

Innovative Grundwasser-Probenahme

# Verfälschungsfreies Grundwasser-Probenahmesystem

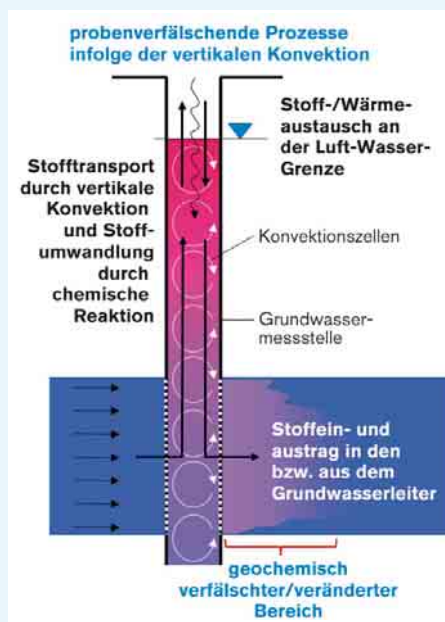
Susann BERTHOLD; Frank BÖRNER; Ludwig LUCKNER

Das Probenahmesystem ertüchtigt Grundwassermessstellen durch Verhinderung des Stoffein- und -austrags.

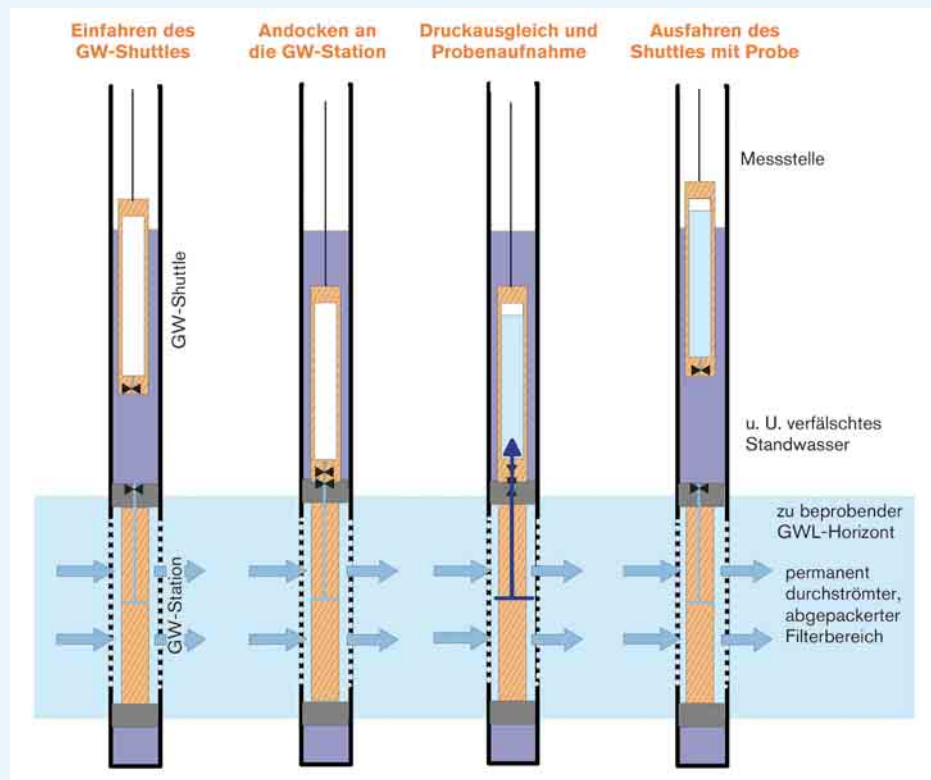
Grundwassermessstellen stellen einen Aufschluss des Grundwasserleiters dar und bieten damit eine (zusätzliche) Möglichkeit für Wärme- und Stoffströme zwischen dem zu beprobenden Grundwasser (GW), anderen geologischen Schichten und der Atmosphäre.

