

Susann BERTHOLD; Katja RICHTER

Kombiniertes Probenahme- und Monitoringsystem

Zwei Aufgaben, ein System: Probenahme und langfristig verfälschungsfreies stationäres Monitoring in Grundwassermessstellen.

Eine sichere Überwachung des Lebens- und Nutzmittels Grundwasser bedarf der Gewinnung einer breiten Datengrundlage bei möglichst geringer Beeinflussung der Messwerte durch die Messung selbst.

Die Gewinnung von Proben für chemische Analysen ist für eine umfassende Bewertung der Grundwasserbeschaffenheit unerlässlich. Ziel sollte daher, neben der Gewinnung ungestörter Grundwasserproben zur Analyse im Labor, das kontinuierliche Monitoring relevanter, einfach zu bestimmender Trendindikatoren mit stationärer Messtechnik in der Messstelle sein (z. B. Leitfähigkeit, pH-Wert und Redoxpotenzial). Die Trendindikatoren können dabei zur Entscheidung über den geeigneten Zeitpunkt einer Probenahme herangezogen werden bzw. als ein Warnsignal für auftretende Veränderungen dienen.

Bisher mussten für das stationäre Monitoring und die Probenahme in Grundwassermessstellen (GW-Messstellen) unterschiedliche Systeme angeschafft und im Wechsel eingesetzt werden. Das am Grundwasser-Zentrum Dresden im Rahmen eines FuE-Vorhabens in Kooperation mit der UGT Müncheberg GmbH entwickelte Shuttle-Guard-System ermöglicht erstmals beide Aufgaben mit einem System zu erfüllen. Monitoring und Probenahme erfolgen überdies in einem verfälschungsfreien Grundwasserraum. Das Shuttle-Guard-System verhindert vertikale Konvektion im Filterbereich, so dass am Ort der Messung bzw. Probenahme unverfälschtes, d.h. aus der an dieser Stelle das Filterrohr schneidenden Strombahn entstammendes Grundwasser ansteht – siehe Abschnitt „Unbeeinflusste Überwachung“. Vorausgesetzt wird eine regelgerecht ausgebaute Grundwassermessstelle. Das Shuttle-Guard-System [1] besteht aus 2 Teilgeräten (Bild 1):

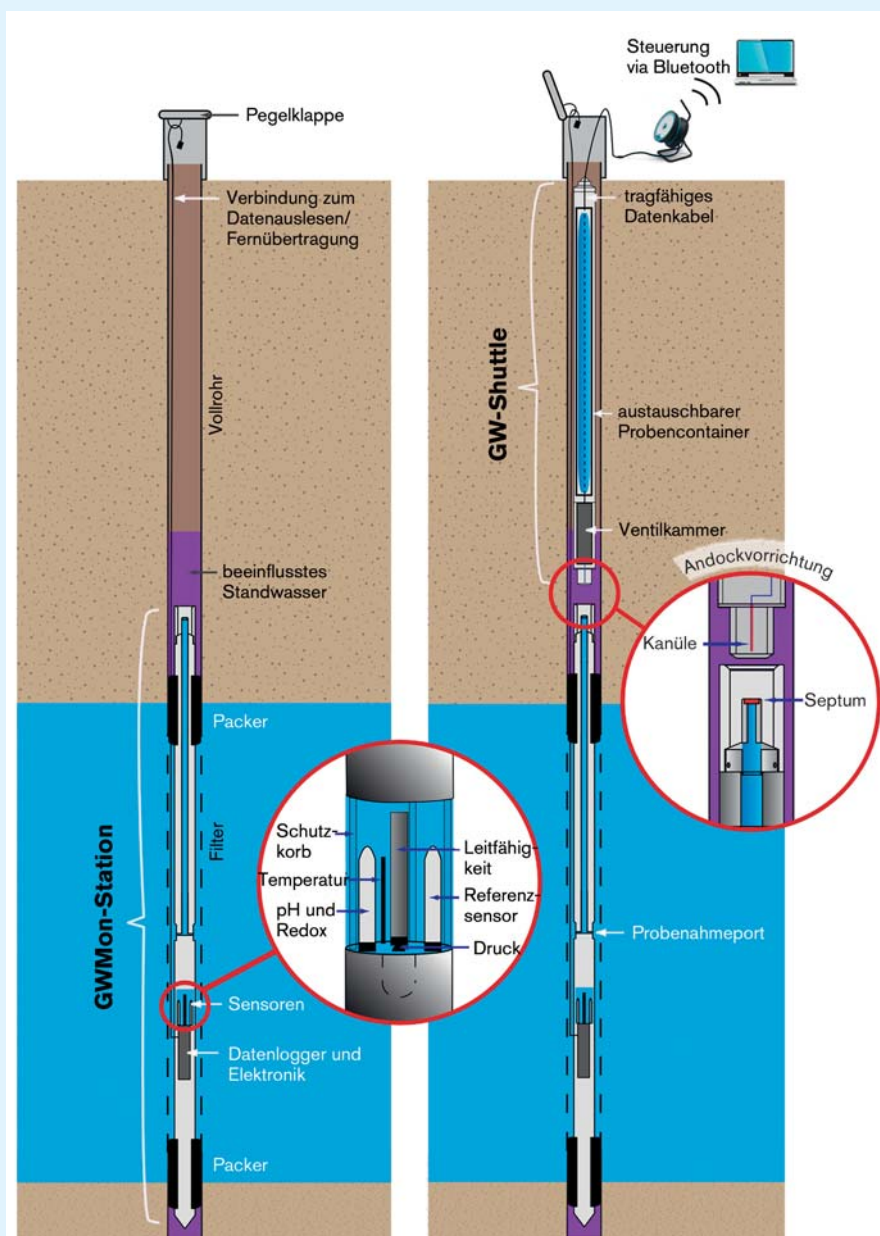
- einer Grundwasser-Monitoring-Station (GWMon-Station), die permanent im Filterbereich der GW-Messstelle eingebaut (zur Wartung aber auch ausbaubar) ist und mit einem Datenlogger und Sensorik zum Überwachen von Wasserspiegel,

