



# Tagungsbeiträge Grundwassermonitoring und -probennahme 2016



29. September bis 1. Oktober 2016 in der Leopoldina/ Halle (Saale)

## Schwerpunkte:

- Grundwasserprobennahme - Grundlagen und Fehlerquellen
- EUA- und Nitratmessnetz
- Hydrobiologie
- Grundlagen und Funktionsprüfung
- Monitoring und parameterspezifische Auswertungen



## Grundwassermonitoring und –probennahme 2016 – Programm

### Donnerstag, 29.9.2016

- 09:30 Begrüßung**  
Burkhard Henning (Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt)
- 09:45 Grundwasser im 2. Bewirtschaftungsplan nach EG-WRRL – Zwischen neuer GrwV und Bericht-  
erstattung an die EU-KOM**  
Mathias Weiland (Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt) S.5
- 10:15 EUA-Messnetz**  
Astrid Krüger (Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz) S.8
- 10:45 Kaffeepause
- Block 1: Grundwasserprobennahme - Grundlagen und Fehlerquellen  
Moderation: Angela Hermsdorf (Landesamt für Umwelt Brandenburg)
- 11:15 Grundlagen zur klassischen Grundwasserprobennahme und Stand zum Merkblatt Funktionsprü-  
fung**  
Peter Börke (Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie) S.11
- 11:45 Bedeutung der Vor-Ort-Messung von Grund- wasser-Milieukennwerten – Probleme und Lösun-  
gen**  
Claus Nitsche (BGD GmbH Dresden) S.14
- 12:15 Qualitätsprüfung und -sicherung von Grundwasserproben**  
Norbert Klaas (Universität Stuttgart) S.21
- 12:45 Mittagspause
- 13:45 Erfahrungen bei der Probenahme an tiefen Grundwasserbeschaffenheitsmessstellen -  
Messfahrzeug und Einsatzmöglichkeiten im Grundwasser**  
Annia Greif, Sven Eulenberger (Wismut GmbH) S.23
- 14:15 Akkreditierung von Stellen, die Grundwasser- probennahmen durchführen**  
Frank Küchler (DAKKS - Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH)
- Block 2: Hydrobiologie  
Moderation: Eike Barthel (Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt)
- 14:45 Mikrobiologie im Berliner Trink- und Grundwasser**  
Uta Böckelmann (Berliner Wasserbetriebe) S.28
- 15:15 Kaffeepause
- 15:45 Quellenfauna im Nationalpark Harz und Aspekte zur Trinkwasserversorgung**  
Holger Schindler, Hans Jürgen Hahn (IGÖ GmbH Landau) S.34
- 16:15 Tierschau - Vorführung lebender Quellorganismen**  
Hans Jürgen Hahn, Holger Schindler (IGÖ GmbH Landau) S.36

ca. 17:00 Ende des 1. Veranstaltungstages

### **Rahmenprogramm:**

18:00 Stadtführung durch Halle (Saale), Start: Moritzburg  
19:30 Abendveranstaltung im Restaurant Saalekahn

## **Freitag, 30.9.2016**

Block 3: Grundlagen und Funktionsprüfung

Moderation: Peter Börke (Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie)

- 08:30 Stichtagsmessung Sachsen**  
Kathrin Brinschwitz (Fugro Consult GmbH) S.41
- 09:00 Funktionsprüfung an Grundwassermessstellen mit Beispielen aus Sachsen**  
Michael Maurer (BBI GmbH Gommern) S.48
- 09:30 Erkundung von eisenhaltigen Grundwasserzuströmen in Gewässern der Bergbaufolgelandschaften**  
Fabian Musche (Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden) S.57

10:00 Kaffeepause

Block 4: Monitoring und parameterspezifische Auswertungen

Moderation: Heiko Ihling (Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie)

- 10:20 Praktische Erfahrungen beim Grundwasser- monitoring der LMBV in Brandenburg**  
Jörn Günther (IWB GmbH) S.58
- 10:50 Schwefel- und Sauerstoffisotope in der Anwendung zu Grund- und Oberflächenwasser**  
Frank Haubrich (G.E.O.S. Freiberg)
- 11:20 Verbleibende Zeit des Nitratabbaues im ober- flächennahen Grundwasser Deutschlands**  
Stephan Hannappel (Hydro Consult GmbH) S.63
- 11:50 EU-Nitratbericht 2016 - Entwicklung der Nitratbelastung des Grundwassers in Deutschland**  
Rüdiger Wolter (Umweltbundesamt) S.75

**12:20 Schlusswort**

12:45 Abfahrt mit Bussen zum Praktikum

13:00 Mittagspause

Block 5: Praktikum im Geologischen Garten der Martin- Luther-Universität Halle-Wittenberg

14:00 bis 17:00 Uhr (*Rückfahrt individuell mit ÖPNV*)

Praktikumsstationen:

1. Probennahmefahrzeug
2. Tiefenprobennahme
3. Multiparametersonden
4. Vorstellung ausgewählter Bohrkerne
5. Drucksonden mit Datenloggern

## **Samstag, 1.10.2016**

Block 6: Exkursion zum ErlebnisZentrum Bergbau - Röhrigschacht Wettelrode

08:30 Bustransfer ab Halle (Saale), Leopoldina e. V.

ca.14:00 Rückkehr nach Halle (Saale), Hauptbahnhof

---

Bearbeiter: Mathias Weiland  
E-Mail: [mathias.weiland@lhw.mlu.sachsen-anhalt.de](mailto:mathias.weiland@lhw.mlu.sachsen-anhalt.de)  
Tel.: 0391-5281361  
Redaktionsschluss: 22.08.2016

## **Grundwasser im 2. Bewirtschaftungsplan nach EG-WRRL – Zwischen neuer GrwV und Berichterstattung an die EU-KOM**

Die Fortschreibung und Aktualisierung des Bewirtschaftungsplans für den Zeitraum 2016 bis 2021 brachte für das Grundwasser Veränderungen mit sich. Die Grundlagen für den ersten Bewirtschaftungsplan bildeten die EG-WRRL 2000/60/EG sowie die europäische Grundwasserrichtlinie (GrwRL) 2006/118/EG. Dort waren im Anhang I lediglich Qualitätsnormen für Nitrat und Pflanzenschutzmittel enthalten. Im Anhang II war eine Mindestliste von Schadstoffen aufgeführt, für die jedoch noch keine Schwellenwerte vorlagen. Hier wurde sich an den Geringfügigkeitsschwellenwerten der LAWA orientiert. Die Schwellenwerte sollten erst durch die Mitgliedsstaaten bis Ende 2008 festgelegt werden.

Mit Inkrafttreten der Grundwasserverordnung (GrwV) im November 2010 wurde diese Forderung in Deutschland berücksichtigt. Damit erfolgte die Umsetzung der GrwRL in deutsches Recht auf Bundesebene. Die dortige Anlage 2 enthält für zehn Stoffe Schwellenwerte, die bei der Bewertung des chemischen Zustands zu berücksichtigen sind. Sie präzisiert und vereinheitlicht somit die für Bund, Länder und Gemeinden bereits bestehenden Verpflichtungen zum Grundwasserschutz aus der EG-WRRL und der GrwRL.

Für den chemischen Zustand der Grundwasserkörper sind im Wesentlichen die §§ 5 bis 7 einschließlich der entsprechenden Anlagen wesentlich, die die Beurteilungskriterien, die Ermittlung und die Einstufung des chemischen Grundwasserzustands beinhalten. Von Bedeutung ist noch, dass die zuständigen Behörden abweichende Schwellenwerte unter Berücksichtigung landesspezifischer Hintergrundwerte festlegen können, wenn besondere natürliche hydrogeologische Gegebenheiten dies anzeigen. Davon wurde im Bewirtschaftungsplan von einigen Ländern der FGG Elbe Gebrauch gemacht. Auch die Überwachung des Grundwasserzustands wurde in der GrwV geregelt und weiter konkretisiert. Die Messnetze in den Ländern wurden dabei den ermittelten Belastungen und Monitoringergeb-

nissen angepasst. Die Datenbasis insgesamt hat sich gegenüber dem ersten Bewirtschaftungsplan deutlich verbessert.

Die mit dem Inkrafttreten der GrwV 2010 beschriebenen Neuerungen haben insgesamt zu Veränderungen bei der Zustandsbewertung im Grundwasser geführt. Neben Änderungen bei den Bewertungsverfahren und der Berücksichtigung von Hintergrundbelastungen spielen aber auch die angesprochene Anpassung und Verdichtung der Messnetze sowie die verbesserten und erweiterten Datengrundlagen eine Rolle. Selten sind reale Verbesserungen oder Verschlechterungen der Grund einer anderen Beurteilung.

Die Berichterstattung an die EU-Kommission für alle erhobenen Daten und Bewertungen (sog. Reporting) erfolgt auf elektronischem Weg nach WISE (Water Information System for Europe). Dabei werden u.a. Daten, Formulare, Statistiken, Berichte und Methodenpapiere einheitlich erfasst. Erreicht wird damit, dass eine systematisch und europaweit vergleichbare Datenlieferung erfolgt. Das Ziel soll in einer Vereinfachung, Verschlankung, Standardisierung und Streamlining der Berichterstattung bestehen.

Gegenüber der bisherigen Berichterstattung ergeben sich allerdings wesentliche Änderungen hinsichtlich Inhalt und Umfang und es kommt zu einer Entflechtung zahlreicher Inhalte. Da die neuen Vorgaben der EU für die Berichterstattung erst Mitte 2015 vorlagen, erfolgte die Meldung der Ergebnisse des 2. Bewirtschaftungsplans noch nach dem alten Datenmodell. Um die Umsetzung in das neue Modell zu gewährleisten, war deshalb bis zum Februar/März 2016 eine zusätzliche Datenlieferung der Länder an die EU notwendig.

Da die neuen Vorgaben zum Teil Forderungen nach Daten beinhalten, die in den Ländern nicht sofort verfügbar sind und waren, werden die Daten zur Lieferung in drei Kategorien eingeteilt.

- Kategorie I - Daten vorhanden, mit geringem Aufwand in das neue Datenmodell überführbar  
- Lieferung im März 2016
- Kategorie II - Daten sind nur mit größerem Aufwand überführbar (arbeitsintensive Aufbereitung und Anpassung notwendig)  
- Lieferung bis Ende 2016
- Kategorie III - Daten müssen in der geforderten Form erst noch ermittelt werden, teilweise noch Abstimmungen zu Inhalt und Methodik auf LAWA-Ebene notwendig  
- Lieferung bis Ende 2021

Die Meldung der Ergebnisse erfolgt in den Datensablonen. Eine Übersicht über Anzahl und Inhalt der Schablonen mit Grundwasserbezug gibt nachfolgende Übersicht. Ersichtlich sind daraus auch die eingetretenen Änderungen.

<b>Schablone</b>	<b>Inhalt</b>	<b>Status</b>
GWBODYGEOM	Geometrie GWK	unverändert
WFD_GWBODYCHARACTER	Bestandsaufnahme	ergänzt, umstrukturiert
WFD_GWBODYSTATUS	Zustandsbewertung	geändert
WFD_GWSTN	Messstellen (Menge u. Chemie)	geändert
WFD_CHEMSTGW	Zustand u. Monitoring Chemie	neu bzw. umstrukturiert
CHEM_MON	Monitoring Messstellen Chemie	neu
WFD_WBEXEMPT	Ausnahmen	ergänzt, umstrukturiert
WFD_MSPROG	Maßnahmeprogramm	geändert, umstrukturiert
IMPDRIVER	Belastungsverursacher	neu
INDICATORGAP	Quantifizierung der Zielverfehlung	neu

Mit Hilfe der elektronischen Berichterstattung werden der EU Daten und Informationen in einheitlicher Form zur Verfügung gestellt. Durch die veränderten und angepassten Inhalte soll es zudem möglich sein, eine Bewertung der Fortschritte beim Erreichen der Umweltziele vorzunehmen und festzustellen, welche Erfolge seit der Verabschiedung der ersten Bewirtschaftungspläne im Jahr 2009 für das Schutzgut Grundwasser erreicht wurden.



**Niedersächsisches Ministerium  
für Umwelt, Energie und Klimaschutz**

**Referat 23: Grundwasser, Wasserversorgung, Fachplanungs-  
und Datenmanagement, Gewässerkundlicher Landesdienst**

**Archivstr. 2  
30169 Hannover**

Internet: <http://www.umwelt.niedersachsen.de/startseite/>

---

Bearbeiter: Dr. Astrid Krüger  
E-Mail: [astrid.krueger@mu.niedersachsen.de](mailto:astrid.krueger@mu.niedersachsen.de)  
Tel.: Tel: 0511/120-3348, Fax: 0511/120-993348  
Redaktionsschluss: TT.MM.JJJJ

## **EUA-Messnetz**

### **Neugestaltung von EUA- und Nitratmessnetz ab 2016**

Die regelmäßige Berichterstattung an die Europäische Kommission bzw. die Europäische Umweltagentur (EUA) über den Grundwasserzustand in Deutschland basiert auf einem zwischen den Bundesländern abgestimmten Messnetz, dem sogenannten EUA-Messnetz. Hierzu wurden entsprechend einer seit 1999 bestehenden Verwaltungsvereinbarung insgesamt ca. 800 repräsentative Messstellen von den Bundesländern eigenverantwortlich beprobt. Die Messergebnisse werden vom Umweltbundesamt zusammengeführt und der EUA in einem jährlichen Bericht vorgelegt.

Die Anzahl der Messstellen entspricht der Flächengröße eines jeden Bundeslandes und die Messstellen wurden derart ausgewählt, dass sie in ihrer Summe repräsentativ für die Belastung des Grundwassers sind.

Neben dem EUA-Messnetz wird das EU-Nitratmessnetz als zweites bundesweites Grundwassermessnetz für die Berichterstattung gegenüber der Kommission genutzt. Es stellt die Grundlage für die Erfüllung der Berichtspflicht aus der Nitratrichtlinie, die alle vier Jahre zu bedienen ist. Entsprechend des Artikels 5 dient das Messnetz dazu, die Wirksamkeit der Aktionsprogramme beurteilen zu können. Hierzu soll in den Mitgliedstaaten, die ihr gesamtes Gebiet als „nitratsensibel“ ausgewiesen haben, wie zum Beispiel Deutschland, der Nitratgehalt der Gewässer (Oberflächengewässer und Grundwasser) an ausgewählten Messstellen ermittelt werden, an denen der Grad der Nitratverunreinigung der Gewässer aus landwirtschaftlichen Quellen festgestellt werden kann.

Vor diesem Hintergrund ist im Jahr 1996 das EU-Nitratmessnetz in Deutschland mit seinen nunmehr gut 160 Messstellen als Belastungsmessnetz ausgewiesen worden. Das heißt, auch hier entspricht die Anzahl der Messstellen der Flächengröße eines jeden Bundeslandes, die Messstellen weisen jedoch grundsätzlich signifikante Belastungen durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen auf und liegen in Regionen, in denen Nitratbelastungen aus der Landwirtschaft häufiger auftreten.

In der Konsequenz dieser Messstellenauswahl ist das Messergebnis des bisherigen Nitrat-Messnetzes nicht repräsentativ für die flächendeckende Nitratkonzentration im Grundwasser, sondern spiegelt den Teil des Grundwassers wieder, der maßgeblich durch den Nitratreintrag aus der Landwirtschaft geprägt ist.

Andere Mitgliedstaaten haben bei der Messnetzkonzeption einen deutlich anderen Weg beschritten. Sie haben ein für das gesamte Staatsgebiet repräsentatives EU-Nitratmessnetz aufgestellt, häufig auch unter Nutzung des Messnetzes zum Monitoring gemäß Wasserrahmenrichtlinie.

Der von der EU-Kommission auf dieser Basis im Oktober 2013 durchgeführte Vergleich der von den Mitgliedstaaten gemeldeten Messdaten führt dementsprechend zu einem verzerrten Bild, da hier Daten aus repräsentativen Messnetzen mit solchen aus Belastungsmessnetzen verglichen werden.

Deutschland würde demnach nach Malta die zweithöchste Nitratbelastung des Grundwassers in der gesamten EU aufweisen.

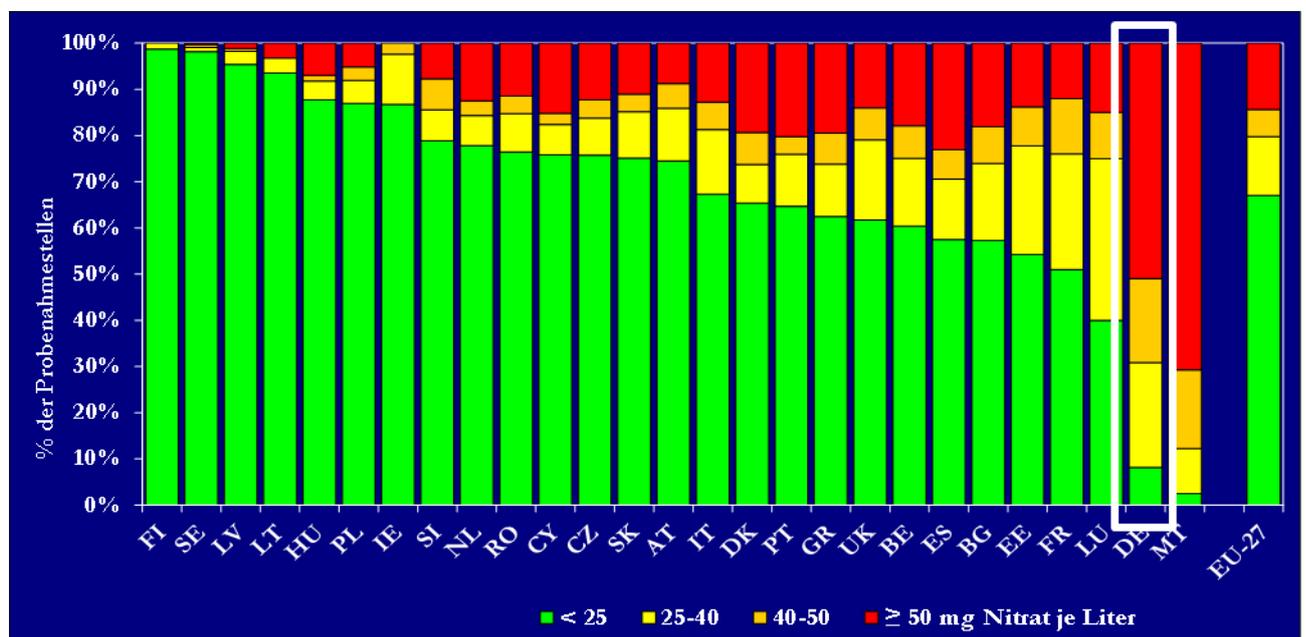


Abbildung zur Häufigkeit der Grundwasserarten (Jahresdurchschnitt der Nitratkonzentrationen), aus BERICHT DER KOMMISSION AN DEN RAT UND DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT über die Umsetzung der Nitratrichtlinie; Berichte der Mitgliedstaaten für den Zeitraum 2008-2011

Eine zweite Diskrepanz der Messnetze betrifft die Messnetzdichte: Im Durchschnitt aller Mitgliedstaaten liegen 8 Messstellen je 1.000 km<sup>2</sup>. In Deutschland sind es im bisherigen Messnetz ca. 0,4 Messstellen je 1.000 km<sup>2</sup>.

Vor diesem Hintergrund wurde eine Überarbeitung des EU-Nitratmessnetzes für erforderlich gehalten und im Januar 2014 hat der Ausschuss Grundwasser der Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA AG) eine Kleingruppe „EU-Nitratmessnetz“ eingerichtet. Ziel war die Neukonzeptionierung sowohl des EU-Nitratmessnetzes als auch des EUA-Messnetzes.

Die Kleingruppe hat folgende Eckpunkte erarbeitet, auf deren Grundlage durch die Bundesländer die jeweiligen Messstellen identifiziert worden sind:

- Das EUA-Messnetz und das Nitratmessnetz werden zu einem Messnetz vereinigt.
- Das neue EU-Nitratmessnetz bildet eine Teilmenge des neuen EUA-Messnetzes und setzt sich aus allen Messstellen des EUA-Messnetzes, deren Einzugsgebiet landwirtschaftlich geprägt ist.
- Das neue Messnetz sollte (mittelfristig) nur noch aus Messstellen bestehen, die auch gleichzeitig Überblicks- und/oder operative Messstellen gemäß Wasserrahmenrichtlinie sind.
- Die Anzahl der Messstellen pro Bundesland orientiert sich (wie bisher) an der Flächengröße des jeweiligen Bundeslandes.
- Die Auswahl der Messstellen in jedem Bundesland orientiert sich an der tatsächlichen Belastungssituation des Grundwassers im jeweiligen Bundesland. (Die Häufigkeitsverteilung der Belastung im jeweiligen Bundesland sollte durch die Auswahl der Messstellen wiedergegeben werden. Maßstab ist in erster Linie die Nitratverteilung und in zweiter Linie weitere bekannte Belastungen.)
- Die Lage der deutlich und stark belasteten Messstellen orientiert sich an den Belastungsschwerpunkten innerhalb des jeweiligen Landes. In Grundwasserkörpern, die im schlechten Zustand sind, sollte auch eine entsprechend hoch belastete Messstelle liegen, damit ein Zusammenhang zwischen den ausgewählten Messstellen und dem Zustand der Grundwasserkörper erkennbar wird.
- Die bisherigen Messstellen des EUA- und des EU-Nitratmessnetzes sollten soweit möglich ins neue Messnetz übernommen werden.

Im Ergebnis wird bereits ab 2016 sowohl an die Europäische Umweltagentur als auch im Rahmen der Erfüllung der Berichtspflichten nach Nitratrichtlinie auf Basis dieser neu konzipierten Messnetze berichtet. Das EUA-Messnetz weist ca. 1.170 Messstellen auf, von denen eine Teilmenge von 705 Messstellen das EU-Nitratmessnetz bildet.

**Abteilung Wasser, Boden, Wertstoffe**

Zur Wetterwarte 11, 01109 Dresden

Internet: [www.grundwasser.sachsen.de](http://www.grundwasser.sachsen.de)

---

Bearbeiter: Dr. Peter Börke  
E-Mail: [peter.boerke@smul.sachsen.de](mailto:peter.boerke@smul.sachsen.de)  
Tel.: 0351 8928 4300; Fax: 0351 8928-4099  
Redaktionsschluss: 30.08.2016

## **Grundlagen zur klassischen Grundwasserprobennahme und Stand zum Merkblatt Funktionsprüfung**

An den qualitätsgerechten Bau und Ausbau, die Probennahme und die ordnungsgemäße Funktionsweise von Grundwassermessstellen (GWM) werden durch die Landesbehörden besonders hohe Anforderungen gestellt, da auf der Basis von Stands- und Beschaffenheitsdaten aus diesen Grundwassermessstellen langjährige Aussagen für die Gewässerkunde einschließlich nationaler und internationaler Berichtspflichten gewonnen werden müssen. Dazu gehören auch zuverlässige Aussagen für die Maßnahmen- und Bewirtschaftungsplanung gemäß der Europäischen Wasserpolitik.

Der Arbeitskreis Grundwasserbeobachtung hat sich zum Ziel gesetzt, gemeinsame technische Standards und Elemente der Qualitätssicherung in einem Handbuch zur Grundwasserbeobachtung zu erarbeiten.

Das Merkblatt Grundwasserprobennahme wurde im Jahre 2003 vom Arbeitskreis Grundwasserbeobachtung veröffentlicht. Grundlagen für das Merkblatt bilden vor allem die DVWK-Regel 128 »Entnahme und Untersuchungsumfang von Grundwasserproben« (1992) und das DVWK-Merkblatt 45 »Tiefenorientierte Probennahme aus Grundwassermessstellen« (1997).

Schritte einer qualitätsgerechten Grundwasserprobennahme sind demnach:

- Planung der Probennahme inklusive der Vorbereitung von Probennahme-geräten und Probenahmegefäßen
- Qualitätsgerechte Entnahme inklusive der Vor-Ort-Messungen von Förder- bzw. Schüttungsrate und der Einhaltung des hydraulischen und des Beschaffenheitskriteriums
- Qualitätsgerechte Lagerung und Transport der Proben, der Probenübergabe an das Labor einschließlich eindeutiger Identifikation
- Nachbereitung der Probennahme
- Qualitätssicherung der Probennahme

- Arbeits- und Gesundheitsschutz

Im Vortrag wird näher auf typische Fehlerquellen, spezifische bewährte Qualitätssicherungsmaßnahmen wie die Erstellung des Jahresprobenplanes und die Probenlogistik eingegangen.

Das in Bearbeitung befindliche Merkblatt 10: „Funktionsfähigkeitsprüfungen an Grundwassermessstellen“ soll der Unterstützung und Sicherstellung des Betriebs von Grundwassermessstellen der staatlichen Grundwasserbeobachtung dienen. Es kann aber auch zur Umsetzung der wasserrechtlichen Anforderungen für Wasser-, Bodenschutz-, Abfall- und Bergbehörden, Fachbehörden sowie Ingenieurbüros, die mit dem Betrieb von Grundwassermessstellen und Grundwassermessnetzen betraut sind, herangezogen werden.

**Funktionsprüfungen oder Funktionsfähigkeitsprüfungen an GWM (FFP) sind anlassbezogene oder turnusmäßige mit verschiedenen optischen, hydraulischen und geophysikalischen Testverfahren durchgeführte Untersuchungen zur Feststellung der für die jeweilige Betriebsart der GWM ordnungsgemäßen Funktion zur Gewährleistung eines dauerhaften Betriebs.** Je nach Betriebsart (Grundwasserstand, Quellschüttung, Grundwasserbeschaffenheit) und Betriebsweise (Messturnus, ggf. auch Einbauten der Messstelle und Sonderbauten) werden unterschiedliche Verfahren –meist in Kombination, ggf. auch gestaffelt- angewendet. Je nach Messstellentyp, Ausbaudurchmesser und Ausbaumaterialien sind diese Verfahren auch unterschiedlich geeignet, um die Funktionsfähigkeit im Einzelfall einschätzen zu können. Daher müssen die innerhalb von Funktionsfähigkeitsprüfungen angewendeten Verfahren auf die o.g. Bedingungen geprüft und für jeden Messstellentyp bzw. Betriebsartgruppe müssen ein bis zwei Verfahrenskombinationen entwickelt werden, die dann turnusmäßig, ggf. auch im Wechsel (z.B. große, kleine Untersuchung) angewendet werden.

