Teil der Messstellen noch weitere, meist bauliche Mängel

aufweisen, die eine repräsentative Probenahme erheblich erschweren können oder gänzlich unmöglich machen. Erinnerung sei nur an die Problematik undichter Muffenverbindungen oder fehlender bzw. auch unvollständiger Ringraumabdichtungen. Aus diesem Grunde ist es wichtig, dass in Messstellen, aus denen grundlegende Informationen gewonnen werden sollen, eine aussagekräftige bohrlochgeophysikalische Ausbauekontrolle durchgeführt wird. Deutlich wird hier aber auch, dass die Zuverlässigkeit der Aussage nur auf der Basis von Wasserprobenahmen mit der Länge der Filterstrecke schnell abnimmt. Wenn ausschließlich mittels Probenahmen ein Monitoring der Süß-/Salzwassergrenze erfolgen soll, ist dies folglich annähernd nur dann möglich, wenn sehr viele, über die Tiefe verteilte kurze Filterstellungen (1 bis 2 m) vorhanden sind. Hierzu bedarf es somit einer großen Anzahl von Einzelmessstellen. Zur Verhinderung des oben beschriebenen Fahrstuhleffektes sollten aber in jedem Fall unmittelbar unter und über der Filterstrecke wirksame Ringraumabdichtungen eingebaut werden. Insbesondere unter dem Gesichtspunkt, dass auf der Grundlage dieser Analyseergebnisse zum Teil schwerwiegende Entscheidungen getroffen werden müssen, sollte die Zuverlässigkeit und Plausibilität der gewonnenen Daten von Zeit zu Zeit mittels der weiter unten beschriebenen induktiven Messungen überprüft werden.

## Induktionslogmessungen

Seit etlichen Jahren werden besonders in Norddeutschland Monitoringsysteme betrieben, die ausschließlich auf der Grundlage induktiver Messungen des elektrischen Widerstands des Gebirges basieren. Die Besonderheit der induktiven elektrischen Widerstandsmessung beruht darauf, dass diese Messanordnung auf elektromagnetischer Basis funktioniert, es sich also letztlich um das aus der Hochfrequenztechnik vertraute Sender-/Empfänger-Prinzip handelt. Da im Gegensatz zu den üblichen Widerstandsmessungen das Messsignal hauptsächlich aus einem Bereich deutlich außerhalb des ausgebauten Ringraumes und der durch die Bohrspülung infiltrierten Zone stammt (etwa 0,3 bis 1,5 m von der Bohrlochachse entfernt), sind die erhaltenen Messwerte für das unverfälschte Porenwasserprofil charakteristisch. Selbst in Bereichen oberhalb des Wasserspiegels sind mit dieser Technik hochgenaue Widerstandsbestimmungen problemlos möglich. Voraussetzung hierzu sind allerdings Messstellen mit elektrisch nicht leitendem Ausbau (PVC, HDPE, Obo etc.). Es sollte auch auf die Verwendung von metallischen Zentralisatoren und auf Wickeldrahtfilter verzichtet werden. Nicht von Bedeutung bei diesen Messungen ist die Lage der Filterstrecke, da die Messung induktiv durch die Rohre, d.h. auch durch die Vollrohre hindurch, erfolgt. Einige Wasserversorger sind aus diesem Grunde inzwischen dazu übergegangen ▶



## 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

#### Neubauabnahme von Brunnen und Messstellen:

Kontrollmessungen als anerkannte Grundlage für die Leistungsabnahme durch öffentliche und private Auftraggeber

#### Kontrollmessungen nach DVGW-Arbeitsblatt W135:

Brunnenzustandsermittlung vor Sanierung, Regenerierung oder Verwahrung und als Erfolgskontrolle dieser Maßnahmen

#### Spezialleistungen für die Brunnen- und Messstellendiagnose:

Restwandstärkemessung an Stahlverrohrungen; Ringraumüberprüfung mit Gamma-Gamma-Dichtescanner und segmentiertem Gamma-Ray-Log; flexible Minisonden für geringste Verrohrungsdimensionen; modernes Kameraequipment.



