



Das Lebensministerium



## Grundwasser Altlasten Aktuell

**2007**

## Impressum

Materialien zur Altlastenbehandlung

Grundwasser Altlasten Aktuell 2007



### Titelbild

Sanierung der Teerteiche Lauta

Foto: Landesamt für Umwelt und Geologie

### Herausgeber:

Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie

Öffentlichkeitsarbeit

Zur Wetterwarte 11, 01109 Dresden

E-Mail: [Abteilung1.LfUG@lsmul.sachsen.de](mailto:Abteilung1.LfUG@lsmul.sachsen.de) (kein Zugang für elektronisch signierte sowie für verschlüsselte elektronische Dokumente)

### Bearbeiter:

Referat Grundwasser, Altlasten

Abteilung Wasser, Abfall

Redaktionsschluss: Mai 2007

### Hinweis:

Diese Veröffentlichung wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (LfUG) herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlhelfern im Wahlkampf zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme des Landesamtes zugunsten einzelner Gruppen verstanden werden kann. Den Parteien ist es gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.

### Copyright:

Diese Veröffentlichung ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, auch die des Nachdrucks von Auszügen und der fotomechanischen Wiedergabe, sind dem Herausgeber vorbehalten.

Mai 2007

L III-1/13

Diese Veröffentlichung ist ausschließlich als Download unter [www.umwelt.sachsen.de/lfug](http://www.umwelt.sachsen.de/lfug) unter Fachinformationssystem Altlasten verfügbar.



## **Inhaltsverzeichnis**

1. Konzeptionelle Grundlagen und Aufbau der überblicksweisen Überwachung der Grundwasser-körper in Sachsen gemäß den Anforderungen der WRRL ...	2
2. Einsatz der Nestlersonde zur teufenorientierten Beprobung von oberflächennahem Grundwasser .....	10
3. Multiparametersonden-Messungen an Grundwasser-aufschlüssen für den Aufbau operativer Messnetze zur Überwachung diffuser Stoffeinträge nach EU-Wasserrahmenrichtlinie.....	22
4. SALKA 7 – Umstellung des Sächsischen Altlastenkatasters auf eine zentrale Datenhaltung .....	29
5. Überwachung von NSO-Heterocyclen an Teeröl-kontaminierten Standorten.	35
6. Auswertung von Mineralöl-Gaschromatogrammen (Hessen) .....	37
7. Ergebnisse der Bodenluftuntersuchungen aus dem Werkvertrag „Quantifizierung der Phänomenstreuung bei Bodenluftuntersuchungen“ .....	39
8. Praktikums- und Diplomarbeiten zur Untersuchung der Schwermetall- und Arsensituation der Freiburger Mulde .....	43
9. Materialien zur Altlastenbehandlung - 2 neue LfUG-Materialienbände veröffentlicht: .....	49
10. Umweltverhalten kurzkettiger Alkylphenole (Grundlagenstudie).....	54
11. Verzeichnis der bekannt gegebenen Sachverständigen nach § 18 Bundes-Bodenschutz-Gesetz im Freistaat Sachsen .....	56
12. Kurzinformationen .....	62



## **1. Konzeptionelle Grundlagen und Aufbau der überblicksweisen Überwachung der Grundwasserkörper in Sachsen gemäß den Anforderungen der WRRL**

Nach den Anforderungen der Wasserrahmenrichtlinie /1/ ist gemäß Artikel 4 bis 2015 flächendeckend ein „guter Zustand des Grundwassers“ zu erreichen. Zur Überwachung des Grund- und Oberflächenwassers sind nach Artikel 7 und 8 der Richtlinie Programme aufzustellen, die einen zusammenhängenden und umfassenden Überblick über den Zustand der Gewässer ermöglichen. Diese Monitoringprogramme müssen nach Vorgabe der WRRL bis zum 22.12.2006 aufgebaut sein. Anforderungen an die Überwachungsmessnetze werden darüber hinaus in Anhang V. Nr. 2 der WRRL formuliert. Die Strategie zur Umsetzung der Anforderungen in Sachsen wird in der „Rahmenkonzeption zur Gewässerüberwachung“ /2/ festgelegt.

Im Rahmen eines seit von Oktober 2005 bis November 2006 laufenden Forschungsvorhabens wurden die fachlichen Grundlagen dafür erarbeitet, nach denen die Grundwasserkörper in Sachsen auf Basis der analytischen Messergebnisse von Grundwassermessstellen chemisch charakterisiert werden sollen. Es wurde geprüft, welche Messstellen für die überblicksweise Grundwasserüberwachung zukünftig geeignet sind. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus einem vorangegangenen Projekt /3/ und der Nutzung des Programms KONTA<sup>06</sup> /4/ wurden die konzeptionellen Grundlagen für die Bewertung der Aussagefähigkeit der Messergebnisse von Grundwassermessstellen erarbeitet und damit die Grundlagen für die künftige Bewertung der Messergebnisse geschaffen.