Der Umfang der Funktionsprüfung kann so ausgestaltet werden, dass Standardprogramme erstellt werden, deren Turnus wechselt. In diesem Merkblatt wird als zwei mögliche Standardprogramme zwischen einer einfachen und komplexen Funktionsfähigkeitsprüfung unterschieden.

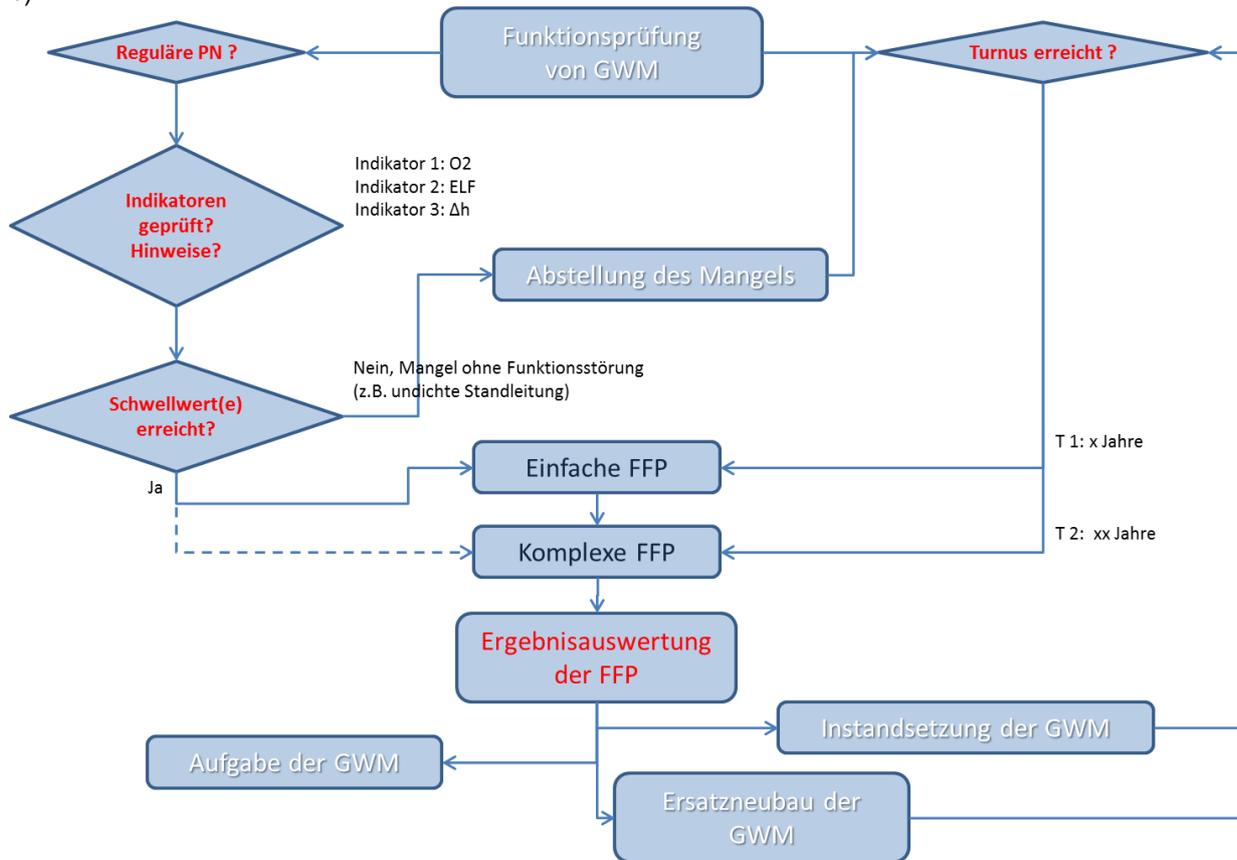
**Bislang unbekannte oder von anderen Betreibern zu übernehmende GWM müssen –sofern diese Untersuchungen vom Vorbetreiber nicht vorliegen oder veraltet sind- mit einer Erstuntersuchung auf ihre Funktionsfähigkeit („Eignungsprüfung“) untersucht und bewertet werden.** Eine Eignungsprüfung kann verschiedene Elemente von einfachen oder komplexen Funktionsfähigkeitsprüfungen beinhalten, oder diese können auch als Übernahmebedingung vereinbart werden.

Vor der Bewertung des Ergebnisses und der daraus abzuleitenden Maßnahmen müssen die Art der Funktionsprüfung festgelegt werden. Dies kann zum Einen gemäß der technischen Regel DVGW W 129 (A) „Eignungsprüfung von Grundwassermessstellen“ in einem festen Turnus bzw. Zyklus mit einem einfachen oder erweiterten Programm oder zum Anderen anlassbezogen nach Indikatoren mangelnder oder eingeschränkter erfolgen. Als Indikatoren werden hier genannt:

- Vergleich von Pumpenförderleistung und Absenkung mit vorhandenen Daten und
- Beobachtung von Ablagerungen auf der Probennahme- und Messtechnik bei deren Ausbau aus der Messstelle

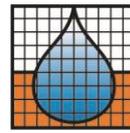
Derzeit werden von Arbeitskreis Grundwasserbeobachtung weitere Indikatoren, sogenannte „Feld- bzw. Auswerteindikatoren“ untersucht und deren Eignung bewertet. Dabei sollen auch Auslöseschwellenwerte, ggf. auch in Kombination verschiedener Indikatoren für anlassbezogenen Funktionsprüfungen entwickelt werden.

Es wurde ein erstes Struktogramm für den Regelablauf von Funktionsprüfungen entwickelt (vgl. Abb. 1)



**Abbildung 1: Regelablauf und Struktogramm von Funktionsprüfungen**

Im Weiteren werden nun die einzelnen Verfahren dokumentiert, bewertet und Standardprogrammen zusammengefasst. Hydraulische Funktionstests sind als oftmals dahingehend konzipiert worden, Gesteinseigenschaften bzw. geohydraulische Systemparameter zu ermitteln. Als einziger hydraulischer Funktionstest, der einen Bewertungsgröße zur Ermittlung der Funktionsfähigkeit ausgibt, gilt der Natermann-Test. Dieser ist aber –insbesondere in Sachsen- nur sehr eingeschränkt anwendbar. Darüber hinaus kann aber jede Grundwasserprobennahme als ein Kurzpumpversuch angesehen und entsprechend interpretiert werden. Daher ist eine kontinuierliche Aufzeichnung und Dokumentation der Absenkungsbeträge von großem Vorteil und Veränderungen über die jeweiligen Probenzeiträume können als ein Indikator für Veränderungen der Ringraumbeschaffenheit und Prüfkriterium für die Durchführung einer Funktionsprüfung herangezogen werden.



**BGD - Boden- und  
Grundwasserlabor  
GmbH Dresden**

Tiergartenstraße 48, 01219 Dresden

Internet: [www.bgd-gmbh.de](http://www.bgd-gmbh.de)

---

Bearbeiter: Claus Nitsche  
E-Mail: [cnitsche@bgd-gmbh.de](mailto:cnitsche@bgd-gmbh.de)  
Tel.: 0351 438 99 030; Fax: 0351 438 99 039  
Redaktionsschluss: 12.08.2016

## **Bedeutung der Vor-Ort-Messung von Grundwasser- Milieukennwerten – Probleme und Lösungen**

### **Einleitung**

Die Entnahme von Grundwasserproben ist im DVGW Arbeitsblatt W 112 „Grundsätze der Grundwasserprobennahme aus Grundwassermessstellen“ (2011) bzw. dem gleichnamigen DWA-Arbeitsblatt A 909 geregelt. Im Vergleich zu den vorherigen Regelwerken (DVWK 128/1992 und DVWK 245/ 1997) wird als Abbruchkriterium der Abpumpphase nur noch das hydraulische Kriterium verwendet, ab dem die Entnahme einer Grundwasserprobe erfolgt. Die Konstanz der Milieukennwerte: Sauerstoff, elektrische Leitfähigkeit, Redoxspannung, pH-Wert und Temperatur ist in den genannten Regelwerken nicht mehr enthalten. Die Messung dieser Werte erfolgt hinsichtlich folgender Zielstellungen:

- ⇒ zur Charakterisierung der Grundwasserprobe zum Zeitpunkt der Entnahme, um transport- und lagerungsbedingte Veränderungen vor Beginn der analytischen Untersuchungen über die Messung von pH-Wert, elektrischer Leitfähigkeit und Temperatur bewerten zu können und
- ⇒ zur Qualitätssicherung der Grundwasserprobennahme durch Plausibilitätsprüfungen der zeitlichen Verläufe der Milieukennwerte während der Abpumpphase.

### **Vorbereitung der Geräte zur Messung der Grundwasser-Milieukennwerte**

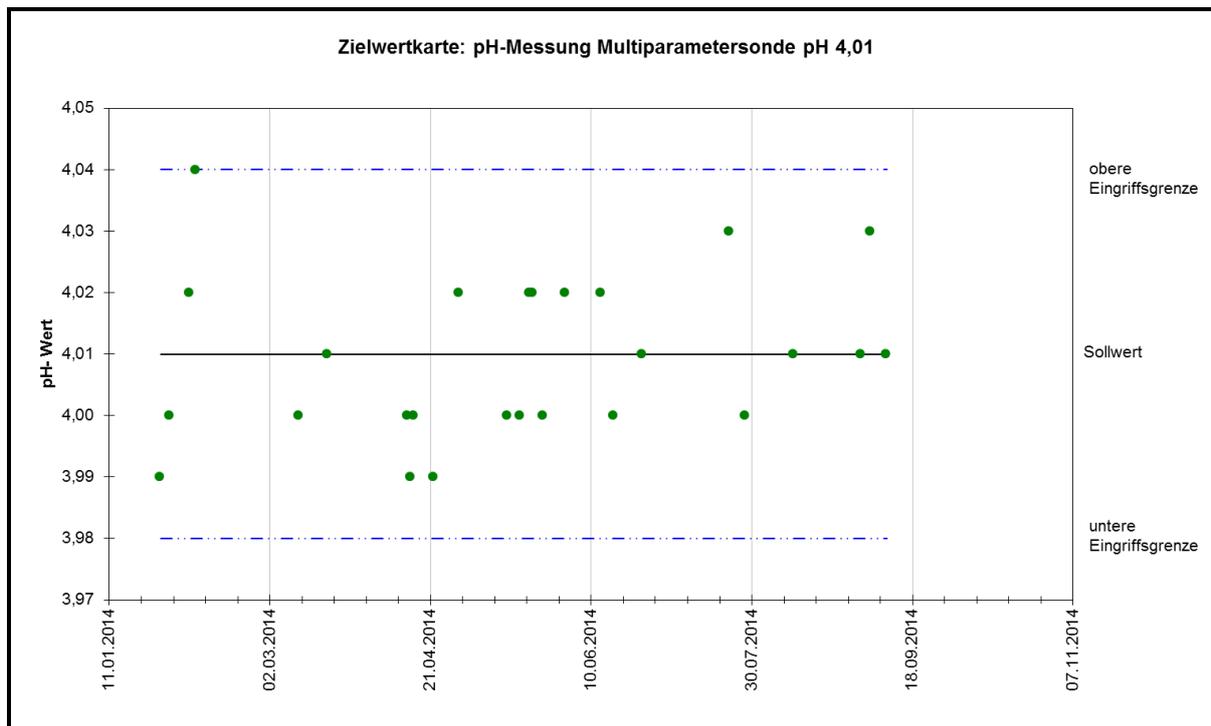
Die Vorbereitung der Geräte zur Messung der Grundwasser-Milieukennwerte erfolgt stets vor Beginn der Grundwasserprobennahme und beinhaltet zunächst deren Prüfung hinsichtlich der Einhaltung der Qualitätszielgrößen. Hierbei wird zwischen Mittelwert- und Zielwertkontrollkarten unterschieden. Jedes Feldmessgerät mit dazugehöriger Elektrode erhält eine Mittelwert- oder Zielwertkontrollkarte. Während

bei Zielwertkontrollkarten feste, in Normen verankerte Grenzwerte einzuhalten sind, werden die Mittelwertkontrollkarten durch den Bearbeiter selbst erstellt.

Für die pH-Wertmessung gelten feste Grenzen, die in der DIN EN ISO 10523: Pkt. 9.2 Kalibrieren und Justieren der Messeinrichtung enthalten sind: „Die gemessenen Werte dürfen um nicht mehr als 0,03 vom jeweiligen Sollwert abweichen.“. Beträgt der Soll-Wert pH 4,01 bzw. pH 6,87, so gilt:

$$3,98 < \mathbf{4,01} < 4,04 \text{ bzw. } 6,84 < \mathbf{6,87} < 6,90$$

Eine für den Soll-Wert pH 4,01 geltende Zielwertkontrollkarte wurde in der Abbildung 1 dargestellt. Darin eingetragen sind die mit einem unabhängigen Standard pH 4,01 gemessenen pH-Werte.



**Abbildung 2: Darstellung einer Zielwertkarte für den pH-Wert 4,01 mit darin eingetragenen Messwerten (ermittelt mit einem unabhängigen Standard pH 4,01 und der zu prüfenden Multiparametersonde; BGD: D. Tesche)**

Mittelwertkontrollkarten werden für die Qualitätssicherung bei der Messung der elektrischen Leitfähigkeit, Redoxspannung und Sauerstoffkonzentration/ -sättigung durch den Bearbeiter messsystemspezifisch (Messgerät mit Elektrode) angelegt.

Wird die Mittelwertkontrollkarte für die elektrische Leitfähigkeit erstellt, so ist das Messsystem zunächst mit einem abhängigen Standard zu kalibrieren.

Bei der Erstellung der Mittelwertkontrollkarte für die Redoxspannung wird die Elektrode mit dem zu verwendenden Messgerät und der abhängigen Redox-Prüflösung verwendet. Wird dabei festgestellt, dass der Messwert vom Prüfwert um mehr als 15 mV abweicht, so ist die Elektrode zu regenerieren

(Fett und Öl mit spülmittelhaltigem Wasser entfernen, Kalk- und Hydroxidbeläge kurz in verdünnte Säure halten) bzw. durch eine neue Elektrode zu ersetzen.

Bei der Sauerstoff- Mittelwertkontrollkarte wird anstelle der abhängigen Prüflösung sauerstoffgesättigtes Wasser verwendet.

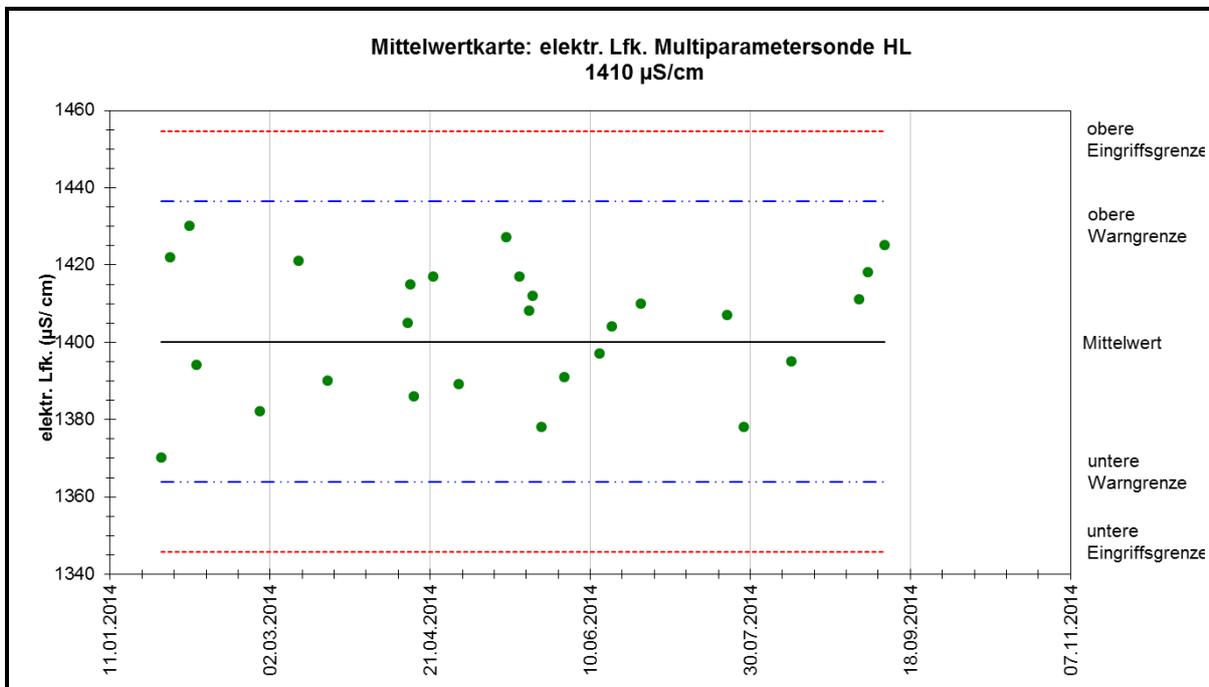
Zunächst werden ca. 15 Messungen mit den oben benannten Systemen durchgeführt. Aus den Messwerten werden Mittelwert (Mittelwert muss nicht Sollwert des Standards sein) und Standardabweichungen berechnet.

Folgende Kontrollgrenzen werden in der Mittelwertkontrollkarte eingezeichnet:

+/- zweifache Standardabweichung = Warngrenze

+/- dreifache Standardabweichung = Eingriffsgrenze

Das Messsystem ist in Kontrolle, wenn die Konzentrationen der Kontrollproben unsystematisch um den Mittelwert schwanken, jedoch innerhalb der Warngrenzen verbleiben (s. Abb. 2).



**Abbildung 3: Darstellung einer Regelwertkarte für einen Mittelwert der elektrischen Leitfähigkeit von 1410 µS/cm mit darin eingetragenen Messwerten (ermittelt mit einem unabhängigen Standard für eine elektrische Leitfähigkeit von 1410 µS/cm und der zu prüfenden Multiparametersonde; BGD: D. Tesche)**

Die Auswertung der Zielwert- bzw. Mittelwertkontrollkarten umfasst die Prüfung auf Einhaltung der Kontrollgrenzen und der daraus resultierenden Aktivitäten (s. Abb. 3). Eine Kalibrierung mit einem abhängigen Standard muss erfolgen, wenn:

- ⇒ Ein Wert außerhalb der Eingriffsgrenze liegt
- ⇒ 7 aufeinanderfolgende Werte kontinuierlich oberhalb oder kontinuierlich unterhalb des Mittelwertes liegen
- ⇒ 7 aufeinanderfolgende Werte ansteigende bzw. abfallende Tendenz aufweisen
- ⇒ 2 von 3 Werten außerhalb der Warngrenze liegen
- ⇒ Periodische Veränderungen vorliegen
- ⇒ Langzeittrends auftreten
- ⇒ Auffällig viele Werte nahe der Warngrenze liegen

### **Abhängige und unabhängige Standards**

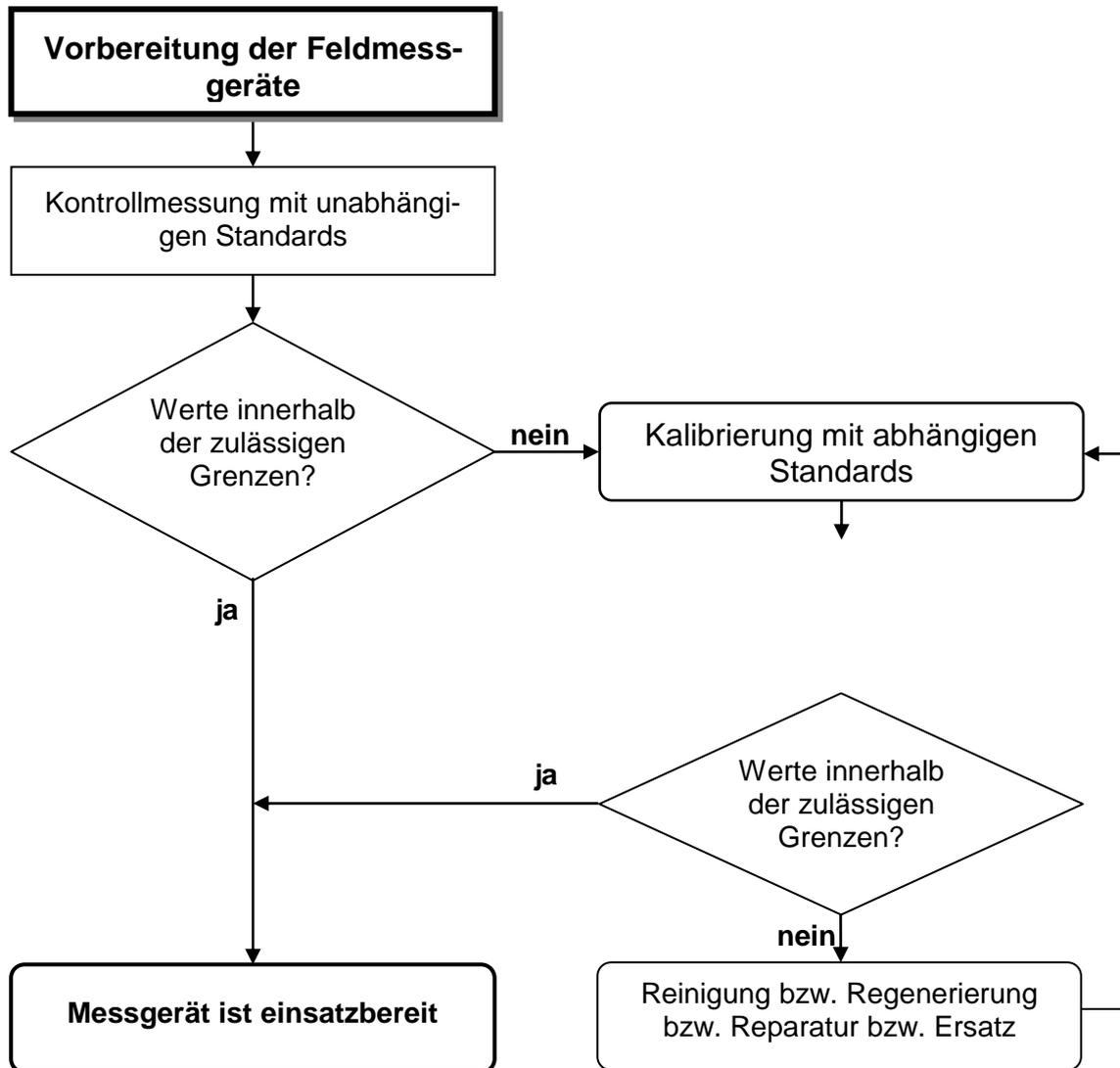
Abhängige Standards werden für die Kalibrierung der Messsysteme verwendet und müssen rückführbar sein (d.h. Angabe von Herstellungsdatum, Haltbarkeitsdatum und gültigem Toleranzbereich als Angabe für Messunsicherheit).

Unabhängige Standards werden für die Kontrolle der Messsysteme verwendet und dürfen selbst hergestellt werden. Angaben zur Herstellung und Haltbarkeit sind der entsprechenden DIN zu entnehmen:

- ⇒ unabhängige Standards für pH: DIN 19266
- ⇒ unabhängige Standards für elektrische Leitfähigkeit: DIN EN ISO 27888
- ⇒ unabhängiger Standard für Redox: DIN 38404-C6

**Bewertung von transport- und lagerungsbedingten Veränderungen der Grundwasserprobe** zu Beginn der analytischen Untersuchungen über die Messung von pH-Wert, elektrischer Leitfähigkeit und Temperatur. Eine Grundwasserprobe wird im Sinne der oben benannten Kriterien als unverändert bezeichnet, wenn folgende Kriterien eingehalten werden:

- ⇒ elektrische Leitfähigkeit Vor-Ort - elektrische Leitfähigkeit Labor  $\leq 10\%$
- ⇒ pH-Wert Vor-Ort – pH-Wert Labor  $\leq 0,5$
- ⇒ Temperatur Labor  $\leq$  Temperatur Vor-Ort



**Abbildung 4: Ablaufplan für die Vorbereitung der Messsysteme für die Vor-Ort-Messung der Milieukennwerte**

**Qualitätssicherung der Grundwasserprobennahme** durch Plausibilitätsprüfungen der zeitlichen Verläufe der Milieukennwerte während der Abpumpphase. Dabei gelten folgende Korrelationsbeziehungen:

- ⇒ Redoxspannungen < -100 mV bei tiefen GWM: Sauerstoffkonzentration = 0 mg/L
- ⇒ Redoxspannungen < -100 mV bei flachen GWM: Sauerstoffkonzentration 0 mg/L bis ca. 2 mg/L

Folgende Probleme sind häufige Ursachen für nicht plausible Milieukennwerte:

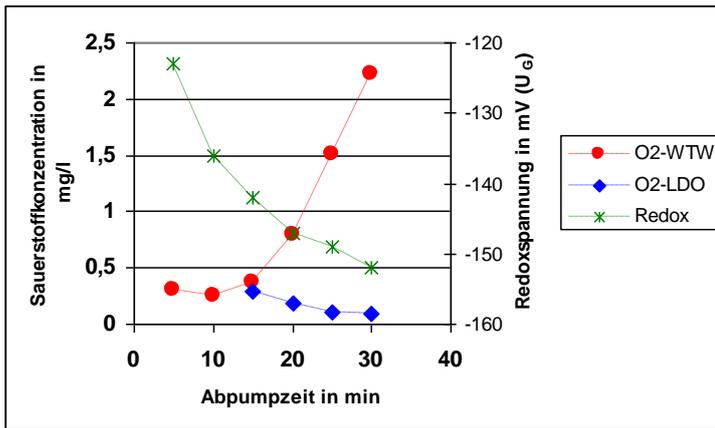
- ⇒ Redoxspannungen < -100 mV bei tiefen GWM: Sauerstoffkonzentration > 0 mg/L: turbulente Strömung in der Durchflusszelle ⇒ max. Durchfluss: ca. 2 L/min

⇒ stark schwankende Messwerte: Ausgasung von gelösten Gasen (vor allem  $\text{CO}_2$ ; s. Abb. 4) mit temporärer Anlagerung an den Elektroden ⇒ Entfernen der Gasblasen durch kurzes Schütteln der Elektroden



**Abbildung 5: Aufnahme einer Durchflussmesszelle mit sichtbarer Gasblasenanhaftung an den Elektroden**

- ⇒ Bei Redoxspannungen  $< -100$  mV: nach abfallendem Sauerstoffgehalt erfolgt eine Zunahme der Sauerstoffkonzentration – Ursachen: ansteigender Sauerstoffgehalt ist zurückzuführen auf:
- ⇒ undichte Rohrverbindungen im Vollrohrbereich der GWM
  - ⇒ undichte Rohrverbindungen in der Steigleitung der Grundwasserprobennahmepumpe, wodurch sauerstoffhaltiges Wasser der Pumpe aus dem Vollrohrbereich zuströmt
  - ⇒ zu stark abgesenkter Grundwasserspiegel in der Grundwassermessstelle, wodurch sauerstoffhaltiges Wasser aus dem Vollrohrbereich der Pumpe zuströmt (zu geringe Einbautiefe der GW-Pumpe). Die Einbautiefe sollte stets 1m unter der maximalen Grundwasserabsenkung in der Grundwassermessstelle betragen (Hauptursache).
  - ⇒ Bei geringen Redoxspannungen versagt die Sauerstoffsonde (Clark-Elektrode, Hauptursache; s. Abb. 5)



**Abbildung 6: Grafische Auswertung der während der Abpumpphase aufgenommenen Verläufe der Redoxspannung im Vergleich der mittels Clark-Elektrode (O2-WTW) und LDO-Elektrode (O2-LDO) ermittelten Sauerstoffkonzentrationen**

Hinsichtlich der oben dargestellten Qualitätssicherungskriterien hat sich die im DVGW Arbeitsblatt W 112 (2011) empfohlene digitale Aufzeichnung der Probennahmedaten (Wasserspiegelabsenkung in der GWM, Förderleistung der Probennahmepumpe, pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Redoxspannung, Sauerstoffkonzentration/ -gehalt und Temperatur) im Echtzeitbetrieb sowie deren arbeitstägliche Auswertung durch den Auftraggeber bzw. eines von ihm für die Qualitätssicherung beauftragten Dritten praktisch bewährt.