Temperatur, Leitfähigkeit, pH-Wert und Redoxpotenzial ausgestattet ist, sowie einem mobilen Grundwasser-Shuttle (GW-Shuttle), das an der GWMon-Station anzudocken vermag, eine Grund-

wasserprobe unter in-situ-Druck entnimmt (isobare Probenahme) und diese nach Übertage transportiert.

Stationäres Monitoring

- Zum unbeeinflussten stationären Langzeitmonitoring der Grundwasserbeschaffenheit dient die GWMon-Station.
- Sie ist ein autonom agierendes Messsystem, dass unabhängig vom GW-Shuttle in Messstellen eingesetzt werden kann.
- Die Station kann in allen regelgerecht ausgebauten Grundwassermessstellen nachgerüstet werden (Bild 2). Sie wird permanent im Filterbereich der Messstelle eingebracht, kann aber bei Bedarf (Rückbau, Wartungsarbeiten usw.) problemlos ohne Hilfsmittel und in kürzester Zeit aus der Messstelle ausgebaut werden. Die GWMon-Station erfüllt drei Aufgaben:



FUNKTIONSPRINZIP: GWMon-Station im stationären Monitoringbetrieb (links) und Probenahme mit dem GW-Shuttle (rechts)

Bild 1

Grafik: UGT+DGfZ

- kontinuierliche Messung und Aufzeichnung des Grundwasserspiegels und der Beschaffenheitsparameter Temperatur, Leitfähigkeit, pH-Wert, Redoxpotenzial (und ggf. weitere Spezialparameter)
- Bereitstellung einer Andockvorrichtung mit Probenahmeport (Zugang zum unbeeinflussten Grundwasser) für die Probenahme mit dem GW-Shuttle und
- Verhinderung des vertikalen Stofftransports zwischen Atmosphäre und Grundwasserleiter und somit Ertüchtigung der Grundwassermessstelle für ein langfristig verfälschungsfreies Monitoring.

Die GWMon-Station besteht im Wesentlichen aus der Sensorik und Datenverarbeitung, einem Datenlogger, einer Tragekonstruktion mit Andockvorrichtung und Probenahmeport und zwei aufblasbaren Packern (Bilder 1 und 2). Gesichert ist die GWMon-Station über ein tragfähiges Datenkabel. Die Packer werden von einem Druckspeicher in der Messstelle mit Luft versorgt und halten die GWMon-Station in Position. Sie dichten den durchströmten Filterbereich der Grundwassermessstelle permanent gegenüber dem darüber und darunter befindlichen Vollrohrbereich ab. Dazu wird die GWMon-Station so in die Grundwassermessstelle eingebracht, dass sich ein Packer ober- und

