

Geophysikalische Untersuchung einer Grundwassermessstelle

Quelle: die Autoren

Salzwasser – nur ein Küstenproblem?

Erhöhte Salzgehalte (Mineralisation) des Grundwassers treten in Deutschland sowohl aufgrund anthropogener als auch geogener Ursachen in verschiedenen Regionen auf. Zu den bekannten geogenen Ursachen zählen etwa Meerwasserintrusionen in Küstennähe (z. B. in Niedersachsen und Schleswig-Holstein) oder auch der Aufstieg von Tiefenwässern in der Umgebung von Salzstöcken [2]. Grundsätzlich ist insbesondere in der Norddeutschen Tiefebene aufgrund der ausgeprägten Salztektonik generell mit einer Erhöhung der Grundwassermineralisation mit zunehmender Tiefe zu rechnen. Diese natürlichen geogenen Prozesse können anthropogen überprägt und verstärkt werden. So führt eine übermäßige, nicht der Grundwasserneubildung angepasste Grundwasserentnahme zu einem Nachströmen und Aufsteigen von stärker mineralisierten Tiefenwässern. Die durch den Klimawandel sich verändernden Niederschläge in Deutschland mit längeren Trockenperioden und zunehmenden Starkregenereignissen führen zunehmend zu einer Verringerung der Grundwasserneubildung, was den Aufstieg von mineralisierten Wässern verstärkt. Längerfristig entstehen hierdurch Herausforderungen für die flächendeckende Bereitstellung von Trinkwasser. Bohrlochgeophysikalische Messungen und daraus entwickelte Zeitreihen können entscheidende Beiträge zur Beobachtung des Aufstiegs salinarer Tiefenwässer liefern [1]. Nachfolgend soll hierauf anhand von Praxisbeispielen näher eingegangen werden.

von: Dr.-Ing. Gunther Baumann & Falk Triller (beide: Bohrlochmessung-Storkow GmbH)

Süßwasser und darunter befindliche Wässer erhöhter Mineralisation befinden sich in einem hydrostatischen Gleichgewicht. Die Grenze zwischen beiden Wässern wird gemeinhin als Süß-/Salzwassergrenze bezeichnet. Aufgrund des unterschiedlichen Lösungsinhalts weisen süße und salinare Wässer unterschiedliche Dichten auf: Die von Süßwasser liegt bei 1,0 g/cm³, während sich Meerwasser beispielsweise durch eine Dichte von 1,025 g/cm³ auszeichnet. Eine Absenkung des Grundwassers geringerer Dichte hat somit einen Aufstieg salzigeren Wassers zur Folge. Für den eben beschriebenen Dichteunterschied lässt sich nach der Ghijben-Herzberg-Beziehung [6] bei einer Grundwasserabsenkung von 1 m ein Aufstieg der Süß-/Salzwassergrenze um 40 m errechnen.

Ein solcher Aufstieg wird in der Regel von Grundwassergeringleitern, welche die salzwasserführenden Grundwasserleiter von den für die Trinkwasserversorgung genutzten oberflächennahen Grundwasserleitern trennen, verhindert. Fehlen solche Stockwerkstrenner, kann es bei entsprechenden Potenzialunterschieden zu einem ungebremsten Aufstieg von Tiefenwässern bis an die Oberfläche kommen. Solche sogenannten „Binnensalzstellen“ sind aus verschiedenen Orten Deutschlands bekannt.

Wird in einem homogenen und isotropen Grundwasserleiter ein Brunnen zur Trinkwassergewinnung betrieben, ist der Salzwasserzustrom unterhalb dieses Brunnens spiegelbildlich zu dessen Absenktrichter kegelförmig ausgeprägt. Dabei bildet die Filterunterkante die Spitze des Zustromkegels. Hier strömt dem Brunnen kleinräumig das aus der Tiefe stammende Wasser hoher Mineralisation zu und mischt sich mit dem aus dem Hangenden stammenden Süßwasser. Dieser Prozess wird auch als „upconing“ bezeichnet und stellt die am wenigsten komplexe Form des Salzwasseraufstiegs dar.

Die meisten Grundwasserleiter sind jedoch nicht vollständig homogen aufgebaut. Die Komplexität des Salzwasseraufstiegs steigt mit dem Auftreten von Durchlässigkeitsunterschieden verschiedener Gesteine ebenso wie mit der Anzahl der im selben Aquifer betriebenen Brunnen.

Eine Brunnengalerie, die bereits Salzwasser fördert, ist in der Regel für die weitere gewöhnliche Nutzungsdauer von Brunnen nicht mehr verwendbar und müsste aufgegeben werden. Ein Wiederabsinken des Salzwassers kann nur durch eine geringere bzw. ausgesetzte Grundwasserförderung erfolgen, sodass die Grundwasserneubildung in einem generell eher langwierigen Prozess zu einem nachhaltig steigenden Grundwasserspiegel führt und die Auflast auf das Salzwasser wieder erhöht wird.

Um nicht ganze Brunnengalerien aufgeben zu müssen, sollte die Entwicklung der Mineralisation im genutzten Grundwasserleiter insbesondere nach dem Neubau von Entnahmebrunnen beobachtet werden. Da beim Neubau von Brunnen zur Festlegung des Ausbaus oft eine Erkundungsbohrung niedergebracht und geophysikalisch untersucht wird, bietet es sich an, diese zu einer für ein Salzwassermonitoring geeigneten tiefen Grundwassermessstelle auszubauen. Die Kosten für eine Beobachtungsmessstelle im Nahbereich des Brunnens lassen sich so minimieren. Die Bohrung sollte dabei über die geplante Endtiefe des Brunnens hinaus den gesamten genutzten Grundwasserleiter durchteufen und bereits vor dem Ausbau zur Messstelle entsprechend geophysikalisch untersucht werden. Grundlagen der auf diesen Messungen fußenden Berechnungen werden im nächsten Kapitel besprochen.

Geophysikalische Bestimmung der Mineralisation des Grundwassers

Mithilfe der Bohrlochgeophysik kann die Mineralisation des Wassers und entsprechend auch die Tiefenlagenveränderung der Süß-/Salzwassergrenze bestimmt werden. Entscheidend hierfür ist der Zusammenhang zwischen der elektrischen Leitfähigkeit eines Gesteins und der elektrischen Leitfähigkeit des Porenfluids, welcher durch die Archie-Gleichung [5] für tonfreie Gesteine formal beschrieben wird.