### **Grundwasserkörper in Sachsen**

Im Rahmen der Bestandsaufnahme wurden landesweit und an den Landesgrenzen mit den Nachbarländern abgestimmte Grundwasserkörper ausgewiesen. Diese stellen die flächenhafte Grundlage für die zukünftige Grundwasserüberwachung dar. Gemäß Anhang 5 der WRRL ist innerhalb der Grundwasserkörper des Landes ab 2007 ein Messnetz zu betreiben, das folgende Aspekte berücksichtigt:

- Erfüllung der Anforderungen der Art. 7 („Gewässer für die Entnahme von Trinkwasser“) und Art. 8 („Überwachung des Zustandes der Oberflächengewässer, des Grundwassers und der Schutzgebiete“),
- Erlangung einer kohärenten und umfassenden Übersicht über den chemischen Zustand des Grundwassers in jedem Einzugsgebiet
- Feststellung langfristiger anthropogener Trends der Zunahme von Schadstoffen.

Innerhalb der Landesfläche von Sachsen liegen 77 Grundwasserkörper. Davon wurden 50 als „potenziell nicht gefährdet“, 27 hingegen als „potenziell gefährdet“ beschrieben /5/. Die als „potenziell gefährdet“ eingeschätzten Körper sind im Durchschnitt etwa 5.500 km<sup>2</sup> groß und umfassen eine Landesfläche von 28 %.

In einem ersten Schritt war zu prüfen, ob die bestehenden Landesmessnetze sowohl den allgemeinen Zustand von bilanzfähigen Grundwasser-einzugsgebieten (Grundwasserkörper oder -gruppen) als auch Schwerpunkte anthropogener Einwirkungen erfassen. Grundlage dieser Prüfung war die „Bestandsaufnahme zur Messnetzkonzeption“ vom 30.06.2005 /5/. Außerdem wurde eine Analyse aller im LfUG verfügbaren Grundwassermessstellen, Brunnen und Quellen in Bezug auf ihre Relevanz (räumliche Verteilung, anthropogene Beeinflussung, technischer Zustand) innerhalb der ausgewiesenen Grundwasserkörper durchgeführt. Diese Analyse berücksichtigte insbesondere die hydrogeologischen Besonderheiten der einzelnen Grundwasserkörper auf Grundlage von Daten der sächsischen Blätter der „Hydrogeologischen Übersichtskarte von Deutschland“ (HÜK 200) im Maßstab 1:200 000. Landesweit wurden die Daten der HÜK 200 unter vorwiegend lithologischen (im Festgestein) und hydrodynamischen (im Lockergestein) Aspekten digital zu 14 sog. „hydrogeochemischen Einheiten“ aggregiert /3/

