

Grundwasserversalzung in Wassergewinnungsgebieten (Teil 2)

Planungsgrundlagen ■ Bei einer Zunahme der Salzkonzentrationen in Entnahmebrunnen bedarf es detaillierter Untersuchungen, um die Wassergewinnung langfristig zu sichern. Mit Hilfe geophysikalischer Methoden, regelmäßiger Messungen der elektrischen Leitfähigkeit und einer umfassenden Auswertung der Wasserwerksdaten können die geohydraulischen Zusammenhänge besser erkannt und geeignete Maßnahmen geplant werden. Aktuelle Befunde werden vorgestellt und Planungsgrundlagen diskutiert.

Die geophysikalischen Messmethoden, die in Teil 1 dieses Artikels (erschienen bbr 11/04) behandelt wurden, bieten die Möglichkeit sowohl im offenen Bohrloch (Aufschlussbohrung), als auch in ausgebauten Grundwassermessstellen Informationen zur Tiefenlage einer Süß-/Salzwassergrenze zu erhalten. Insbesondere über die Induktionslogmessungen können Aussagen zur Salinität aller aufgeschlossenen Grundwasserleiter – auch nicht ausgefilterter – abgeleitet werden. Damit wird eine Momentaufnahme der vertikalen Verteilung des Salzgehalts im Grundwasser eines Standortes aufgenommen. Durch regelmäßige Wiederholungsmessungen kann die Entwicklung der Süß-/Salzwassergrenze langfristig verfolgt werden.

In Wassergewinnungsgebieten mit potenzieller Versalzungsgefahr oder bereits reellen Versalzungserscheinungen ist eine Optimierung der Fahrweise der Brunnen generell notwendig. Durch eine den jeweiligen lokalen hydrogeologischen Bedingungen angepasste Verteilung der Grundwasserentnahme auf die zur Verfügung stehenden Brunnen lassen sich in der Regel akute Grundwasserbeschaffungsprobleme reduzieren. Diese Anpassung ist erfahrungsgemäß nicht kurzfristig zu erzielen, sondern bedarf einer sorgfältigen Erfassung der jeweiligen geohydraulischen Auswirkungen unterschiedlicher Entnahmekonstellationen.

In einem Wassergewinnungsgebiet in Niedersachsen (Jahresentnahme 6 Mio. m³) wurde ergänzend zu den beschriebenen Momentaufnahmen durch geo-

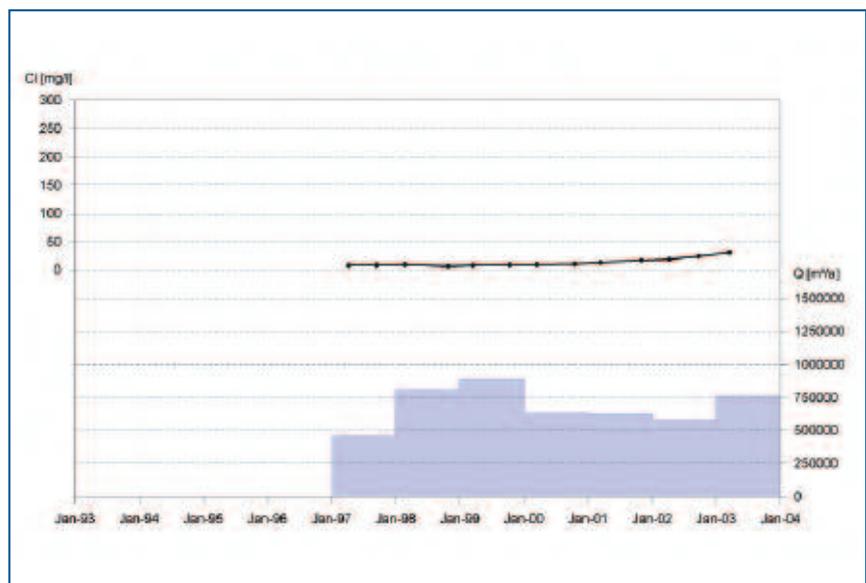


Abb. 1 Zeitliche Entwicklung der Chlorid-Gehalte im Rohwasser und jährliche Entnahmemenge in Brunnen 6