# Fort- und Weiterbildung 2004 / 2005

## im Brunnen- und Spezialtiefbau, Rohrleitungsbau und Kanalbau

### 1. Brunnen- und Spezialtiefbau (\*mit Anerkennung für die DVGW W 120-Zertifizierung)

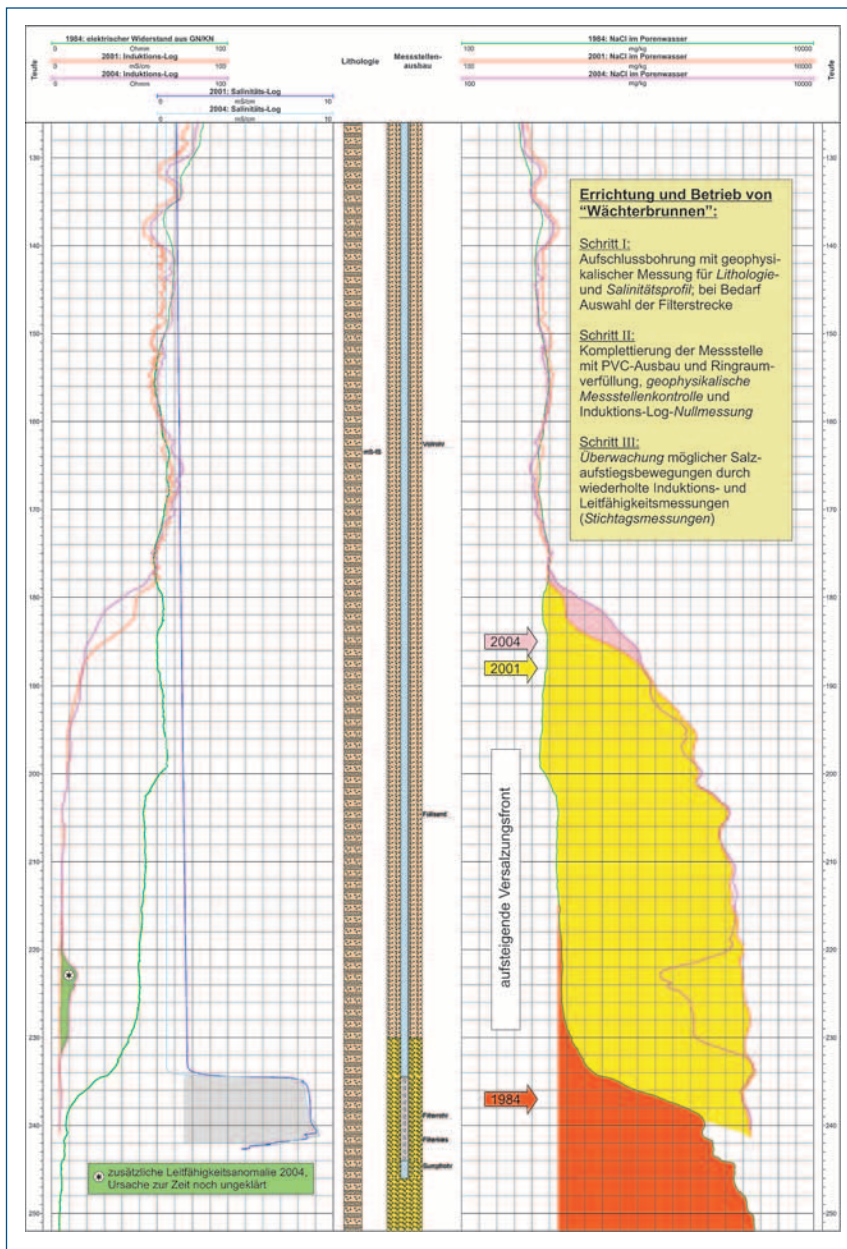
Nr.	Veranstaltung	Termin	Ort	Inhalte	Gebühr in €
1.1	Brunnenbauer / Spezialtiefbauer	ab 01.08.2004	Bau-ABC Rostrup	Stufenausbildung Bau, Überbetriebliche Ausbildung, Berufsschulunterricht	Erstattung über Ausbildungsnachweisekarte und Zusatzbeitrag bzw. Sondervereinbarungen bei Umschulern
1.2	Vorarbeiter Brunnenbau *	03.01. - 14.01.2005	Bau-ABC Rostrup	Bohrtechnik, Brunnenausbauarbeiten, Dokumentation, Fachrechnen, Fachzeichnen, Fachrechnen, UUV, Pumpenkunde, VOB	545,00
1.3	Vorarbeiter Spezialtiefbau *	03.01. - 14.01.2005	Bau-ABC Rostrup	Spezialtiefbauverfahren, Baustoffkunde, Fachrechnen, Fachzeichnen, Vermessung, Bohrgerätelehre, Baustoffplanung, Logistik, UUV, VOB	545,00
1.4	Werkpolier Brunnenbau *	17.01. - 18.02.2005	Bau-ABC Rostrup	Bohr- u. Spülungstechnik, Geologie, Brunnenausbau, Sanierung, Grundwasserabsenkung, Pumpenkunde, Leitungsbau, Vermessung, Fachrechnen, Fachzeichnen, Arbeits- und Tarifrecht, Menschenführung, UUV	995,00+ 120,00 Prüfungsgebühr
1.5	Werkpolier Spezialtiefbau *	17.01. - 18.02.2005	Bau-ABC Rostrup	Bohrgerätelehre, Spezialtiefbauverfahren, Baustoffkunde, Vermessungskunde, Fachrechnen, Fachzeichnen, Baubetriebswirtschaft, Arbeits- und Tarifrecht, Berufsausbildungsfragen, Menschenführung, UUV	995,00+ 120,00 Prüfungsgebühr
1.6	Brunnenbaumeister Teil I + II *	17.01. - 13.05.2005	Bau-ABC Rostrup	Projektiertung kompletter Wassergewinnungsanlagen, Fachrechnen, Fachzeichnen, Baugrundaufschluss, Bohr- und Bohrgerätelehre, Brunnenausbau, Dokumentation und Qualitätssicherung, VOB, Kalkulation, UUV, Geothermie	3.850,00 + Prüfungsgeb.
1.7	Vorbereitung auf die praktische Meisterprüfung Brunnenbau *	06.06. - 10.06.2005	Bau-ABC Rostrup	Individuelle Prüfungsvorbereitung	395,00
1.8	Bohrgeräteführer nach DIN 4021 *	21.02. - 11.03.2005 29.03. - 15.04.2005	Bau-ABC Rostrup	Baugrundaufschluss und Bodenuntersuchung, Verfahren und Geräte für den Baugrundaufschluss nach DIN 4021, Übungen zum Erkennen der Bodenarten und Beschreiben von Feis (DIN 4022), Arbeitsvorbereitung, Dokumentation	750,00 + 200,00 Prüfungsgeb