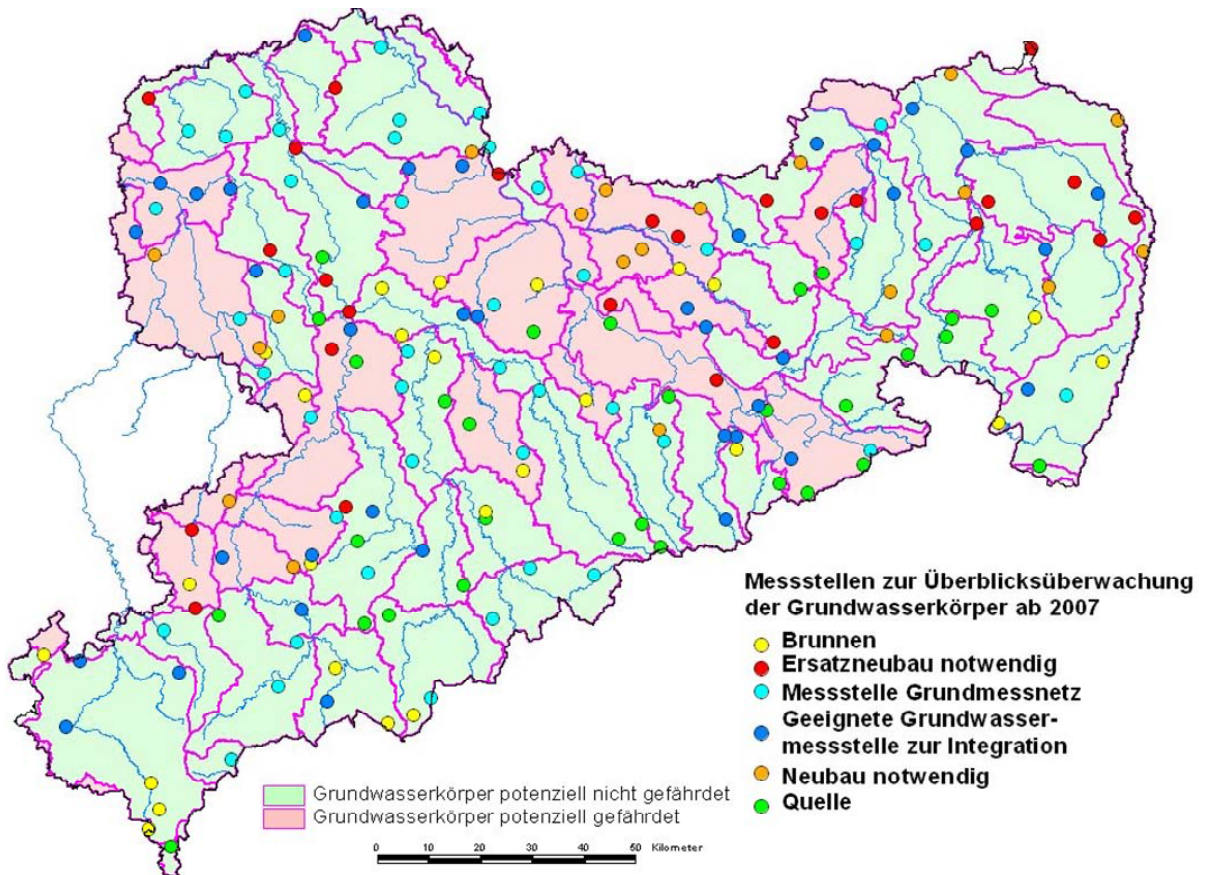
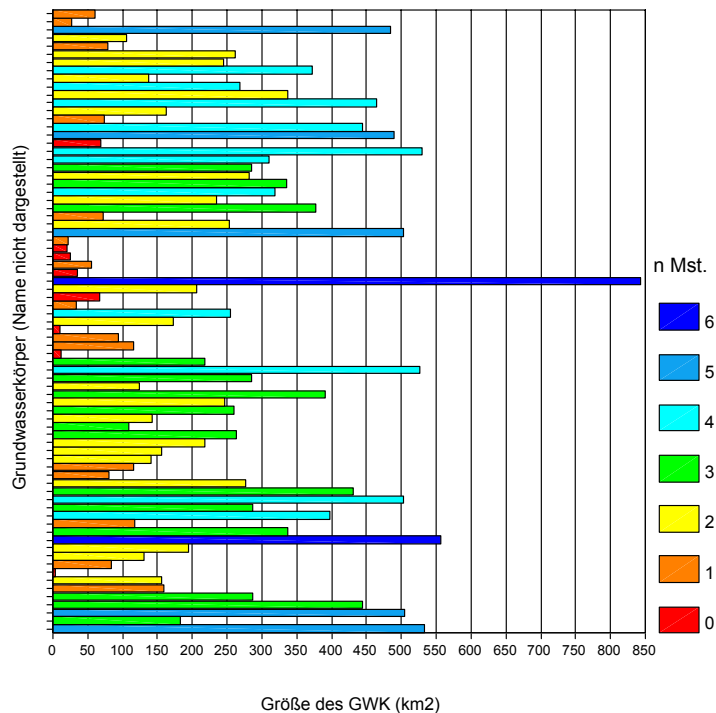


Bild 1: Regionale Bewertung der Gefährdung der 77 Grundwasserkörper in Sachsen und Auswahl von Messstellen für die überblicksweise Überwachung nach Wasserrahmenrichtlinie ab 2007

Die Analyse hatte die Optimierung des Messnetzes zum Ziel und mündete sowohl in Vorschlägen zur Aussonderung als auch zur Integration, zum Neubau oder zum Ersatzneubau von Messstellen (s. Bild 1).

Insgesamt wurden 183 Messstellen für die überblicksweises Überwachung von 68 der 77 Grundwasserkörper vorgeschlagen. 45 davon entstammen dem bisherigen Grundmessnetz; zusätzlich wurden 38 Grundwassermessstellen, 30 Quellen und 25 Brunnen aus dem Pool darüber hinaus bekannter Aufschlüsse als geeignet für die Integration in das Messnetz vorgeschlagen. Daneben umfassten die Empfehlungen an 25 Standorten einen Ersatzneubau von vorhandenen, aber technisch nicht mehr den Anforderungen an eine Grundwasserbeschaffenheitsmessstelle genügenden Aufschlüssen und an 20 Standorten einen kompletten Neubau. Bild 2 dokumentiert die Struktur dieses neu vorgeschlagenen Bestandes innerhalb aller 77 Grundwasserkörper:

Klar erkennbar ist die Dominanz der Flächengrößen der Grundwasserkörper bei der Ausweisung des Messnetzes. Sehr kleine Körper von weniger als 50 km<sup>2</sup> (i. d. R. lediglich die sächsischen Anteile von grenzüberschreitenden, größeren Körpern) wurden nicht mit einer Messstelle ausgestattet, während große Körper (> 300 km<sup>2</sup>) mit zumeist vier oder mehr Messstellen ausgestattet wurden.