## Verfälschende Strömungen in Grundwassermessstellen

Nachgewiesenermaßen kommt es auch in regelgerecht ausgebauten Messstellen durch unvermeidbare vertikale Unterschiede in Druck, Temperatur und/oder Stoffkonzentration zu Vertikalströmungen in der Wassersäule. Die verfälschende Wirkung der Vertikalströmungen kann sowohl die korrekte Zuordnung der Probe zur entsprechenden Teufe (Tiefe) in dem untersuchten Grundwasserleiter, als auch die geochemische Zusammensetzung des beprobten Wassers betreffen /1/.



**PROBLEMATISCH:** Beeinflussung von Grundwassermessstelle und Grundwasserleiter durch Vertikalströmungen



**FUNKTIONSPRINZIP:** Ablauf der Probenahme mit dem verfälschungsfreien Grundwasser-Probenahmesystem

Bild 2

Neben den bekannten „Kurzschlussströmungen“ über bevorzugte Strömungspfade führen im Vollrohrbereich so genannte freie, d. h. dichtegetriebene, Konvektionsströmungen zum Stoffaustausch zwischen Atmosphäre und Grundwasser /1/. So kann z. B. der Eintrag von Sauerstoff in einen anaeroben Grundwasserleiter zur Verfälschung des geochemischen Milieus in dem beim Abpumpen erfassten Kontrollraum im Umfeld der Messstelle führen (Bild 1).

Dass es durch dichtegetriebene Konvektion im Vollrohr- und ggf. auch Filterbereich einer Grundwassermessstelle zur Verfälschung bei der Probennahme kommen kann, ist in geltenden Regelwerken für eine teufengerechte repräsentative Grundwasserprobenahme bisher unberücksichtigt geblieben /2/.

## Innovatives Probenahmesystem

Da nach dem Stand der Technik in Grundwassermessstellen, die durch freie Konvektion beeinflusst sind

- mit den klassischen Methoden eine repräsentative Grundwasserprobe nicht sicher gewinnbar ist und
- Sondermessstellen und -installationen mit erheblichen Kosten und Wartungsproblemen verbunden sind und zu meist nur die Beprobung eines eingeschränkten Teufenbereichs bei Entnahme nur geringer Probenmengen erlauben,

wurde am Grundwasser-Zentrum Dresden im Rahmen eines FuE-Vorhabens ein neuartiges Entnahmesystem entwickelt /3/. Dieses Probenahmesystem ist zum Einbau in vorhandenen oder neu zu

errichtenden Grundwassermessstellen geeignet und ertüchtigt die Grundwassermessstellen für ein langfristig verfälschungsfreies Monitoring.

Das verfälschungsfreie Grundwasser-Probenahmesystem besteht aus zwei Hauptkomponenten (Bild 2):

- I einer GW-Station, die permanent im Filterbereich der GW-Messstelle eingebaut werden kann (zur Wartung aber auch ausbaubar ist), einen abgegrenzten, vom Grundwasser durchströmten Raum erzeugt und den Stofftransport zwischen Aquifer und Standwasser verhindert sowie
- I einem mobilen GW-Shuttle, das an den GW-Stationen anzudocken vermag, eine GW-Probe unter in-situ Druck entnimmt und nach Übertage transportiert.

Jede Grundwassermessstelle ist mit solch einer eigenen GW-Station auszustatten. Das GW-Shuttle muss nur einmal angeschafft werden. Es kann alle GW-Stationen bedienen.

Die ständig in der Messstelle verbleibende GW-Station ist maßgeblich aus inerten Materialien gefertigt. Ihre modulare Bauweise ermöglicht eine einfache Anpassung an die Filterlänge der Grundwassermessstelle. Das GW-Shuttle ist aus chemisch beständigem, leicht zu reinigendem Edelstahl gefertigt, wobei die Probenspeicherung metallfrei erfolgt.