**Universität Stuttgart**  
**VEGAS**  
Pfaffenwaldring 61, 70569 Stuttgart  
Internet: [www.vegasinfo.de](http://www.vegasinfo.de)

---

Bearbeiter: Dr.-Ing. Norbert Klaas  
E-Mail: [norbert.klaas@iws.uni-stuttgart.de](mailto:norbert.klaas@iws.uni-stuttgart.de)  
Tel.: 0711 6856 7045  
Redaktionsschluss:

## Qualitätsprüfung und -sicherung von Grundwasserproben

Für den Umgang mit Proben im Analytiklabor greifen eine Vielzahl von Maßnahmen zur Qualitätssicherung. Dies beginnt bei der Anwendung von festgelegten oder genormten Verfahren, in denen alle Bearbeitungsschritte festgeschrieben sind, bis zur Überprüfung der Aktivitäten eines Labors im Rahmen von Akkreditierungsverfahren.

Zwar existieren auch für die Entnahme von Grundwasserproben aus Grundwassermessstellen, Hausinstallationen oder Quellen vielfältige Vorgaben, allerdings sind hier die Festlegungen weit weniger stringent. Dies hat verschiedene Ursachen. Hauptsächlich aber liegt dieser scheinbare Missstand darin begründet, dass die Entnahme einer Grundwasserprobe immer situationsbezogene Einzelfallentscheidungen erfordert, die sich einer generellen Festschreibung entziehen. Das führt dazu, dass die Überprüfung einer einmal entnommenen Probe – also die Erkennung von Fehlern, die bei der Entnahme oder beim Transport ins Labor gemacht wurden – äußerst schwierig ist.

Dennoch gibt es einige Kriterien, anhand derer auch im Nachhinein Auffälligkeiten festgemacht werden können. Einige solcher Kriterien sind:

- Fehler in der Ionenbilanz,
- Unplausibilitäten bei nichtkonservativen Parametern (Alkalinität,  $m_r$ -Wert),
- Unplausibilitäten bei redoxsensitiven Parametern (z.B.  $H_2S$ ,  $Fe^{2+}$ ),
- ungeeignete Probennahmegefäße,
- unzureichende Probevolumina für das Untersuchungsprogramm,
- unzureichende Dokumentation.

Nicht alle Auffälligkeiten müssen zwangsläufig auf ein Fehlverhalten des Probennehmers zurückzuführen sein. Häufig liegen die Ursachen auch in einer mangelnden Kommunikation zwischen den Beteiligten Personen, die mit der Planung der Untersuchung, der Probenahme, der Analytik und der Interpretation der Untersuchungsergebnisse betraut sind.

Im Rahmen der Präsentation werden einige Fehlerquellen und Maßnahmen zu ihrer Vermeidung dargestellt.

---

Bearbeiter: Sven Eulenberger & Annia Greif  
E-Mail: [s.eulenberger@wismut.de](mailto:s.eulenberger@wismut.de)  
Tel.: 0371 8120-267  
Redaktionsschluss: 12.08.2016

## **Erfahrungen bei der Probenahme an tiefen Grundwasserbeschaffenheitsmessstellen**

### **Messfahrzeug und Einsatzmöglichkeiten im Grundwasser**

#### **Einführung**

Die Sowjetische Aktiengesellschaft (SAG), später Sowjetisch-Deutsche Aktiengesellschaft (SDAG) Wismut gewann zwischen 1946 und 1990 insgesamt 231.000 t Uran und war damit viergrößter Uranproduzent der Welt. Seit Einstellung des Bergbaus 1991 widmet sich die bundeseigene Wismut GmbH der Sanierung der zahlreichen Bergbau- und Aufbereitungsstandorte in Sachsen und Thüringen.

Aufgaben und Schwerpunkte der Sanierung sind:

- Stilllegung und Verwahrung (Flutung) der Gruben
- Demontage und Sanierung von Betriebsflächen
- Halden- und Tagebausanierung
- Sanierung der Industriellen Absetzanlagen (IAA)
- Wasserbehandlung (Flutungs-, Haldensicker- und Porenwasser)
- Nachsorge und Langzeitaufgaben.

Begleitet werden diese Maßnahmen durch ein Umweltmonitoring, schwerpunktmäßig für die Kompartimente Wasser, Luft und Boden. Aufgabe des Wassermonitorings ist die Kontrolle von Oberflächen-, Grund-, Flutungs- und Prozesswasser hinsichtlich ihrer Quantität und Qualität.

Die Untersuchung des Grundwassers zielt auf die Beobachtung von Schadstoffquellen und die Verfolgung von Schadstoffpfaden. In Abhängigkeit der Schadstoffquelle (Halden, Betriebsflächen, IAAs oder Gruben) muss eine Beeinflussung oberflächennaher bzw. tieferer Grundwasserleiter überprüft werden. Dementsprechend wird die Überwachung von Menge/Wasserstand und Qualität an die Gegebenheiten vor Ort angepasst. Die Überwachung des Grundwassers erfolgt bei der Wismut GmbH im Teufenbereich von wenigen Metern bis zu 500 m unter Geländeoberkante.

Während für die repräsentative Pumpprobenahme an Grundwasserbeschaffenheitsmessstellen (GWBM) bis zu einer Teufe von ca. 80 m kommerzielle Technik (Typ: MP 1, Hersteller: Grundfos) zur Verfügung steht, musste noch in den 1990er Jahren für tiefere Bereiche entweder semimobile Pumpentechnik (Typ: Bohrwagen-DSB1, Hersteller: Nordmeyer) aufwändig stationiert oder auf Schöpfprobenahme zurückgegriffen werden. Letztere besitzt insbesondere im unverritzten Gebirge wegen verminderter Durchströmung aus dem Grundwasserleiter sowie Alterationen des Messstellenwassers in Verbindung mit freien Konvektionen nur eingeschränkte Repräsentativität für den umgebenden Grundwasserleiter.

Mittlerweile steht durch intensive Entwicklungsarbeit seit 2000 ein den wismutspezifischen Bedingungen angepasstes Probenahme-Equipment zur Verfügung, welches eine repräsentative Pumpprobenahme an allen GWBM der Wismut GmbH mobil ermöglicht.

### **Entwicklung der Technik für Probenahmen in tiefen GWBM**

Bereits während der Entwicklung der Sanierungskonzeptionen und dem Beginn der physischen Sanierungsarbeiten kristallisierte sich heraus, dass zur regelkonformen Probenahme aus GWBM Pumpentechnik für Teufen größer als 80 m erforderlich war. Im Jahr 1997 entstand ein erster Prototyp in Gestalt einer pneumatisch getriebenen 3“-Kolbenhubpumpe. Montiert auf einem Anhänger des Probenahmeautos war das System mobil und flexibel bis zu einer Messstellentiefe von 180 m einsetzbar. Damit konnten bereits an einem Teil der Messstellen Pumpprobenahmen ausgeführt werden. Die Leistungsfähigkeit der Pumpe war jedoch hinsichtlich der erreichbaren Austauschmenge (Förderraten/Pumpdauer) begrenzt.

Mit Beginn der Grubenflutung am Standort Königstein wurde durch die Wismut GmbH in Zusammenarbeit mit der Firma LogIn Gommern ab 2000 eine weitere mobile Pumpausrüstung für tiefe Grundwassermessstellen des Standortes entwickelt und damit auch den Forderungen der Strahlenschutzgenehmigung zur Grubenflutung Genüge getan.

Zur Überwachung der ansteigenden Flutung waren regelmäßig zu wiederholende Beprobungen an ca. 60 tiefen Grundwassermessstellen zur Kontrolle von An- und Abstrom des 3. und 4. GWL mit täglich wechselndem Probenahmeort durchzuführen. Umgesetzt wurde dies mit der Entwicklung der Tief-

pumpeinheit TPE 300 für Pumpprobenahmen bis 300 m Teufe (Eulenberger u.a. 2010), die seit 2003 im Routinebetrieb am Standort Königstein arbeitet.

Mit den Erfahrungen aus dem Zeitraum 1997 bis 2012 wurden beide Anlagen weiterentwickelt. Im Jahr 2013 ging für den Prototyp TPE-300 das technisch verbesserte System MTP-350 in Betrieb. Im vergangenen Jahr wurde auch die pneumatische Kolbenhubpumpe durch ein komplett überarbeitetes System mit einer 3“-Unterwassermotorpumpe (MTA-200) ersetzt. Seitdem können mit der variablen Pumptechnik alle in der Wismut GmbH auftretenden Teufenbereiche mittels mobiler Pumpprobenahme abgedeckt werden.

Beide Anlagen (Abb. 1) zeichnen sich durch gute Geländegängigkeit aus, sind mobil einsetzbar und ermöglichen durch ausreichend hohe und gut regelbare Pumpraten das Erreichen des hydraulischen Probenahme-Kriteriums sowie konstanter in situ-Parameter. Die Probenahme an einer GWBM erfolgt i.d.R. innerhalb einer Arbeitsschicht.



Abb. 1: Mobiles Tiefpumpfahrzeug MTP-350 (links) und mobiler Tiefpumpanhänger MTA-200 (rechts) bei der Probenahme an tiefen Grundwassermessstellen am Standort Königstein

### **Mobiles Tiefpumpfahrzeug MTP-350**

Das als Nachfolger der Tiefpumpeinheit TPE-300 im Jahr 2013 neu gebaute Tiefpumpfahrzeug MTP-350 befindet sich auf einem geländegängigen Basisfahrzeug vom Typ MAN TGM 18.250 4x4 BB (zul. Gesamtgewicht 16 t) und besteht aus folgenden Hauptkomponenten:

- Kofferaufbau, unterteilt in Laborraum (vorn) und Geräteraum (hinten)
- Unterwassermotorpumpe - Edelstahl vom Typ SP 5A 52 N,  $\varnothing = 4"$ , Firma Grundfos
- Fördersystem: Steigschlauch, Material Nylon, Innendurchmesser 20 mm
- Hydraulischer Ladekran HIAB XS 055 (faltbar)

- Aluminium-Windenausrüstung für das Bohrlochmesskabel, das Pumpenkabel und den Steigschlauch
- Messausrüstung zur Bestimmung von in situ-Parametern, inkl. online-Aufzeichnung von Förderrate (mittels MID) und Wasserstand (mittels Drucksonde über der Pumpe)

Die probenahmespezifischen Leistungsparameter des Systems lassen sich wie folgt beschreiben:

• max. Einbauteufe der Pumpe:	350 m
• Förderhöhe der Pumpe:	320 m
• Förderleistung (stufenlos regelbar):	ca. 0,2 bis 2,5 m <sup>3</sup> /h
• erforderliche Ein-/Ausbauzeit:	je zwischen 0,5 und 1,0 h
• erforderlicher Innen- Ø der Messstelle:	≥ 5"

Zum Betreiben des Systems (insbesondere für den Ein- und Ausbau) sind 3 Arbeitnehmer erforderlich. Zum Schutz gegen verdrillen werden die in das Bohrloch eingebauten Medien mittels spezieller Aluminiumschellen und Kabelbindern miteinander verbunden.

### **mobiler Tiefpumpanhänger MTA-200**

Der 2015 neu gebaute Tiefpumpanhänger MTA-200 zeichnet sich durch ein neuartiges Pumpen-/Schlauchsystem aus. Er besteht aus folgenden Hauptkomponenten:

- geländegängiger Fahrzeuganhänger TA 2.8 (zul. Gesamtgewicht 2,8 t)
- Unterwassermotorpumpe - Edelstahl vom Typ SQE 1-155, Ø = 3", Firma Grundfos
- Fördersystem: Steigschlauch, Material Nylon, Innendurchmesser 13 mm (1/2")
- Hydraulischer Ladekran Palfinger PC 1500 (faltbar, mit Schubarm)
- elektronisch synchronisierte Aluminium-Winden für das kombinierte Pumpen-/Messkabel und den Steigschlauch
- kontinuierliche Überwachung von Förderrate (mittels MID) und Wasserstand (mittels Drucksonde über der Pumpe)

Die probenahmespezifischen Leistungsparameter des Systems lassen sich wie folgt beschreiben:

• max. Einbauteufe der Pumpe:	200 m
• Förderhöhe der Pumpe:	160 m
• Förderleistung (stufenlos regelbar):	ca. 0,5 bis 1,2 m <sup>3</sup> /h
• erforderliche Ein-/Ausbauzeit:	je 15 min
• erforderlicher Innen- Ø der Messstelle:	≥ 4"

Zum Betreiben des Systems sind 2 Arbeitnehmer erforderlich.

### **Realisierung repräsentativer Grundwasserprobenahme aus tiefen Messstellen**

In der Einfahrphase beider Systeme wurde für jede zu beprobende GWBM ein Testprogramm aufgelegt, um das zukünftige Regime der Pumpprobenahme zu ermitteln. Grundlage dafür bildeten die Erfahrungen mit den Vorgängersystemen bzw. Kenntnisse zur Hydraulik der GWBM aus Pumpversuchen. Die Festlegung des Pumpregimes erfolgte unter Beachtung der Messstellengeometrie, der Ergiebigkeit und unter der Maßgabe, dass ein hinreichender Austausch des Wassers in der Messstelle und damit eine repräsentative Probenahme gewährleistet ist.

Aus den Erkenntnissen des Testprogramms leiten sich die messstellenspezifischen Pumpparameter (Entnahmeteufe, Förderrate und Gesamtfördermenge) für den anschließenden Routinebetrieb ab. Dabei sind das hydraulische Verhalten der GWBM, das Erreichens der Konstanz physikochemischer in situ-Parameter sowie ein optisch klares Wasser im Pumpstrom zu beachten. Die Gesamtfördermenge ist individuell verschieden und kann zwischen dem 1,5fachen der Filterstrecke und einem Mehrfachen der Wasserinhalts der Messstelle liegen.

Eine Anpassung der Pumpparameter ist dann erforderlich, wenn sich die örtlichen Gegebenheiten ändern, was bei tiefen Messstellen vordergründig im Zusammenhang mit dem jeweiligen Flutungsregime der Grube steht (z.B. beim Rückgang des Absenkungstrichters bei fortschreitender Flutung).

Mittlerweile werden an den Wismut-Standorten Ronneburg, Königstein und Gittersee insgesamt 90 GWBM regelmäßig mit den zwei Pumpanhängern vom Typ MTA-200 beprobt. Für weitere 60 Messstellen steht das mobile Tiefpumpfahrzeug MTP-350 zur Verfügung. Die Probenahmehäufigkeiten liegen, je nach Bedeutung der GWBM im Messnetz, zwischen quartalsweise und vierjährlich.

Grenzen sind dem Betrieb der beiden Anlagentypen durch die Witterung gesetzt. Bei Temperaturen nahe/unter dem Gefrierpunkt kommen sie nicht zum Einsatz. Dies muss bei der Probenahmejahresplanung neben der erforderlichen Zufahrt, z.B. über teilweise landwirtschaftlich genutzte Flächen, beachtet werden.

### **Literatur**

Eulenberger, S.; Friedrich, J.; Kreyßig, E.: Mobile Grundwasserprobenahme an Messstellen mit Teufenlagen bis 300 m am Beispiel des Standortes Königstein, Tagungsunterlagen zum Lehrgang „Repräsentative Grundwasserprobenahme“, 04. bis 06.11.2010, Magdeburg, Tagungsband, [https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/wasser/download/Weiterbildung\\_RepGWPN\\_2010.pdf](https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/wasser/download/Weiterbildung_RepGWPN_2010.pdf)



**Deutsche Akkreditierungsstelle (DAkkS)**  
**Abteilung Gesundheitlicher Verbraucherschutz,**  
**Agrarsektor, Chemie und Umwelt**  
Spittelmarkt 10, 10117 Berlin  
Internet: [www.dakks.de](http://www.dakks.de)

---

Bearbeiter: Dr. Frank KÜchler  
E-Mail: [frank.kuechler@dakks.de](mailto:frank.kuechler@dakks.de)  
Tel.: 030 670591-31; Fax: 030 670591-7731  
Redaktionsschluss: 28.07.2016

## **AKKREDITIERUNG VON UNTERSUCHUNGSSTELLEN, DIE GRUNDWASSERPROBENAHMEN DURCHFÜHREN**

Die Anforderungen an die Qualität von Waren und Dienstleistungen nehmen angesichts der Liberalisierung des Welthandels sowie der steigenden Ansprüche von Verbrauchern, Unternehmen und Gesetzgebern stetig zu. Ob im Umweltschutz, in der Lebensmittel- oder Elektroindustrie, im Gesundheitswesen, im Arbeitsschutz oder im Bereich Erneuerbarer Energien – in diesen wie in vielen anderen Wirtschaftsbereichen sind objektive Prüfungen, Kalibrierungen, Inspektionen und Zertifizierungen daher von großer Bedeutung. Dazu gehört auch der Bereich **Grundwasserschutz**, bei dem die Probenahme von Grundwasser und dessen Untersuchung im Rahmen der Prüfung und Inspektion eine wichtige Rolle spielt.

Die Prüfungen, Kalibrierungen, Inspektionen und Zertifizierungen stellen sicher, dass die Produkte, Verfahren, Dienstleistungen oder Systeme hinsichtlich ihrer Qualität und Sicherheit verlässlich sind, sie einem technischen Mindestniveau entsprechen und mit den Vorgaben entsprechender Normen, Richtlinien und Gesetze konform sind. Daher werden diese objektiven Bestätigungen auch als **Konformitätsbewertung** bezeichnet.

Das Vertrauen in Zertifikate, Inspektionen, Prüfungen oder Kalibrierungen steht und fällt jedoch mit der Kompetenz desjenigen, der die Bewertungsleistung erbringt. Viele dieser sogenannten **Konformitätsbewertungsstellen (KBS)** belegen die Qualität ihrer eigenen Arbeit daher durch eine **Akkreditierung**.

In diesem Verfahren weisen sie gegenüber einer unabhängigen **Akkreditierungsstelle** nach, dass sie ihre Tätigkeiten fachlich kompetent, unter Beachtung gesetzlicher sowie normativer Anforderungen und auf international vergleichbarem Niveau erbringen. Die **Akkreditierungsstelle** begutachtet und überwacht dabei das **Managementsystem, die technischen Grundlagen und die Kompetenz** des eingesetzten Personals der Konformitätsbewertungsstelle.

Akkreditierungen tragen deshalb somit entscheidend dazu bei, die Vergleichbarkeit von Konformitätsbewertungsergebnissen zu gewährleisten und Vertrauen in die Qualität und Sicherheit von Produkten und Dienstleistungen zu erzeugen.

Die **DAkKS** ist die nationale Akkreditierungsstelle der Bundesrepublik Deutschland. Sie handelt nach der **Verordnung (EG) Nr. 765/2008** und dem **Akkreditierungsstellengesetz (AkkStelleG)** im öffentlichen Interesse als alleiniger Dienstleister für Akkreditierung in Deutschland.

Die DAkKS arbeitet nicht gewinnorientiert. Gesellschafter der GmbH sind zu jeweils einem Drittel die Bundesrepublik Deutschland, die Bundesländer (Bayern, Hamburg, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Sachsen-Anhalt) und die durch den Bundesverband der Deutschen Industrie e. V. (BDI) vertretene Wirtschaft.

Um ihre hoheitlichen Akkreditierungsaufgaben ausfüllen zu können, wurde die DAkKS vom Bund beliehen. Als beliehene Stelle untersteht die DAkKS der Aufsicht des Bundes. **Bei ihrer hoheitlichen Akkreditierungstätigkeit wendet die DAkKS das deutsche Verwaltungsrecht an.**

Die Akkreditierung von Konformitätsbewertungsstellen (Laboratorien, Inspektions- und Zertifizierungsstellen) ist der gesetzliche Auftrag der DAkKS.

In rund 4.300 Akkreditierungsverfahren begutachtet, bestätigt und überwacht die DAkKS als unabhängige Einrichtung die fachliche Kompetenz dieser Stellen, deren Dienstleistungen in nahezu allen Bereichen der Wirtschaft und des Handels benötigt werden. Das Spektrum der Kunden reicht von kleinen Laboratorien bis hin zu multinationalen Unternehmen.

Mit einer Akkreditierung bestätigt die DAkKS, dass diese Stellen ihre Aufgaben fachkundig und nach geltenden Anforderungen erfüllen. Kurz: **Die DAkKS prüft die Prüfer.**

Die DAkKS ist Vollmitglied der europäischen und internationalen Akkreditierungsorganisationen:



European co-operation for Accreditation (EA)

Die Europäische Kooperation für Akkreditierung (EA) ist der Zusammenschluss der Akkreditierungsstellen in Europa.



International Accreditation Forum (IAF)

Das International Accreditation Forum, Inc. (IAF) ist das globale Netzwerk von Akkreditierungsstellen, die Zertifizierungsstellen für Produkte, Managementsysteme und Personen akkreditieren.



International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC)

Die International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) ist die weltweite Vereinigung für die Zusammenarbeit von Akkreditierungsstellen im Bereich Laboratorien und Inspektionsstellen.

Die Anforderungen an Akkreditierungsstellen, die Konformitätsbewertungsstellen wie Laboratorien, Inspektions- und Zertifizierungsstellen akkreditieren, sind in der Norm DIN EN ISO/IEC 17011 festgelegt. Diese Norm definiert Akkreditierung als

„Bestätigung durch eine dritte Seite, die formal darlegt, dass eine Konformitätsbewertungsstelle die Kompetenz besitzt, bestimmte Konformitätsbewertungsaufgaben durchzuführen“.

Die DAKKS führt deshalb auch Akkreditierungsverfahren für Untersuchungs- und Inspektionsstellen im Bereich Grundwasserprobenahme und -untersuchung durch.

Es handelt sich um die Akkreditierung von:

**Laboratorien und spezialisierte Probenahmefirmen - Untersuchungsstellen**

gemäß der Norm „Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien (ISO/IEC 17025:2005)“; Deutsche und Englische Fassung EN ISO/IEC 17025:2005

**Ingenieurbüros die im Rahmen ihrer gutachterlichen Tätigkeit Proben entnehmen - Inspektionsstellen**

Gemäß der Norm „Konformitätsbewertung - Anforderungen an den Betrieb verschiedener Typen von Stellen, die Inspektionen durchführen (ISO/IEC 17020:2012)“; Deutsche und Englische Fassung EN ISO/IEC 17020

Die internationale Harmonisierung dieser Normen gewährleistet, dass die Akkreditierung weltweit nach gleichen Voraussetzungen erfolgt. Durch diese harmonisierten Normen und dank internationaler Abkommen werden die Bewertungsleistungen der in Deutschland akkreditierten Stellen in vielen anderen Ländern Europas und der Welt anerkannt.

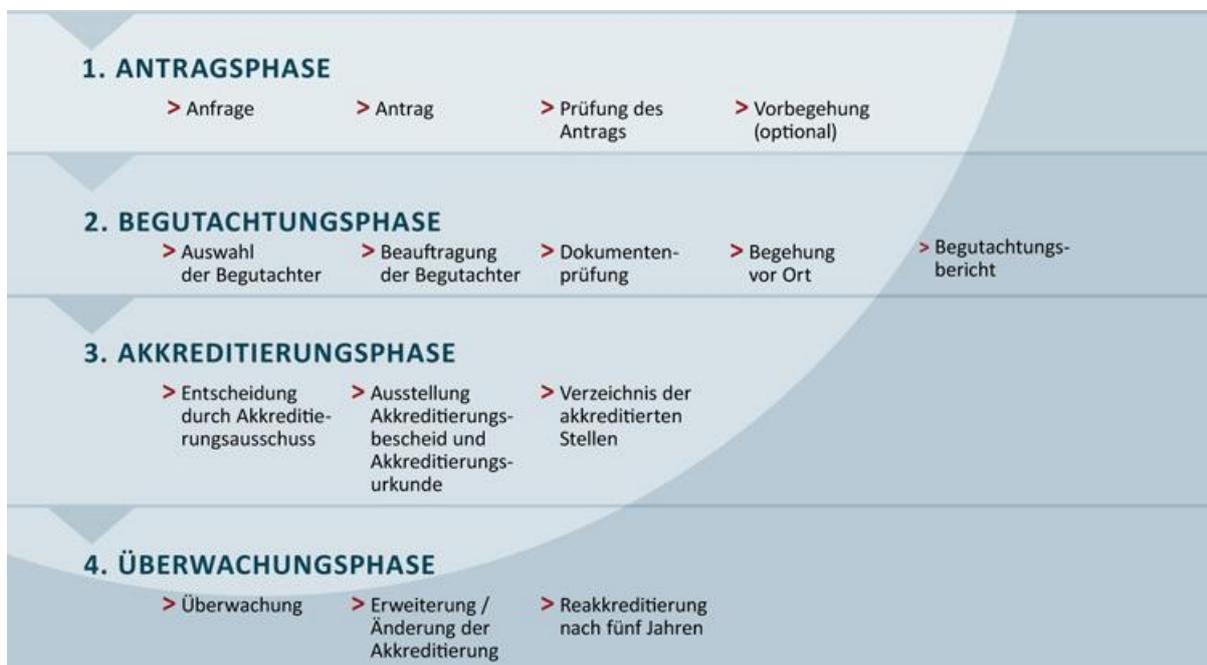
In der Datenbank akkreditierter Stellen findet man alle akkreditierten Stellen der Deutschen Akkreditierungsstelle GmbH (DAKKS). Über eine Suchmaske kann man verschiedene Abfragen durchführen. Die akkreditierten Unternehmen sind mit ihren Kontaktdaten und der Anlage ihrer Akkreditierungsurkunde gelistet. Mit dem Schlagwort „Probenahme aus Grundwasserleitern“ werden 318 akkreditierte Unternehmen aufgelistet. Es handelt sich um 317 Unternehmen, die als Untersuchungsstellen akkreditiert sind und erst ein Ingenieurbüro, das als Inspektionsstelle akkreditiert ist.