1.9	3. Geothermische Tage Thema: Erdwärmesonden von A-Z *	16.03. - 18.03.2005	Bau-ABC Rostrup	Bohrung, fachgerechter Einbau und Verpressarbeiten für Erdwärmesonden (EWS) in Theorie und Praxis nach der VDI-Richtlinie 4640, Ausbau- und Verpressmaterialien, Druckprüfungen mit Datenscribe, Dokumentation mit Abschlussberichtsblatt, Geothermal-Response-Test, Funktion u. Einsatz von Wärmepumpen	275,00
1.10	Grundwasserhaltungsverfahren und wasserabsenkung, -einleitung, -reinigung (Lehrgang im Rahmen der Jahrestagung Brunnenbau) *	20.04.2005	Bau-ABC Rostrup	Geschlossene Wasserhaltungsverfahren, Schwerkraft- u. Vakuumtwaterung, Spülfilter- u. Brunnenanlagen, Vakuumtiefbrunnen, Genehmigung, Aufbau, Betriebssicherheit, Wasserabteilung, Infiltrationsbrunnen	145,00
1.11	Bohr- und Spülungstechnik *	21.10.2004 25.11.2004 20.11.2004	Nürnberg Bau-ABC Rostrup Bau-ABC Rostrup	Trocken- und Spülbohrverfahren, Einsatzmöglichkeiten und Grenzen, Einsatz von Spülungszusätzen, Bohrwerkzeuge, Techniken zur Bohroprobenentnahme	175,00
1.12	Hydraulische Versuche am fertigen Brunnen *	29.11. - 30.11.2004	Bau-ABC Rostrup	Entsorgungsmaßnahmen und Leistungsversuche, Entsandungsverfahren, Sand- und Restsandgehaltsermittlung und Beurteilung, Entsandungsprotokolle, Mehrlaufpumpversuche, Leistungscharakteristik von Brunnen, Pumpversuchsprotokolle, -darstellung und -anwendung	275,00
1.13	Arbeitssicherheit am Bohrgerät *	28.02.2005	Bau-ABC Rostrup	Neue Sicherheitsregeln der Berufsgenossenschaften, Geräteabnahmen, Gerüstbuch	145,00
1.14	Praxisseminar – Praktische Übungen zur Qualitätssicherung und Dokumentation bei Bohr- und Brunnenbauarbeiten *	15.03.2005	Bau-ABC Rostrup	Ergänzendes Praxisseminar zum Punkt 3.5, Einsatz von Datenloggern, EDV-technische Auswertung aller gesammelten Daten, Führen von Schichtenverzeichnissen sowie zeichnerische Darstellung von Schichtenprofilen und Ausbauplänen	145,00
1.15	Bohrprobenahme, Ansprache und Ausfüllen von Schichtenverzeichnissen *	12.05.2005	Bau-ABC Rostrup	Direkte und indirekte Entnahme von Gesteinsproben bei Trocken- und Spülbohrverfahren, Entnahmewerkzeuge, Entnahmetechniken aus Bohrwerkzeugen bzw. dem Spülstrom, Spülungsparameter, Probenansprache und -behandlung	145,00