einer unterhalb des Filters befinden. Dies verhindert den unerwünschten Stofftransport in der Grundwassermessstelle zwischen Grundwasserleiter (Aquifer) und Atmosphäre bzw. Standwasser – siehe auch Abschnitt „Unbeeinflusste Überwachung“. Da sie ständig in der Messstelle verbleibt, ist die GWMon-Station überwiegend aus Kunststoff (PVC) gefertigt. Sie ist modular aufgebaut. Dies ermöglicht die einfache Anpassung der Station an die Filterlänge der Grundwassermessstelle durch Ergänzung entsprechender Tragekonstruktionsmodule. Zur Messung des Grundwasserspiegels und der Wasserbeschaffenheit sind in einer Ebene der GWMon-Station ringförmig Sensoren angeordnet (Bild 1). Der Probenahmeport befindet sich in unmittelbarer Nähe, so dass Sensoren und Grundwasserprobe den gleichen Untersuchungsraum repräsentieren. In der Standardversion ist die GWMon-Station mit Sensoren zur Erfassung des Wasserspiegels (Druck), der Temperatur, der Leitfähigkeit, des pH-Wertes und des Redoxpotenzials ausgestattet. Die Sensoren sind speziell für den langzeitlichen Einsatz im Grundwasser ausgelegt, mit einem entsprechenden langen Wartungs- und Kalibrierintervall.

Alle Messdaten werden in einem Datenlogger in der GWMon-Station gespeichert (bis zu 5000 komplette Datensätze). Das Auslesen der Daten erfolgt über das an der Pegelkappe verankerte Datenkabel entweder direkt an der Messstelle per Notebook oder zukünftig auch mittels Datenfernübertragung.

Bei Übertragungsproblemen bleiben die Daten zunächst im Datenlogger gespeichert und das Auslesen kann wiederholt werden.

Druckhaltende, tiefenbezogene Probenahme

Zur druckhaltenden, tiefenbezogenen Probenahme dient das GW-Shuttle. Dieses ist sowohl mit der hier beschriebenen GWMon-Station kompatibel, als auch mit der Basisversion ohne Sensorik, der so genannten GW-Station (Darstellung in /2/).

Das GW-Shuttle besteht im Wesentlichen aus einer sondenförmigen Tragekonstruktion, die einen austauschbaren Probencontainer und eine wasserdichte Ventilkammer beherbergt (Bild 1). Die einzelnen Teile des GW-Shuttles sind aus chemisch beständigem, leicht zu reinigendem Edelstahl gefertigt, wobei die Probenaufbewahrung wahlweise metallfrei erfolgt.

Ein GW-Shuttle kann nacheinander beliebig viele Stationen bedienen. Zur Entnahme einer weiteren Probe wird lediglich ein neuer Probencontainer in das GW-Shuttle eingesetzt.

Die Regelung, Kontrolle und ggf. Aufzeichnung des Probenahmevorgangs mit dem GW-Shuttle erfolgt komfortabel per Notebook über eine Bluetooth-Verbindung zur Kabeltrommel.

Um eine Grundwasserprobe zu entnehmen, wird das GW-Shuttle von Hand in die Messstelle eingefahren (Bild 2, links), wo es durch das Eigengewicht automatisch an die Station andockt. Ein Abpumpen der Grundwassermessstelle kann entfallen, da aufgrund der eingebauten Station keine Verbindung zwischen Probensammelraum und Atmosphäre existiert. Die dabei eingesparte Zeit steht u. a. für die zustandserhaltende druckgradientminimierte Probenahme mit dem GW-Shuttle zur Verfügung.

Nach dem Andocken wird zunächst ein Spülvorgang eingeleitet. Dabei werden die mit der Probe in Kontakt kommenden Teile von GWMon-Station und GW-Shuttle mit frischem Grundwasser gespült. Das Spülwasser wird abgeschlagen; es gelangt nicht in die Probe. Anschließend erfolgt die Probenahme. Das Einstromen der Grundwasserprobe wird dabei durch sanfte Verringerung des Gegendruckes erreicht. Damit wird eine isobare Probenahme gewährleistet. Die Wasserprobe wird unter in-situ Druck stehend in den druckhaltenden Probencontainer befördert.