Der Einfluss der den Porenraum umschließenden Gesteinsmatrix auf die Gesteinsleitfähigkeit wird durch den Formationsfaktor bestimmt. Dieser ist maßgeblich von der Porosität abhängig, welche bei der Untersuchung offener Bohrungen mithilfe der beiden radiometrischen Messverfahren Gamma-Gamma-Dichte (GG.D) und Neutron-Neutron (NN) berechnet werden kann.

Die Messung des elektrischen Widerstandes des Gebirges kann nur durch in das Gebirge eindringende geophysikalische Messverfahren erfolgen. Hierzu gibt es verschiedene Messverfahren mit unterschiedlichen Eindringtiefen und vertikalen Auflösungen, welche in der Praxis in Kombination eingesetzt werden. Um den wahren elektrischen Gebirgswiderstand möglichst genau zu ermitteln, werden zusätzlich die elektrische Leitfähigkeit (SAL) und die Temperatur (TEMP) der Bohrspülung gemessen. Beide fließen als Korrekturgrößen bei der Berechnung ein.

Anschließend wird aus dem berechneten spezifischen elektrischen Widerstand des Gebirges und der zuvor bestimmten Porosität der elektrische Widerstand des Wassers im Porenraum bestimmt. Der Kehrwert dieses Widerstandes entspricht dann der elektrischen Leitfähigkeit des Wassers.

In der Bohrlochgeophysik sind NaCl-Äquivalentgehalte ein gängiges vereinfachendes Maß zur Charakterisierung der Mineralisation von Porenwässern, da NaCl häufig den Hauptteil des Lösungsinhalts darstellt. Der wahre Lösungsinhalt kann tatsächlich niedriger oder höher als der angegebene NaCl-Äquivalentgehalt sein, wenn in erheblichem Maße andere Ionen mit abweichender Beweglichkeit vorliegen. Der in der deutschen Trinkwasserverordnung festgesetzte Grenzwert für die elektrische Leitfähigkeit beträgt 2,79 mS/cm bei 25 °C. Wäre nur NaCl ▸

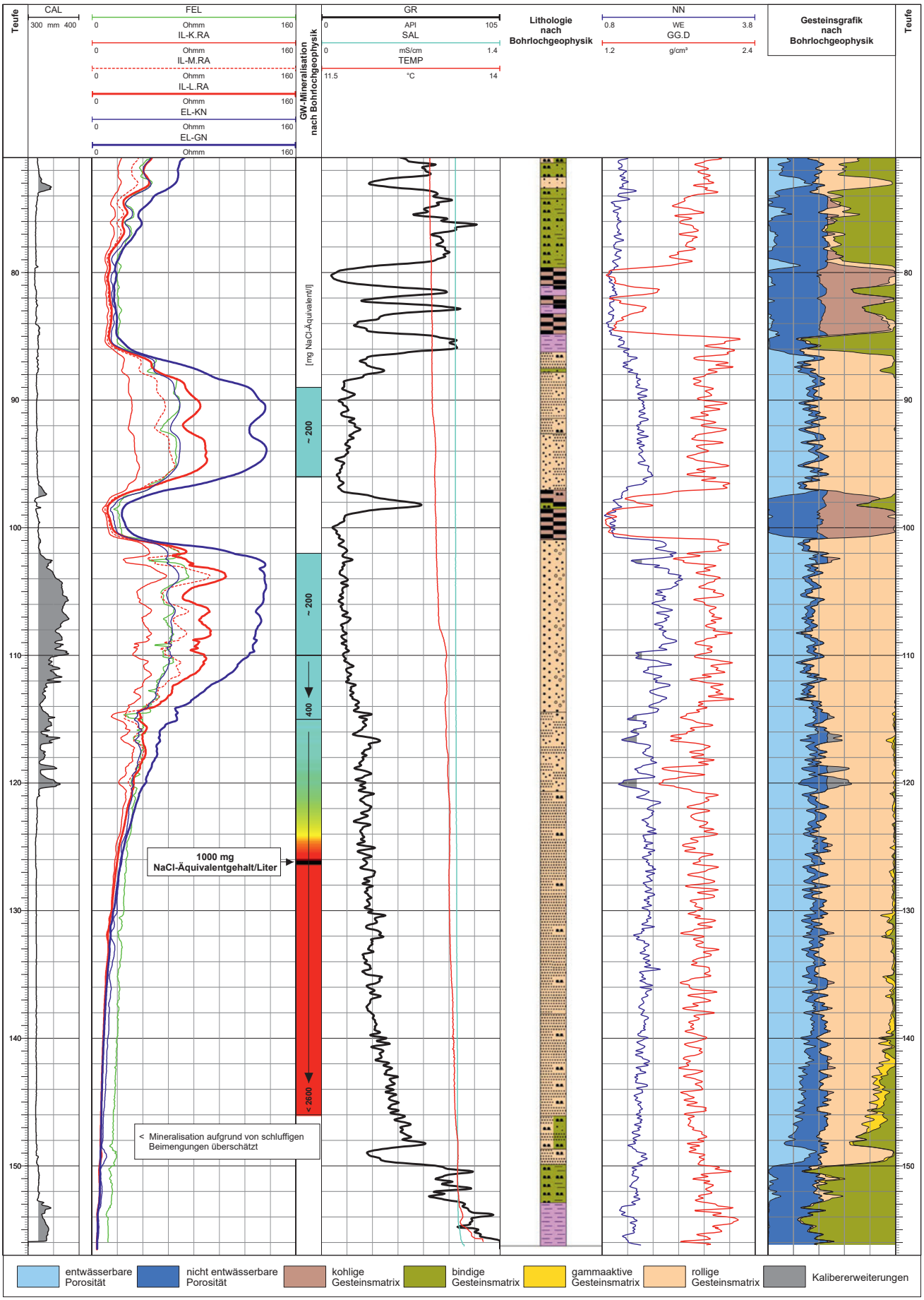


Abb. 1: Geophysikalische Aufschlussmessung mit den relevanten Messverfahren nach DVGW-Arbeitsblatt W 110 zur Bestimmung der Gesteinszusammensetzung, Porosität und Porenwassermineralisation

im Wasser gelöst, läge dieser Grenzwert für die elektrische Leitfähigkeit aufgrund der maximal zulässigen Konzentration von Chlorid (250 mg/l) bei ca. 0,8 mS/cm. Da natürliches Grundwasser jedoch weitere Ionen enthält, hat sich vereinfachend eine elektrische Leitfähigkeit von 2 mS/cm bei 25 °C in der Praxis als Grenze zwischen Süß- und Salzwasser etabliert [7].