### 2. Rohrleitungsbau

2.1	Überbetriebliche Ausbildung für Rohrleitungsbauer	ab 01.08.2004	Bau-ABC Rostrup	Stufenausbildung Bau, Überbetriebliche Ausbildung, Berufsschulunterricht	Erstattung über Ausbildungsnachweisekarte und Zusatzbeitrag bzw. Sondervereinbarungen bei Umschulern
2.2	GW 15 - Nachumhüllen von Rohren, Armaturen und Formteilen (Zusatzqualifikation für Auszubildende 3. AJ)	09.05. - 13.05.2005	Bau-ABC Rostrup	Fortbildung nach DVGW-Merkblatt GW 15 „Nachumhüllen von Rohren, Armaturen und Formteilen“	
2.3	GW 330 - PE-Schweißer (Zusatzqualifikation für Auszubildende des 3. AJ)	17.05. - 20.05.2005	Bau-ABC Rostrup	Fortbildung nach DVGW-Arbeitsblatt GW 330 „Schweißen von Rohren und Rohrleitungsteilen aus Polyethylen (Pe 80, Pe 100 und Pe-Xa) für Gas- und Wasserleitungen, Leir- und Prüflplan“	
2.4	Umhülllehrgänge nach DVGW-Arbeitsblatt GW 15: Grundlehrgang	auf Anfrage	Bau-ABC Rostrup	Fortbildung nach DVGW-Merkblatt GW 15 „Nachumhüllen von Rohren, Armaturen und Formteilen, Ausbildungs- und Prüflplan“	445,- (Nichtmitgl.) FIGAWA/DVGW
2.5	Umhülllehrgänge nach DVGW-Arbeitsblatt GW 15: Nachschulung	auf Anfrage	Bau-ABC Rostrup	Fortbildung nach DVGW-Merkblatt GW 15 „Nachumhüllen von Rohren, Armaturen und Formteilen, Ausbildungs- und Prüflplan“	275,- (Nichtmitgl.) IGAWA/DVGW
2.6	GW 330 - PE-Schweißer: Grundlehrgang	auf Anfrage	Bau-ABC Rostrup	Fortbildung nach DVGW-Arbeitsblatt GW 330 „Schweißen von Rohren und Rohrleitungsteilen aus Polyethylen (Pe 80, Pe 100 und Pe-Xa) für Gas- und Wasserleitungen, Leir- und Prüflplan“	895,- (Nichtmitgl.) FIGAWA/DVGW
2.7	Vorarbeiter Rohrleitungsbau (Lehrgang vom RBV-Rohrleitungsbauverband)	10.01. - 14.01.2005 24.01. - 28.01.2005	Bau-ABC Rostrup ABZ Mellendorf	Mitarbeiterführung, Bauaufsicht, Arbeitsvorbereitung, Arbeitsrecht, Werkstoffe und Verlegetechniken im Rohrleitungsbau, praktische Vorführungen	290,- (Mitgl.) / 355,- (Nichtmitgl.)
2.8	Werkpolier Rohrleitungsbau (Lehrgang vom RBV-Rohrleitungsbauverband)	03.01. - 11.02.2005 14.02. - 25.03.2005	ABZ Mellendorf	Arbeitsrecht, Arbeitsschutz und Unfallverhütung, Mitarbeiterführung, Baustoffkunde, Fachkunde Rohrleitungsbau, Fachmathematik, Fachzeichnen	925,- (Mitgl./1.080,- Nichtmitgl.) + Prüfungsgebühr
2.9	Vermessungsarbeiten an Gas- und Wasserrohrnetzen nach GW 128 – Grundlehrgang (Lehrgang vom RBV-Rohrleitungsbauverband)	2-tägig auf Anfrage	ABZ Mellendorf Bau-ABC Rostrup	Einfache vermessungstechnische Arbeiten an Gas- und Wasserrohrnetzen, Lehrgang nach Schulungsplan GW 128	290,- (Mitgl.) / 355,- (Nichtmitgl.)
2.10	Vermessungsarbeiten an Gas- und Wasserrohrnetzen nach GW 128 – Nachschulung (Lehrgang vom RBV-Rohrleitungsbauverband)	1-tägig auf Anfrage	ABZ Mellendorf Bau-ABC Rostrup	Einfache vermessungstechnische Arbeiten an Gas- und Wasserrohrnetzen, Lehrgang nach Schulungsplan GW 128	170,- (Mitgl.) / 210,- (Nichtmitgl.)
2.11	Grundlagenlehrgang (Werkstoffkunde, Verfahrenstechnik)	17.01. - 21.01.2005	Bau-ABC Rostrup	Werkstoffkunde, Verfahrenstechniken, Fachrechnen, Vermessung, Normen und Regelwerke im Rohrleitungsbau	545,-