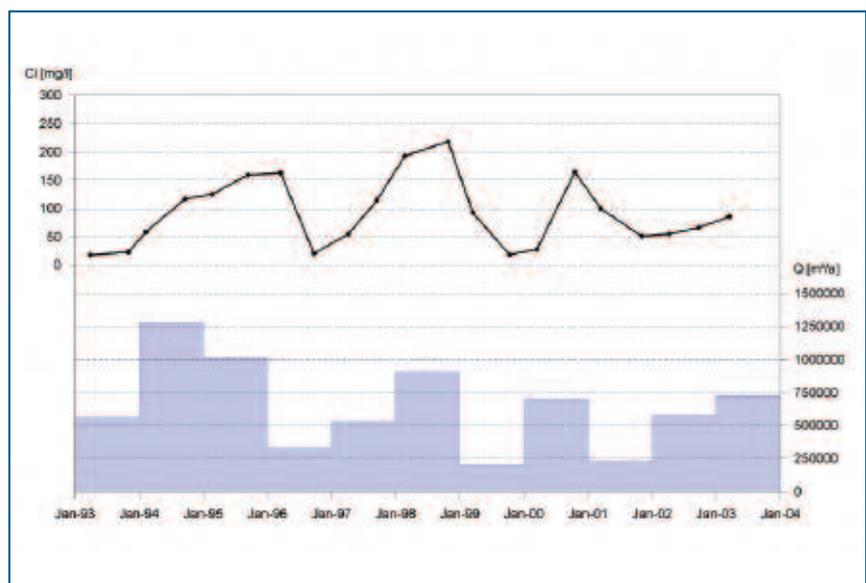


Abb. 2 Zeitliche Entwicklung der Chlorid-Gehalte im Rohwasser und jährliche Entnahmemenge in Brunnen 5

physikalische Messungen die zeitliche Entwicklung der Salinität gemessen. Durch monatliche Messungen der elektrischen Leitfähigkeit in ausgewählten Grundwassermessstellen (Filterlänge 20 m) wurde eine apparativ weniger aufwändige Methode eingesetzt, um die Bewegungen der Süß-/Salzwassergrenze infolge von Variationen im Förderregime der Brunnen zu erkunden und zu beobachten. Des Weiteren wurde die Frage neuer Brunnenstandorte beleuchtet.

Ausgangssituation

Das Wasserwerk entnimmt jährlich etwa 5 Mio. m³ der Gesamtentnahme von 6 Mio. m³ aus einer bis etwa 270 Meter tiefen eiszeitlichen Rinne. Die sieben Brunnen sind zwischen 98 Meter und 165 Meter unter Geländeoberkante (GOK) verfiltert. Etwa zehn Jahre nach Inbetriebnahme der ersten Brunnen (Baujahr 1967/1969) stieg der Chlorid-Gehalt des Rohwassers in zwei Brunnen an. In den anderen Brunnen waren keine relevanten Veränderungen der Grundwasserbeschaffenheit zu beob-

achten. In **Abbildung 1 und 2** sind die unterschiedlichen Befunde exemplarisch für die Brunnen 5 und 6 dargestellt. Während die Chlorid-Gehalte im Rohwasser des Brunnens 5 sehr deutlich auf Veränderungen der Entnahmemengen reagieren, ist bei Brunnen 6 seit etwa drei Jahren ein leichter, kontinuierlicher Anstieg zu verzeichnen.

Im Juni 1999 wurde mit Hilfe eines Multiparameter-Lichtlotes mit der monatlichen Messung der elektrischen Leitfähigkeit in den 20 Meter langen Filterbereichen geeigneter vorhandener Grundwassermessstellen begonnen. In Abständen von zwei bis fünf Metern wurde die Leitfähigkeit erfasst. Zudem wurden die Entnahmemengen sowie die Betriebsstunden der sieben Brunnen aufgezeichnet. Insgesamt standen vier Messstellen mit Filterstrecken von 20 Metern Länge zur Verfügung. Die Filter der in unmittelbarer Nähe der Entnahmehrunnen errichteten Messstellen (Aufschlussbohrungen zum Brunnenbau) standen etwa 30 bis 40 Meter unterhalb der Filter der Brunnen.

Befunde

Die Ergebnisse der Messungen der elektrischen Leitfähigkeit nach einem Zeitraum von fünf Jahren wurden in Form von Zeitreihen in Verbindung mit den jeweiligen Entnahmemengen dargestellt (**Abb. 3 und 4**). Ergänzend wurden im Frühjahr 2004 geophysikalische Untersuchungen durchgeführt. Ziel war zum einen die Überprüfung der „Handmessungen“ durch „Hightec“ und zum anderen die Ergänzung der vorliegenden Befunde durch die Messungen in den Verrohrungen auch außerhalb der Filterstrecken. Insgesamt war die Übereinstimmung der Handsondenmessungen mit den geophysikalischen Methoden sehr gut.