Die elektrische Leitfähigkeit des Wassers in einer Bohrung oder Grundwassermessstelle, in der Regel durch SAL/TEMP-Messungen bestimmt, spiegelt hingegen nicht die elektrische Leitfähigkeit des anstehenden Gebirges wider. Das Wasser in Bohrungen ist maßgeblich durch die Bohrspülung geprägt. In funktionstüchtigen Grundwassermessstellen ohne bauliche Mängel entspricht die Wassersäule im Rohrstranginneren dem geförderten Wasser aus der Filterstrecke, weshalb das SAL/TEMP-Profil auch nicht die elektrische Leitfähigkeit des Gebirges widerspiegeln kann.

Wie diese Zusammenhänge im Alltag geophysikalischer Bohrlochmessungen zur Beurteilung der Porenwassermineralisation eingesetzt werden, wird nachfolgend erläutert.

Praxisbeispiel Aufschlussbohrung

Die beispielhaft in der **Abbildung 1** gezeigte Bohrung wurde zur Erkundung eines Standortes mit bekannter Salzwassergefährdung niedergebracht. Dabei wurde der gesamte Grundwasserleiter durchteuft und auch der begrenzende Grundwassergeringleiter im Liegenden angeschnitten.

Die offene Bohrung wurde umfassend geophysikalisch untersucht. Neben dem Kaliber-Log (CAL), welches bei offenen Bohrungen zur Minimierung der Havariegefahr und als Korrekturgröße für die anderen eingesetzten Verfahren unverzichtbar ist, umfasste das Messprogramm die nach DVGW-Arbeitsblatt W 110 [3] für offene Bohrungen im Lockergestein zur lithologischen Ansprache sowie für die Berechnung der Porenwassermineralisation relevanten Messverfahren.

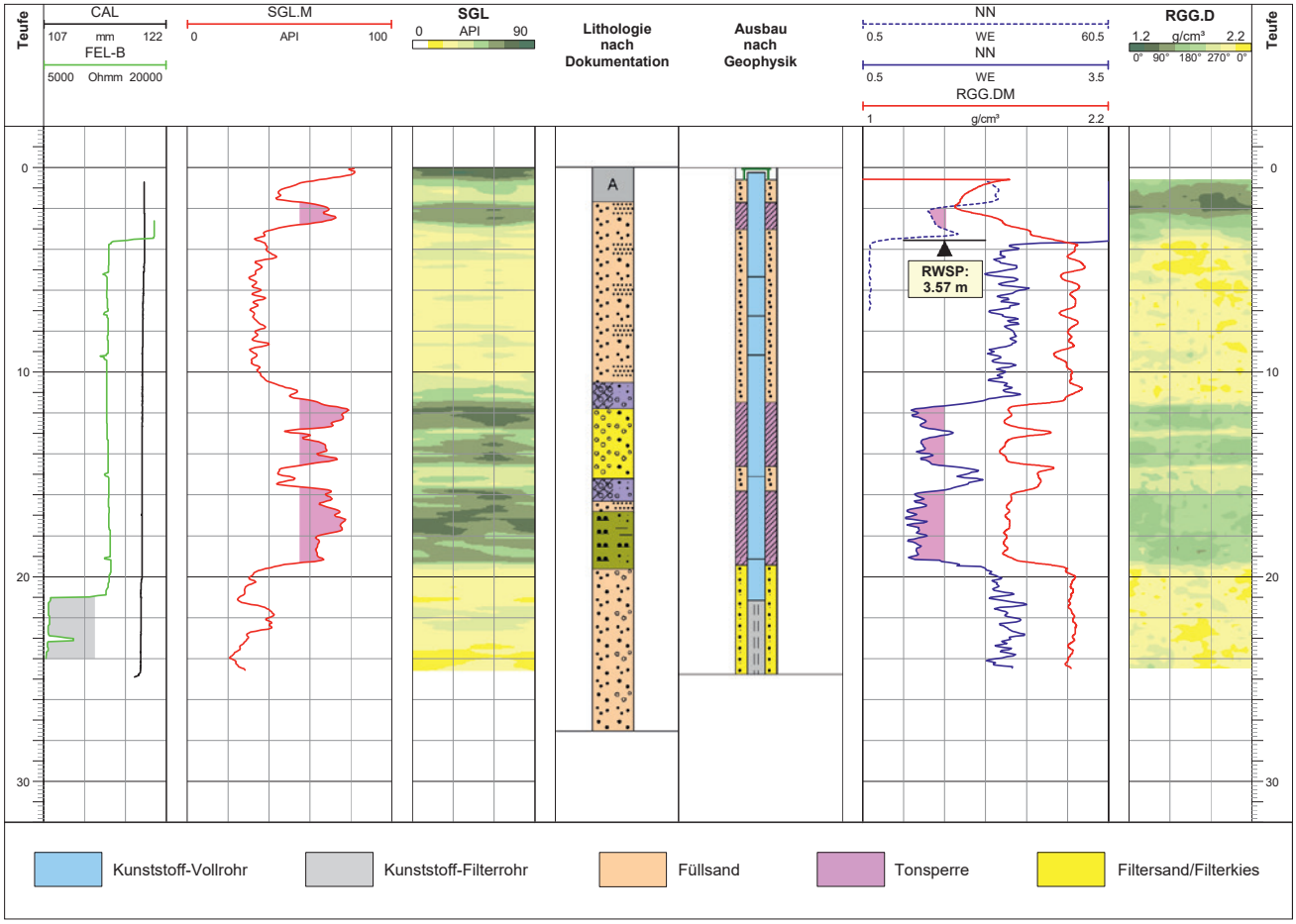
Das Gamma-Ray-Log (GR), das Gamma-Gamma-Dichte-Log (GG.D) und das Neutron-Neutron-Log (NN) liefern Informationen zu Tongehalt, Lagerungsdichte und Porosität. Dieser radiometrische Messkomplex ist von der Porenwassermineralisation weitgehend unabhängig und ermöglicht eine Berechnung der rolligen, bindigen, gammaaktiven und organischen Gebirgsbestandteile sowie der ent- bzw. nicht entwässerbaren Porosität [9]. Diese Größen werden anschaulich in der „Gesteinsgrafik nach Bohrlochgeophysik“, auch als Composit-Plot bezeichnet, dargestellt. Danach kann in Anlehnung an das Bohrschichtenverzeichnis eine sichere Ansprache der Lithologie erfolgen.