**Abb. 3** ■ Beispiel der induktiven Einmessung der Süß-/Salzwassergrenze

gen, gänzlich auf eine Filterstrecke zu verzichten und nur Vollrohre in die Bohrung einzubauen. Das Vorhandensein einer Filterstrecke wirkt sich andererseits aber auch nicht negativ auf die Messergebnisse aus. Da die Induktionslogmessung sehr tief seitlich ins Gebirge eindringt, hat die Ringraumverfüllung der Messstelle auch nur einen sehr untergeordneten Einfluss auf die Messergebnisse. Verfüllungen mit magnetisch wirksamen Abdichtungsmaterialien sollten aber unbedingt vermieden werden, da sie oft zu Störungen auf den Messkurven führen.

In den Messstellen oder dem Brunnen kann mit der Induktionslogsonde,

nachdem die erforderlichen Bohrlochkorrekturen in die Berechnung eingegangen sind, ein Profil des elektrischen Widerstandes ausgegeben werden, das von dem in der unverrohten Bohrung erfassten Kurvenverlauf praktisch nicht abweicht. Damit ist es dann möglich, die Bestimmung der Salinität des Porenwassers nach einem sehr ähnlichen Algorithmus vorzunehmen wie es für die unverrohten Bohrungen beschrieben wurde. Durch entsprechende Wiederholungsmessungen, in einem zeitlich vorgegebenen Rahmen, z. B. jährlich, kann nunmehr die vertikale Verschiebung der Süß-/Salzwassergrenze kontinuierlich verfolgt werden. Werden derartige Messstellen bis tief

unterhalb der Filterstellung der Förderbrunnen installiert, man spricht dann auch von Wächterbrunnen, können sie sehr gut als „Frühwarnsystem“ bei drohender Versalzung der Brunnen eingesetzt werden, um so über eine angepasste Fahrweise einen Anstieg des Salzwassers bis in den Entnahmehorizont zu verhindern bzw. gezielte Strategien zur Verschneidung bereits höher mineralisierter Wasser mit unbelastetem Wasser auf besser gesicherter Datenbasis planen zu können.