### **Vorteile gegenüber herkömmlichen Probenahmen**

Das Probenahmesystem /4/ zeichnet sich durch folgende Vorteile gegenüber herkömmlichen Probenahmen aus:

1. Ein vom Luft-Wasser-Kontakt abgegrenzter Raum wird im Messstellenrohr erzeugt.
2. Vertikale Konvektion wird verhindert, so dass unverfälschtes, d. h. aus der an dieser Stelle das Filterrohr schneidenden Strombahn entstammendes Grundwasser gewonnen wird.
3. Die Grundwasserprobe wird zustandserhaltend, d. h. druckgradientminimiert, und teufengerecht entnommen und nach Übertage transportiert.
4. Zusätzlich werden Veränderungen der Beschaffenheit im Grundwasserleiter im Umfeld der Messstelle verhindert.
5. Es handelt sich um eine technisch einfache und durch wiederverwendbare Komponenten kostengünstige Grundwasserbeprobung.
6. Das System verursacht geringe Einsatz- und Wartungskosten und weist eine hohe Langzeitstabilität auf.
7. Die Nachrüstung regelgerecht erstellter und geprüfter Grundwassermessstellen ist möglich.



**PROBENAHMESYSTEM: GW-Shuttle und GW-Station**

Bild 3

## Einsatzbereich

Das verfälschungsfreie Grundwasser-Probenahmesystem kann in jede regelgerecht hergestellte Grundwassermessstelle eingebaut oder nachgerüstet, aber auch zur Wartung wieder entfernt werden. Das Probenvolumen, bestimmt durch das GW-Shuttle, beträgt derzeit einen Liter. Größere Probenvolumina sind möglich.

Das System zur Gewinnung nahezu ungestörter Grundwasserproben ist für alle Probenahmen relevant, bei denen eine hohe Genauigkeit erforderlich ist. Eine langfristig verfälschungsfreie Beprobung des Grundwassers ist insbesondere unerlässlich im Falle des Monitorings von Natural Attenuation Prozessen (NA-Prozessen – natürlicherweise im Untergrund ablaufende Abbau- und Rückhalteprozesse). Treten während einer langzeitlichen Beprobung in einer Messstelle Verfälschungen der Wasserbeschaffenheit durch unerwünschte Vertikalströmungen auf, kann dies einen NA-Prozess vortäuschen /5/. Das Verfahren ist nicht anwendbar bei defekter Ringraumabdichtung, bei langen Filtern oder Filterkiesschüttungen, die grobkörniger als das Grundwasserleitermaterial sind /3/.

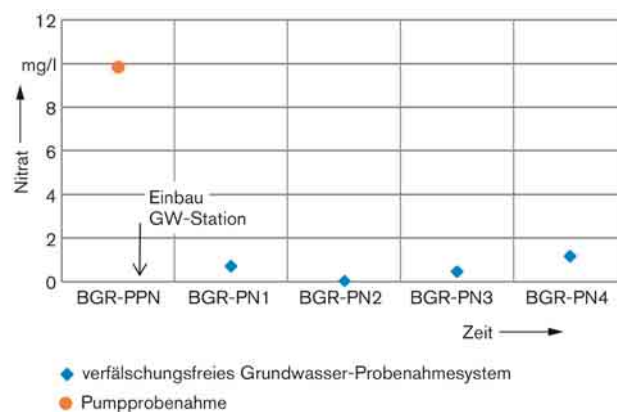
## Ablauf der Probenahme

Ein Abpumpen der Grundwassermessstelle kann entfallen, da aufgrund der eingebauten GW-Station keine Verbindung zwischen Probensammelraum und Atmosphäre existiert. Die dabei eingesparte Zeit steht für die zustandserhaltende druckgradientminimierte Probenahme mit dem GW-Shuttle zur Verfügung. Um eine Grundwasserprobe zu entnehmen, wird das GW-Shuttle in die Messstelle eingefahren und an die GW-Station angedockt (Bild 2, links). Beim Andocken öffnet sich ein Ventil und ein Spülvorgang wird eingeleitet. Dabei wird mit frischem Grundwasser der Verbindungsweg zwischen Probenahmeort und Probenbeutel gespült. Das Spülwasser gelangt nicht in den Probenbeutel; es wird abgeschlagen. Anschließend erfolgt die Probenahme. Das Einströmen der Grundwasserprobe in den Probenbeutel wird dabei durch sanfte Verringerung