Zwei der vier betrachteten Messstellen zeigten mit konstanten Werten von etwa 400 µS/cm bzw. 1.000 µS/cm im Beobachtungszeitraum keinerlei Veränderungen. Bei den in den **Abbildung 3 und 4** dargestellten Zeitreihen der Messstellen A bei Brunnen 6 bzw. B bei Brunnen 5 sind sehr deutlich Veränderungen festzustellen. Bei beiden Mess-



Die Antwort auf bohrende Fragen

The answer to drilling questions



AGBO GmbH
 Nienhagener Str. 1
 D-29339 Wathlingen
 Telefon : 05144/9899-0
 Telefax : 05144/9899-30

internet : www.agbo.de
 e-mail : AGBO-D@t-online.de



G200 mit Doppelbohrkopf, Spann- und Brecheinrichtung



Herstellung einer 500 m tiefen Beobachtungsbohrung in Hessen

celler gmbh & co. kg brunnenbau 

Postfach 1171 D-29201 Celle - Bruchkampweg 25 D-29227 Celle
 Tel. (05141)8844-0 Fax (05141)8844-10
 e-mail: cb@celler-brunnenbau.de
 Internet: www.celler-brunnenbau.de

Zertifiziert nach DVGW-Arbeitsblatt W120 DIN EN ISO 9001 : 2000

stellen steigt die Leitfähigkeit mit zunehmender Tiefe zwar vergleichbar an, ansonsten sind die Befunde jedoch sehr unterschiedlich.

Der Verlauf der Kurven (**Abb. 3**) zeigt für die vier gemessenen Tiefenbereiche einen ansteigenden Trend. Dieser kontinuierliche Anstieg scheint von der Entnahmesituation im Brunnen 6 unbeeinflusst zu sein. Trotz der eher rückläufigen Brunnenentnahme steigt die elektrische Leitfähigkeit deutlich an. Ursächlich ist hierfür die insgesamt

deutlich angestiegene Entnahme in den sieben Brunnen in der eiszeitlichen Rinne. Innerhalb der letzten zwölf Jahre wurde die Gesamtentnahme des Wasserwerks von anderen Brunnengalerien in geringeren Tiefen (bis etwa 50 m u. GOK) um etwa 2,5 Mio. m³/Jahr auf den tieferen Grundwasserleiter verlagert.

Auch im Brunnen 6, dessen Filter etwa 32 Meter oberhalb der Messstelle A steht, ist trotz einer geringfügig verringerten Entnahme seit der Inbetrieb-

nahme im Jahr 1997 ein leichter Anstieg der Chlorid-Gehalte zu verzeichnen (**Abb. 1**).

In der Messstelle B ist die Höhe der elektrischen Leitfähigkeit unmittelbar abhängig von der Entnahmemenge. Im Vergleich mit der monatlichen Entnahme im Brunnen 5 zeigt sich eine sehr schnelle und starke Zu- bzw. Abnahme. Die Ursache liegt in einem – im Vergleich mit Messstelle A – eher lokalen Aufsteigen höher mineralisierten Grundwassers aus größeren Tiefen. Bei reduzierter Entnahme im Brunnen 5 wird dieses relativ zeitnah durch den horizontalen Grundwasserzustrom von „normal mineralisiertem“ Grundwasser verdrängt. Im Unterschied zu Brunnen 6/Messstelle A liegen der Brunnen 5/Messstelle B im Unterstrom anderer Brunnen, wodurch Grundwasser aus größerer Tiefe aufsteigt und dem Brunnenfilter zuströmt. Im Brunnen 5 ist – so wie in der Messstelle B – ein sehr deutlicher Einfluss der Entnahmesituation auf die Chlorid-Gehalte des Rohwassers festzustellen (**Abb. 2**). Es erfolgen deutliche und kurzfristige Entnahmeveränderungen und relativ drastische Zu- bzw. Abnahmen der Chlorid-Gehalte.