Mittels der Induktionslogmethode ist es möglich, die Salinität des Porenwassers in sämtlichen aufgeschlossenen Grundwasserleitern eines Standortes gleichzeitig über ihre jeweilige komplette Mächtigkeit, trotzdem aber auch teufenselektiv, mit einem Auflösungsvermögen von deutlich unter einem Meter kostengünstig zu überwachen. Weil die Salzwasserfronten sich in der Praxis nicht nur vertikal von unten nach oben bewegen, sondern innerhalb der Grundwasserleiter mit dem hydraulischen und dem gravitativen Gradienten entsprechend der angetroffenen Durchlässigkeiten auch horizontal zu den Brunnen verlagern, sind die mit der hier beschriebenen Methodik gewonnenen Datenreihen auch für mathematische Modellierungen der zeitlichen Entwicklung eines Standortes wichtig.


In **Abbildung 3** wurden drei in einer Messstelle zu unterschiedlichen Zeitpunkten durchgeführte Bohrlochmessungen zur Kontrolle der Teufenlage der Salzwasserfront zusammengefasst dargestellt. 1984 wurde die Salzwasseroberfläche (1.000 mg/kg) in der Aufschlussbohrung bei 237 m unter GOK angetroffen. Daraufhin wurde in diesem Profilabschnitt ein 10 m langer Filter eingebaut, der eine Überwachung der Salinitätsentwicklung ermöglichen sollte. Bei einer im Jahre 2001 durchgeführten bohrlochgeophysikalischen Wiederholungsmessung mit dem Induktionslog stand die Salinitätsfront inzwischen rund 49 m höher, bei etwa 188 m und damit natürlich bereits weit oberhalb der Filterstellung. Die letzte Stichtagsmessung vom Sommer 2004 lässt für den Zeitraum seit 2001 einen nochmaligen Aufstieg des Salzwassers um weitere 2 bis 3 m, bis ca. 185 m erkennen. Im Filterbereich verändern

sich natürlich die jetzt mit dem Salinitätslog registrierten Leitfähigkeitswerte schon längst nicht mehr. Interessanterweise zeigt sich in einer Teufe von 220 bis 232 m bei der Messung vom Sommer 2004 eine deutliche Widerstandserhöhung, die auf eine eng begrenzte verringerte Versalzung des Wassers hindeutet. Bevor bezüglich dieser unerwarteten Anomalie im Weiteren folgenreiche Theorien entwickelt werden, wäre es zunächst am sinnvollsten, sich durch eine Messstellenkontrolle davon zu überzeugen, dass die Muffenverbindungen auch dicht sind und/oder seit 2001 eventuell an der Messstelle erfolgte technische Arbeiten nicht diesen Effekt hervorgerufen haben könnten. Auch hier zeigt sich wieder einmal, dass die Genauigkeit von Probenahme, Analytik und Messtechnik ganz entscheidend durch den Zustand der Messstelle beeinflusst wird.

### Leitfähigkeitsprofile im Filterbereich von Messstellen

Bei Messungen innerhalb der Messstellenverrohrung drückt sich in den mit einer Salinitäts-/Temperatursonde (SAL/TEMP) registrierten Messwerten der elektrischen Leitfähigkeit praktisch sofort der Salzgehalt des Wassers aus. Weil im Filterbereich auf Grund der ständigen horizontalen Durchströmung immer Frischwasser angetroffen wird, bietet sich speziell hier durch zusätzliche Leitfähigkeitsmessungen die Möglichkeit, mit relativ geringem apparativem Aufwand, z. B. durch monatliche Wiederholungsmessungen, weitere wertvolle Informationen zu gewinnen. Eine Durchmischung von Grundwasser aus unterschiedlichen Tiefen, wie sie vorher für den Fall einer Beprobung durch Abpumpen beschrieben wurde, findet dabei nicht statt. In Ergänzung zu den geophysikalischen Messungen im offenen Bohrloch und in der ausgebauten Messstelle können so

kurzzeitige Reaktionen in der Entwicklung der elektrischen Leitfähigkeit im Nutzhorizont auf unterschiedliche Brunnenfahrweisen erfasst werden. Über einen Zeitraum von fünf Jahren wurden in einem Wassergewinnungsgebiet in Niedersachsen monatliche Messungen durchgeführt. Die unterhalb der Filter der Entnahmebrunnen ausgebauten Messstellen (Filterlänge 20 m) zeigten sehr unterschiedliche, generell jedoch plausible Reaktionen auf die Förderregime der Brunnen.