des Gegendrucks im Probenbehälter erreicht (Bild 2 Mitte, rechts). Damit wird die Wasserprobe unter in-situ Druck stehend in den druckhaltenden, austausch-

baren Probenbehälter befördert. Nach Abschluss der Probenahme wird das GW-Shuttle von der GW-Station abgedockt und aus der Messstelle ausgefahren (Bild 2, rechts). Der gefüllte Probenbehälter wird entnommen (Bild 3) und entsprechend den Vorschriften beim Transport ins Labor kühl gelagert. Zur Entnahme einer weiteren Probe wird ein neuer Probenbehälter in das GW-Shuttle eingesetzt.

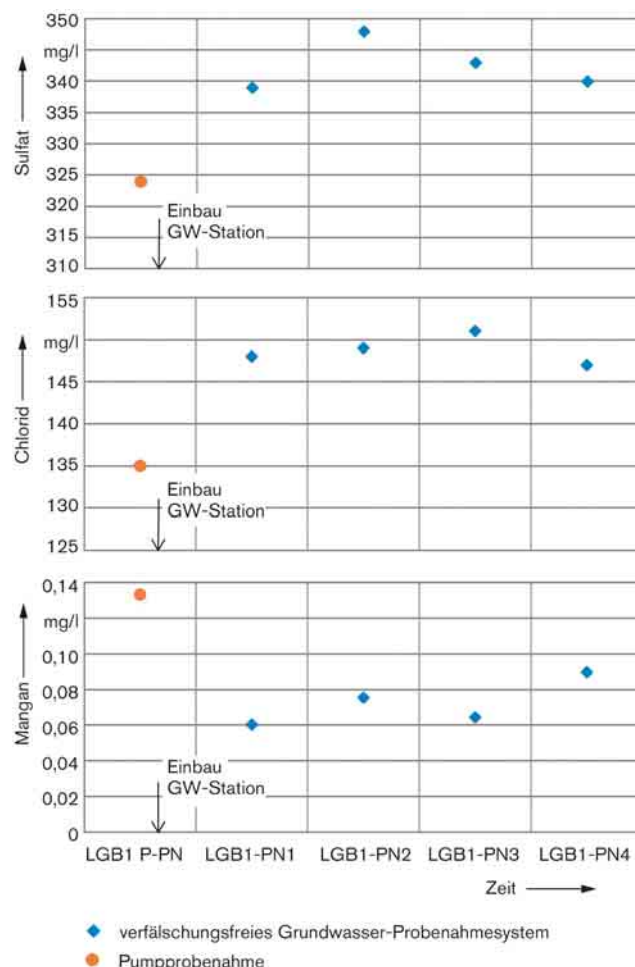
Die Dauer der Probenahme richtet sich nach dem Grad der Druckgradientminimierung d. h., die Druckdifferenz, die möglichst klein gewählt werden sollte,



**Beispiel 1**

**ANALYSE-ERGEBNISSE:**  
Nitratgehalt in der Wasserprobe vor (oranger Punkt) und nach (blaue Rauten) dem Einbau der GW-Station in die Grundwassermessstelle

Bild 4



**Beispiel 2**

**ANALYSE-ERGEBNISSE:**  
Sulfat-, Chlorid- und Mangan-gehalt in der Wasserprobe vor (oranger Punkt) und nach (blaue Rauten) dem Einbau der GW-Station in die Grundwassermessstelle

Bild 5

bestimmt die Geschwindigkeit des Einstromens der Probe.