N Mst – Anzahl der Messstellen je Grundwasserkörper

Bild 2: Struktur des Messnetzes der Überblicksüberwachung innerhalb der 77 Grundwasserkörper Sachsens

Neben diesem „Flächenfaktor“ wurde insbesondere der hydrogeologischen Ausstattung und der wasserwirtschaftlichen Relevanz der Grundwasserkörper Bedeutung bei der Messstellenauswahl beigemessen. Die Einschätzung hinsichtlich der „potenziellen Gefährdung“ spielte dagegen bei der Auswahl keine

große Rolle, da in den „potenziell gefährdeten“ Körpern mit der operativen Überwachung ein zusätzliches Instrument der WRRL genutzt werden kann.

### Ermittlung flächenhafter Übersichten zur diffusen Belastung des Grundwassers

Die für die Erstellung von flächenhaften Übersichten notwendige Regionalisierung der Konzentrationen von Parametern, die als typisch für die diffuse Grundwasserbelastung interpretiert werden, wurde mit dem Programm SIMIK+ durchgeführt /6/. SIMIK+ bezieht zusätzlich zu den numerischen Beschaffenheitsdaten klassierte Zusatzinformationen (z. B. zur Landnutzung bzw. zur Hydrogeologie oder zur Grundwasserdynamik) in die Regionalisierung mit ein. Das Verfahren ist in eine ArcView-3.x-Routine (unter Nutzung der Erweiterung „Spatial Analyst) implementiert. Seitens des LfUG wurden die benötigten Zusatzinformationen zur Landnutzung (IRS-1C) /7/ und zur Hydrogeologie (HÜK 200) digital zur Verfügung gestellt.

Folgende Arbeitsschritte wurden durchgeführt:

- Aggregation der punktbezogenen Datenbasis zu den Messstellen,
- Auswahl von Parametern (Nitrat, Ammonium, Kalium, Chlorid, Sulfat, pH),
- messwertbezogene Plausibilitätsprüfungen,
- Auswahl räumlich benachbarter Messstellen,
- Terminbezogene Auswahl (Daten aus dem Zeitraum von 1990 bis 2005),
- Aggregation von Beschaffenheitsdaten,
- Auswahl und Aufbereitung von flächenhaften Zusatzinformationen,
- Analyse der Spannweiten von Konzentrationen (s. Bild 3),
- Variogrammanalysen zur Ermittlung des geostatistischen Modells,
- Durchführung der Regionalisierung mit Programm SIMIK+ pro Parameter,
- Festlegung von Klassengrenzen anhand von Perzentilbereichen,
- rangstatistische Ermittlung von Belastungsgebieten,
- Überführung in unter ArcView frei verfügbare Polygondaten,
- Ergebnisdarstellung in Form von Übersichtskarten (s. Bild 4)