Die Grundwassergeringleiter, welche den tertiären Grundwasserleiter im Hangenden und Liegenden begrenzen, zeichnen sich als vorwiegend bindige, nicht entwässerbare Schichten ab. Die oberhalb von 86 m vorhandene Wechsellagerung von Tonlagen und Kohleflözen bildet gemeinsam mit dem überlagernden braunkohleführenden tonigen Schluff die hydraulische Barriere zum quartären Grundwasserleiter im Hangenden. Die Basis des Grundwasserleiters bilden die in einer Tiefe von 146 m angetroffenen schluffigen Einheiten bzw. der unterhalb von ca. 153 m anstehende Rupelton.

Der zwischen 86 m und 153 m befindliche Grundwasserleiter ist heterogen aufgebaut. Die im oberen Bereich anstehenden und vergleichsweise feinen, lagenweise auch schluffigen Sande eigneten sich nicht für den Ausbau. Erst unterhalb des zwischen 97 m und 101 m angetroffenen Kohleflözes finden sich bis in eine Teufe von 114 m gut durchlässige, grobe Sande, welche sich für den Einbau einer Filterstrecke eignen. Im Liegenden stehen wiederum mit der Teufe zunehmend schluffige, glimmerführende, nicht ausbauwürdige Feinsande geringerer Durchlässigkeit an.

Die Erkundung der Mineralisation des Porenwassers beruht auf der Bestimmung des spezifischen elektrischen Widerstandes des Gebirges, welcher sowohl vom Aufbau der Gesteinsmatrix (**Abb. 2**), der Porosität als auch von der elektrischen Leitfähigkeit des Porenwassers abhängt. Die Kombination der drei Messverfahren Fokussiertes Elektro-Log (FEL), Induktions-Log (IL) und Elektro-Log (EL-KN/GN) liefert hierfür ein optimales Bild mit hoher Teufenauflösung und unter- ▸





Quelle: die Autoren

Abb. 2: Geophysikalische Ausbaukontrolle einer Grundwassermessstelle mit den relevanten Messverfahren nach DVGW-Arbeitsblatt W 121 zur Untersuchung des generellen Aufbaus, der Dichtheit der Aufsatzrohrverbindungen und der Ringraumverfüllung

schiedlichen radialen Eindringtiefen. Dies ermöglicht eine belastbare quantitative Bestimmung des wahren elektrischen Widerstandes des Gebirges. Die elektrische Leitfähigkeit und die Temperatur der im Bohrloch befindlichen Spülung (SAL/TEMP) sind dabei neben dem Kaliber-Log unverzichtbare Korrekturparameter.

Die Untersuchungsergebnisse bestätigen den erwarteten Trend einer mit der Tiefe zunehmenden Mineralisation des Grundwassers. Oberhalb von 110 m war die nach Bohrlochgeophysik bestimmte elektrische Leitfähigkeit des Grundwassers nur gering. Im Bereich der für einen Filtereinbau prädestinierten gut durchlässigen groben Sande war das Wassers demnach als uneingeschränkt nutzbar zu bewerten. Erst im Liegenden nahm die Leitfähigkeit des Porenwassers und damit die Mineralisation des Grundwassers zu und überschritt bei ca. 126 m einen NaCl-Äquivalentgehalt von 1 g/l (ca. 2 mS/cm). Aufgrund des ebenfalls zum Liegenden hin zunehmenden Schluffgehaltes im untersten Grundwasserleiter kommt es mit der angewandten Methodik zwar zu einer Überschätzung des Salzgehaltes; jedoch ist das Wasser aus diesem Teufenbereich in jedem Fall nicht für die Trinkwassergewinnung nutzbar.

Ausbau der Erkundungsbohrung zur GWM

Da mit der Erkundungsbohrung bereits der gesamte zu erschließende Grundwasserleiter durchteuft wurde, ermöglicht deren Ausbau zu einer Grundwassermessstelle eine Beobachtung der Veränderungen der Süß-/Salzwassergrenze im Liegenden der Filterstrecke des geplanten Brunnens mithilfe von turnusmäßig zu wiederholenden Induktions-Log-Messungen (IL). Dabei ist darauf zu achten, dass entsprechend der im aktuellen DVGW-Arbeitsblatt W 121 [4] definierten Anforderungen keine elektrisch leitfähigen und ferromagnetischen Ausbaumaterialien, die das Induktions-Log stören könnten, verwendet werden. Der Bohrdurchmesser sollte eine sichere Verfüllung des Ringraumes ermöglichen, jedoch nicht mehr als 350 mm betragen. Auf diese Weise wird gewährleistet, dass die induktiv angekoppelte Widerstandsmessung tatsächlich das Gebirge erfasst. Die ebenso im DVGW-Arbeitsblatt W 121 geforderte abschließende geophysikalische Ausbaukontrolle zur Überprüfung der Dichtheit der Rohrverbindungen und der fachgerechten Ringraumverfüllung stellt die notwendige Qualität solcher Grundwassermessstellen sicher.

Die Abbildung 2 zeigt beispielhaft eine entsprechende Neubauabnahme einer Grundwassermessstelle. Mittels Fokussiertem Elektro-Log (FEL-B) wird die Lage der Filterstrecke und die Dichtheit der Aufsatzrohrverbindungen unterhalb des Wasserspiegels überprüft. Die geschlitzten Rohre der Filter-

strecke zeigen sich dabei erwartungsgemäß als Minimum des elektrischen Widerstands. Ebenso würden sich undichte Verbindungen der Vollrohre abzeichnen. Da jedoch auch ein elektrisch leitender, wasserundurchlässiger Film zwischen Dichtring und Rohrwandung ein entsprechend auffälliges Messsignal bewirken kann, handelt es sich bei solchen Anomalien lediglich um einen Hinweis auf mögliche Leckagen (Screening-Test). In diesem Fällen ist entsprechend den DVGW-Arbeitsblättern W 121 und W 110 ein zusätzlicher hydraulischer Packertest zur Absicherung der Dichtigkeit der Rohrverbindungen durchzuführen.