HANDHABUNG: Die GWMon-Station wird in der Messstelle installiert (oben), das GW-Shuttle eingefahren (links) und die Probenahme drahtlos per Notebook gesteuert (rechts) Foto: DGFZ

Bild 2

Das Probenvolumen, bestimmt durch das GW-Shuttle, beträgt derzeit einen Liter. Größere Probenvolumina sind möglich. Die Dauer der Probenahme richtet sich vor allem nach dem Grad der Druckgradientminimierung (Vermeidung von stoffbilanzverfälschenden Ausgasungseffekten). Die Druckdifferenz bestimmt die Geschwindigkeit des Einströmens der Probe. Sie sollte möglichst klein gewählt werden.

Nach Abschluss der Probenahme wird das GW-Shuttle von der Station abgedockt und aus der Messstelle ausgefahren. Der gefüllte Probencontainer wird entnommen und entsprechend den Vorschriften beim Transport ins Labor kühl gelagert.

Ist die verfälschungsfreie Probenahme, nicht aber deren Druckerhalt von Interesse, kann die Probe auch vor Ort aus dem Probencontainer in geeignete Gefäße für das Labor transferiert werden.

Ein Teil der bei der Probenahme zu bestimmenden Vor-Ort-Parameter kann bereits aus den Daten der GWMon-Station gewonnen werden. Das Vorhalten entsprechender Messtechnik entfällt damit (je nach Ausführung zumindest partiell).

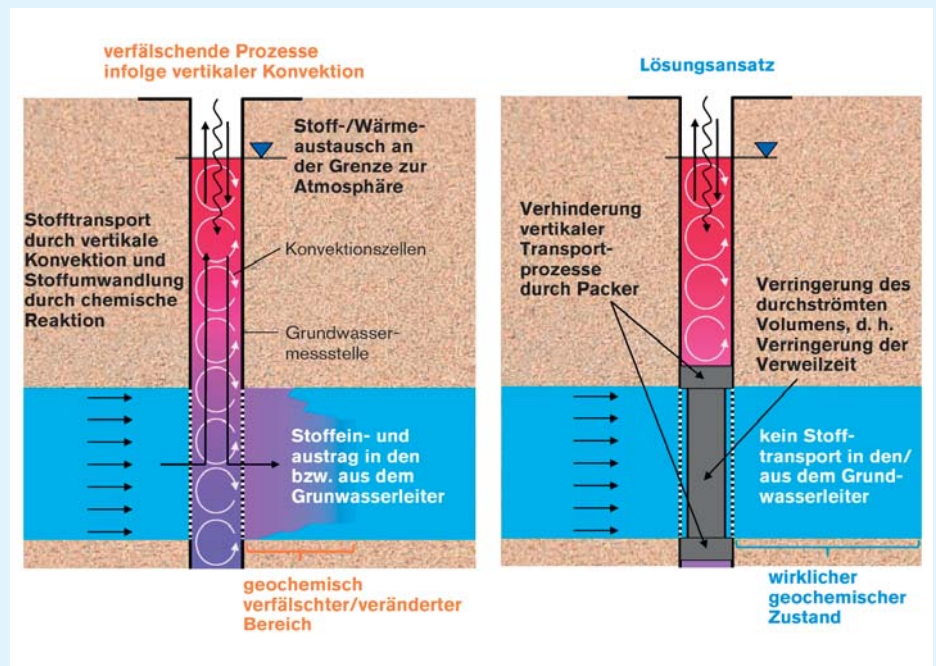
Unbeeinflusste Überwachung

Eine langfristig verfälschungsfreie Beprobung und Überwachung des Grundwassers über Grundwassermessstellen ist von großer Bedeutung, z.B. um Prognosen zum Schadstoffabbau, die Relevanz schadstoffverringender Prozesse und Änderungen der geochemischen Rahmenbedingungen der Stoffwandlung überprüfen zu können.

Sogar in regelgerecht ausgebauten Grundwassermessstellen treten jedoch verfälschende Vertikalströmungen auf. Die hervorgerufene Verfälschung kann sowohl die geochemische Zusammensetzung des beprobten Wassers betreffen, als auch die korrekte Zuordnung der Probe zur entsprechenden Teufe (Tiefe) in dem untersuchten Grundwasserleiter /3/.

Auf die Problematik der Beprobung von Grundwassermessstellen mit Vertikalströmungen verweist bereits Barczewski /4/. Danach ist die Pumpprobenahmemethode nicht in jedem Fall zum Nachweis der Inhaltsstoffe des Grundwassers ausreichend. Ursache sind konvektive Stoff- und Wärmeflüsse im Messstellenrohr durch unvermeidbare vertikale Unterschiede in Druck, Temperatur und/oder Stoffkonzentration (Bild 3). Die Infiltration und Ausbreitung des veränderten Wassers im Grundwasserleiter kann zur Verfälschung des geochemischen Milieus in dem beim Abpumpen erfassten Kontrollraum im Umfeld der Messstelle führen (Bild 3, links).