**Fallbeispiele**

Funktionsmuster, die in Zusammenarbeit mit UGT Müncheberg gebaut wurden (Bild 3), sind in exemplarisch ausgewählten Grundwassermessstellen zu Langzeitmessungen eingesetzt.

Ausgewählt wurden eine Grundwassermessstelle auf dem Gelände des Grundwasser-Zentrums Dresden mit einem 3-m-Filter im Bereich von Festgestein und eine Grundwassermessstelle auf dem Gelände der BGR, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Außenstelle Berlin, mit einem 2-m-Filter im Bereich von Lockergestein.

Ziel war zum einen die Einschätzung der Funktionsfähigkeit des Gesamtsystems und zum anderen die Gegenüberstellung der Wasserproben, die mit der klassischen Beprobungstechnik gewonnen wurden mit denen, die mit dem neuen verfälschungsfreien Grundwasser-Probenahmesystem gewonnen wurden.

Zum Vergleich wurde in den Grundwassermessstellen zunächst eine klassische Pumpprobenahme unter Beachtung der geltenden Regelwerke zur Grundwasserprobenahme durchgeführt. Danach wurde in jeder der beiden Grundwassermessstellen eine GW-Station fest installiert. Mit dem GW-Shuttle wird seitdem eine regelmäßige Grundwasser-Probenahme durchgeführt. Analysiert wurden und werden die entnommenen Wasserproben jeweils im hauseigenen, akkreditierten Labor. Dabei kommen folgende Verfahren zum Einsatz:

**I** ICP: Bestimmung von gelösten Elementen durch induktiv gekoppelte Plasma-Atom-Emissionsspektrometrie nach DIN EN ISO 11885 (E22)

**I** IC: Bestimmung von Anionen in wässrigen Proben mittels Ionenchromatographie nach DIN EN ISO 10304

**I** Bestimmung von TIC (gesamter anorganischer Kohlenstoff) und TOC (gesamter organischer Kohlenstoff) in wässrigen Proben nach DIN EN 1484.

Die Datenreihen der entnommenen Grundwasserproben zeigen, wie erwar-

**Dank**

Die Autoren danken dem BMBF, Projektträger Karlsruhe, für die Projektförderung unter dem FKZ 0330525. Die weiterführende Verwertung der in diesem Projekt erzielten FuE-Ergebnisse wird vom BMWi aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages unter den FKZ IW072066 und MF090094 gefördert.

tet, in beiden Grundwassermessstellen eine Änderung der hydrochemischen Parameter in der Zeit nach dem Einbau der GW-Station. Auch zeigt sich in den hydrochemischen Parametern z. T. ein deutlicher Unterschied zwischen der Wasserprobe aus der klassischen Pumpprobenahme und der Wasserprobe aus der Beprobung mit dem neuen verfälschungsfreien Grundwasser-Probenahmesystem. Als Beispiel ist in Bild 4 die Änderung des in der Probe nachgewiesenen Nitratgehalts in der Messstelle auf dem Gelände der BGR dargestellt. Durch den Einbau der GW-Station wird der konvektive Sauerstoffeintrag über die Messstelle in das anaerobe Grundwasser verhindert, wodurch die sauerstoffbedingte Umwandlung von Ammonium zu Nitrat unterbunden wird.

Ein weiteres Beispiel zeigt Bild 5. In der Messstelle auf dem Gelände des Grundwasser-Zentrums Dresden wird durch den Einbau der GW-Station vor allem eine Kurzschlussströmung zwischen zwei Filterbereichen verhindert. Die Kurzschlussströmung führte zu einer Mischung von Wässern unterschiedlichen Chemismus. Man erkennt nach dem Einbau der GW-Station deutlich die Änderung der chemischen Zusammensetzung der Probe, die nun repräsentativ für das am Probenahmeort zuströmende Wasser ist.

Die Analyseergebnisse aus beiden Grundwassermessstellen zeigen eindrucksvoll die Verbesserung der Repräsentativität der Wasserprobe durch den Einsatz des neuen Systems.