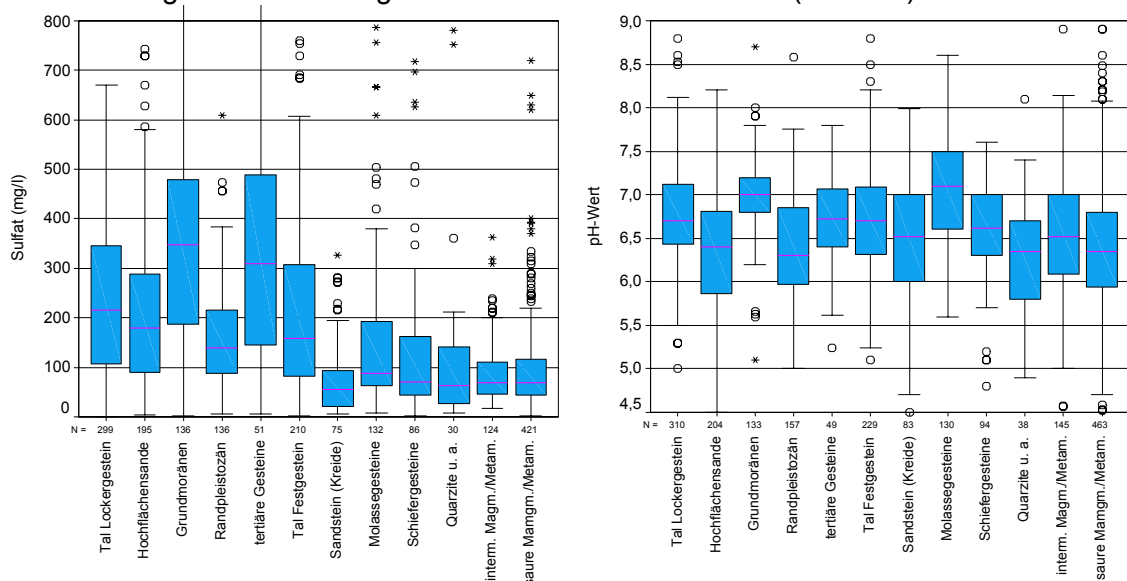


Bild 3: Werte von Sulfat und pH-Wert in 12 hydrogeochemischen Einheiten

Für die geostatistische Analyse wurde anhand der Variogrammanalyse innerhalb des Programms SIMIK+ pro Parameter geprüft, welches Verfahren im Methodenvergleich untereinander am sinnvollsten eingesetzt werden kann. Die Parameter der Variogramm-Modelle (Reichweite, sill, Richtung und Betrag der Anisotropie) wurden für die Interpolation benutzt. Hierbei wurde aus den irregulär verteilten Messwerten ein reguläres Gitter (grid) von geschätzten Werten erzeugt, das die Grundlage für die Ermittlung von Gleichlinien ist. Aus den Reichweiten der angepassten Variogramm-Modelle wurde ein maximaler Abstand ermittelt, der den Radius eines Suchfensters für die Interpolation definiert. Zur Schätzung eines Punktes des grids dürfen nur Messwerte innerhalb des definierten Suchfensters berücksichtigt werden, da nur diese nach den Ergebnissen der Strukturanalyse einen räumlichen Zusammenhang und damit Informationen für den zu schätzenden Punkt aufweisen. Bei der Punktschätzung wurden die Messwerte innerhalb des Suchfensters nach ihrem Abstand vom Schätzpunkt, ihrer Verteilung im Suchfenster und den Parametern des Variogramm-Modells gewichtet. Befanden sich innerhalb des Suchfensters keine bzw. für eine sinnvolle Interpolation zu wenige Messwerte, so wurde die Punktschätzung an diesem Punkt nicht ausgeführt. Hierdurch werden hydrogeologisch nicht sinnvolle Überinterpretationen vermieden. Drift und Nugget-Effekt können beim Kriging-Verfahren, das innerhalb von SIMIK+ verwendet wird, vernachlässigt werden.