In-situ-Messungen (z. B. über stationär eingebaute Sonden) und Wasserprobenahmen nach dem gegenwärtigen Stand der Technik (Pump- oder Schöpfproben) können dem-



PROBLEM UND LÖSUNG: Konvektive Stoff- und Wärmeflüsse in Messstelle und Grundwasserleiter und deren Verhinderung Grafik: DGFZ

Bild 3

nach in einer klassischen Messstelle dem o. g. Anspruch nicht restriktionsfrei gerecht werden.

Das innovative Shuttle-Guard-System unterbindet diese Verfälschungen, indem die GWMon-Station einen vom Grundwasser durchströmten, aber vom Standwasser abgegrenzten, Raum erzeugt und so den Stofftransport zwischen Aquifer und Standwasser verhindert (Bild 3, rechts). Auch wird die Messstelle so nachhaltig vor Schädigungen (z. B. Verockerungen) geschützt, die eine vorzeitige Alterung der Messstelle bewirken und deren aufwändige und kostenintensive Reinigung und Regenerierung erforderlich machen würden.

Zusätzlich verringert die Station das durchströmte Volumen im Filterbereich. Damit verringert sich die Verweilzeit des Grundwassers in der Messstelle.

Einsatzbereich und Vorteile

Das kombinierte Shuttle-Guard-System kann in jede regelgerecht hergestellte Grundwassermessstelle eingebaut, nachgerüstet, aber auch zur Wartung wieder entfernt werden. Der Einsatz kann in Messstellen mit einem Durchmesser ab 3 Zoll erfolgen. Die GWMon-Station kann durch ihre modulare Bauweise einfach an die Filterlänge der Grundwassermessstelle angepasst werden. Die Filterlänge sollte jedoch 10 m nicht überschreiten.

Das neue System hat das Potenzial für die langfristige Entwicklung einer völlig neuen Beprobungs- und Monitorings-Philosophie in Grundwassermessstellen. Die wesentlichen Innovationen sind:

die Kombination von stationärem Monitoring und diskontinuierlicher Beprobung

- die Unterbrechung der in Grundwassermessstellen nachgewiesenermaßen auftretenden probenverfälschenden vertikalen Konvektion, so dass am Ort der Messung bzw. Probenahme unverfälschtes und der an dieser Stelle das Filterrohr schneidenden Strombahn entstammendes Grundwasser ansteht
- die permanente Verhinderung des Stofftransports zwischen Grundwasserleiter und geochemisch verändertem Standwasser
- die Erzeugung eines vertikal abgegrenzten und gut durchströmten Raums für die Entnahme der Wasserprobe und das Grundwassermonitoring über stationäre Sensoren
- die tiefenbezogene Probenahme
- die druckgradientminimierte Gewinnung einer Grundwasserprobe mit Erhalt wesentlicher Zustandsparameter (keine stoffbilanzverfälschenden Ausgasungseffekte während der Probenahme, Probe unter in-situ-Druck)
- die technisch einfache, benutzerfreundliche und durch wiederverwendbare Komponenten kostengünstige Grundwasserüberwachung
- der nachhaltige Schutz der Grundwassermessstelle vor Verockerungen und anderen Fällungsprozessen, die eine vorzeitige Alterung der Messstelle bewirken und deren aufwändige und kostenintensive Reinigung und Regenerierung erforderlich machen würden
- die Nachrüstmöglichkeit regelgerecht erstellter und geprüfter Messstellen und damit deren Ertüchtigung für das Monitoring von z. B. Natural Attenuation Maßnahmen.



EINSATZ IN CHINA: Probenahme mit dem GW-Shuttle Foto: UGT Bild 4

Das neue kombinierte Grundwassermonitoringsystem bietet die konzeptionellen Voraussetzungen für eine Automatisierung der Grundwasserbeobachtung. Damit kommt es einerseits zu einer kosteneffizienteren Gewinnung ausgewählter Informationen zur Grundwasserbeschaffenheit und andererseits zur Gewinnung von bisher nicht verfügbaren Informationen zu deren Dynamik. Das betrifft z.B. die:

- annähernd beliebig wählbaren, bedarfsweise auch sehr engen Zeitintervalle und die
- Messgenauigkeit durch Reduzierung des subjektiven Faktors (konstante Messbedingungen).