**Durch die Bundesländer erfolgen, auf der Grundlage der Akkreditierung oder durch eigene Kompetenzbestätigungsverfahren, Notifizierungen.** Diese notifizierten Untersuchungsstellen nennt man **Benannte Stelle**. Für Inspektionsstellen führt man bisher keine Notifizierungen durch. **Benannte Stellen (englisch Notified Bodies) der Europäischen Union** sind staatlich benannte und staatlich überwachte private Prüfstellen (u. a. Auditier- und Zertifizierungsstellen), die im Staatsauftrag tätig werden, um die Konformitätsbewertung z. B. von Herstellern von Industrieerzeugnissen unterschiedlicher Art extern zu begleiten und zu kontrollieren. Sie üben damit „mittelbare Staatsverwaltung“ aus.

**Die Bundesländer führen derzeit Notifizierungen in den Umweltbereichen Abfall, Boden/Altlasten, Immissionsschutz und Wasser durch.** Die Notifizierung durch die Bundesländer bildet ein harmonisiertes System, welches den Anforderungen der Europäischen Dienstleistungsrichtlinie entspricht. Im Recherchesystem Messstellen und Sachverständige ReSyMeSa werden notifizierte Stellen und Sachverständige aufgeführt. Diese Zulassungen und Anerkennungen richten sich nach den jeweiligen Ländergesetzen und -verordnungen zur Anerkennung von Sachverständigen und Untersuchungsstellen, z. B. nach § 18 BBodSchG. Grundsätzlich zuständig ist jeweils das Land, in dem die Untersuchungsstelle den Geschäftssitz hat. Im **ReSyMeSa (www.resymesa.de)** befinden sich neben den Kontaktdaten der Sachverständigen und Untersuchungsstellen, ihre Zulassungsbereiche,

Angaben zu den länderspezifischen Regelungen und die Fachmodule Boden Altlasten, Wasser, Abfall, Immissionsschutz mit ihren bereichsspezifischen Anforderungen. Diese Fachmodule werden durch die jeweiligen Länderarbeitsgemeinschaften und Bund/Länderarbeitsgemeinschaften weiterentwickelt. Im ReSyMeSa findet man im Fachmodul Boden/Altlasten z. B. im Untersuchungsbereich 4.1 - Grund-, Sicker-, Oberflächenwasser; Probenahme und Vor-Ort-Untersuchungen 118 Suchergebnisse (benannte Stellen). Diese sind mit ihren Kontaktdaten und ihren weiteren Untersuchungsbereichen im ReSyMeSa hinterlegt.

**Der Akkreditierungsprozess**, z. B. von Untersuchungsstellen, die Grundwasserprobenahmen durchführen, erfolgt von der Antragsstellung über die Begutachtung zur Akkreditierung und den darauf folgenden Überwachungen in diesen vier Phasen. Die Details dieser Phasen sind in der folgenden Übersicht dargestellt:



Die DAkKS bescheinigt den erfolgreichen Abschluss der Akkreditierungsphase durch den **Akkreditierungsbescheid und die Akkreditierungsurkunde**. Damit bestätigt die DAkKS der überprüften KBS die Erfüllung der entsprechenden Normen, Standards oder Gesetze im Hinblick auf ihre Konformitätsbewertungstätigkeiten - und damit ihre technische Kompetenz.

Die Akkreditierung wird anschließend im Verzeichnis der akkreditierten Stellen gelistet.



*Muster des Akkreditierungssymbols der DAkKS für akkreditierte Stellen*

Als Nachtrag zu den Ausführungen wird insbesondere für öffentliche Auftraggeber, auf die **Verordnung der Bundesregierung, Verordnung zur Modernisierung des Vergaberechts (Vergaberechtsmodernisierungsverordnung – VergModVO)** die am 14.04.2016 herausgegeben wurde, verwiesen. Im Zusammenhang mit eventuellen Prüfungen von Lieferungen und Dienstleistungen auf geforderte Merkmale wird ein Beleg einer Konformitätsbewertungsstelle gefordert.

Im § 33 **Nachweisführung durch Bescheinigungen von Konformitätsbewertungsstellen** wird diese KBS im Absatz 3 wie folgt definiert:

„**Eine Konformitätsbewertungsstelle ist eine Stelle, die gemäß der Verordnung (EG) Nr. 765/2008** des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. Juli 2008 über die **Vorschriften für die Akkreditierung und Marktüberwachung** im Zusammenhang mit der Vermarktung von Produkten und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 339/93 des Rates (ABl. L 218 vom 13.8.2008, S. 30) akkreditiert ist und **Konformitätsbewertungstätigkeiten durchführt.**“



**Dr. Uta Böckelmann**  
**Labor/Laborleiterin**  
**Berliner Wasserbetriebe**  
**Motardstr. 35, 13629 Berlin**  
**Telefon: +49 30 8644-3211**  
**Telefax : +49 30 8644-3339**  
**uta.boeckelmann@bwb.de**  
**www.bwb.de**

---

Bearbeiter: Dr. Uta Böckelmann  
E-Mail: [uta.boeckelmann@bwb.de](mailto:uta.boeckelmann@bwb.de)  
Telefon: +49 30 8644-3211 Telefax : +49 30 8644-3339

## **Mikrobiologie im Berliner Trink- und Grundwasser**

### **Allgemeines**

Grund- und Trinkwasser ist nicht keimfrei. Auch nach sachgerechter Aufbereitung enthält es noch Mikroorganismen. Diese sind entweder harmlose Wasserbewohner oder Bakterien und Viren, die in den nach der Aufbereitung verbleibenden Konzentrationen keine gesundheitliche Bedeutung besitzen.

### **Gesetzliche Vorgaben**

Um sicherzustellen, dass die Bakterien und Viren nach der Aufbereitung des Wassers nur noch in gesundheitlich unbedenklicher Konzentration vorhanden sind, gibt es strenge mikrobiologisch-regulatorische Anforderungen zur Überwachung der Trinkwasserqualität. Die Güteanforderungen an Trinkwasser sind in Deutschland in der DIN 2000 und der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) definiert. Sie schreibt vor, dass Trinkwasser „keine Krankheitserreger in Konzentrationen enthalten darf, die die menschliche Gesundheit gefährden können“.

### **Geschichte**

Seit Mitte des 19. Jahrhunderts ist den Menschen der Zusammenhang zwischen mikrobieller Kontamination eines Trinkwassers und dem Krankheitsgeschehen bekannt. Viele Menschen starben damals an Infektionskrankheiten, wie z.B. Typhus, Cholera und Ruhr, die durch Trinkwasser übertragen wur-

den. In Deutschland ist der Arzt Robert Koch der Begründer der Trinkwasserhygiene. Seit seiner Zeit sind die mikrobiologischen Untersuchungen integraler Bestandteil der Kontrolle von Trinkwasser. Aber auch die heutige Situation ist weiterhin kritisch. Nach Schätzungen der UN sterben jährlich bis zu 5 Mill. Menschen an wasserbürtigen Krankheiten verursacht durch Enterobakterien oder Viren. Daher ist die Bewältigung der Wasserkrise Bestandteil der sog. Millenniumsziele der Menschheit.

### **Mikrobiologische Parameter der Trinkwasserverordnung**

Die in der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) genannten mikrobiologischen Parameter: Escherichia coli, Enterokokken, Clostridium perfringens, coliforme Bakterien, Koloniezahl und Legionellen sind mit Grenzwerten bzw. technischen Maßnahmewerten hinterlegt, die nicht überschritten werden dürfen. Die Nachweismethoden für diese Bakterien sind ebenfalls in der TrinkwV aufgelistet und unterliegen strengen DIN EN ISO Normen, die von allen Laboratorien eingehalten werden müssen. Jede Grenzwertüberschreitung ist meldepflichtig an die zuständigen Gesundheitsämter bzw. das Landesamt für Gesundheit und Soziales und ziehen weitreichende Maßnahmen bis hin zum Abkochgebot mit sich.

### **Biofilme**

Die Berliner Wasserbetriebe sind für einwandfreie Trinkwasser-Qualität bis hin zum Wasserzähler eines Hauses verantwortlich. Probleme mit verunreinigtem Trinkwasser können aber durchaus in den eigenen vier Wänden entstehen. Am hauseigenen Wasserzähler kommt dann sauberes Wasser an, das durch die Rohre im Gebäude verunreinigt wird. Die meisten Bakterien schwimmen nicht frei im Trinkwasser herum. Mehr als 95 Prozent von ihnen sitzen als dünne Schicht innen auf der Oberfläche von Wasserleitungen und -zählern. Sie bilden den Biofilm, eine symbiotische Lebensgemeinschaft aus Mikroorganismen wie Bakterien, Pilzen oder Algen. Sie nutzt die Stoffwechseleigenschaften und Schutzmechanismen der jeweils anderen Spezies. So sind die Mikroorganismen widerstandsfähiger und können Nährstoffe aus der Umwelt besser aufnehmen. Die Vielfalt in diesen Keimkolonien ist größer als bisher angenommen.

### **Legionellen**

Im Gegensatz zu den zuvor genannten Bakterien können sich Legionellen in warmem Trinkwasser vermehren. Nimmt ein Mensch diese Erreger mit dem Essen oder Trinken auf, sind sie in der Regel harmlos. Gefährlich werden die Bakterien erst, wenn sie in hoher Konzentration in die Lunge gelangen, etwa durch den beim Duschen entstehenden Wasserdampf. Auch über die Klimaanlage oder künstliche Wasserfälle im Schwimmbad gelangen Legionellen in die Luft. Nach den neusten Vorgaben der Trinkwasserverordnung hat eine systemische Untersuchung der Trinkwasserinstallation auf Legionellen alle drei Jahre zu erfolgen.

### **Zusammenfassung**

Die TrinkwV regelt die mikrobiologischen Untersuchungen des Trinkwassers. Sie schreibt die Parameter, die Grenzwerte und Nachweismethoden vor. Jede Überschreitung ist meldepflichtig und zieht Maßnahmen zur Wiederherstellung der einwandfreien Trinkwasserqualität nach sich.

---

Bearbeiter: PD Dr. Hans Jürgen Hahn, Dr. Holger Schindler, Dr. Heide Stein, Dr. Susanne van de Berg-Stein  
E-Mail: [hjhahn@groundwaterecology.de](mailto:hjhahn@groundwaterecology.de)  
Tel.: 0631 280-31590; Fax: 0631 280-31591  
Redaktionsschluss: TT.MM.JJJJ

## Quellenfauna im Nationalpark Harz und Aspekte der Trinkwasserversorgung

### Einleitung

Quellen sind bedeutsame und geschützte Lebensräume. Gleichzeitig spielen sie gerade in den Mittelgebirgsregionen eine bedeutsame Rolle für die Trinkwasserversorgung. In den Jahren 2013- 2015 wurden vom Landesbetrieb für Hochwasserschutz Sachsen-Anhalt und dem Nationalpark Harz 73 repräsentative Quellen auf ihre tierische Besiedlung hin untersucht. Veranlassung waren naturschutzfachliche Fragestellungen, wie das Management von Quellen und Waldentwicklung, aber auch wasserwirtschaftliche Aspekte wie Chemismus und Versauerung.

In diesem Beitrag werden einige Ergebnisse der Quellenuntersuchungen im Harz vorgestellt. Dabei liegt der Fokus auf der Invertebratenfauna, den wirbellosen Tieren, die im Quellbereich leben. Darüber hinaus zeigen die Autoren die Bedeutung der Quellfauna für die Bewertung der Quellen aus Sicht der Wasserversorgung. Vorgestellt wird auch StygoTracing, ein neuentwickeltes genetisches Verfahren, bei dem die Fauna als Biologische Tracer für die hydrologische Bewertung der Einzugsgebiete und zur Abgrenzung von Wasserschutzgebieten genutzt werden kann. Diese Methode erlaubt auch die Ermittlung der Eintrags- und Verbreitungspfade von Wasserasseln – und damit deren gezielte Bekämpfung.

### Ergebnisse

Die Lebensgemeinschaften der Quellen im Harz werden vor allem durch die natürlichen Höhenstufen, die sich in unterschiedlichen Waldgesellschaften widerspiegeln, beeinflusst. Ein wesentlicher Faktor ist dabei die Versauerung, die sich in mit zunehmender Höhe sinkenden pH-Werten zeigt: Die Quellen der Hochlagen sind oft stark versauert. Gleichzeitig treten im gesamten Untersuchungsgebiet Quellen mit erhöhten Schwermetallkonzentration auf, die sich wohl vor allem auf die natürlichen geologischen

Verhältnisse und den historischen Bergbau im Harz zurückführen lassen. Die chemische Beschaffenheit der Quellwässer lässt sich, anders als die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften, eindeutig auf die Geologie zurückführen.

Einen gewissen Einfluss auf die Fauna hat auch der Waldtyp. Insbesondere die ausgeprägten Fichtenwälder beeinflussen nachteilig die Artenvielfalt und vor allem die Zahl der geschützten Rote-Liste-Arten. Insgesamt geht die Zahl der Arten und höheren Taxa wie auch die Zahl der Rote-Liste-Arten mit zunehmender Höhe zurück. Die tierische Besiedlung spiegelt über die Höhenstufe die Versauerungssituation und die Struktur der Standorte wider.

Dies zeigt, dass die Fauna der Quellen sich, ebenso wie die Tiere des Grundwassers und der Oberflächengewässer, für die Bewertung der Standorte, gerade auch aus Sicht der Wasserwirtschaft und –versorgung eignet

### **Quellen in der Wasserversorgung – Bewertung und Risiken**

Quellwasser ist nicht einfach nur austretendes Grundwasser. Der Abfluss der Quellen ist eine Mischung verschiedenster Wässer unterschiedlicher Herkunft und Alters, an dem aber auch Zwischenabfluss und Oberflächenwasser beteiligt sein können. Deren Anteile können sich - abhängig von Geologie, Landnutzung, Witterung und Jahreszeit - sehr rasch verschieben. Für die Qualität des Wassers und die Sicherheit der Trinkwasserversorgung ist diese Vielfalt und Dynamik nicht unproblematisch.

Die Tiere der Quellen zeigen die Stärke des Oberflächenwassereintrags an. Darüber hinaus erlauben sie Aussagen zum baulichen Zustand der Quellfassung. In Quellen findet man zwei Typen von Tieren, 1.) die Triffafauna und 2.) die eigentliche Quellfauna (**Abb. 1**).

## Bewertung

### Zwei Fauna-Typen:

#### 1.) Triffauna

##### Oberflächenwassereintrag

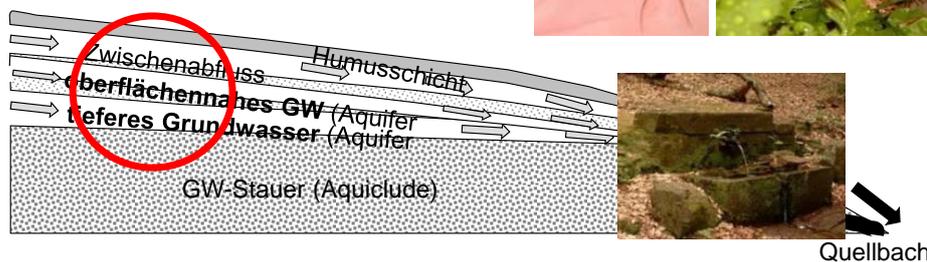
- Hydraul. Kurzschlüsse im EZG



#### 2.) eigentliche Quellfauna

##### Oberflächenwassereintrag

- Baulicher Zustand Fassung



**Abbildung 1:** In Quellen findet man zwei Typen von Tiere, 1.) die Triffauna und 2.) die eigentliche Quellfauna. Die Triffauna erlaubt die Bewertung des Oberflächenwassereintrags im EZG, während die eigentliche Quellfauna Aussagen zum baulichen Zustand der Quellfassung ermöglicht.

Die Triffauna wird mit dem Wasser aus dem Einzugsgebiet herbeigeschwemmt und kann mit einem Netz aus der fließenden Welle herausgefiltert werden. Triffauna kann Grundwasserarten, aber auch Oberflächenarten enthalten, je nach Ursprung des Wassers, und zeigt die Stärke des Oberflächenwassereintrags aus dem Einzugsgebiet an. Was die Triffauna, konventionell bearbeitet, *zunächst* nicht erkennen lässt, ist die Herkunft des Wassers, also aus welchem Teil des Einzugsgebietes sie stammt. Die eigentliche Quellfauna lebt oberirdisch im Quellbereich um die Austrittsstelle herum. Findet man eigentliche Quellfauna im Rohwasser, ist das ein eindeutiger Hinweis auf bauliche Mängel der Fassungsanlagen.

### StygoTracing – Biologische Tracer im Trink- und Grundwasserschutz

Die klassischen biologischen Bewertungsverfahren beruhen darauf, dass man die Art der Organismen bestimmt und daraus dann Schlussfolgerungen über die Qualität ihres Lebensraumes zieht. Präzise Aussagen über Herkunft und Verbreitungsmuster der Organismen sind damit kaum möglich. Gelingt es jedoch, die Organismen, in unserem Falle Tiere, individuell zu identifizieren, lassen sich Herkunft und Ausbreitungspfade verlässlich ermitteln. Die Tiere werden dadurch zu biologischen Tracern.

Die individuelle Erkennung von Tieren ist nur mit populationsgenetischen Verfahren möglich. Beispielfähig konnten die Autoren, gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), ein solches Verfahren für Wasserasseln in Trinkwasserversorgungsanlagen entwickeln (**Abb. 2**) – sozusagen ein Vaterschaftstest für Wasserasseln.



**Abbildung 2:** Mit genetischen Verfahren wie StygoTracing werden Herkunft und Ausbreitungsmuster von Tieren ermitteln. In Trinkwasserversorgungssystemen können damit unerwünschte Bewohner, wie z.B. die Wasserassel, gezielt bekämpft werden. Im Freiland lassen sich andere Tierarten als biologische Tracer zur hydrologischen Bewertung und zur Abgrenzung von Wasserschutzgebieten nutzen.

In natürlichen Systemen, im Freiland, leben überall, wo das Wasser genügend Sauerstoff und Nahrung enthält, vielzellige Tiere. Diese können als biologische Tracer für die Wasserflüsse und die Austauschvorgänge zwischen Oberflächenwasser und Grundwasser genutzt werden. Damit lässt sich feststellen, ob z.B. ein Bach in den Brunnen infiltriert, oder ob das Wasserschutzgebiet den tatsächlichen hydrologischen Verhältnissen entspricht.

Derzeit wird StygoTracing, wiederum gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), unter dem Namen StygoTracing-EZG (EZG = Einzugsgebiet) im Freiland erprobt.

### **Zusammenfassung**

Die Quellfauna im Harz zeigt Versauerung und Struktur der Standorte an. Ihre Vielfalt nimmt mit steigender Höhenlage und sinkendem pH-Wert ab. Fichtenwald wirkt sich nachteilig auf die Fauna der Harzer Quellen aus.

In Quellen findet man zwei Typen von Tieren, 1.) die Triffauna und 2.) die eigentliche Quellfauna, die im Bereich der Austrittsstelle lebt. Die Triffauna erlaubt die Bewertung des Oberflächenwassereintrags im EZG, während die eigentliche Quellfauna Aussagen zum baulichen Zustand der Quelfassung ermöglicht.

Mit genetischen Verfahren wie StygoTracing werden Herkunft und Ausbreitungsmuster von Tieren ermittelt. In Trinkwasserversorgungssystemen können damit unerwünschte Bewohner, wie z.B. die Wasserassel, gezielt bekämpft werden. Im Freiland lassen sich Tiere als biologische Tracer zur hydrologischen Bewertung und zur Abgrenzung von Wasserschutzgebieten nutzen.

### **Danksagung**

Wir danken

dem Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt

dem Nationalpark Harz

dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)



**Fugro Consult GmbH**  
Abteilung Wasser  
Süptitzer Weg 28A, 04860 Torgau  
Internet: [www.fugro.de](http://www.fugro.de)

---

Bearbeiter: Dipl.-Geol. K. Brinschwitz  
E-Mail: [k.brinschwitz@fugro.com](mailto:k.brinschwitz@fugro.com)  
Tel.: 03421 741 468; Fax: 03421 741 400  
Redaktionsschluss: 15.08.2016

## Stichtagsmessung Sachsen

### Durchführung einer landesweiten Grundwasserstichtagsmessung Herbst 2015

Das LfULG Sachsen hat 2015 die Ausführung von Leistungen zur Koordinierung und Auswertung einer landesweiten Grundwasser-Stichtagsmessung in Sachsen für den oberen Hauptgrundwasserleiter (Lockergestein) an die Fugro Consult GmbH vergeben. Ziel des Projektes ist die Koordinierung, Begleitung der Umsetzung und Auswertung einer landesweiten Grundwasser-Stichtagsmessung im Herbst 2015 bzw. Frühjahr 2016, mit deren Hilfe die Grundwasserdruckfläche bezogen auf den oberen wasserwirtschaftlich genutzten Hauptgrundwasserleiter erarbeitet werden kann. Das Ergebnis soll die Erstellung eines landesweiten Hydroisohypsenplanes für mittlere Verhältnisse im Bereich der Porengrundwasserleiter unter Beachtung der hydrogeologischen Verhältnisse und der Abflussdynamik der Vorfluter sein.

Das Vorhaben gliederte sich in folgende Etappen:

- Etappe I: Vorbereitung der Stichtagsmessung
- Etappe II: Durchführung der Stichtagsmessung
- Etappe III: Auswertung der Messergebnisse und Erstellung der Hydroisohypsenpläne

#### **Etappe I: Vorbereitung der Stichtagsmessung**

Die erste Bearbeitungsphase umfasste

- die Recherchen zu den Messnetzbetreibern,
- den Aufbau einer Datenbank zu den notwendigen Stammdaten (u.a. Koordinaten, Messpunkthöhen, Filterlagen, Endteufen, Wasserstände und Betreiberdaten) der für die Stichtagsmessung verwendeten Messstellen

- die Schaffung eines einheitlichen Datenerhebungs-, Verarbeitungs- und Übergabeformats.

Das LfULG stellte im Vorfeld eine Datenbank mit Messstellenbetreibern zur Verfügung, die ca. 60 Institutionen mit den dazugehörigen Kontaktdaten umfasste. Diese ersten Rechercheergebnisse wurden durch Fugro Consult GmbH verifiziert und durch weitere Recherchetätigkeit deutlich erweitert.

Als potentielle Messnetzbetreiber wurden sowohl Wasserversorger, private Unternehmen, Industriebetriebe (Bergbauunternehmen, Brauereien etc.) sowie staatliche Institutionen wie Untere Wasserbehörden, die Landestalsperrenverwaltung Sachsen (LTV), Umweltämter, etc. identifiziert.

Um eine fachlich möglichst genaue Konstruktion der Isohypsen im Bereich der Landesgrenzen vornehmen zu können, wurden die jeweils zuständigen Institutionen der Bundesländer Sachsen-Anhalt, Brandenburg und Freistaat Thüringen über die Grundwasserstichtagsmessung informiert und die vorhandenen Grundwassermessstellen der jeweiligen Staatlichen Messnetze für einen 5 km breiten Streifen entlang der sächsischen Grenze angefordert.

Alle Messnetzbetreiber erhielten eine schriftliche Anfrage zur Teilnahme an der sachsenweiten Grundwasserstichtagsmessung und eine Einladung zur Teilnahme an einer einleitenden Informationsveranstaltung. Gleichzeitig wurden alle verfügbaren Stammdaten (Koordinaten, Messpunkthöhe, Geländehöhe, Filterlagen, Ausbausohle, etc.) der betriebenen Grundwassermessstellen (GWM) und Brunnen angefordert und in einer weiteren Datenbank gespeichert.

Besonderer Wert wurde auf die von den Messnetzbetreibern übermittelten geologischen Informationen, wie stratigraphische Angaben und Zuordnungen zu Grundwasserleitern, gelegt. Die Informationen wurden in der Messdatenbank hinterlegt und dienten als Grundlage für die Zuordnung der Grundwassermessstellen zum jeweiligen Grundwasserleiter.

Die Zuordnung aller erfassten Grundwassermessstellen zum jeweiligen Grundwasserleiter erfolgte durch regional erfahrene Geologen der Fugro Consult.

Auffällig war, dass je nach hydrogeologischer Bedeutung / Nutzung in einigen Bereichen des Untersuchungsgebietes eine sehr starke Konzentrierung der Grundwassermessstellen auftrat, während andere Bereiche nur sehr unzureichend abgedeckt waren.