Welche konkreten Abhängigkeiten bei diesen Spezialuntersuchungen mit der Salinitätssonde in zeitlich enger Kopplung mit Variationen im Förderregime der Brunnen festgestellt werden konnten und wie diese Erkenntnisse für eine optimale Fahrweise der Galerie auch praktisch genutzt werden können, wird im Teil 2 dieses Artikels in der nächsten Ausgabe weiter ausgeführt. 

### Literatur

- [1] DVGW-Arbeitsblatt W 121 (2002): Bau und Ausbau von Grundwassermessstellen; wvgw Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Bonn.
- [2] BAUMANN, K., BURDE, B., GOLDBECK, J. (2003): Die „gläserne“ Messstelle: Fortschritte der Bohrlochgeophysik bei der Untersuchung von Grundwassermessstellen; bbr Wasser, Kanal- & Rohrleitungsbau, Nr. 07/2003, wvgw Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Bonn.
- [3] BAUMANN, K., THOLEN, M. (2001): Mängel an Brunnen und Grundwassermessstellen; bbr Wasser, Kanal- & Rohrleitungsbau, Nr. 01/2001, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln.
- [4] FRICKE, S., SCHÖN, J. (1999): Praktische Bohrlochgeophysik; ENKE im Georg Thieme Verlag, Stuttgart.
- [5] GRUBE, A., NACHTIGALL, K.H.,

WICHMANN, K. (1996): Zur geogenen Grundwasserversalzung in Schleswig-Holstein, Meyniana - Veröffentlichungen aus dem Geologischen Institut der Universität Kiel, Band 48, S. 21 - 34.

[6] GRUBE, A., WICHMANN, K., HAHN, J., NACHTIGALL, K. H. (2000): Geogene Grundwasserversalzung in den Porengrundwasserleitern Norddeutschlands und ihre Bedeutung für die Wasserwirtschaft; Veröffentlichungen aus dem Technologiezentrum Wasser, Band 9, Karlsruhe.

Alle Abbildungen: Bohrlochmessung-Storkow GmbH

Dipl.-Geol. Karsten Baumann  
Bohrlochmessung-Storkow GmbH  
Straße der Jugend 32  
15859 Storkow  
Tel.: 033678 436-30  
Fax: 033678 436-31

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

Dipl.-Geophys. Burckhard Burde  
Bohrlochmessung-Storkow GmbH  
Straße der Jugend 32  
15859 Storkow  
Tel.: 033678 436-30  
Fax: 033678 436-31

E-Mail: burde@blm-storkow.de  
Internet: www.blm-storkow.de

### Kontakt

Dipl.-Geol. Dr. Christian Liebau  
GeoSystem  
Gesellschaft für konzeptionelle  
Umweltgeologie mbH  
Jungmannstr. 71  
24105 Kiel  
Tel.: 0431 569-700  
Fax: 0431 569-710



E-Mail: cl@geosystem-kiel.de  
Internet: www.geosystem-kiel.de



tegeo  
Tegtmeyer Geophysik GmbH  
Bruckampweg 28 A  
29227 Celle  
Tel.: 05141/83061 Fax: ...882630  
Internet: www.tegeo.de  
E-mail: info@tegeo.de

- Geophysikalische Bohrlochmessungen  
Messungen in offenen und ausgebauten  
Bohrungen, Auswertung / Loginterpretation  
Mineralisationsberechnung
- TV-Kamerauntersuchungen,  
Duplexkamera, Digitale Aufzeichnung  
auf CD-ROM(MPEG-1) oder DVD(MPEG-2)