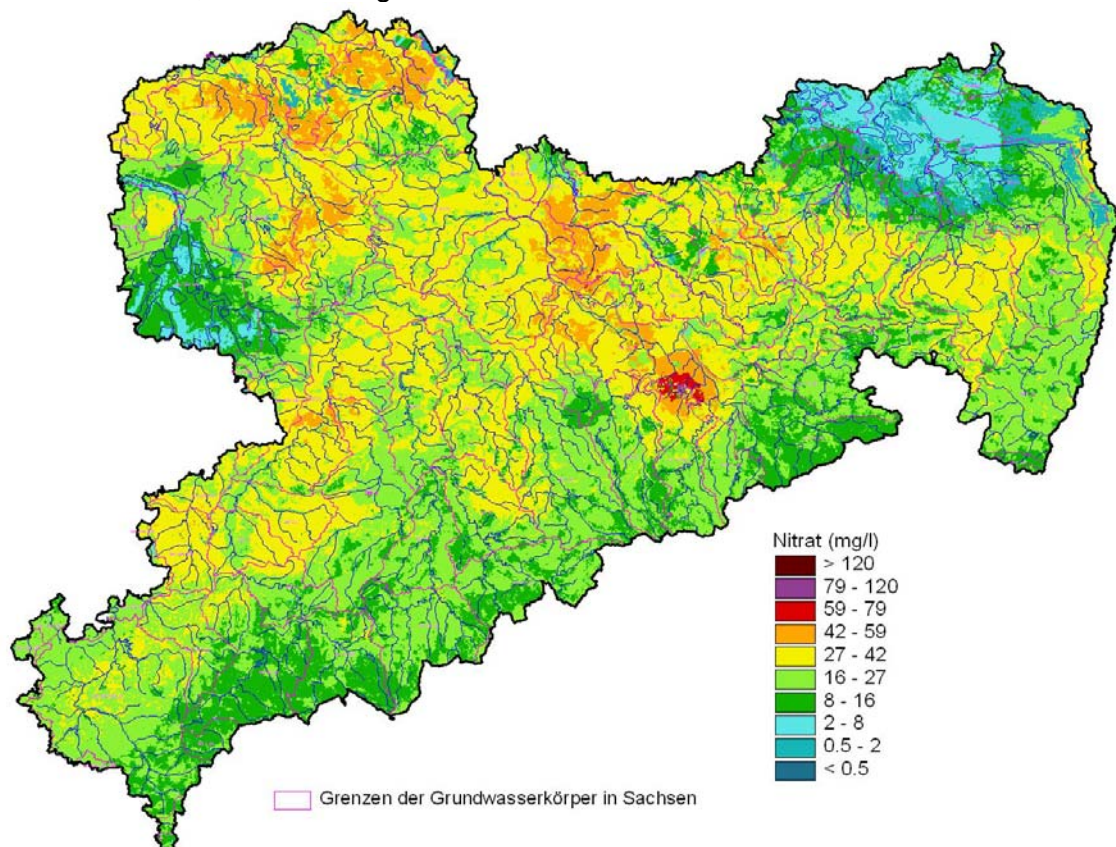


Bild 4: Flächenhafte Darstellung der Konzentrationen von Nitrat auf Basis der von SIMIK+ berechneten Rasterzellenelemente



## Ausweisung von Repräsentativgebieten

Die 183 für die überblicksweise Überwachung ausgewählten Grundwasseraufschlüsse sollen möglichst repräsentativ die naturräumliche Charakterisierung der Grundwasserkörper (z. B. Landnutzung, hydrogeo-chemische Einheiten, Grundwasserneubildung) widerspiegeln. Zu den Grundwasserkörpern liegen landesweit digitale Kenntnisse vor, die in Form sog. „Steckbriefe“ des LfUG im Rahmen der Bestandsaufnahme /5/ dokumentiert worden sind.

Zu diesen Informationen gehören z. B.:

- grundwasserabhängige Oberflächengewässer und Land-Ökosysteme,
- Verteilung der Landnutzungsklassen,
- Charakterisierung der Deckschichten und zu Bodentypen,
- potenzielle Bewirtschaftungsfähigkeit und wasserwirtschaftliche Bedeutung,
- hydrogeologische Charakteristik aus der HÜK 200 und Besonderheiten.

Um die Repräsentativität der Messstellen für die Grundwasserkörper in Bezug auf diese Kategorien bewerten zu können, müssen messstellenbezogen ebenfalls flächenhafte Informationen erarbeitet werden.

Grundwassermessstellen sind in Bezug auf die Erdoberfläche immer punktuelle Objekte. Die Ermittlung des als relevant eingeschätzten Kenntnisstands für diesen Punkt und darauf aufbauend der Vergleich mit Flächeninformationen wird oftmals auf dieser punktuellen Grundlage durchgeführt. Dies erscheint jedoch vor dem Hintergrund der Grundwasserdynamik nicht sinnvoll. Da das Grundwasser immer in Bewegung ist, repräsentiert das zu verschiedenen Zeitpunkten entnommene Wasser eine (zeitlich integral betrachtete) Fläche, innerhalb derer es neu gebildet wurde. In Bezug auf einen Brunnen mit einer definierten und regelmäßigen Entnahmerate wird diese Fläche als „Einzugsgebiet“ bezeichnet. Bei einer Grundwassermessstelle kommt jedoch erschwerend hinzu, dass an ihr i. d. R. keine kontinuierliche Entnahme stattfindet. Bei Messstellen ohne Nutzung ist daher nur eine Annahme zum „Zuflussgebiet“ möglich. Bei der Festlegung des Zuflussgebietes ist zu berücksichtigen, dass das Grundwasser innerhalb der Gesamtfläche in unterschiedlich langen Zeiten zum Ort der Entnahme an einer Messstelle strömt.

Ziel bei der Festlegung war nicht die Ermittlung der maximalen Ausdehnung der Fläche, innerhalb derer das neu gebildete Grundwasser der Messstelle zuströmt. Es wurde eine Fläche ermittelt, innerhalb der die Ausprägung der relevanten Informationskategorien (z. B. Landnutzung, hydrogeochemische Einheiten) einen entscheidenden Einfluss auf die Bildung der Grundwasserbeschaffenheit der Messstelle besitzt. Dies ist eher im näheren als im weiteren Umfeld der Messstelle der Fall.

Dieses „relevante“ Umfeld wurde exemplarisch für Messstellen im Lockergestein ausgewiesen (s. Bild 5) und i. S. eines „Zufluss-,“ bzw. „Repräsentativitätsgebietes“ (i. S. von repräsentativ für die Fläche, in der die maßgeblichen Einflüsse auf den Prozess der Formierung der Beschaffenheitsmuster stattfinden) für die bearbeitete Messstelle interpretiert.