Die Ringraummaterialien zeigen nach Segmentiertem Gamma-Ray-Log (SGL), Neutron-Neutron-Log (NN) und Ringraumdichterscanner-Log (RGG.D) eine weitgehend homogene Lagerung. So kann nicht nur eine projektgemäße Abdichtung des Ringraumes, sondern auch eine lückenfreie Lagerung der Filterkiesschüttung und anderen rolligen Verfüllmaterialien attestiert werden.

Salzwassermonitoring in einer Grundwassermessstelle in der unmittelbaren Umgebung eines Förderbrunnens

In diesem Beispiel erfolgte eine erste Kontrolle der Mineralisation des Porenwassers im Rahmen der Neubauabnahme der Grundwassermessstelle. So wurde der Ausgangszustand vor dem Beginn des Brunnenbetriebes erfasst. Dabei kamen die geophysikalischen Messverfahren Induktions-Log (IL.RA), welches den scheinbaren elektrischen Widerstand des Gebirges erfasst, sowie das Elektrische-Leitfähigkeits-Log und Temperatur-Log (SAL/TEMP) zum Einsatz. Auf deren Grundlage wurde unter Einbeziehung der im Rahmen der Aufschlussmessung bestimmten Gebirgsparameter die auf eine Temperatur von 25 °C bezogene elektrische Leitfähigkeit des Porenwassers (IL.LF) berechnet.

Im gezeigten Beispiel (**Abb. 3**) bestätigten sich bei der Neubauabnahme (IL.LF-1 (2018)) die Untersuchungsergebnisse der offenen Bohrung (IL.LF-0). Die geophysikalische Neubauabnahme der Grundwassermessstelle bildet so den Startpunkt des Salzwassermonitorings.

Die Zunahme der Leitfähigkeit des Grundwassers mit der Tiefe begann unterhalb von etwa 110 m. Zur Visualisierung der Ortsveränderung der Werte gleichen Salzgehaltes von etwa 1 g/l NaCl-Äquivalentgehalt, was in etwa einer Leitfähigkeit von 2 mS/cm entspricht, wurde dieser in der Farbskala der Abbildung 3 schwarz codiert. In Rahmen der Neubauabnahme befand sich dieser als Süß-/Salz- ▸

DVGW KONGRESS

www.dvgw-kongress.de/pfas

PFAS im Wasserkreislauf – unsichtbar, aber überall

24. November 2026, online

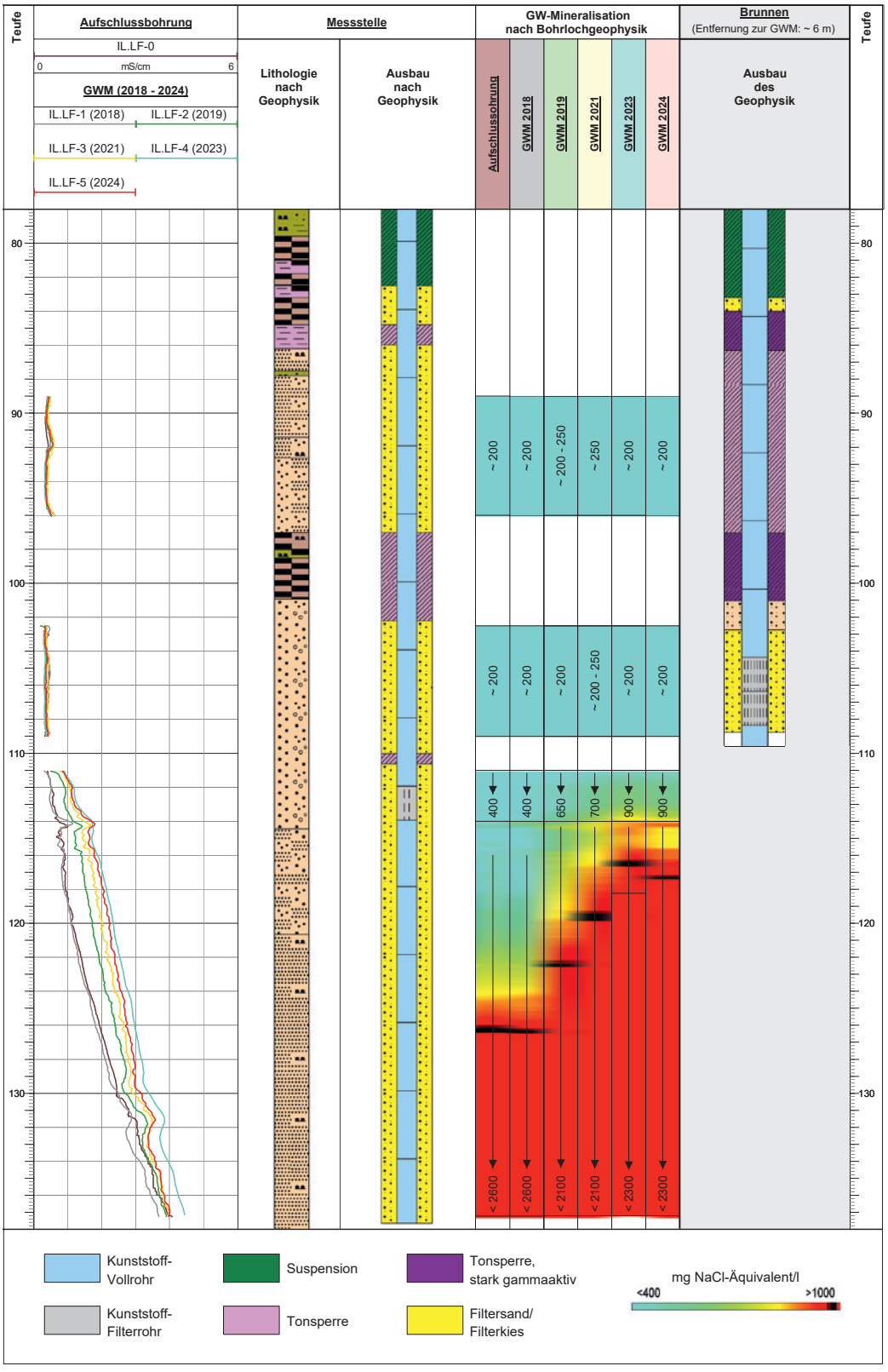
Jetzt informieren!