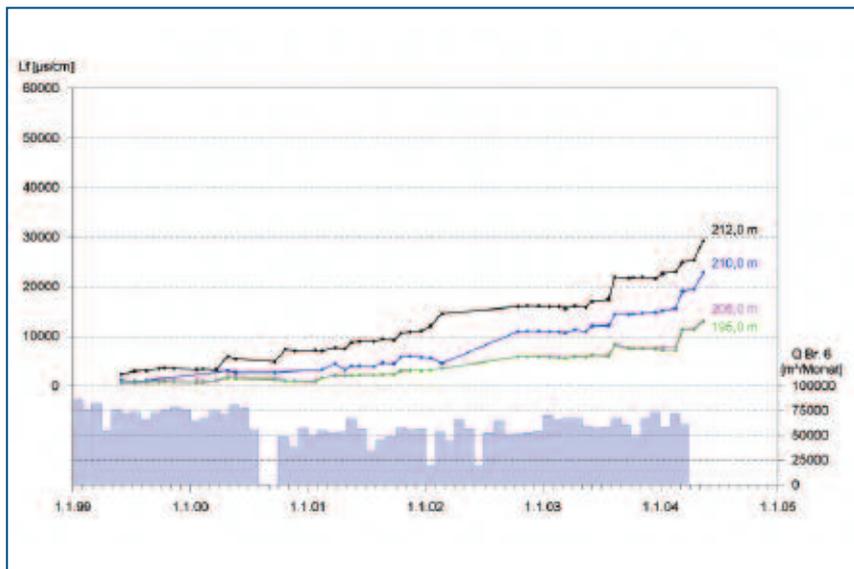


Abb. 3 Grundwassermessstelle A bei Brunnen 6 (Br.-Filter 125 m - 158 m u. GOK): Zeitliche Entwicklung der elektrischen Leitfähigkeit in unterschiedlichen Tiefen (Filter 190 m - 210 m u. GOK) und monatliche Entnahmemenge Brunnen 6

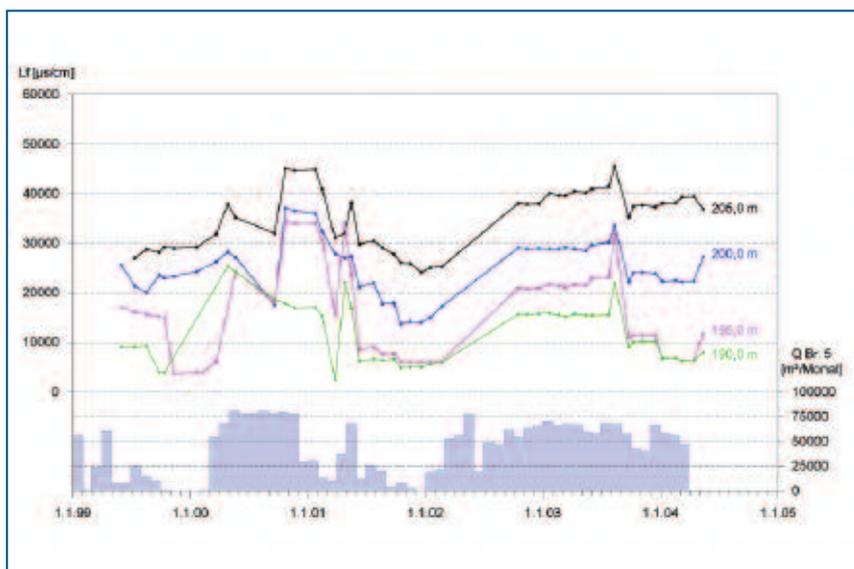


Abb. 4 Grundwassermessstelle B bei Brunnen 5 (Br.-Filter 114 m - 146 m u. GOK): Zeitliche Entwicklung der elektrischen Leitfähigkeit in unterschiedlichen Tiefen (Filter 186 m - 206 m u. GOK) und monatliche Entnahmemenge Brunnen 5

Geophysikalische Untersuchungen

Die geophysikalischen Untersuchungen umfassten folgende Messverfahren: Gamma-Ray (GR), Gamma-Gamma-Messung (GG.D), Induktionslog (IL.RA), Salinität und Temperatur (SAL/TEMP). Zur Bestimmung der Süß-/Salzwassergrenze wurde der Mineralisationsgrad des Porenwassers in g/l NaCl-Äquivalent aus der direkten Berechnung aus dem SAL/TEMP-Log und aus der indirekten Berechnung aus GG.D und IL.RA bestimmt.