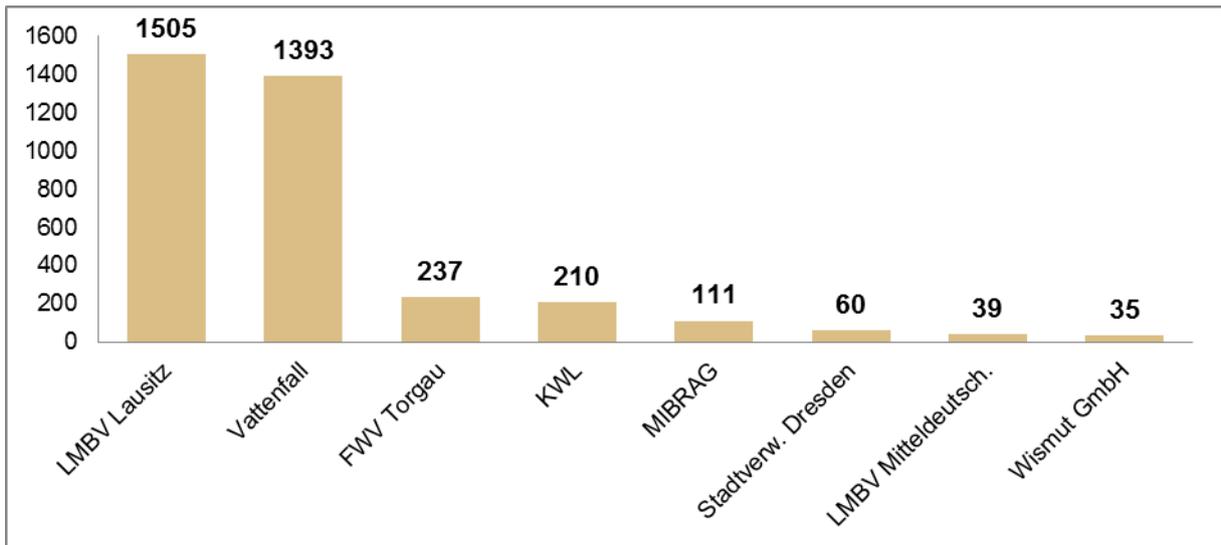


Abb.1 Übersicht der wichtigsten Messnetzbetreiber und der zur Verfügung gestellten Grundwassermessstellen

## Etappe II: Durchführung der Stichtagsmessung

Die zweite Bearbeitungsphase umfasste die Koordinierung aller teilnehmenden Messnetzbetreiber und die Durchführung von Grundwasserstandsmessungen durch die Fugro Consult selbst.

Um eine konsistente Datenerfassung zu gewährleisten, erhielten alle teilnehmenden Messnetzbetreiber neben weiteren wichtigen Informationen bzgl. der Stichtagsmessung einen 3-teiligen digitalen Feldvordruck (Excel-Tabelle) zum Ausfüllen übermittelt. Die Kopfzeilen des Vordruckes sind in Abbildung 2 dargestellt.

Grundwasserstichtagsmessung Sachsen Herbst 2015				 Blatt 1 von 3	
-Feldvordruck zum ausfüllen-					
Institution/Wasserversorger: .....					
Messzeitraum: <b>05.10.2015-16.10.2015</b> (41./42. KW)					
Während des oben angegebenen Messzeitraumes bitte alle Grundwassermessstellen einmalig messen und in unten vorbereitete Tabelle einfügen!					
<u>Kontakt:</u>		J. Hunger (Fugro Consult GmbH) j.hunger@fugro.de T +49 (3421) 741-465   M +49 (176) 12622-708			
GWM/Aufschluss	GW-Stand [m u. MP]	Gelotete Teufe [m u. MP]**	Standrohrhöhe [m ü. GOK]***	Messdatum	Bemerkungen
* Abstand Messpunkt bis zum Grundwasserspiegel					
** Abstand Messpunkt bis zur Sohle der Grundwassermessstelle					
*** Höhenunterschied Gelände bis zum Messpunkt					

## Abb. 2 Feldvordruck zur Stichtagsmessung

Durch die Fugro Consult wurden insgesamt 1.395 Grundwassermessstellen in Bereichen mit einer geringen Grundwassermessstellendichte in Sachsen ausgewählt und innerhalb des Messzeitraumes durch Fugro-Mitarbeiter aufgesucht und gemessen.

Aufgrund des begrenzten Messzeitraumes von 14 Tagen wurde die Grundwasserstichtagsmessung durch mehrere Messtrupps durchgeführt. Das Gesamtgebiet wurde dazu regional aufgeteilt. Wesentlich war des Weiteren eine detaillierte Einweisung des Personals zur Durchführung der Stichtagsmessungen und die Zusammenstellung aller technischen Hilfsmittel (topografische Karten, verschiedene Schlüsselsätze, Fotokamera, GPS zur Lageermittlung, Erfassungslisten).

Von insgesamt 1.395 angefahrenen Grundwassermessstellen wurden 600 GWM während der Stichtagsmessung 2015 aufgefunden. Messungen waren nicht an allen Grundwassermessstellen möglich, da diese teilweise zerstört, verstopft oder trockengefallen waren. Verlässliche Grundwasserstände konnten an 532 Grundwassermessstellen gemessen werden. Dies entspricht einem Messanteil von rund 40%.

Insbesondere ältere Grundwassermessstellen, die sich auf landwirtschaftlichen Flächen oder im urbanen Stadtbereich befanden, konnten nur selten aufgefunden werden. Diese Grundwassermessstellen wurden entweder im Rahmen von jüngeren Baumaßnahmen zurückgebaut oder beschädigt/zerstört. Auch Spuren von Vandalismus wurden an einigen Grundwassermessstellen festgestellt (gewaltvolles Entfernen der Pegelkappen und Auffüllung mit Steinen, Kies, Holz, etc. oder Abbrechen der Pegelrohre). Beispiele für festgestellte Beschädigungen sind in Abbildung 3 dargestellt.



Abb. 3 Beispiele aufgefundener Messstellen im Rahmen der FUGRO-Messkampagne

Mit Beendigung der Stichtagsmessung gingen die Arbeiten direkt in die Koordinierung und Verarbeitung der Datenrückläufe über. Insgesamt wurden von 55 der angefragten 63 Messnetzbetreiber Daten zu Grundwasserständen übermittelt. Die Resonanz und die Zusammenarbeit waren überaus positiv.

Die Plausibilitätskontrolle der Messergebnisse erfolgte durch:

- Prüfung und Eingabe der Daten zu den Grundwasserstandsmessungen in die Projektdatenbank
- Darstellung der Messwerte im GIS, zusammen mit dem Hydroisohypsenplan von 2013 und den Messstellen des Landesmessnetzes, zur räumlichen Analyse und Eliminierung von Ausreißern.

Einschließlich der Fugro-eigenen Stichtagsmessung sowie des Staatlichen Grundwassermessnetzes Sachsen lagen nach Abschluss der Datenerfassung insgesamt 6.941 Grundwasserstandsdaten und 275 Oberflächenwasserstände in der Datenbank vor (Verteilung siehe Abbildung 4).

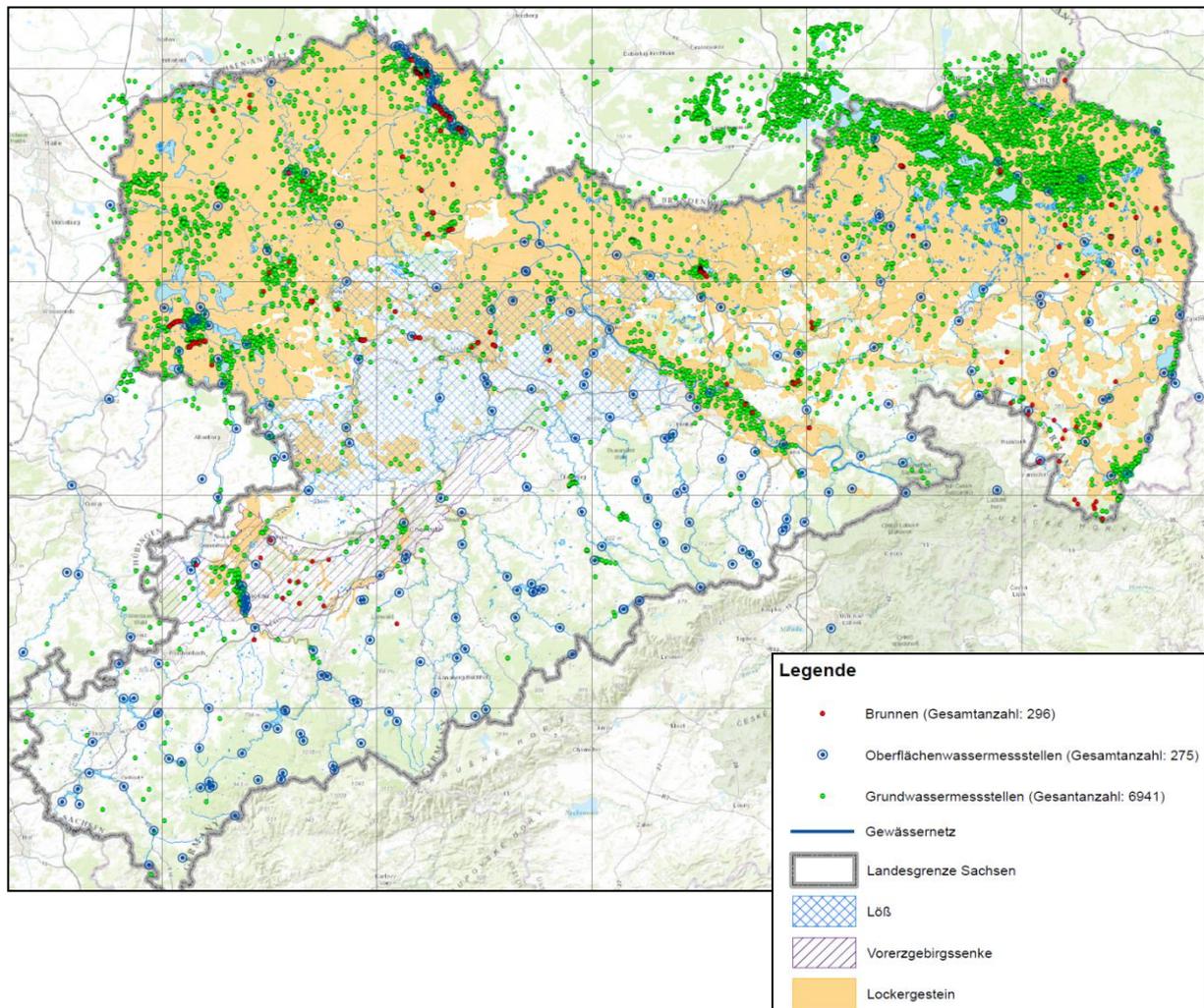


Abb. 4 Sachsenweite Gesamtübersicht der Messstellen

### **Etappe III: Auswertung der Messergebnisse und Erstellung der Hydroisohypsenpläne**

Für die Bearbeitung des Grundwasserisohypsenplans ist vorgesehen, das räumlich instationäre Interpolationsverfahren Detrended Kriging, das zur Interpolation der trendbehafteten Grundwasserdynamik Zusatzinformationen einbezieht, zu nutzen. In dem Verfahren wird die zu regionalisierende Variable (Grundwasserstand) in zwei additiv verbundene Komponenten zerlegt – den Trendanteil und eine zufällige, statistisch verteilte Komponente. Der generelle Trend wird dabei anhand von Zusatzinformationen ermittelt. Für die Regionalisierung der Grundwasserdynamik wird die Grundwasseroberfläche aus

einer landesweiten geohydraulischen Modellierung auf Basis von MODFLOW verwendet. Die geostatistische Interpolation erfolgt nur noch für die trendbereinigten Residuen (Abweichung der Messwerte von der modellierten Grundwasseroberfläche). Hierfür wird das Ordinary Kriging zur Anwendung kommen.

Die Regionalisierung der Grundwasseroberfläche mit einem Detrended Kriging auf der Basis eines geohydraulischen Modells bietet folgende Vorteile:

- Berücksichtigung der Aquifereigenschaften sowie der relevanten Randbedingungen → Nachweis der geohydraulischen Plausibilität
- keine virtuellen Stützstellen erforderlich, Toplagen und Senken bilden sich entsprechend der Randbedingungen aus (Grundwasserneubildung, Vorfluter)
- Identifizierung von Ausreißern (z.B. schwebendes Grundwasser)
- Reproduzierbarkeit der gesamten Interpolation (Trendkomponente und Zufallskomponente)
- Minimierung des subjektiven Anteils am Interpolationsergebnis
- geringer Aufwand für die Aktualisierung aufgrund neuer, zusätzlicher Messwerte.



---

Bearbeiter: Dipl. Geophysiker Michael Maurer, Dipl. Geophysiker Wolfgang Voigt  
E-Mail: [info@bbi.de](mailto:info@bbi.de)  
Tel.: 039200-50033; Fax: 039200-50032  
Redaktionsschluss: 30.07.2016

## **Funktionsprüfung an Grundwassermessstellen mit Beispielen aus Sachsen**

Grundwassermessstellen werden nicht nur für die Beobachtung von Grundwasserständen sondern auch zur Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit errichtet. Damit eine Grundwassermessstelle beide Aufgaben erfüllen kann, muss die Wirksamkeit der Ringraumabdichtung(en) sowie die Dichtheit der Aufsatzrohre gewährleistet sein. Sonst kommt es bei mehreren, durch stauende Schichten getrennten Grundwasserleitern und entsprechend unterschiedlichen hydraulischen Potenzialen zu Strömungsvorgängen im Messstellenrohrstrang und/oder im Ringraum, wodurch eine repräsentative Probenahme erschwert oder unmöglich gemacht wird. Je nach Größe der Potenzialunterschiede und dem Verhältnis der Durchlässigkeiten kann es durch den Fremdwasserzufluss bzw. eigenständige Strömungsvorgänge auch zu erheblichen Verfälschungen der gemessenen Grundwasserstände kommen.

Zu bereits existierenden Grundwassermessstellen sind meist keine ausreichenden Unterlagen, wie Schicht- und Ausbauprotokolle, vorhanden. Außerdem ist die Befahrbarkeit und die Funktionsfähigkeit der GWM oft nicht genau bekannt. Die Grundwassermessstellen sollen jedoch wichtige und zuverlässige Informationen zu den Verhältnissen im Untergrund liefern. Es ist daher notwendig die Funktionsfähigkeit der Messstellen sofort nach Errichtung und in regelmäßigen Abständen zu kontrollieren und in einem sogenannten Messstellenpass als Qualitätssicherung zu dokumentieren.

Funktionsprüfungen an Grundwassermessstellen werden in unterschiedlichen Regelwerken und Merkblättern beschrieben:

- DVGW Merkblatt W 110, Geophysikalische Untersuchungen in Bohrlöchern und Brunnen zur Erschließung von Grundwasser,

- DVGW Merkblatt W 121, Bau und Betrieb von Grundwassermessstellen,
- DVGW Merkblatt W 135, Sanierung und Rückbau von Bohrungen, Grundwassermessstelle und Brunnen,
- DVGW Merkblatt W 115, Bohrungen zur Erkundung, Gewinnung und Beobachtung von Grundwasser,
- DVWK Regelwerk 128, Tiefenorientierte Probenahme aus Grundwassermessstellen,
- LAWA Empfehlung 1999, Konfiguration von Messnetzen sowie zum Bau und Betrieb von Grundwassermessstellen.

Dieser Vortrag beschäftigt sich speziell mit den bohrlochgeophysikalischen und optischen Funktionsprüfungen an Grundwassermessstellen (DVGW Merkblatt W110).

Ziel bohrlochgeophysikalischer und optischer Untersuchungen an Grundwassermessstellen soll es sein, die Qualität der Installation und die Funktionsfähigkeit, insbesondere:

- den teufenrichtigen Einbau der Filterstrecken,
- die Durchlässigkeit der Filterbereiche,
- die Dichtheit der Rohrverbindungen in den Aufsatzrohren,
- die Lage der Tonsperren,
- die Zuflusshorizonte und Zuflussmengen,

qualitativ und quantitativ nachzuweisen.

Dazu ist es notwendig, bohrlochgeophysikalische und optische Messprogramme in Abhängigkeit vom Kenntnisstand über die zu untersuchende Messstelle, in Abhängigkeit vom zu erreichenden Untersuchungsziel und vom gegebenen Ausbau- und Tonsperrenmaterial festzulegen.

Zur Lösung von Aufgabenstellungen im Rahmen der Untersuchung von GWM können komplexe bohrlochgeophysikalischer Messverfahren wie folgt eingesetzt und ausgewertet werden:

### **Teufenmäßige Lage der Tonsperren**

je nach verwendetem Tonsperrenmaterial kann ein Nachweis der Lage der Tonsperre erfolgen mittels:

- Gammaray,
- Gamma-Gamma-Ringraumkontrollmessung,
- Neutron-Neutron-Messung,
- Messung der Magnetisierbarkeit (bei Einsatz magnetisch dotiertem Tonsperrenmaterial).

Nachfolgende Tabelle zeigt eine Entscheidungsmatrix zum Einsatz bohrlochgeophysikalischer Messverfahren zum Tonsperrennachweis bei Verwendung unterschiedlichster Tonsperrenmaterialien.

	<i>SBF Quellon</i> <i>HD</i>	<i>SBF Quellon</i> <i>WP</i>	<i>Compactonit</i> <i>10/200</i>	<i>Compactonit</i> <i>10/80</i>	<i>Mikolit</i> <i>300M*/300</i>	<i>Mikolit</i> <i>00</i>	<i>Compactonit</i> <i>TT 5/15</i>
<b>Durchlässigkeitsbeiwert</b>	2x10 <sup>-11</sup> m/s	2x10 <sup>-11</sup> m/s	2x10 <sup>-11</sup> m/s	10 <sup>-9</sup> m/s	ca. 10 <sup>-9</sup> m/s	10 <sup>-8</sup> m/s	10 <sup>-8</sup> m/s
<b>Geophysikalischer Nachweis</b>	Magnetiklog	Gammalog	Gamma-Gamma	Gamma-Gamma	Magnetiklog* Gamma-Gamma	Gamma-Gamma	Gamma-Gamma
	+++	+++	-	-	+++ / -	-	-
<b>Gammastrahlung</b>	ca. 50 API	> 100 API	ca. 50 API	ca. 50 API	ca. 50 API	ca. 50 API	ca. 50 API
<b>Dichtwirkung im Ringraum</b>	+++	+++	+++	O	O	-	-
<b>Anwendungsempfehlung</b>	Ringraumabdichtung in größeren Teufen	Ringraumabdichtungen	Ringraumabdichtungen	Ringraumabdichtungen	Ringraumabdichtungen	Rückverfüllung	Rückverfüllung

Tabelle 1: Einsatz von Tonsperrenmaterial und dessen bohrlochgeophysikalischer Nachweis (nach Herstellerangaben)

### Teufenmäßige Lage der Filterstrecken

Die Filterstrecken in plastausgebauten Brunnen sind durch ein Widerstandsverfahren (BFEL) lokalisierbar. Bedingung für den Einsatz von Widerstandsverfahren ist das Vorhandensein von Flüssigkeit im zu untersuchenden Teufenbereich. In stahlausgebauten Brunnen erfolgt die Bestimmung der Lage der Filterstrecken mittels Kalibermessung in Kombination mit Packerflowmeter und Salinitätsmessungen.

### Durchlässigkeit der Filterstrecken

Anzeichen für die Durchlässigkeit der Filterbereiche gibt bereits die oben beschriebene BFEL-Messung. Eine sichere Überprüfung gestattet die Vermessung der Filterstrecken mittels Packerflowmeter oder eine Flowmetermessung während des Abpumpens der Messstelle.

Nachfolgende Tabelle zeigt eine Entscheidungsmatrix zum Einsatz der Messverfahren in verschiedenen Ausbaumaterialien:

BFEL	FLOW	FLOWM	SAL/TMP	Video	
+	-	-	+	+	Nachweis der Filtereinbauteufe, GWM PVC, HDPE, PE
-	+	+	+	+	Nachweis der Filtereinbauteufe, stahlausgebauter GWM
+	+	+	+	-	Nachweis der Durchlässigkeit der Filterstrecke, plastausgebaut
-	+	+	+	-	Nachweis der Durchlässigkeit der Filterstrecke, stahlausgebaut

Tabelle 2: Einsatz von Messverfahren zur Bestimmung der Durchlässigkeit von Filterbereichen

### **Dichtheit der Rohrverbindungen und der Vollrohrstrecken**

Sobald eine hydraulisch wirksame Trennschicht durchteuft wird, sind Rohre mit innen- und außen-druckwasserdichten Gewindeverbindungen zu verwenden (Nachweis der Herstellerfirma muss vorliegen; Prüfdruck innen/außen mind. 10 bar über 20 min.). Zur Dichtheit der Rohrverbindungen in plast-ausgebauten Brunnen kann das BFEL nur Hinweise geben. Ein sicherer Nachweis ist jedoch nur mittels hydraulischer Tests möglich. Anzeichen auf Undichtheiten zeigen sich ebenso wie Risse oder Defekte als Messwertminima. Die Messwertminima weisen auf stromdurchlässige Bereiche hin, die nicht zwingend hydraulisch durchlässig sein müssen. Bei stahlausgebauten Brunnen kann die Dichtheit der Rohrverbindungen nur mit Packertests untersucht werden.

### **Beispiele aus Sachsen**

In den vergangenen Jahren wurde von BBi eine Vielzahl von Grundwassermessstellen aus dem Altmessnetz auf ihre Funktionsfähigkeit bohrlochgeophysikalisch und optisch untersucht. Dabei sind alle Arten von Grundwassermessstellen, wie:

Einzelmessstellen, Messstellengruppen, Messstellenbündel und Multilevelmessstellen mit den unterschiedlichsten Ausbaumaterialien, Ausbaudurchmessern und Messstellenabschlüssen untersucht worden.

Das Mess- und Untersuchungsprogramm beinhaltete folgende Messverfahren:

- Kamerabefahrung (VID),
- Gammaray (GR),
- Gamma-Gamma-Ringraumkontrollmessung (GG-RRK),
- Brunnen FEL (BFEL),
- Kaliber (CAL),
- Salinität / Temperatur (SAL/TMP),
- Neutron-Neutron (NN),
- Packer-Flowmeter (PACKER-FLOW).

### **Untersuchungsergebnisse – Dichtheit der Aufsatzrohre**

Das Untersuchungsbeispiel zeigt in der BFEL-Messung an fast allen Aufsatzrohrverbindungen gering bis mäßig ausgeprägte Anomalien, die durch die elektrische Durchlässigkeit der betreffenden Rohrverbindungen hervorgerufen werden. Die BFEL-Messung liefert jedoch nur in „positiver Richtung“ eindeutige Aussagen. Werden keine elektrischen Durchlässigkeiten durch BFEL verzeichnet, dann ist der Rohrstrang auch hydraulisch dicht. Sind dagegen Rohrverbindungen elektrisch durchlässig, dann bedeutet das noch nicht automatisch, dass diese Rohrverbindungen auch hydraulisch undicht sein müssen. Vereinfacht gesagt heißt das, dass dort, wo Strom durchfließt, nicht zwangsläufig auch Wasser durchfließen kann. Durch außen anliegende Tonsperren oder Ton-Zement-Suspensionen können z. B. Rohrleckagen sekundär gegen Wasserzufluss abgedichtet werden. Zur definitiven Überprüfung der hydraulischen Dichtheit der Aufsatzrohre bei Vorliegen von BFEL-Anomalien sollte daher immer ein Packertest durchgeführt werden. Während des Packertests in der GWM wurden Veränderungen der

aufgefüllten bzw. abgesenkten Wassersäule festgestellt. Der Aufsatzrohrstrang ist daher als hydraulisch undicht zu bewerten (siehe Mess- und Untersuchungsbeispiel Abbildung 1).

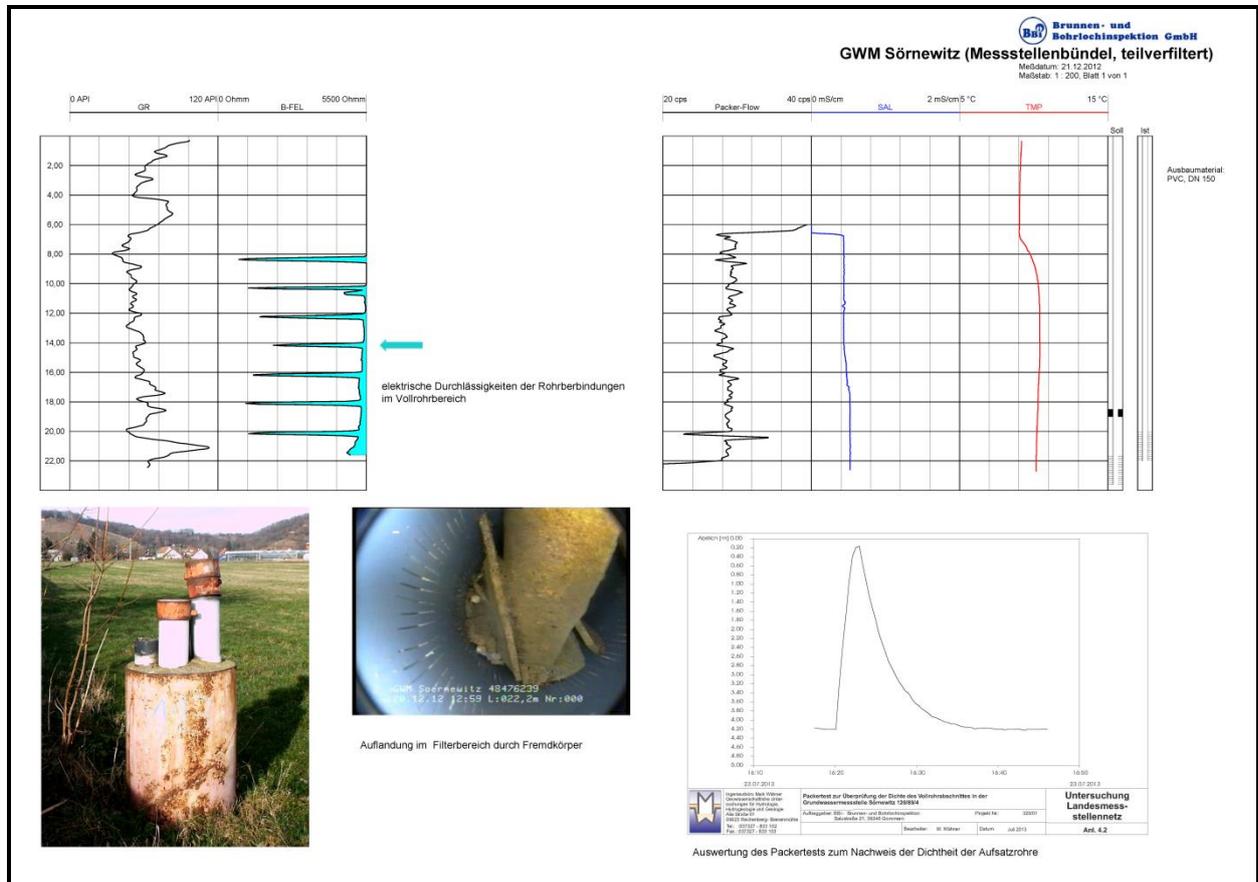


Abbildung 1: Messbeispiel, Komplex der bohrlochgeophysikalischen Ausbaukontrollmessungen

Die BFEL Messung kann nur im wassererfüllten Bereich der Messstellen eingesetzt werden. Im Bereich oberhalb des Wasserspiegels liefert die optische Untersuchung mittels Kamerabefahrung ebenfalls eindeutige Ergebnisse bei undichten Rohrverbindungen (siehe Abbildung 2).