© Helga / Adobestock.com

Themen

- Eintragspfade in Boden, Grund- & Oberflächenwasser
- PFAS-Analytik, Messmethoden & Monitoringstrategien
- Bewährte Verfahren der Beseitigung & Aufbereitung (Aktivkohle, Ionenaustausch, Membrantechnik)
- Umgang mit Reststoffen und Entsorgung
- Aktuelle und kommende gesetzliche Anforderungen
- Wirtschaftliche Bewertung von Lösungsansätzen
- Verursacherprinzip und rechtliche Einordnung
- Kommunikation mit Behörden und Öffentlichkeit



Quelle: die Autoren

Abb. 3: Geophysikalische IL-Wiederholungsmessungen zur Bestimmung der NaCl-Äquivalentgehalte in einer Grundwassermessstelle in unmittelbarer Umgebung zum Förderbrunnen

wassergrenze bezeichnete Bereich bei etwa 127 m und damit etwa 19 m unterhalb der Unterkante der Filterstrecke des Brunnens, welcher in einer Entfernung von ca. 6 m errichtet wurde.

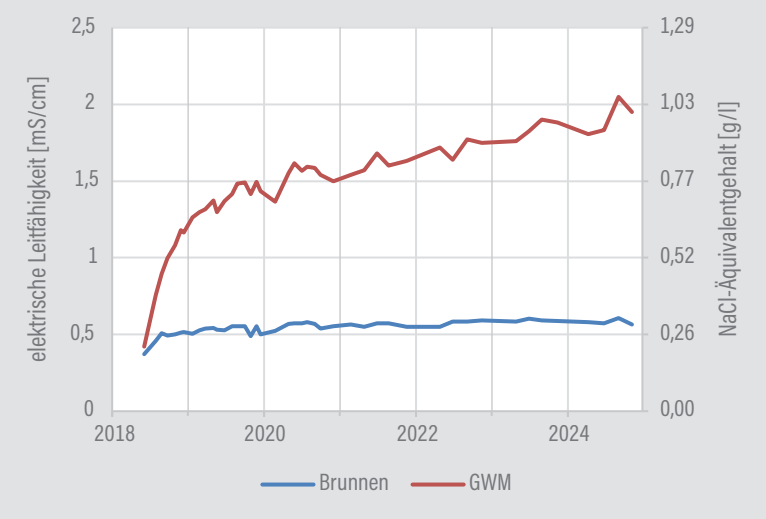
Nach dessen Inbetriebnahme erfolgten bisher insgesamt fünf Wiederholungsmessungen in einem zeitlichen Abstand von etwa einem, drei, fünf und sechs Jahren. Die im Bereich der Grundwassermessstelle ansteigende Mineralisation des Porenwassers dokumentiert den im Liegenden der Filterstrecke des Brunnens mit dessen Inbetriebnahme einsetzenden Aufstieg mineralisierten Wassers. Die Süß-/Salzwassergrenze wanderte in diesem Zeitraum um etwa

11 m nach oben und erreichte im Jahr 2023 eine Teufe von ca. 116 m.

Im Teufenbereich des nahen Brunnenfilters (ca. 104–108 m) wurde bisher keine signifikante Veränderung der Mineralisation des Grundwassers festgestellt. Aufgrund der Hauptströmungsrichtung bei Grundwasserförderung wird dieser Teufenbereich nur sehr wenig aus dem Liegenden angeströmt. Mit zunehmendem Abstand vom Brunnenfilter ist der Salzwasseraufstieg (upconing) erst in größerer Teufe zu erwarten. Daher sollte zur Beobachtung des Salzwasseraufstiegs die Messstelle in unmittelbarer Umgebung, nur wenige Meter entfernt vom zu schützenden Brunnen abgeteuft werden.

Analytik der Wasserproben und SAL/TEMP-Messungen

Parallel zum geophysikalischen Salzwassermonitoring erfolgte eine regelmäßige Beprobung der Grundwassermessstelle und des Förderwassers des Brunnens. Um dabei einen möglichen Salzwasseraufstieg zu erfassen, wurde die Filterstrecke der Grundwassermessstelle nicht im Messstellentiefsten, sondern im obersten Abschnitt der bei der Untersuchung der Aufschlussbohrung festgestellten Zunahme der Grundwassermineralisation installiert.



Quelle: die Autoren

Abb. 4: Entwicklung der elektrischen Leitfähigkeiten bzw. der NaCl-Äquivalentgehalte in Förderbrunnen und der Grundwassermessstelle

Die **Abbildung 4** zeigt die deutliche Zunahme der elektrischen Leitfähigkeit der aus der Grundwassermessstelle entnommenen Wasserproben zwischen 2019 und 2024 von etwa ▸