Die Süß-/Salzwassergrenze wurde in Messstelle A in einer Tiefe von 181 Meter u. GOK nachgewiesen. Sie liegt damit um etwa 40 Meter höher als im Jahr 1978 und um 25 Meter höher als noch im Jahr 1992. Es zeigte sich ein komplexes „Schichtungsmuster“ von Porenwässern unterschiedlicher Mineralisation. So wurde unterhalb der Süß-/Salzwassergrenze zwischen 200 Meter und 207 Meter ein Bereich mit wiederum deutlich

geringer mineralisiertem Grundwasser festgestellt. Da in dieser Tiefe die wasserführenden Sande etwas grober ausgebildet sind, könnte es sich um eine hydraulisch bevorzugte Schicht handeln, in der seitlich zuströmendes Süßwasser das hier bei höheren Grundwasserentnahmen aufgestiegene Salzwasser verdrängt hat.

In der Messstelle B wurde die Süß-/Salzwassergrenze bei 184 Meter unter GOK festgestellt. Damit liegt sie auch hier in einer mit Messstelle A vergleichbaren Größenordnung höher als bei früheren Untersuchungen.

Konsequenzen

Die dargelegten Untersuchungen zeigen auf, welche Zusammenhänge in dem genutzten Grundwasserleiter zwischen Entnahmemengen der einzelnen Brunnen und Veränderungen der Süß-/Salzwassergrenze bestehen. Es wurde erkannt, dass zum einen die Höhe der Pumprate, zum anderen aber auch die Lage der Brunnen zueinander eine wesentliche Rolle bei einer potenziellen

Versalzung spielt. Derzeit wird mit einem optimierten Brunnenbetrieb versucht, die Grundwasserbeschaffenheit in den Brunnen zu verbessern. Zusätzlich wird ein Grundwassermodell entwickelt, das auf der Grundlage umfassender hydrogeologischer Aufarbeitungen von vorliegenden Befunden (Schichtenverzeichnisse, Bohrlochmessungen, chemische Analysen, Entnahmemengen) und der aktuellen im Artikel beschriebenen Befunde die optimale Fahrweise der Brunnen nachbilden soll.

Als eine weitere wesentliche Erkenntnis aus den Untersuchungen werden die für Brunnenneubauten vorgesehenen Standorte hinsichtlich einer möglichen Verschlechterung der Situation für derzeit noch „gute“ Brunnen kritisch überprüft. Durch die Platzierung eines neuen Brunnen im Grundwasseranstrom eines bestehenden, wird die Qualität des Rohwassers am alten Brunnen möglicherweise verschlechtert. 

Alle Abbildungen: GeoSystem GmbH

Kontakt

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



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

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

Die Pflichtlektüre für Profis in der Wasserwirtschaft



Die neue Trinkwasserverordnung
Der Kommentar aus rechtlicher und technisch-wirtschaftlicher Sicht
Von Dr. Ulrich Oehmichen,
Dr. Michaela Schmitz und
RA Per Seeliger, komplett überarbeitete 2. Auflage
2003, 360 Seiten broschiert,
DIN A 5, Preis: 59,90 € (für
BGW-Mitglieder 49,90 €),
jeweils inkl. USt. und zzgl.
Versandkosten.

Am 1.1.2003 ist die neue Trinkwasserverordnung (TrinkwV) in Kraft getreten. Wasserversorgungsunternehmen, Fachlabore, Gesundheitsämter und Kunden müssen sich auf die neuen Regelungen einstellen.

Informieren Sie sich jetzt über die neuen Rechte und Pflichten in der Wasserversorgung.

Die Autoren beschreiben die Hintergründe der europäischen Richtlinie und der deutschen Verordnung aus erster Hand und geben Ihnen eine rechtliche und technisch-wirtschaftliche Bewertung der neuen Regelungen und Vorgaben.

wvgw

Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft
Gas und Wasser mbH
Josef-Wirmer-Str. 3, 53123 Bonn
Tel.: 0228 9191-40, Fax: 0228 9191-499
info@wvgw.de, www.wvgw.de



Kompetenz:
Energie & Wasser.



STÜWA
BRUNNENFILTER
BOHRBEDARF

Spülungstechnik für horizontale und vertikale Bohrungen

- Polymere (CMC)
- Bentonit
- STÜWAMIX®
- Mess- und Dosiereinrichtungen
- Baustellenbetreuungen

Wir stellen aus:
Oldenburger
Rohrleitungsforum
10.-11.02.2005
Stand 2 OG-H-06



STÜWA Konrad Stükerjürgen GmbH
Hemmersweg 80 • D-33397 Rietberg (Varensell)
Tel.: 05244 / 407-0 • Fax: 05244 / 1670
Internet: www.stuewa.de
E-Mail: info@stuewa.de