Abbildung 2: Messbeispiel, Undichte Rohrverbindung mit Feststoffeintrag

### **Untersuchungsergebnisse – Ringraumabdichtungen, Ringraumhinterfüllung**

Durch die Gammaray (GR), Gamma-Gamma-Ringraumkontrollmessung (GG-RRK), Magnetiklogmessungen (MAL) und Neutron-Neutron-Messungen (NN) kann das Vorhandensein von Ringraumabdichtungen sicher nachgewiesen werden. Das klassische Verfahren für die Lokalisierung der aus Tonformlingen hergestellten Abdichtungen im Ringraum ist die Messung der natürlichen Gammastrahlung (GR) der eingebrachten Tone. Da bei diesem Verfahren immer eine integrale Registrierung der an der Sonde eintreffenden Strahlung erfolgt, ist es hier schwierig, die „künstlich“ errichtete Tonsperre von den gewöhnlich direkt dahinter liegenden tonigen Gebirgsschicht abzugrenzen. In der Vergangenheit versuchte man sich zu behelfen, indem man die Schütttone bereits bei der Produktion mit Zusätzen erhöhter Gammaaktivität anreicherte. Bei der Kontrollmessung dominiert dann in vielen Fällen der so präparierte Ton gegenüber dem allgemeinen Messwertniveau. Es wird meist aber zur Sicherheit in Kombination mit einem Gamma-Gamma und Neutron-Neutron Log gemessen. Als ein Tonprodukt zum Einsatz kam, das zur Erzielung einer höheren Sinkgeschwindigkeit mit spezifisch schwereren, eisenhaltigen Zusätzen vermischt wurde, ergab sich überraschend eine neue Möglichkeit, indem man jetzt nicht mehr wie bislang die Gammastrahlung registrierte, sondern die erhöhte magnetische Suszeptibilität des eingebauten Tones als Nachweisindikator verwendete. Damit war das heute in großem Umfang angewandte Magnetiklog (MAL) für diesen Zweck entdeckt worden, das beim Tonsperrenachweis immer eindeutige Daten liefert, da natürliche Gesteine eine mindestens um das 10- bis 20-fach geringere Magnetisierbarkeit aufweisen als der präparierte Ton. Aufgrund der schnell steigenden Nachfrage zogen die Tonhersteller nach, und heute sind mehrere Produkte mit Eignung für den magnetischen Nachweis im Angebot, ja man hat sogar den Eindruck, dass die eindeutige Nachweisfähigkeit beim Einsatz von „magnetischen“ Tonen gegenüber dem eigentlichen Zweck, der Erhöhung der Sinkgeschwindigkeit, in den Vordergrund getreten ist. Magnetiklogmessungen zum Tonsperrenach-

weis in neu errichteten Grundwassermessstellen aus Kunststoff in Kombination mit Gamma-Gamma-Ringraumkontrollmessungen sind heute längst Stand der Technik geworden.

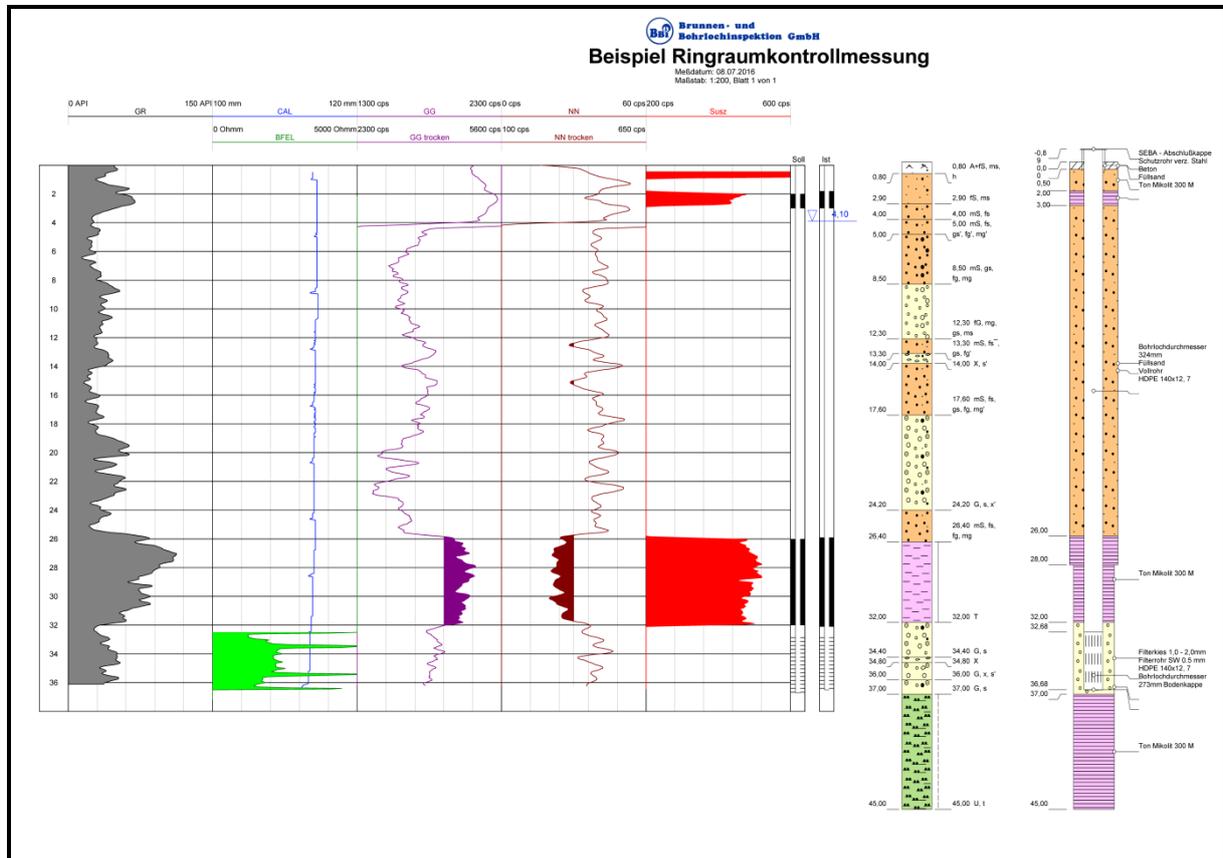


Abbildung 3: Messbeispiel, Ringraumkontrollmessungen GG-RRK, NN, MAL zum Tonsperrennachweis

### Untersuchungsergebnisse – weitere mögliche Schäden an Grundwassermessstellen

Durch die optischen Untersuchungen mittels Kamerabefahrungen wurden in der Vergangenheit häufig Beschädigungen durch Wurzeleinwuchs, durch zusammengedrückte Filterrohre und durch hineingeworfene Fremdkörper festgestellt (siehe nachfolgende Abbildungen):



Abbildung 4: Wurzeinwuchs



Abbildung 5: Auflandung durch Fremdkörper



Abbildung 6: zusammengedrücktes Filterrohr

## Untersuchungsergebnisse – Bewertung der Funktionsfähigkeit der Messstellen

Neben anderen Ergebnissen stellen die Ergebnisse der bohrlochgeophysikalischen und optischen Funktionsprüfungen einen wichtigen Teil der Gesamtbewertung dar.

Ein fehlerhafter Ausbau ist nachgewiesen, wenn:

- die Messstelle durch Verformungen der Rohre, geringerer Durchmesser usw. nicht geophysikalisch vermessen werden konnte,
- die Tonsperren sich nicht im vorgegebenen Teufenintervall befinden (zulässige Abweichung maximal: 0,5 m),
- die Filterstrecken sich nicht im vorgegebenen Teufenintervall befinden (zulässige Abweichung maximal: 0,5 m),
- die Rohrendteufe nicht mit der Ausbaufestlegung übereinstimmt (zulässige Abweichung maximal: 0,5 m),
- Tonsperrenmaterial im Filterbereich nachgewiesen wird,
- anderes Tonsperrenmaterial als ausgeschrieben verwendet wird, welches geophysikalisch nicht nachgewiesen werden kann und
- 20 % Abweichung der Ringraumdichtung gegeben ist.

Die Einstufung der Messstellen hinsichtlich ihrer Eignung erfolgt durch den Auftraggeber nach folgenden Kriterien in Abhängigkeit ob es Beschaffenheits- oder Grundwasserstandsmessstellen sind:

### **- geeignet mit oder ohne Reinigung**

- ohne festgestellte Abweichungen, Beschädigungen (eventuelle Reinigung)

### **- bedingt geeignet** - mittelfristiger (im Zeitraum von 3-5 Jahren) oder langfristiger Ersatz,

- bei stahlverrohrten GWM (mit Hinweis zu Schwermetallanalytik) – langfristiger Ersatz
- bei Messstellen mit fehlender Tonsperre (vorausgesetzt oberer GWL) – mittelfristiger Ersatz
- bei Messstellen mit stromdurchlässigen Muffenverbindungen – mittelfristiger Ersatz
- bei Mehrfachmessstellen in einer Bohrung (Messstellenbündel oder mehrfachverfilterte GWM, bei Betrachtung des oberen GWL) – mittelfristiger Ersatz (3-5 Jahre)

### **- ungeeignet** - kurzfristiger Ersatz,

- bei Defekten oder bei Nichtbefahrbarkeit der Pegelrohre mittels Bohrlochmesssonden und Pumpen,
- fehlende Tonsperre bei tiefliegenden GWL,
- bei Zuflussraten im KPV unter 3 Liter / Minute (Mindestmengenkriterium).

---

Bearbeiter: Fabian Musche, Sebastian Paufler, Thomas Grischek

E-Mail: [musche@htw-dresden.de](mailto:musche@htw-dresden.de)

Tel.: 0351 462 2687

Redaktionsschluss:

## **Erkundung eisenreicher Hot Spots im Grundwasser- zustrom von Fließgewässern in der Lausitz**

In den Bergbaufolgelandschaften wie der Lausitz kommt es mit dem Wiederanstieg des Grundwassers zu hohen Fe(II)-Konzentrationen im Wasser. In grundwassergespeisten Fließgewässern führt der Kontakt von Fe(II) mit Sauerstoff zu einer Ausfällung von Eisen(hydr)oxiden und zur Versauerung. Visuell ist das Ergebnis der Eisenoxidation an einer Braunfärbung der Gewässersedimente und ggf. des Wassers erkennbar.

In Untersuchungen zur Verockerung der Fließgewässer in der Lausitz wurden Bereiche der Eiseneinträge aus dem Grundwasser identifiziert. Gleichzeitig wurde festgestellt, dass innerhalb der ausgewiesenen Bereiche die Eisenkonzentration im Grundwasser lokal stark differenziert ist und die hohen Eisenbelastungen in Form von „Hot Spots“ auftreten. Diese Differenziertheit sollte beim Entwurf wirtschaftlicher und nachhaltiger Sanierungsmaßnahmen berücksichtigt und daher genauer untersucht werden.

Eine einfache Direct-Push-Technik wurde im Rahmen eines SMWK-Forschungsprojekts 2015 entwickelt. Mit dieser können entlang eines Fließgewässers Grundwasserproben im Zustrombereich (Ufer/Flussbett) mit geringem Aufwand entnommen werden. Durch die punktuelle Sondierung und Grundwasserprobennahme werden vergleichbare Messwerte mit einer hohen räumlichen Auflösung erhalten. Mithilfe von Oberflächentemperaturmessungen im Flussbett und am Ufer kann weiterhin die Stärke des Zustroms qualitativ bewertet werden.

An einem 750 m langen Abschnitt der Kleinen Spree bei Spreewitz konnten so die Variabilität der Grundwasserbeschaffenheit im Zustrom ermittelt und der Schwerpunkt der Belastung eingegrenzt werden. Während die höchste Fe(II)-Konzentration lokal mit 400 mg/L festgestellt wurde, betrug sie 50 m stromabwärts nur noch etwa 250 mg/L und sank über weitere 100 m auf 60 mg/L.



---

Bearbeiter: Dr.-Ing.W. Kritzner, J.Günther  
E-Mail: [guenther@iwb-possendorf.de](mailto:guenther@iwb-possendorf.de)  
Tel.: 035206-397313; Fax: 035206-397328  
Redaktionsschluss: 10.08.2016

## Praktische Erfahrungen beim Grundwassermonitoring der LMBV in Brandenburg

### Aufgaben der LMBV:

Im Süden Brandenburgs hinterließen über 100 Jahre Braunkohlenbergbau zahlreiche Tagebauseen, Restlöcher, Kippenflächen und unsanierte Böschungen.

Die LMBV ist Betreiber des Sanierungsbergbaus als bergrechtlich verantwortliche Projektträgerin. Sie ist verantwortlich für die Planung, Ausschreibung, Vergabe, Kontrolle und Abnahme der Sanierungsarbeiten. Ihr obliegt ebenso die Verwertung und Vermarktung der für Folgenutzungen aufbereiteten Liegenschaften mit dem Ziel der Wiedereingliederung in den Natur- und Wirtschaftskreislauf. Die Erstellung von Abschlussbetriebsplänen für die ehemaligen Betriebsanlagen des Braunkohlenbergbaus und die Mitwirkung bei den notwendigen Entscheidungen zur Wiedernutzbarmachung der vom Bergbau in Anspruch genommenen Flächen gehören ebenfalls zum Aufgabenbereich.

Ein wesentliches Kernziel dabei ist die Entwicklung geordneter wasserwirtschaftlicher Verhältnisse in den ehemaligen Tagebaugebieten. Dazu sind belastbare Aussagen zur Grundwasserdynamik und Grundwasserbeschaffenheit auf der Grundlage eines optimierten Messnetzes, sachgerecht ausgebauter Grundwassermessstellen und repräsentativer Grundwasserproben notwendig.

Die Zielstellung des Montanhydrologischen Monitorings (MHM) besteht in der Erhebung und Auswertung repräsentativer Mess- und Analysenwerte. Diese ermöglichen einerseits eine Einschätzung des erreichten Standes der wasserwirtschaftlichen Sanierung im Sinne einer Erfolgskontrolle und andererseits eine Präzisierung der erforderlichen Sanierungsmaßnahmen.

### Räumliche Einordnung:

Das Grundwassermonitoring der LMBV in Brandenburg erfolgt in sechs Bereichen im Lausitzer Braunkohlerevier im südlichen Brandenburg. Die zu überwachenden Flächen sind zwischen 10.000 und 110.000 ha groß und umfassen zwischen 13 und 90 Messstellen.

Monitoring-bereich	Gebiet	Fläche	Gütemessstellen
B1	Schlabendorfer und Seeser Felder	108 750 ha	90
B2	Greifenhain, Gräbendorf	31 875 ha	33
B3	Meuro/Restlochkette, Meuro-Süd	20 684 ha	38
B4	Lauchhammer I und II	52 500 ha	79
B5	Jänschwalde, rückwärtige Bereiche	14 235 ha	12
B6	Tröbitz/Domsdorf	9 888 ha	13

### Besonderheiten:

Die Realisierung des Monitoringprogramms erfolgt einerseits auf Flächen, die unter Bergaufsicht stehen und Eigentum der LMBV mbH oder der Bodenverwertungs- und –verwaltungs GmbH (BVVG) sind und andererseits auf Flächen die im Gemeinde- oder Privateigentum stehen.

Die zu realisierenden Leistungen fallen in den Geltungsbereich des Bundesberggesetzes (BBergG). Eine Vielzahl der Gütemessstellen befinden sich in geotechnischen Sperrbereichen.

Gefährdungen entstehen hier durch die Möglichkeit von Geländeeinbrüchen nach einer Kippenverflüssigung, Grundbruch durch Technikeinsatz und Setzungsfließen an ungesicherten Gewässerböschungen. Durch die Einhaltung der Verhaltensanforderungen wird die Eintrittswahrscheinlichkeit jedoch erheblich reduziert bzw. das frühzeitige Erkennen von Gefährdungen ermöglicht.

### Planung und Vorbereitung der Probennahme:

Kriterien für die Planung der Mess- und Probennahmekampagnen sind einerseits die Gewährleistung der geotechnischen Sicherheit und andererseits die erwartete Konzentration von Eisen-gelöst und Sulfat im Grundwasser.

Zwei Wochen im Voraus wird der Zeitplan der Mess- und Probennahme-Programme an die LMBV übermittelt. Diese führt eine Prüfung der ausgewählten Messstellen im Hinblick auf mögliche geotechnische Gefährdungen sowie Behinderungen durch andere Sanierungsmaßnahmen und die Erfüllung der inhaltlichen Vorgaben durch.

Die Anfahrt zur Messstelle erfolgt in den Sperrbereichen auf vorgeschriebenen Fahrtrassen. Hierbei sind die aktuelle Witterung und die aktuelle Gefährdungssituation in den jeweiligen Sperrbereichen zu

berücksichtigen. Vor der Einfahrt in den Sperrbereich melden sich die Probennehmer über das SMS-Meldesystem der LMBV an und erhalten die Freigabe zur Befahrung.

Im Rahmen der Routinebeprobung werden die Einbautiefe der Pumpe, der Förderstrom und die erforderliche Abpumpzeit vorgegeben. Für Erstbeprobungen werden diese Kenngrößen durch den Probennehmer nach den Vorgaben des MHM aus der Ausbaudokumentation im Vorfeld ermittelt.

Die Vorbereitung der Probennahme beinhaltet weiterhin die Wartung, Prüfung und arbeitstägliche Kalibrierung der eingesetzten Messgeräte sowie die Reinigung der Probennahmetechnik.

#### **Durchführung der Probennahme und Probenvorbehandlung:**

Zu Beginn der Probennahme erfolgt eine (innere und äußere) Zustandsbewertung der Messstelle. Anschließend wird die Endteufe der Messstelle ermittelt, der aktuelle Grundwasserstand gemessen und Auffälligkeiten auf dem Protokoll vermerkt.

Nach der Tiefenlotung der Grundwassermessstelle wird ein Dummytest für das Grundwasserentnahmesystem durchgeführt. Bei Erstbeprobungen oder auf Anweisung des Auftraggebers wird ein vollständiges Tiefenprofil für folgende Leitkennwerte in der Grundwassermessstelle aufgenommen:

- Temperatur,
- Sauerstoffkonzentration,
- elektrische Leitfähigkeit,
- pH-Wert und
- Redoxspannung.

Dabei sind die Einstellzeit der Elektroden und die erforderliche Auflösung von mindestens 4 Messwerten pro Meter zu beachten. Die Grundwasserfördertechnik Grundfos MP 1 wird nun in der vorgeschriebenen Tiefe (i.d.R. 1 m über der Filteroberkante) eingebaut.

Zu Beginn der Abpumpphase wird die geplante Pumpenförderleistung eingestellt und der Wasserspiegel überwacht. Die o.g. Leitkennwerte werden in der Durchflusszelle kontinuierlich gemessen und im Echtzeitverfahren alle 30 Sekunden digital gespeichert. Weiterhin wird über einen Drucksensor die Wasserspiegellage in der Grundwassermessstelle (in m) und über ein MID in der Steigleitung die Pumpenförderleistung (in l/min) ebenfalls im 30 s Takt digital gespeichert.

Nachdem das vorgeschriebene Abpumpvolumen und damit das hydraulische Abbruchkriterium erreicht wurde, erfolgt die Probennahme mit derselben Pumpenförderleistung wie während der Abpumpphase. Die dabei gemessenen fünf Leitkennwerte charakterisieren die Probe zum Zeitpunkt der Entnahme und werden im Protokoll erfasst.

Die Grundwasserprobe wird in vorgekühlte Kunststoff- bzw. Glasflaschen direkt aus dem Pumpenförderstrom über einen Probennahmehahn, der unmittelbar in der Steigleitung angebracht ist, mit einem Durchfluss von ca. 1 L/min abgefüllt.

Durch die Konservierung der Grundwasserprobe kann eine Beschaffenheitsveränderung minimiert bzw. nahezu ausgeschlossen werden. Die Proben werden in gekühlten und vor Licht geschützten Boxen transportiert und arbeitstäglich an das Labor übergeben.

Die Trübungsmessung der Grundwasserprobe im Feld erfolgt photometrisch und wird unmittelbar nach der Probennahme durchgeführt. Anschließend erfolgt die Filtration der Probe, wobei sich sowohl die Druckfiltration mit Stickstoff als auch die Vakuumfiltration über ein 0,45 µm Filter bewährt haben. Vor Ort in einem Feldlabor erfolgt die Ermittlung der Säure- und Basenkapazität [ $K_{S(4,3)}$  bzw.  $K_{S(8,2)}$  und  $K_{B(4,3)}$  bzw.  $K_{B(8,2)}$  - Wert]. Die Verwendung eines pH-Messgerätes ist hier zwingend notwendig.

### **Analytik:**

Die Übergabe der Grundwasserproben an das Labor wird protokolliert. Das Untersuchungsprogramm sowie eventuelle Besonderheiten der Grundwasserprobennahme werden dokumentiert.

Die Grundwasseranalytik gliedert sich in

- das Grundprogramm,
- das Zusatzprogramm *Versauerung* bei pH Wert < 5,0 und
- Sonderprogramme, wie z.B. die EU-WRRL oder organische Kontaminanten.

Das Grundprogramm umfasst die Parameter:

- pH-Wert,
- elektrische Leitfähigkeit,
- Filtrattrockenrückstand,
- TIC,
- DOC,
- Ammonium-N,
- Nitrat-N,
- o-Phosphat-P,
- Gesamtphosphor,
- Kalium,
- Calcium,
- Magnesium,
- Härte (Karbonathärte, Gesamthärte),
- Natrium,
- Chlorid,
- Sulfid,
- Sulfat,
- Eisen, gelöst,
- Eisen (II) und
- Mangan gelöst.

Das Zusatzprogramm *Versauerung* enthält die folgenden Kennwerte:

- Arsen,
- Blei,
- Cadmium,

- Nickel,
- Chrom ges.,
- Zink,
- Silizium und
- Aluminium.

Nach einer Bearbeitungszeit von max. 1 Woche werden die Analyseergebnisse durch das Labor übermittelt. Diese werden einer Plausibilitätsprüfung unterzogen und anschließend gemeinsam mit der Dokumentation der Probennahme an den Auftraggeber übergeben.

#### **Qualitätssicherung:**

Zur Qualitätssicherung erfolgen in unregelmäßigen Abständen unangekündigte Kontrollen vor Ort durch einen vom Auftraggeber vorgegebenen Controller. Schwerpunkte sind hier

- die Vollständigkeit der Unterlagen,
- die Einhaltung der Wartungs- und Kalibrierintervalle der Mess- und Analysetechnik,
- die Einhaltung der Vorgaben zu den Randbedingungen der Probennahme,
- die Kontrolle der eingesetzten Technik sowie
- die Durchführung von Probenkonservierung, -kühlung und Probentransport.

Referenzproben, die von einem anderen Labor untersucht werden, ergänzen die Maßnahmen zur Qualitätssicherung.

Die Tagesberichte mit Angaben zu den beprobten Messstellen wie Einbautiefe, Abpumpzeit und Förderstrom sowie die Rohdaten für den Förderstrom und die Absenkung werden arbeitstäglich an den Auftraggeber übermittelt.

#### **Schlussfolgerungen:**

Das Grundwassermonitoring in Bergbaugebieten erfordert eine hohe Aufmerksamkeit im Hinblick auf die sachgerechte Vorbereitung, Durchführung und Protokollierung der Grundwasserprobennahme.

Die Einhaltung der speziellen Arbeitsschutzvorschriften in den Bergbaugebieten und die Sicherheit des eingesetzten Personales haben dabei oberste Priorität.

Die Randbedingungen der Probennahme müssen dem Untersuchungsziel angepasst werden und die Probennahme muss reproduzierbar sein. Es müssen optimale, messstellenbezogene Randbedingungen festgelegt werden.

Die Dokumentation aller erforderlichen Daten für die Probennahme erfolgt in einem Datenblatt (Messstellenpass).

Plausibilitätsgeprüfte und konsistente Datenreihen sind die Grundvoraussetzung für die Erfolgskontrolle der eingeleiteten oder abgeschlossenen Sanierungsmaßnahmen und für die Ableitung zukünftiger Maßnahmen mit der Zielstellung der Entlassung aus der Bergaufsicht sowie für eine Folgenutzung der durch den Bergbau in Anspruch genommenen Flächen.



**HYDOR Consult GmbH**

Am Borsigturm 40, 13507 Berlin [www.hydor.de](http://www.hydor.de)

---

Bearbeiter: Dr. Stephan Hannappel  
E-Mail: [hannappel@hydor.de](mailto:hannappel@hydor.de)  
Tel.: 030-43726730

## **Verbleibende Zeit des Nitratabbaus im oberflächennahen Grundwasser Deutschlands**

**Vorstellung des DWA-Themenbandes T 2/2015: „Stickstoffumsatz im Grundwasser“**

### Zusammenfassung

Hohe Nitratkonzentrationen stellen die Hauptbelastung für das Grundwasser in Deutschland dar und hängen überwiegend mit hohen Stickstoffüberschüssen aus der Landwirtschaft zusammen. Nitratreduktionsprozesse können zu einer Minderung der Konzentrationen beitragen und sind häufig anhand vorhandener Grund- und Rohwasserwasseranalysen zu identifizieren. Allerdings ist das Nitratabbaupotenzial, das aus organischem Kohlenstoff und / oder anorganischen Schwefelverbindungen wie Pyrit besteht, endlich. Um die „Lebensdauer“ des Nitratabbaus abschätzen zu können, reicht eine analytische Bestimmung der Kohlenstoff- und Schwefelgehalte allein nicht aus, weil nur Teile der reaktiven Mineralphasen tatsächlich für die am Abbauprozess beteiligten Mikroorganismen verfügbar sind. Die Höhe dieses Anteils und damit die reale „Lebensdauer“ kann mit Stand- oder Säulenversuchen abgeschätzt werden. Alle Zusammenhänge, Möglichkeiten und Grenzen von Aussagen zum Nitratabbau werden detailliert und verständlich im DWA-Themenband „Stickstoffumsatz im Grundwasser“ erläutert.