Smacondi Water



SMART CITIES

Eichfristverlängerung:
Bis zu 12 Jahre durch digitale Zähler

Effizienzsteigerung:
rund 3–5 % mehr abrechenbarer Verbrauch

Ressourcenschonung:
1% weniger Wasserverluste im Netz

Reduzierung von Arbeitsstunden:
Prozessoptimierung durch Digitalisierung

Neugierig geworden?
Dann jetzt kostenloses Factsheet herunterladen

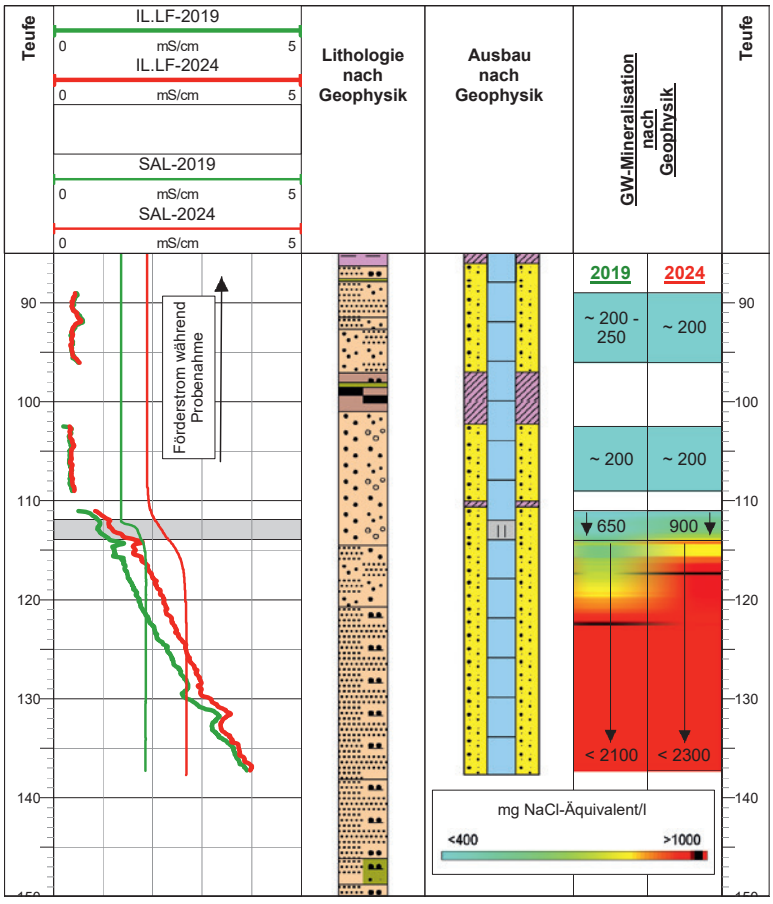
mvv.de/smacondi-water-factsheet

1,3 mS/cm auf ca. 1,9 m/cm. Die Entwicklung der elektrischen Leitfähigkeit der Proben des Förderwassers des Brunnens ist hingegen sehr viel moderater. Hier hat sich die elektrische Leitfähigkeit in dieser Zeit lediglich leicht von 0,5 mS/cm auf etwa 0,6 mS/cm erhöht. Die Proben repräsentieren jeweils das gesamte Wasser, welches die Filterstrecke anströmt.

Der Anteil des aus dem Liegenden zuströmenden Salzwassers am Gesamtförderstrom ist nicht nur von der Absenkung, sondern auch von den Durchlässigkeitsverhältnissen des betroffenen Grundwasserleiters abhängig. Im beschriebenen Salzwassermonitoring bleibt der Anteil des aus dem Liegenden anströmenden Salzwassers aufgrund der dort vergleichsweise geringen Durchlässigkeit der anstehenden schluffigen Feinsande nur gering (Abb. 3 & 4).

Die zu Korrekturzwecken im Rahmen des geophysikalischen Salzwassermonitorings durchgeführten SAL/TEMP-Messungen illustrieren diesen Mischungsprozess anschaulich. Im Bereich der Filterstrecke nimmt die elektrische Leitfähigkeit vom Hangenden zum Liegenden zu (**Abb. 5**). Oberhalb der Filterstrecke befindet sich das Mischwasser, das den Gesamtzufluss präsentiert (2019: ca. 1,3 mS/cm, 2024: ca. 1,9 mS/cm). Wasser mit dieser Leitfähigkeit fand sich im Gebirge nach IL.LF-2019 und IL.LF-2024 jeweils unterhalb der Filterstrecke, was auf einen sogenannten „Fahrstuhleffekt“ hindeutet. Das den Filter anströmende Wasser stammt demnach zum größeren Teil aus dem Liegenden der Filterstrecke. Dies kann durch die oberhalb des Filters gesetzte geringmächtige Tonsperre bedingt sein.

Die mit dem Induktions-Log (IL.LF) bestimmte, unterhalb von 110 m einsetzende und stetige Zunahme der Mineralisation des Porenwassers mit der Tiefe ist anhand der elektrischen Leitfähigkeit des im Messstellenrohrstrang befindlichen Wassers (SAL) und der Wasserproben hingegen nicht erkennbar. Daher ist eine Veränderung der Mineralisation des Porenwassers mit der Tiefe nur anhand des Induktions-Logs bestimmbar.



Quelle: die Autoren

Abb. 5: Ausgewählte geophysikalische vergleichende IL- und SAL/TEMP-Wiederholungsmessungen sowie die dazugehörigen NaCl-Äquivalentgehalte in der Grundwassermessstelle

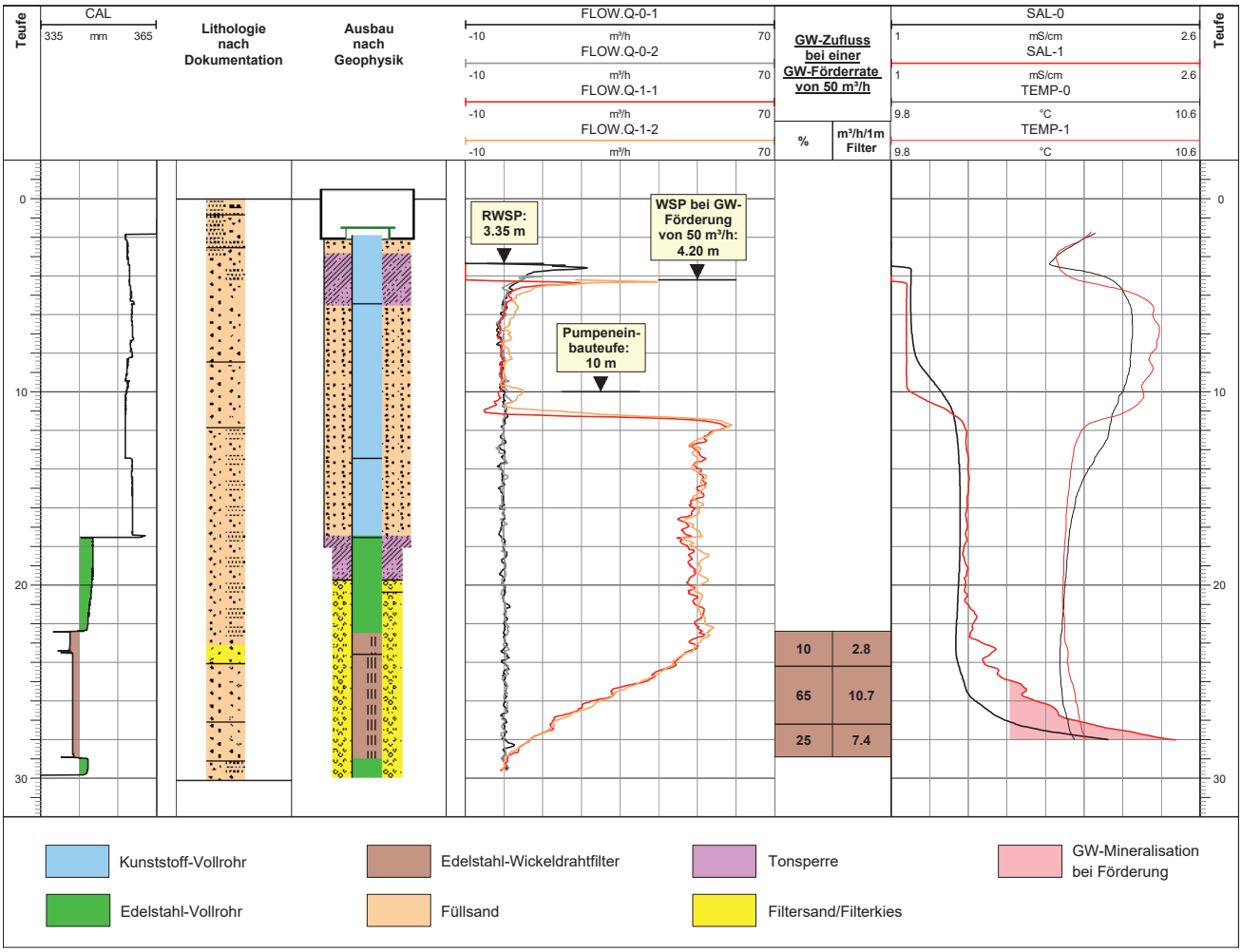
Mischung von Wässern unterschiedlicher Mineralisation im Filter von Brunnen