**Fazit und Ausblick**

In nahezu allen Grundwassermessstellen, darunter auch viele regelgerecht ausgebaute, sind insbesondere freie Konvektionsströmungen vorhanden. Die beschaffenheitsverändernde Wirkung vertikaler Strömungen beeinträchtigt die Repräsentativität von Grundwasserproben. Daraus ergibt sich die wesentliche Konsequenz, dass Grundwassermessstellen, bei denen eine Probenahme mit hoher Genauigkeit erforderlich ist, nicht mit den klassischen Methoden beprobt werden sollten.

Eine Lösungsmöglichkeit stellt die nachträgliche Installation verfälschungsfreier Probenahmesysteme in geprüfte Messstellen dar. Um vorhandene, regelgerecht ausgebaute Grundwassermessstellen nicht aufwändig erneuern zu müssen, wurde ein Einbauelement zur verfälschungsfreien Entnahme von Grundwasserproben entwickelt /4/.

Das aus zwei Teilgeräten bestehende System dient der Gewinnung einer in ihrer Beschaffenheit unverfälschten Grundwasserprobe mit Erhalt wesentlicher Zustandsparameter (Druck und damit gelöste Gase). Das System zeichnet sich durch geringe Betriebskosten, einen vergleichsweise geringen Wartungsaufwand und ein großes Probenahmevermögen aus. Es besteht aus technisch einfachen, wiederverwendbaren Komponenten. Eine deutliche Verbesserung der Repräsentativität der Wasserprobe durch den Einsatz des neuen Systems wurde bestätigt.

Mit UGT Müncheberg als Industriepartner wird die breite Praxiseinführung des verfälschungsfreien Grundwasser-Probenahmesystems vorangetrieben.

**LITERATUR**

/1/ Berthold, S. (2009): Geophysikalischer Nachweis freier Konvektion in Grundwassermessstellen und Bohrungen, Dissertation, Proceedings des DGFZ e. V., H. 39  
 /2/ Barczewski, B.; Grimm-Strehle, J.; Bisch, G. (1993): Überprüfung der Eignung von Grundwasserbeschaffenheitsmessstellen. In: Wasserwirtschaft, 83 (1993) 2, S. 72 - 78  
 /3/ Vorrichtung und Verfahren zur Gewinnung unverfälschter Grundwasserproben. In: Michels J., Stuhmann M., Frey C., Koschitzky H.-P. (Hrsg.), Handlungsempfehlungen mit Methodensammlung, Natürliche Schadstoffminderung bei der Sanierung von Altlasten. VEGAS, Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart, DECHEMA e. V. Frankfurt, S. 202 - 203  
 /4/ DE 10 2004 041 334 B3: Vorrichtung zur verfälschungsfreien tiefenbezogenen isobaren Entnahme von Grundwasserproben, Börner F. und Luckner L., 2006  
 /5/ Börner, F.; Berthold, S. (2009): Vertical flows in groundwater monitoring wells, In: Kirsch, R. (ed.), Groundwater Geophysics - A Tool for Hydrogeology, 2nd ed., Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, S. 367 - 389

**KONTAKT**

Dr. Susann BERTHOLD  
 Dr. habil. Frank BÖRNER  
 Prof. Dr.-Ing. habil. Ludwig LUCKNER  
 Grundwasser-Zentrum Dresden  
 01217 Dresden · Meraner Straße 10  
 Tel.: 0351/4050673  
 E-Mail: sberthold@dgfz.de

Sie benötigen **Sonderdrucke** Ihrer Fachbeiträge, um

- I** Geschäftspartner zu informieren,
- I** die Präsentations-Unterlagen aufzuwerten,
- I** die Imagewerbung zu intensivieren,
- I** Mitarbeiter weiterzubilden?

Möchten Sie nähere Informationen?  
 Unter Telefon (030) 42151-403/-456 beraten wir Sie gern.