### Einführung

Hohe und teilweise weiter steigende Nitratkonzentrationen sind in Deutschland die Hauptursache für Überschreitungen des Grenzwertes der Umweltqualitätsnorm gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie von 50 mg/l. Die beobachteten Nitratreinträge sind dabei ganz überwiegend das Ergebnis landwirtschaftlicher Flächennutzung und der damit verbundenen Stickstoffüberschüsse. Hohe Stickstoffeinträge sind jedoch nicht zwangsläufig gleichbedeutend mit hohen Nitratkonzentrationen im Grundwasser, wenn in der Bodenzone und / oder im Grundwasserleiter ein Nitratabbau (Denitrifikation) stattfindet. Allerdings ist nicht überall im Untergrund ein natürliches Abbaupotenzial vorhanden und wenn, kann es in der Regel nicht regeneriert werden. Jede Form der Nitratreduktion bedeutet daher eine zunehmende Erschöpfung der Abbaukapazität. Für zahlreiche Wasserversorgungsunternehmen, Wasserbehörden, Verbände, Ingenieurbüros und Forschungseinrichtungen stellen sich daher die Fragen, ob bzw. unter

welchen Bedingungen eine Nitratreduktion stattfindet und wie lange das Nitratbaupotenzial noch erhalten bleibt. Die zur Beantwortung erforderlichen wissenschaftlichen Ansätze und den aktuellen Kenntnisstand fasst der Themenband „Stickstoffumsatz im Grundwasser“, der hier in seinen Kernaussagen vorgestellt wird, in allgemeinverständlicher Form zusammen. Die Ausarbeitung wurde zwischen 2009 und 2014 von einer Arbeitsgruppe der DWA erstellt. Hierzu wird das Thema Nitrat von den Grundlagen des Stickstoffkreislaufs über die Stoffeinträge bis zu den Nitratbaureaktionen umfassend betrachtet. Unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen des Grundwassers mit dem Material des Grundwasserleiters befasst sich der Themenband schwerpunktmäßig mit:

- dem Nachweis und der Identifikation der Nitratbaureaktionen sowie
- den Möglichkeiten und Grenzen von Aussagen zur „Lebensdauer“ des Nitratbaus

#### Nitrat im Grundwasser – Ist-Situation in Deutschland

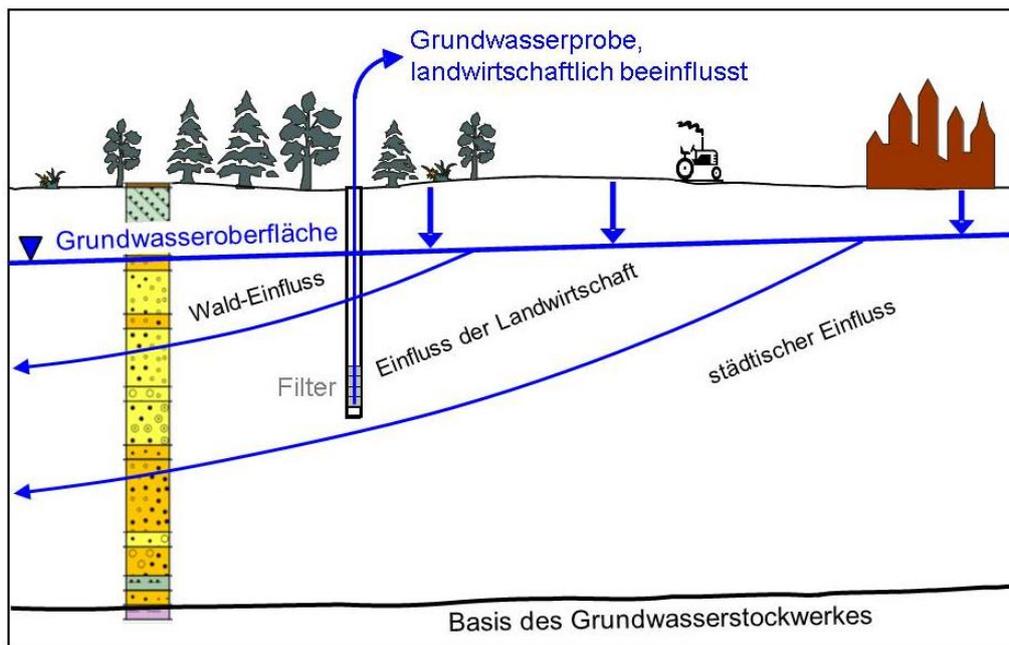
Liegt in Deutschland ein schlechter chemischer Zustand des Grundwassers gemäß Bewertung nach der EG-Wasserrahmenrichtlinie vor, was derzeit für etwa 37 % oder ca. 370 aller Grundwasserkörper zutrifft, geht dies bei 350 Grundwasserkörpern und somit den allermeisten Fällen auf erhöhte Nitratkonzentrationen zurück.

Die großräumig auf der Ebene der Grundwasserkörper durchgeführte Bewertung paust sich auch auf die Schutz- bzw. Einzugsgebiete der Gewinnungsanlagen für die öffentliche Wasserversorgung durch. In einer durch den DVGW beauftragten Umfrage gaben bereits vor über einem Jahrzehnt 48 % aller Wasserversorgungsunternehmen an, Probleme mit Nitrat in ihrem Zuständigkeitsbereich zu haben [1]. Mehr als ein Drittel der Unternehmen musste demnach bereits:

- einen Versorgungsbrunnen vom Netz nehmen,
- Ersatzwasser durch Lieferung aus anderen Gebieten in Anspruch nehmen oder
- auf tiefere Grundwasserleiter ausweichen.

#### Stickstoffeinträge in das Grundwasser

Ohne Berücksichtigung von Abbaureaktionen hängen die Nitratkonzentrationen im Wesentlichen von der Art der Flächennutzung und den damit verbundenen Stoffeinträgen ab (Abbildung 1).



**Abbildung 1: Zusammenhang zwischen Grundwasserbeschaffenheit und Flächennutzung im Zustrom einer Grundwassermessstelle**

Im Tätigkeitsgebiet des Ertverbandes am Niederrhein wurden über 1000 oberflächennah verfilterten Grundwassermessstellen die Nutzungsarten in ihren Zustromgebieten zugeordnet, indem die Filterposition, der Flurabstand, die Grundwasserströmungsrichtung und der hydraulische Gradient betrachtet wurden. Die Auswertung der Nitratwerte für das Jahr 2013 zeigt einen erhöhten Nitratreintrag unter landwirtschaftlich genutzten Flächen mit Nitratwerten von 59 mg/l, während unter Siedlungsflächen 34 mg/l und unter Wald 25 mg/l ermittelt wurden.

Die quartären Terrassensedimente, in denen die Mehrzahl der Messstellen verfiltert ist, weisen nur in wenigen Fällen ein erkennbares Nitratabbauvermögen auf. Da außerdem die Nutzungsverteilung der Messstellen die realen Flächennutzungsanteile widerspiegelt, ist von belastbaren Ergebnissen auszugehen. Hauptursache sind die mit annähernd 100 kg Stickstoff pro Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche als bundesweiter Mittelwert – Dreijahresdurchschnitt für die Jahre 2009 bis 2011 = 97 kg [2] - weiterhin sehr hohen Stickstoff-Bilanzüberschüsse. Die bis 2010 angestrebte Senkung des Stickstoff-Überschussaldos der Betriebsbilanz der deutschen Landwirtschaft auf 80 kg/(ha·a) [3] wurde damit deutlich verfehlt, wie auch die von verschiedenen Verbänden und umweltpolitischen Institutionen für das Jahr 2020 erhobene Forderung von maximal 50 kg N/(ha·a) unerreichbar erscheint.

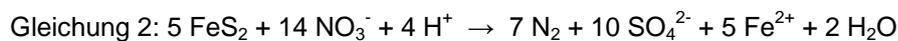
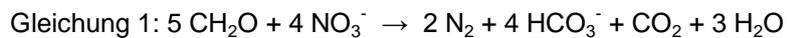
#### Vorstellung der Nitratabbauprozesse

Unter Denitrifikation oder mikrobiellem Nitratabbau versteht man die durch Bakterien katalysierte Reduktion des im Nitrat (bzw. Nitrit) gebundenen Stickstoffs zu gasförmigen Verbindungen wie NO (Stickstoffoxid), N<sub>2</sub>O (Stickstoffdioxid, Lachgas) und N<sub>2</sub> (Stickstoffgas). Hierbei nimmt der im Nitrat

gebundene Stickstoff Elektronen auf, die durch Bakterien mittels Enzymen mobilisiert werden und wird dadurch reduziert. Damit der Prozess ablaufen kann, muss ein entsprechendes Reduktionsmittel (Elektronenlieferant) vorliegen, das bei der Reaktion selbst durch die Elektronenabgabe oxidiert wird. Dieses überwiegend feststoffgebundene Nitratbaupotenzial besteht in Grundwasserleitern im Wesentlichen aus:

- organischem Kohlenstoff (Holz, Torf, Lignit) und / oder
- anorganischen Schwefelverbindungen (Disulfidminerale, FeS<sub>2</sub> wie Pyrit oder Markasit; Sulfidminerale, FeS wie Pyrrhotin).

Entsprechend der unterschiedlichen Reduktionsmittel wird zwischen der chemo-organotrophen (Gleichung 1) und der chemo-lithotropen Denitrifikation (Gleichung 2) als Hauptbauprozesse unterschieden:



In Grundwasserleitern können beide Prozesse mit unterschiedlicher Gewichtung auftreten.

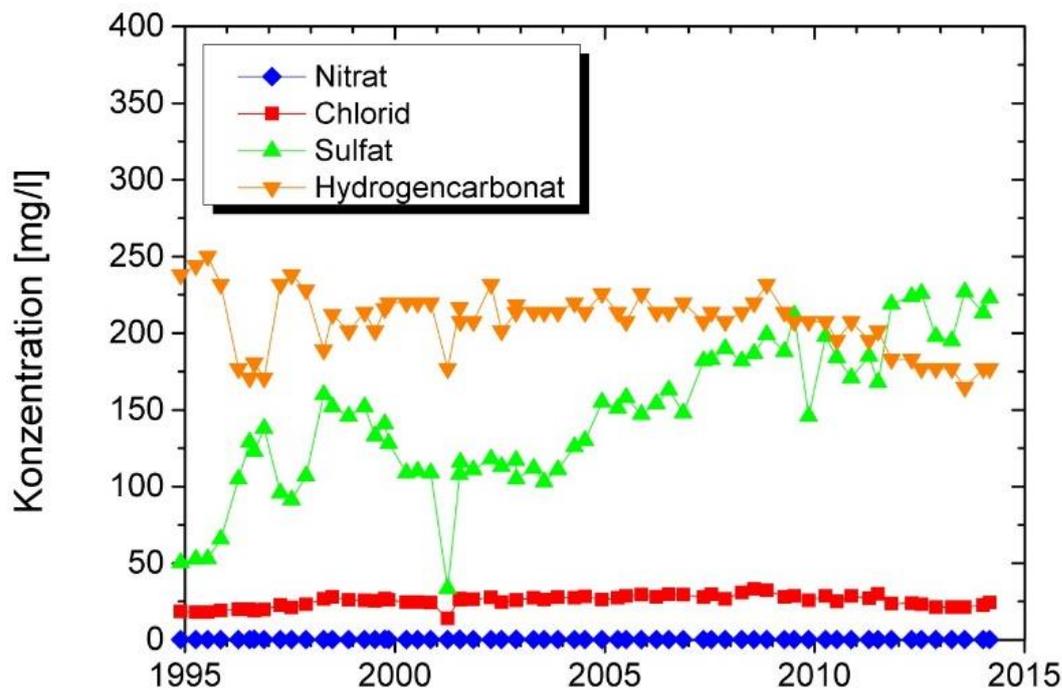
#### Identifikation von Nitratbauprozessen

Um einen Nitratbauprozess zu identifizieren, sollten zunächst vorhandene Grund- und Rohwasseranalysen ausgewertet werden. Zeitreihen, Tiefenprofile und Bilanzbetrachtungen können helfen, eine Nitratbaureaktion zu erkennen oder auszuschließen, ohne dass hierfür zusätzliche Datenerhebungen erforderlich sind. Darüber hinaus bestehen auch verschiedene Feld- und Labormethoden zur Prozessidentifikation.

Anhand der Entwicklung der Rohwasserbeschaffenheit eines Brunnens am Niederrhein (Abbildung 3) kann anhand vorhandener Daten, die jedem Wasserversorgungsunternehmen in ähnlicher Form vorliegen, exemplarisch eine Nitratreduktion durch Sulfidminerale (chemo-lithotrophe Denitrifikation) entsprechend Gleichung 2 belegt werden.

Der Brunnen ist im zweiten lokalen Grundwasserstockwerk verfiltert, das durch eine Tonschicht vom obersten Grundwasserleiter getrennt wird. Die Tonschicht streicht am Rand des Einzugsgebiets aus, so dass dort ein Einstrom oberflächennahen Grundwassers in den Förderhorizont erfolgt. Im Einzugsgebiet des Brunnens findet überwiegend eine ackerbauliche Nutzung statt.

Im oberflächennahen Grundwasser betragen die Nitratkonzentrationen durchschnittlich 75 mg/l. Vor Beginn der Förderung enthielt das Grundwasser im Förderhorizont jeweils etwa 10 mg/l Chlorid und Sulfat und war nitratfrei, was den geogenen Hintergrundwerten in dem Raum entspricht (Abbildung 2). Das heutige Konzentrationsniveau im Rohwasser lässt insbesondere anhand der Chlorid- und Sulfatwerte erkennen, dass das hoch mineralisierte oberflächennahe Grundwasser dem Förderhorizont zuströmt. Da jedoch kein Nitrat nachweisbar ist, muss von einer Nitratreduktion ausgegangen werden.



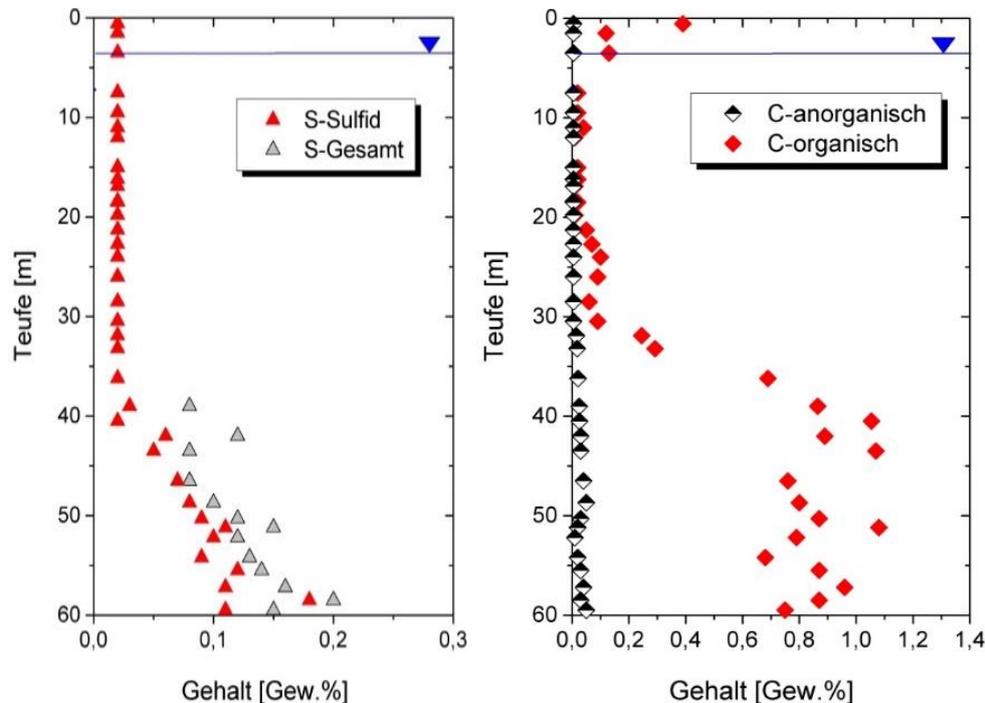
**Abbildung 2: Zeitliche Entwicklung verschiedener Anionen im Rohwasser eines Brunnens**

$\text{HCO}_3$  ist bei gleichbleibenden pH-Werten stabil (Abbildung 2), so dass eine Freisetzung anorganischen Kohlenstoffs und somit die chemo-organotrophe Denitrifikation nach Gleichung 1 ausgeschlossen werden kann. Demgegenüber ist ein starker Anstieg der Sulfatkonzentrationen zu erkennen, der auf eine Sulfatmobilisation aus dem Sediment des Grundwasserleiters hinweist. Dies wird neben dem kontinuierlichen Anstieg auch dadurch belegt, dass die Sulfatwerte im tieferen Grundwasserleiter mit über 200 mg/l das Konzentrationsniveau des oberflächennahen Grundwassers von maximal 140 mg/l deutlich überschreiten. Als einzige Ursache für diese Zunahme kommt die chemo-lithotrophe Denitrifikation, d. h. die Nitratreduktion durch sulfidische Eisenphasen gemäß Gleichung 2 in Betracht. In einigen Fällen sind die hydrochemischen Reaktionen so komplex und vielfältig, dass sie nicht mehr mittels einzelner Reaktionsgleichungen, sondern nur mit Hilfe hydrogeochemischer Modellrechnungen nachvollzogen werden können und sollten.

#### Ergänzende Untersuchung im Gelände und im Labor

Will man neben der oben beschriebenen Identifikation des Nitratbauprozesses weitergehende Aussagen über das Abbaupotenzial und Prognosen zur Lebensdauer des Nitratbaubaus treffen, sind Untersuchungen von Sedimenten aus dem Grundwasserleiter unverzichtbar. Hierzu werden Kernbohrungen ohne Spülmittelzusätze empfohlen, die eine unbeeinflusste tiefenorientierte Untersuchung der reaktiven Stoffgehalte (Kohlenstoff- und Schwefelverbindungen) ermöglichen, exemplarisch dargestellt für eine Bohrung aus dem Münsterland [4]. Zu beachten ist, dass Rückschlüsse aus einer Bohrung auf den gesamten Grundwasserleiter nur eingeschränkt möglich sind.

Abb. 3 zeigt, dass oberflächennah weder reaktive Kohlenstoff- noch Schwefelspezies im Sediment vorhanden sind und deshalb erst in tieferen Teilen des Grundwasserleiters von einem Nitratabbaupotenzial auszugehen ist. Weitergehende Untersuchungen im Labor werden häufig als Stand- oder (Kreislauf-) Säulenversuche durchgeführt, die gleichwertige Ergebnisse liefern.



**Abbildung 3: Tiefenspezifische Auflösung der Sedimentchemie eines Grundwasserleiters**

Hierbei bringt man definierte Sediment- und Wassermengen in Reaktionskontakt und beobachtet die zeitliche Entwicklung der Wasserinhaltsstoffe. Die gemessenen Veränderungen können u. a. darüber Auskunft geben:

- ob eine Nitratreduktion stattfindet,
- welcher Abbauprozess abläuft,
- wie groß die Abbaukapazitäten sind und
- wie hoch die Abbauraten sind.

Ist es nicht möglich, neue Bohrungen abzuteufen, um Sedimentproben zu gewinnen, können an bestehenden Grundwassermessstellen Gelände- oder in-situ-Versuche durchgeführt werden, die mit Ausnahme der Größe der Abbaukapazität ein vergleichbares Informationsspektrum liefern. Hierbei werden beispielsweise Markierungsstoffe, Reagenzien oder Nitrat in eine Messstelle eingeleitet und nach einer Reaktionszeit zurückgepumpt. Aus der Veränderung der Wasserbeschaffenheit kann dann auf die abgelaufenen Reaktionen geschlossen werden.

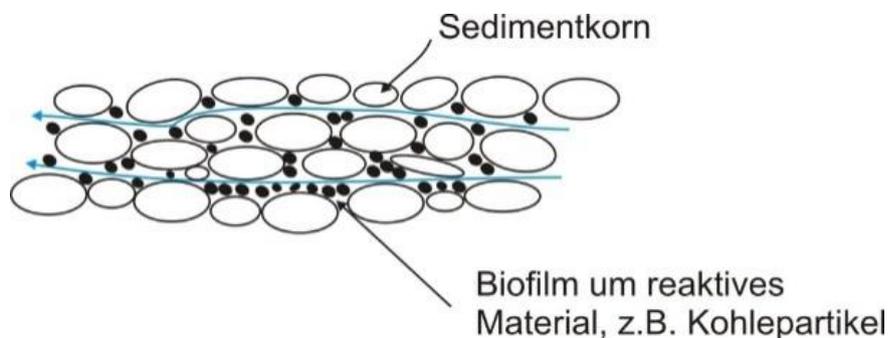
#### Lebensdauer des Nitratabbaus – Nitratverlagerung in Abhängigkeit von der Grundwasserströmung

Aussagen zum Transport bzw. zur Reduktion von Nitrat sind nicht ohne Kenntnisse der hydraulischen Situation, d. h. der Grundwasserströmungsrichtung und des hydraulischen Gradienten eines Grund-

wasserleiters sowie des geologischen Aufbaus des Untergrundes möglich. Finden keine Abbaureaktionen im Grundwasserleiter statt, erfolgt der Nitrattransport ohne Verzögerung mit der Fließgeschwindigkeit des Grundwassers. Wird Nitrat im Aquifer reduziert, ist der Stofftransport verzögert und die Verlagerung des Nitrats erfolgt deutlich langsamer als die Fließgeschwindigkeit des Grundwassers.

#### Lebensdauer des Nitratabbaus – Zugang zum reaktiven Material im Grundwasserleiter

Die im Grundwasserleiter enthaltenen reaktiven Materialien wie organisch gebundener Kohlenstoff und reduzierte Schwefelminerale treten vermehrt in schluffig-tonigen Ablagerungen auf, während grobkörnige Sande und Kiese oft nur geringere Gehalte dieser Reduktionsmittel enthalten. Theoretisch ist daher in den feinkörnigen Sedimenten ein höherer Stickstoffumsatz möglich. Allerdings ist die hydraulische Zugänglichkeit hier gering. Im Vergleich zu einem Feinsand mit einem Durchlässigkeitsbeiwert von  $1 \cdot 10^{-4}$  m/s ist die hydraulische Leitfähigkeit eines tonigen Schluffes mit  $1 \cdot 10^{-7}$  m/s um den Faktor 1000 niedriger. Im sandigen Grundwasserleiter kann demnach 1000 mal mehr Nitratfracht zu dem reaktiven Material transportiert werden. Die höher durchlässigeren Schichten sind daher die „Leistungsträger“ des Transports und des Nitratumsatzes, wobei hier auch ein höherer und schnellerer Verbrauch des Abbaupotenzials erfolgt. Neben der hydraulischen Zugänglichkeit ist von Bedeutung, ob Bakterien das reaktive Material erreichen können, ob dieses also „biologisch verfügbar“ ist. Eine große zugängliche Oberfläche ermöglicht es den Bakterien einen Feststoffpartikel – wie ein Kohlefragment – von möglichst vielen Seiten mit einem Bakterienfilm zu umschließen (Abbildung 4). In Grundwasserleitern sind meist nur kleinere Oberflächenbereiche des reaktiven Materials für Mikroorganismen zugänglich, die schwer zu quantifizieren sind.



**Abbildung 4: Verteilung von Partikeln reaktiven Materials im Sediment mit Biofilm, Modellverstellung.**

Von wesentlicher Bedeutung für die Abschätzung der Lebensdauer des Stickstoffumsatzes ist, dass der Zugang zu reaktiven Material in Grundwasserleitern sowohl hydraulisch als auch biologisch limitiert ist und deshalb immer nur Teile des analytisch bestimmten Gehaltes (Abb. 4) für die Nitratreduktion nutzbar sind.

### Lebensdauer des Nitratabbaus – Theoretisch Berechnung der Dauer des Nitratabbaus

Auch wenn nicht das gesamte reaktive Material am Stickstoffumsatz beteiligt ist, ist es erforderlich, die theoretisch mögliche Dauer des Nitratabbaus in einem Gesteinsvolumen berechnen zu können, um Erkenntnisse über die Größenordnung und die Einflussfaktoren zu gewinnen. Die Berechnung basiert auf den stöchiometrischen Gleichungen des Nitratabbaus durch organischen Kohlenstoff (Gleichung 1) bzw. reduzierte Schwefelminerale wie Pyrit (Gleichung 2). Um die theoretische Dauer der Nitratreduktion in einem Standardvolumen von einem Kubikmeter Sediment zu berechnen, müssen folgende Angaben bekannt sein:

- Nitratkonzentration des Sickerwassers
- Grundwasserneubildungsrate
- Porenanteil des Gesteins
- Gehalt an reaktiven Materialien (organischer Kohlenstoff oder Disulfid-Schwefel)

Der Rechengang wird im Themenband für beide Reduktionsmittel ausführlich beschrieben. Exemplarisch zeigt die Tabelle 1 das Ergebnis für einen als Disulfid-Schwefelgehalt von 0,05 Gew.% (oder 500 mg/kg), der in vielen feinförnigen Sedimenten nachgewiesen wird. Die Ergebnisse gehen von einer vollständigen Verfügbarkeit des reduzierten Schwefels aus („very-best case“), die aufgrund der oben beschriebenen Einschränkungen auch unter günstigsten Bedingungen nicht in Grundwasserleitern auftreten kann.