Bei Brunnen, deren Filter sich im oberen Bereich von für den Salzwasseraufstieg gefährdeten Grundwasserleitern befindet, ist der Salzwassereinfluss ebenfalls zunächst an der Filterunterkante zu erwarten.

Anhand von kombinierten FLOW/SAL/TEMP-Messungen lässt sich dies messtechnisch nachweisen. Die Untersuchungen erfolgen dabei sowohl im Ruhezustand als auch bei Betriebsbedingungen. Die **Abbildung 6** zeigt exemplarisch einen von einem Salzwasseraufstieg aus dem Liegenden betroffenen Brunnen.

Die Förderpumpe befindet sich oberhalb der Filterstrecke bei ca. 11 m, weshalb sich im Rohrstrang bei Förderung eine von unten nach oben gerichtete Strömung einstellt. Die vom Impellerflowmeter gemessene Fließrate nimmt bei Förderung daher innerhalb der Filterstrecke von unten nach oben zu und erreicht an der Filteroberkante ihren Maximalwert. Der weitgehend geradlinige Anstieg der Messkurven FLOW.Q-1-1/2 geht auf die recht gleichmäßige Anströmung bei Grundwasserförderung zurück.

Nahe der Filterunterkante ist die gemessene elektrische Leitfähigkeit nach SAL mit mehr als 2,4 mS/cm deutlich erhöht. Die Messwerte verringern sich durch die Anströmung von deutlich geringer mineralisiertem Wasser im oberen Filterbereich. Dessen Leitfähigkeit ist nicht höher als 1,1 mS/cm. Die Mischleitfähigkeit des von



Quelle: die Autoren

Abb. 6: Kombinierte FLOW/SAL/TEMP-Messungen in einem Brunnen zeigen den Zufluss von Wässern, deren elektrische Leitfähigkeit mit der Tiefe zunimmt.

der Pumpe summarisch geförderten Wassers beträgt etwa 1,4 mS/cm.

Zusammenfassende Empfehlung bei Brunnenneubau in gefährdeten Gebieten

Eine nachhaltige Nutzung von gefährdeten Grundwasserleitern erfordert eine umfassende Kenntnis der hydrogeologischen Randbedingungen. Dazu ist es in jedem Fall geboten, bei einem Brunnenneubau eine Erkundungsbohrung mindestens bis zur Basis des zu nutzenden Grundwasserleiters aufzuteufen und diese geophysikalisch hinsichtlich der Lithologie und der Porenwassermineralisation zu untersuchen.

Mit dem Ausbau dieser Erkundungsbohrung zu einer Grundwassermessstelle kann im Nahbereich des Brunnens die Grundlage für ein Salzwassermonitoring entsprechend dem DVGW-Arbeitsblatt W 121 geschaffen werden. So kann auf der Grundlage regelmäßiger Wiederholungsmessungen ein möglicher Salzwasseraufstieg im Liegenden des Brunnens noch vor dem Erreichen der Filterstrecke nachgewiesen, bei Bedarf rechtzeitig mit einem veränderten Förderregime reagiert und die Betriebssicherheit gewährleistet werden. ■

Literatur

[1] Baumann, K., Burde, B., Liebau, C.: Monitoringmethoden für Wasserwerksstandorte mit Salzwassergefährdung, in: bbr Leitungsbau | Brunnenbau | Geothermie, Ausgabe 11+12/2004.

[2] Brose, D., Hermsdorf, A.: Geogene Versalzung von Grundwasserleitern in Brandenburg, in: Brandenburgische geowissenschaftliche Beiträge, Nr. 24 (2017).

[3] DVGW-Arbeitsblatt W 110: Bohrlochgeophysik in Bohrungen, Brunnen und Grundwassermessstellen, Bonn 2018.

[4] DVGW-Arbeitsblatt W 121: Bau und Ausbau von Grundwassermessstellen, Bonn 2025.

[5] Fricke, S., Schön, J.: Praktische Bohrlochgeophysik, Stuttgart 1999.

[6] Hölting, B., Coldewey, W. G.: Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie, 7. Auflage, Heidelberg 2007.

[7] Lehmer, M., Kaboth, U.: Bohrlochgeophysikalische Untersuchungen zum Salzwassermonitoring in Brandenburg – raumzeitliche Charakterisierung der Süß-/Salzwassergrenze in: Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge, Nr. 24 (2017).

[8] Triller, F., Baumann, G.: Geophysikalische Beobachtung der Süß-/Salzwassergrenze im Liegenden eines Versuchsbrunnen, in: bbr Leitungsbau | Brunnenbau | Geothermie, Ausgabe 12/2025.

[9] Willwacher, I.: Bohrlochgeophysikalische Aufschlussmessungen – ein Schaufenster in die Tiefe, in: bbr Leitungsbau | Brunnenbau | Geothermie, Ausgabe 11/2018.

Die Autoren

Dr.-Ing. Gunther Baumann ist Geschäftsführer der Bohrlochmessung-Storkow GmbH.

Falk Triller ist Leiter der Interpretation der Bohrlochmessung-Storkow GmbH.

Kontakt:
Dr.-Ing. Gunther Baumann
Bohrlochmessung-Storkow GmbH
Schützenstr. 33, 15859 Storkow
Tel.: 033678 4364-3
E-Mail: g.baumann@blm-storkow.de
Internet: www.blm-storkow.de