Das Gerätesystem aus GW-Shuttle und Station ist Bestandteil der KORA-Handlungsempfehlungen /5/.

Bei defekter Ringraumabdichtung, bei langen Filtern und Filterkiesschüttungen, die grobkörniger als das Grundwasserleitermaterial sind, kann das Verfahren nicht zweckmäßig angewendet werden /5/.

Einsatz auch im Ausland

Neben Messstellen in Deutschland wurden bereits ausländische Messstellen mit dem verfälschungsfreien System bestehend aus GW-Shuttle und Station ausgestattet und beprobt.

Das Basissystem wurde z. B. in das Grundwassermonitoring im Rahmen des deutsch-chinesischen Verbundprojektes des BMBF „Nachhaltiges Wasserressourcenmanagement in der Küstenregion der Provinz Shandong, V.R. China“ einbezogen. In der Shandong-Provinz mit der zweithöchsten Bevölkerungsdichte Chinas führt der hohe Wasserverbrauch durch Landwirtschaft und Industrie zur Übernutzung des Grundwassers. Dies hat in den ausgedehnten Küstengebieten eine voranschreitende Salzwasserintrusion zur Folge. Für ein nachhaltiges Wasserressourcenmanagement wurden Messstellen eingerichtet, die mehrere Grundwasserleiter bis 30 m Tiefe erschließen. Der Einsatz des GW-Shuttle erlaubt tiefenbezogene Probenahmen trotz der Mehrfach-

verfilterung der Messstellen. Schwerpunkt der Untersuchungen ist der Salzgehalt sowie die Grundwasserqualität mit Blick auf Verunreinigungen aus der Landwirtschaft /6/. Eine erste Demonstration des Systems mit Probenahme vor einer chinesischen Expertengruppe fand im Juni 2010 statt. Zum permanenten Einsatz in der Shandong-Provinz lieferten UGT im Dezember 2010 ein GW-Shuttle und eine Station an die chinesischen Projektpartner (Bild 4).

Dank

Die Entwicklung des dargestellten Systems bis zur Anwendungsreife wird gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages unter den FKZ IW072066 und MF090094.

LITERATUR

- /1/ Patent DE 10 2004 041 334 B3: Vorrichtung zur verfälschungsfreien tiefenbezogenen isobaren Entnahme von Grundwasserproben, Börner F.; Luckner L., 2006
- /2/ Berthold, S.; Börner, F.; Luckner, L. (2010): Verfälschungsfreies Grundwasser-Probenahmesystem. In: wwt 4/2010, S.14-17
- /3/ Berthold, S. (2009): Geophysikalischer Nachweis freier Konvektion in Grundwassermessstellen und Bohrungen, Dissertation, Proceedings des DGFZ e.V., H. 39, ISSN 1430-0176
- /4/ Barczewski, B.; Grimm-Strehle, J.; Bisch, G. (1993): Überprüfung der Eignung von Grundwasserbeschaffenheitsmessstellen. In: Wasserwirtschaft, 83 (1993) 2, S. 72-78
- /5/ Vorrichtung und Verfahren zur Gewinnung unverfälschter Grundwasserproben. In: Michels J.; Stuhmann M.; Frey C.; Koschitzky H.-P. (Hrsg.), Handlungsempfehlungen mit Methoden-sammlung, Natürliche Schadstoffminderung bei der Sanierung von Altlasten. VEGAS, Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart, DECHEMA e.V. Frankfurt, ISBN 978-3-89746-092-0. S. 202-203
- /6/ Wu, J.; Meng, F.; Wang, X.; Wang, D. (2008): The development and control of the seawater intrusion in the eastern coastal of Laizhou Bay, China. In: Environmental Geology 54, S. 1763-1770

KONTAKT

Dr. Susann BERTHOLD
Grundwasser-Zentrum Dresden
Meraner Straße 10 | 01217 Dresden
Tel.: 0351/4050673
Fax: 0351/4050679
E-Mail: S.Berthold@dgfz.de
www.gwz-dresden.de

Katja RICHTER
UGT Umwelt-Geräte-Technik GmbH
Eberswalder Straße 58 | 15374 Müncheberg
Tel.: 033432/89575
E-Mail: katja.richter@ugt-online.de