**Tabelle 1: Dauer des Nitratabbaus unter „very-best-case“-Bedingungen (entspricht nicht der realen Lebensdauer) bei 0,05 Gew.% (entsprechend 500 mg/kg) Disulfid-Schwefel und Variationen der übrigen Eingangsgrößen. Werte auf ganze Jahre gerundet.**

Neubildung [mm/a]	Nitrat [mg/l]	Dauer [a]		
		n = 0,10	n = 0,25	n = 0,40
300	200	54	45	36
	100	108	90	72
	10	1076	897	717
150	200	108	90	72
	100	215	179	144
	10	2152	1793	1435
75	200	215	179	144
	100	430	359	287
	10	4304	3587	2870

Will man die berechnete Dauer der Nitratreduktion für eine Grundwasserneubildungsrate von 150 mm/a ablesen, sind die mittleren blau hinterlegten Zeilen zu betrachten. Hier enthält die mittlere Zeile die Ergebnisse für eine Nitrateintragskonzentration von 100 mg/l. In der mittleren fett formatierten

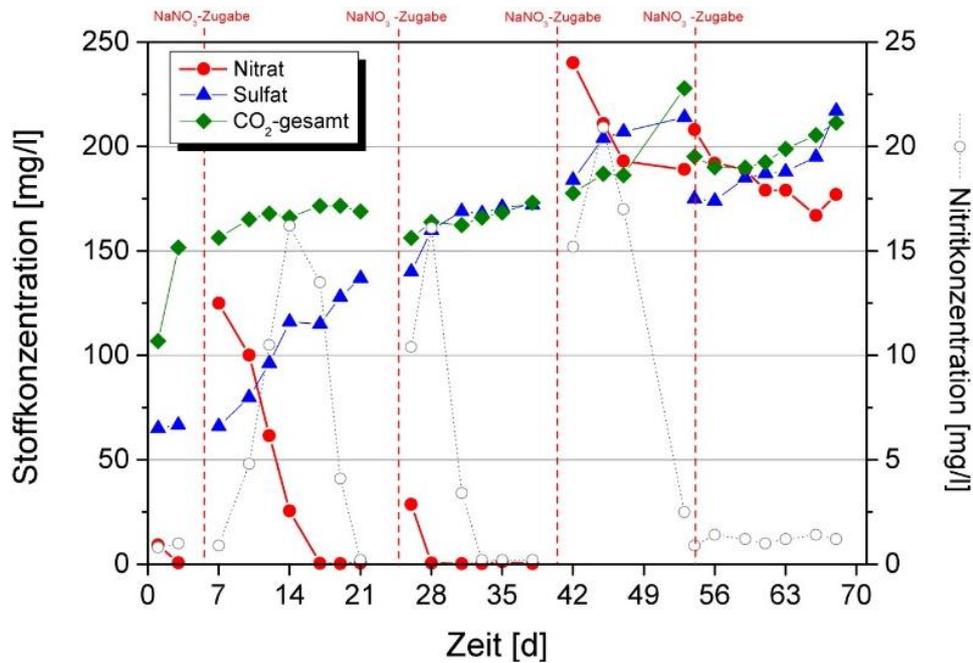
Spalte ist das Ergebnis für einen Porenanteil von 25 % ( $n = 0,25$ ) genannt und liegt bei 179 Jahren, d. h. theoretisch reichen die in dem Einheitsvolumen von einem Kubikmeter enthaltenen Sulfide, um das mit dem Sickerwasser eingetragene Nitrat 179 Jahre lang zu reduzieren. Man kann anhand der Daten auch die Verlagerungsgeschwindigkeit einer Nitratfront berechnen. Eine Verlagerung von einem Meter in 179 Jahren entspricht 0,56 Zentimeter pro Jahr. Entsprechende Effekte lassen sich auch im Grundwasserleiter beispielsweise durch die regelmäßige Aufnahme von Redox-Tiefenprofilen in voll verfilterten Messstellen überprüfen. Der Themenband enthält weitere Ergebnistabellen und ermöglicht anhand der Beschreibung des Rechengangs die Durchführung eigener Berechnungen für beliebige Kombinationen der Eingangsparameter.

#### Lebensdauer des Nitratabbaus – Bestimmung des reaktiven Stoffanteils

Wie bereits erläutert, entspricht dieses Berechnungsergebnis nicht der tatsächlichen Dauer der Nitratreduktion, weil die oben beschriebenen Einschränkungen der hydraulischen Zugänglichkeit und biochemischen Verfügbarkeit der reaktiven Substanzen bestehen. Um die reale Lebensdauer des Nitratabbaus bestmöglich abschätzen zu können, stehen mit den bereits vorgestellten Stand- und Säulenversuchen zwei gleichwertige Versuchsansätze zur Verfügung. Die Versuchsanordnungen sind nicht normiert, so dass die konkreten Versuchsbedingungen im Themenband „Stickstoffumsatz im Grundwasser“ ausführlich beschrieben werden.

Wesentlich ist, dass eine definierte Menge Sediment mit bekanntem Gehalt reaktiven Materials in Reaktionskontakt mit einer definierten Menge Wasser bekannter Zusammensetzung gegeben wird. Über die Veränderung der Wasserbeschaffenheit können die an den Reaktionen beteiligten Mengen der reaktiven Materialien unter kontrollierten Randbedingungen gemessen und bilanziert werden. Hierbei ist zu beachten, dass die Standversuche aufgrund eines Überschusses von Wasser einen günstigeren Zugang der Bakterien zu den reaktiven Materialien ermöglichen, als sie im Grundwasserleiter anzutreffen sind.

Exemplarisch sind die Ergebnisse eines Säulenversuchs in Abbildung 5 dargestellt. Hier wurde Nitrat mehrfach in Form von  $\text{NaNO}_3$  zugegeben (vertikale gestrichelte Linien) und innerhalb weniger Tage unter temporärer Freisetzung von Nitrit reduziert. Gleichzeitig stiegen im Versuchsverlauf sowohl die die  $\text{CO}_2$ -gesamt- als auch die Sulfatkonzentrationen an, was darauf hindeutet, dass sowohl die chemoorganotrophe (Gleichung 1) als auch die chemo-lithotrophe Denitrifikation (Gleichung 2) abgelaufen sind. Zum Versuchsende erfolgt der Nitratabbau langsamer als zu Versuchsbeginn (Abbildung 6), was eine Erschöpfung der Nitratabbaukapazität anzeigt.



**Abbildung 5: Entwicklung ausgewählter hydrochemischer Parameter während eines Säulenversuchs, verändert nach [5]**

Nach Abschluss der Versuche lassen sich die Mengen der bei der Nitratreduktion umgesetzten Sulfide bzw. des organischen Kohlenstoffs bestimmen und mit den Gesamtgehalten vergleichen. Ergebnisse für diesen prozentualen Aufbrauch von Disulfid-Schwefel werden in Tabelle 2 für verschiedene Stand- und Säulenversuche gegenübergestellt.

Die Standversuche liefern über eine lange Versuchsdauer von 570 Tagen als Median einen biochemisch verfügbaren Anteil des Disulfid-Schwefels von 55 %, also etwa der Hälfte des reaktiven Materials. Hierbei ist anzumerken, dass versuchsbedingt günstigere Bedingungen für den Zugang der Bakterien zum reaktiven Material bestehen, was bei der Übertragung der Ergebnisse auf den Grundwasserleiter zu beachten ist. Ein Säulenversuch lieferte über einen Zeitraum unter 100 Tagen reaktive Anteile des Disulfid-Schwefels von < 10 %.

**Tabelle 2: Prozentualer Aufbrauch des Disulfid-Schwefels in 14 Standversuchen mit Sediment aus drei niedersächsischen Untersuchungsgebieten [6, 7, 8, 9] und einem Säulenversuch mit Sediment aus den Halterner Sanden im Münsterland in Nordrhein-Westfalen [5]**

Prozentualer Aufbrauch Disulfid-Schwefel	Standversuche Wehnen	Säulenversuch Halterner
Min.	34 %	< 10 % (ein Versuch)
<b>Median</b>	<b>55 %</b>	
Max.	82 %	

### Lebensdauer des Nitratabbaus – „Lebensdauer“ des Nitratabbaus

Die vorliegenden Versuchsergebnisse zeigen eine breite Spanne des tatsächlich an der Reaktion beteiligten Anteils des reaktiven Materials. Diese Angaben können nun zur Abschätzung der realen Lebensdauer des Nitratabbaus genutzt werden. Hierzu werden ausgewählte Daten aus der in Tabelle 1 dargestellten theoretischen Dauer des Nitratabbaus auf Basis stöchiometrischer Berechnungen bei vollständiger Verfügbarkeit des reaktiven Materials aufgegriffen und um die Angaben aus den Stand- bzw. Säulenversuchen korrigiert bzw. reduziert. Bei einem Disulfid-Schwefelgehalt von 0,05 Gew.%, einer Grundwasserneubildungsrate von 150 mm und einem Porenanteil von 25 % variierten die berechneten Jahresangaben zur Dauer des Nitratabbaus zwischen 1793 Jahren bei einem Nitratreintrag über das Sickerwasser von 10 mg/l und 90 Jahren bei einer Nitratzufuhr von 200 mg/l (Tabelle 1, mittlerer Zeilenblock und mittlere Ergebnisspalte und Tabelle 3, linke Ergebnisspalte). Wie die Versuchsergebnisse zeigen, kann davon ausgegangen werden, dass zwischen <10 % und etwa 50 % der im Sediment enthaltenen Disulfide zum Nitratabbau beigetragen haben (Tab. 2). Entsprechend wurden die auf stöchiometrischer Grundlage berechneten Daten um die angegebenen Werte vermindert und die Ergebnisse in Tab. 3 dargestellt.

Die Unsicherheiten, die bei der Übertragung auf die Realsituation im Grundwasserleiter bzw. sogar bei der Übertragung auf andere Standorte bestehen, sind nicht quantifizierbar. Allerdings liefern die Versuche für die untersuchten Proben belastbare Ergebnisse zur Abschätzung des Anteils des reaktiven Materials und somit auch der Lebensdauer. Geht man von einer stöchiometrisch berechneten Dauer von 179 Jahren aus, ist auch ein Aufbrauch in einer Zeitspanne von unter 10 % oder weniger als 18 Jahren als realistisch anzusehen, so dass die Nitratabbaukapazität innerhalb der Laufzeit eines Wasserrechts – üblicherweise 20 oder 30 Jahre - erschöpft sein kann. Hierbei ist zu beachten, dass die Angaben für ein Einheitsvolumen von einem Kubikmeter getroffen werden und Grundwasserleiter in der Regel deutlich größere Mächtigkeiten aufweisen.

**Tab. 3: Abschätzung der realen Lebensdauer des Nitratabbaus durch Korrektur der stöchiometrisch berechneten Dauer für Disulfid-Schwefelgehalte von 0,05 Gew.%, 150 mm Neubildung und 25 % Porenanteil (Tab. 1) um die Anteile des reaktiven Materials, die mit zwei Laborversuchsreihen ermittelt wurden (Tab. 2), exemplarisch dargestellt für drei Nitratreintragskonzentrationen. Ergebnisse auf ganze Jahre gerundet**

Nitrat Sickerwasser [mg/l]	Dauer stöchiometrisch (Tab. 1) [a]	Abschätzung Lebensdauer für Anteil an reaktivem Material von 50 % (Tab. 2) [a]	Abschätzung Lebensdauer für Anteil an reaktivem Material von 10 % (Tab. 2) [a]
200	90	45	9
100	179	90	18
10	1793	897	179

## Fazit

Die Dauer und der zeitliche Verlauf des Nitratabbaus hängen vom Zusammenwirken der Sicker- bzw. der Grundwasserströmung und den hydrochemischen Prozessen im Grundwasserleiter ab. Diese wiederum werden von der Menge der im Sediment enthaltenen sulfidischen Schwefelverbindungen bzw. des organisch gebundenen Kohlenstoffs bestimmt. Von dem im Sediment enthaltenen reaktiven Material ist nur ein Teil für die am Nitratbauprozess beteiligten Bakterien verfügbar. Eine rein auf analytisch bestimmten Gehalten an Pyrit-Schwefel und organischem Kohlenstoff basierende stöchiometrische Berechnung der Dauer des Nitratabbaus kann daher nur eine idealisierte Obergrenze wiedergeben. Stand- und Säulenversuche erlauben realitätsnahe Abschätzungen zur Art und zu den Umsatzraten der Denitrifikationsprozesse sowie - bei entsprechend langer Laufzeit – auch zu den umsetzbaren Mengen an Pyrit-Schwefel und organischem Kohlenstoff. Diese können in Abhängigkeit von den Standortverhältnissen erheblich variieren. Orientierende Abschätzungen zeigen, dass ein Grundwasserleiter unter ungünstigsten Bedingungen nach wenigen Jahren oder Jahrzehnten sein Nitratbauvermögen verlieren kann. Bei günstigen Standortverhältnissen kann das Nitratbauvermögen über mehrere Jahrhunderte erhalten bleiben.

## Literatur

- [1] Flaig, H.; Lehn, H.; Pfennig, U.; Akkan, Z.; Elsner, D.; Waclawski, N. (2002): Umsetzungsdefizite bei der Reduzierung der Nitratbelastung des Grundwassers.- Materialienband der Akademie für Technikfolgenabschätzung Baden-Württemberg, 317 S.
- [2] SRU - Sachverständigenrat für Umweltfragen - Wissenschaftliche Beiräte für Agrarpolitik (WBA) und für Düngungsfragen (WBD) beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) (2013): Kurzstellungnahme: Novellierung der Düngeverordnung: Nährstoffüberschüsse wirksam begrenzen. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.
- [3] Bundesregierung (2002): Perspektiven für Deutschland. Strategie für eine nachhaltige Entwicklung.- Bundesregierung, Berlin. Hrsg.: Presse- und Informationsamt der Bundesregierung.
- [4] Leson, M. (2010): freundliche mündliche Mitteilung zur tiefenspezifischen Verteilung der Schwefel- und Kohlenstoffgehalte einer Bohrung in den Halterner Sanden im Münsterland.
- [5] Leson, M.; Wisotzky, F. (2012): Hydrogeochemische Untersuchungen von Nitrateinträgen in das Grundwasser und möglichen Denitrifikationsprozessen.– Grundwasser, Heft 7-2012: 137-145.
- [6] Walther, W.; Konrad, C.; Reimann, T.; Marre, D.; Geyer, D.; Well, R. (2005a): Untersuchungen zum N-Umsatz im Wassergewinnungsgebiet Wehnsen.- Abschlussbericht Auftragsarbeit WV Peine. Institut für Grundwasserwirtschaft, Technische Universität Dresden, unveröffentlicht.
- [7] Walther, W.; Konrad, C.; Well, R. (2005b): Untersuchungen zum N-Umsatz im Wassergewinnungsgebiet Sulingen.- Abschlussbericht Auftragsarbeit WV Sulinger Land; Institut für Grundwasserwirtschaft, TU Dresden, unveröffentlicht.
- [8] Pätsch, M. (2007): Analyse des Depots des Nitratumsatzes und dessen Heterogenität im quartären Grundwasserleiter der Wasserwerkes Thülsfeld / Emsland, Berücksichtigung bei der Modellierung des Transportes. Dissertation, Fakultät für Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften, Technische Universität Dresden.
- [9] Konrad, C. (2008): Methoden zur Bestimmung des Umsatzes von Stickstoff, dargestellt für drei pleistozäne Grundwasserleiter Norddeutschlands. Dissertation, Fakultät für Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften, Technische Universität Dresden.

---

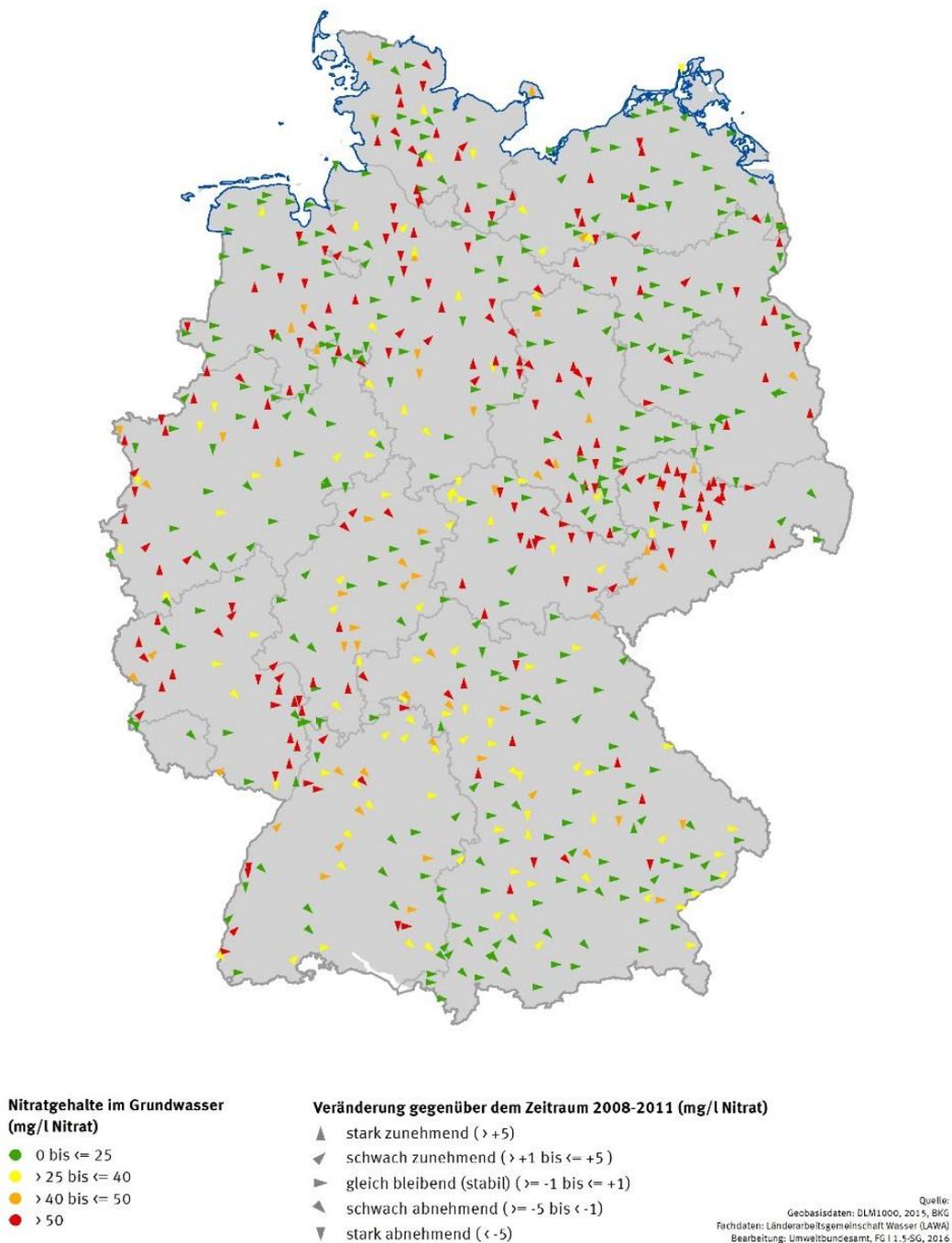
Bearbeiter: Dr. Rüdiger Wolter  
E-Mail: [ruediger.wolter@uba.de](mailto:ruediger.wolter@uba.de)  
Tel.: 0340 2103-2212; Fax: 0340 2104-2212  
Redaktionsschluss: 16.09.2016

## EU-Nitratbericht 2016 – Entwicklung der Nitratbelastung des Grundwassers in Deutschland

Die Mitgliedstaaten der Europäischen Union sind verpflichtet, alle vier Jahre der EU-Kommission einen Bericht über die Umsetzung der Nitratrichtlinie zu übermitteln. In diesem Bericht ist darzustellen, welche Maßnahmen zur Umsetzung der Richtlinie durchgeführt wurden und wie sich diese Maßnahmen auf die Beschaffenheit der Gewässer ausgewirkt haben. Der aktuelle Bericht der Bundesrepublik Deutschland wurde der KOM im August bzw. September 2016 übermittelt.

Im Hinblick auf die Beschreibung des Grundwasserzustands können die Ergebnisse des aktuellen Berichts nicht direkt mit den Ergebnissen der vorhergehenden 5 Berichte (1996, 2000, 2004, 2008, 2012) verglichen werden. Bis 2012 basierten die Berichte auf dem „alten“ EU-Nitratmessnetz, bei dem es sich um ein „worst case“ Messnetz gehandelt hat. Dieses Messnetz bestand entsprechend den Vorgaben des LAWA Ausschusses „Grundwasser und Wasserversorgung“ (LAWA AG) von 1995 aus Messstellen, die (deutlich) erhöhte Nitratgehalte – vorzugsweise von mehr als 50 mg/l - aufwiesen. Nach intensiven Diskussionen zwischen der LAWA, dem BMUB und anderen Ressorts wurde 2015 das EU-Nitratmessnetz grundlegend überarbeitet. Die Anzahl der Messstellen stieg von 162 im alten EU-Nitratmessnetz auf 697 Messstellen im neuen EU-Nitratmessnetz. Aus dem „worst case“ Messnetz wurde ein Netz, mit dem der Einfluss der Landwirtschaft auf die Beschaffenheit des Grundwassers repräsentativ abgebildet wird.

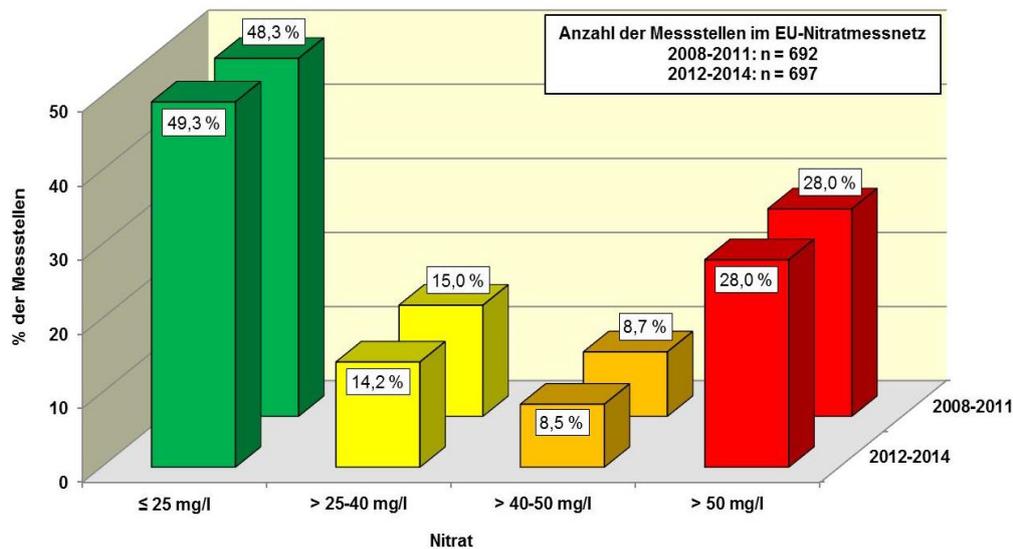
In der Abbildung 1 sind die Messergebnisse des neuen EU-Nitratmessnetz für den Zeitraum 2011 bis 2014 dargestellt. Zusätzlich zeigt die Abbildung, wie sich die Nitratgehalte im Grundwasser von 2008-2011 bis 2012-2014 entwickelt haben.



**Abb. 1: Mittlere Nitratgehalte an den Messstellen des neuen EU-Nitratmessnetzes (2012-2014) und deren Veränderung im Vergleich zum Zeitraum 2008-2011.**

Bezogen auf das EU-Nitratmessnetz wird die Qualitätsnorm der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) von 50 mg/l Nitrat im Zeitraum von 2012-2014 an 28% aller Messstellen überschritten (Abb. 2). Im Vergleich zum Zeitraum 2008-2011 hat sich der Anteil der Messstellen, an denen der Schwellenwert überschritten wird, praktisch nicht verändert. Das bedeutet aber auch, dass die Maßnahmenprogramme zur

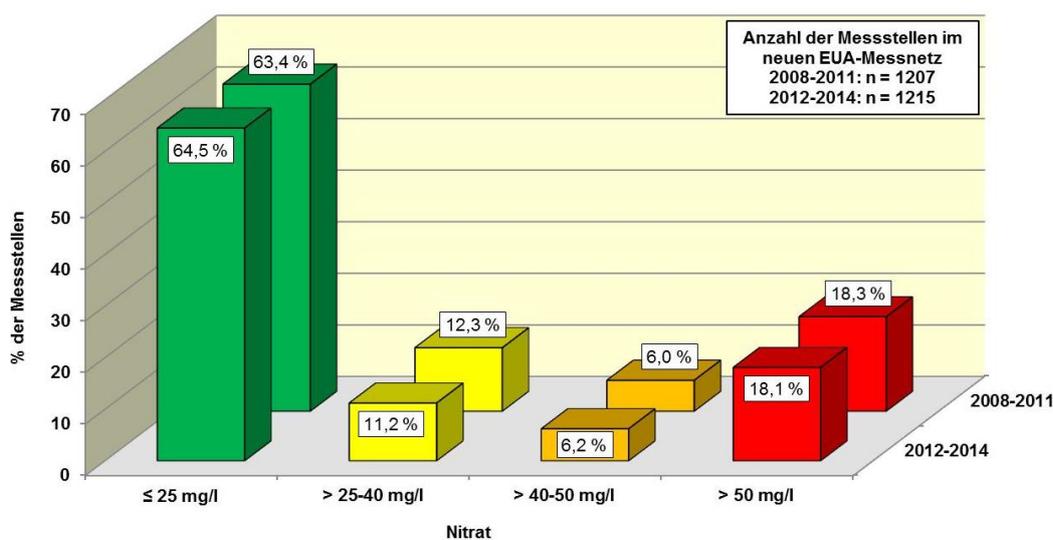
Verminderung der Nitratbelastung aus landwirtschaftlichen Quellen im Zeitraum von 2008 bis 2014 bisher nicht dazu geführt haben, dass sich die Nitratbelastung des Grundwassers wesentlich verringert hat.



**Abb. 2: Häufigkeitsverteilungen der mittleren Nitratgehalte der Zeiträume 2008-2011 und 2012-2014 im neuen EU-Nitratmessnetz.**

Die Belastung des Grundwassers durch Nitrat lässt sich für die Bundesrepublik Deutschland auf der Grundlage des ebenfalls überarbeiteten EUA-Messnetzes darstellen. Dieses Messnetz ist flächen- und nutzungsrepräsentativ, so dass es die Nitratverteilung im Grundwasser Deutschlands insgesamt repräsentativ abbildet. Das neue EUA-Messnetz umfasst jetzt ca. 1200 Messstellen.

Bundesweit weisen im Zeitraum 2012-2014 18,1% aller Messstellen Nitratgehalte von mehr als 50 mg/l auf (Abb. 3). Auch hier hat sich die Nitratbelastung im Zeitraum von 2008 bis 2014 nicht wesentlich verändert.



**Abb. 3: Häufigkeitsverteilungen der mittleren Nitratgehalte der Zeiträume 2008-2011 und 2012-2014 an den Messstellen des EUA-Messnetzes**

Ein ganz ähnliches Bild ergibt sich im Hinblick auf den Zustand der Grundwasserkörper in Deutschland. Zu Beginn des ersten Bewirtschaftungszeitraums (2010) befanden sich ca. 26% aller Grundwasserkörper in Deutschland allein aufgrund hoher Nitratbelastungen in einem schlechten chemischen Zustand. Trotz aller vom Bund und den Ländern eingeleiteten Maßnahmenprogramme hat sich daran bis heute praktisch nichts geändert.

Es wird interessant sein zu verfolgen, wie die EU-Kommission auf die im Nitratbericht dargestellten Ergebnisse reagiert, d.h. ob sie das Klageverfahren gegen die Bundesrepublik Deutschland wegen einer „unzureichenden Umsetzung der Nitratrichtlinie“ einstellen oder weiter vorantreiben wird.