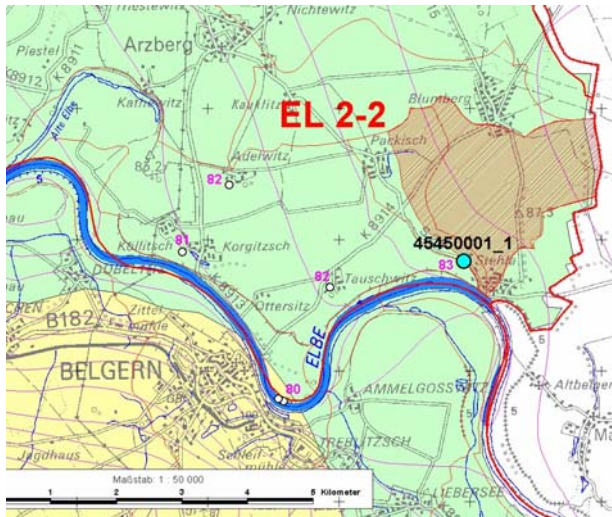


Bild 5: Exemplarische Darstellung des Zustrombereichs einer Messstelle in einem Lockergesteinsgrundwasserkörper

Im Festgestein ist die Abgrenzung solcher Gebiete problematischer, da die Grundwasserführung oft an Klüfte und/oder Störungszonen gebunden und damit primär linear und nicht flächenhaft ausgeprägt ist. Bei der Größe der ausgewiesenen Gebiete wurde nach der Filtertiefe unterschieden und in der Richtung des Anstrombereiches zu der Messstelle das jeweilige Repräsentativgebiet ausgewiesen (<10 m Tiefe: 500 m; <25 m: 1 km; >25 m: 2 km).

Die Anteile der Einflussfaktoren (z. B. Landnutzung, hydrogeochemische Einheiten), die als besonders relevant zur Erklärung der Grundwasserbeschaffenheit interpretiert werden, wurden dann innerhalb der Repräsentativgebiete in Beziehung zu den entsprechenden Anteilen innerhalb der Grundwasserkörper gesetzt. Aus dem Vergleich dieser beiden Anteile kann dann die Güte der Messstelle für die Überblickswachung bewertet werden.

### Ausblick

Mit den empfohlenen 183 Messstellen wird ab 2007 die landesweite Überblicksüberwachung durchgeführt. Die Ergebnisse von den messstellenbezogenen und den in den ausgewiesenen Zuflussgebieten ermittelten Kennzahlen werden mit den Kennwerten für die Grundwasserkörper verglichen, die in den Steckbriefen der Bestandsaufnahme dokumentiert worden sind.

Die Einschätzung der potenziellen Gefährdung wird mit dem Instrument der flächenhaften Regionalisierung durchgeführt. Die daraus abzuleitenden Belastungsgebiete müssen in zeitlich definierten Abständen überprüft werden, um die Kosten der operativen Überwachung in möglicherweise gefährdeten Grundwasserkörpern zu optimieren.

## Literatur

- /1/ EG (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (Wasserrahmenrichtlinie) vom 22.12.2000, Luxemburg
- /2/ LfUG (2006):, Rahmenkonzeption zur Gewässerüberwachung in den sächsischen Teilen der Flussgebietseinheiten Elbe und Oder - Sächsisches Monitoringkonzept, Dresden, 2006
- /3/ HYDOR (2005): Qualifizierung des Programms KONTA - Teil Grundlagenarbeit - zur Ermittlung der Beschaffenheitsmuster der hydrogeologischen Einheiten in Sachsen.- Bericht der HYDOR Consult GmbH an das Sächsische Landesamt für Umwelt und Geologie vom 31.05.2005, Berlin (unveröff.).
- /4/ Gabriel (2006): Handbuch KONTA06, Anwenderdokumentation.- FRITZ + FRÖLICH Umweltinformationssysteme GmbH, im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie Erfurt (unveröff.).
- /5/ LfUG (2004): Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (Hrsg.): Europäische Wasserrahmenrichtlinie – neue Impulse für Sachsen. Kompaktbericht zur Bestandsaufnahme nach WRRL im Freistaat Sachsen, Dresden, 2005
- /6/ BÁRDOSSY, A., U. HABERLANDT UND J. GRIMM-STRELE (1997): Interpolation of Groundwater Quality Parameters Using Additional Information, geoENV I - Geostatistics for Environmental Applications (Soares, A., et al., eds), Kluwer Academic Publishers.
- /7/ LfUG (2003): Weiterentwicklung der Umweltbeobachtung mittels Satellitenbilddaten im Freistaat Sachsen. – FuE-BVorhaben im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie

Stephan Hannappel, Silke Reinhardt, Hydor Consult GmbH  
Karin Kuhn, Rosemarie Lankau, LfUG



## 2. Einsatz der Nestlersonde zur teufenorientierten Beprobung von oberflächennahem Grundwasser

An der HTW Dresden wurde im Jahr 2000 mit der Entwicklung eines Verfahrens zur temporären Beprobung oberflächennahen Grundwassers begonnen, das seitdem in unterschiedlichen Projekten getestet und weiterentwickelt wurde (Macheleidt et al., 2004). Dem Verfahren liegt die mobile Rammsondiertechnik als Vortrieb (Atlas-Copco) zugrunde. Diese Technik wird seit langem für Baugrunduntersuchungen eingesetzt. Mit der dazu entwickelten Nestlersonde ist es möglich, für unterschiedliche Parameter teufenorientierte Konzentrationsprofile im oberflächennahen Grundwasserbereich aufzunehmen. Dabei wird auf Einbauten verzichtet. Die Beprobung an einer definierten Stelle ist nur einmal möglich, da durch das Rammen die ungesättigte Bodenmatrix und die Sedimentfolge des Grundwasserleiters gestört werden. Der Einsatz von Unterdruck zur Probengewinnung beschränkt die Anwendung der Sonde bisher auf einen maximalen Grundwasserflurabstand von etwa 6,0 m u. GOK.

Die Nestlersonde wurde im Labor und an mehreren Feldstandorten auf ihre Einsatzgrenzen getestet. Am Beispiel eines Standortes, der im Rahmen des vom LfUG geförderten Projektes „Untersuchung zu den Auswirkungen von Schutzmaßnahmen nach der Verordnung des SMUL über Schutzbestimmungen und Ausgleichsleistungen der Land- und Forstwirtschaft in Wasserschutzgebieten (SächsSchAVO) vom 2. Januar 2002 auf die Grundwasserbeschaffenheit in Wasserschutzgebieten“ untersucht wurde, sollen die Möglichkeiten und Grenzen dieser Technik hinsichtlich der Belastbarkeit der gewonnenen Untersuchungsergebnisse diskutiert werden.

### Der Aufbau der Nestlersonde

Die Nestlersonde wurde als Rammsonde entwickelt. Sie wird aus einem Stück VA-Stahl gefertigt. Der aufgesteckte Filter und die aufgeschraubte Spitze sind austauschbar. Die Sonde hat eine Länge von 447 mm, einen Durchmesser von 60 mm, ein Gewicht von 7,5 kg, eine Filterlänge von 120 mm und einen Filterdurchmesser von 43 mm. Der quergenutete Schaft der Nestlersonde wurde zur Verhinderung einer vertikalen Kurzschlussströmung im Grundwasser entwickelt (Bild 1). Die auswechselbaren Metall-Sinter-Filter ermöglichen die Anpassung der Sonde an unterschiedliche Bodenarten und Sedimente.

Je nach Aufgabenstellung der Grundwasseruntersuchung können auch andere Filtermaterialien (z. B. Edelstahl) eingesetzt werden. Für die hier beschriebenen Messaufgaben wurden ausschließlich Bronzesinterfilter eingesetzt.



Bild 1: Die Nestlersonde

### Das Prinzip der Grundwasserprobennahme

Die Probennahme mit der Nestlersonde läuft nach dem in Bild 2 dargestellten Schema ab.

Die Sonde wird mittels Rammgestänge und Rammgerät in den Boden bis zur gewünschten Teufe vorgetrieben.

Im angesprochenen Probennahmehorizont wird durch Anlegen eines Unterdruckes die benötigte Probenwassermenge an die Geländeoberfläche gefördert.

Ist die Beprobung eines Horizontes beendet, wird die Sonde in den nächsten Horizont vorgetrieben. Nach Spülung des Systems mit Wasser des neuen Beprobungshorizontes kann der nächste Horizont beprobt werden.

Um die Beeinflussung der Wasserbeschaffenheit der Probe durch geförderte Trübstoffe zu verringern, muss bei dieser Art der Probennahme eine Filtration der Proben im Feld über einen 0,45 µm Filter durchgeführt werden. Die Probennahmezeit hängt primär von der Durchlässigkeit ( $k_f$ -Wert) des Beprobungshorizontes und dem vorhandenen Grundwasserflurabstand ab. Für eine Probennahme am Beispielstandort Rothenburg-Dunkelhäuser wurde bei sandigem Untergrund ohne begleitende Rammkernsondierung durchschnittlich 1 h pro Ansatzpunkt benötigt.

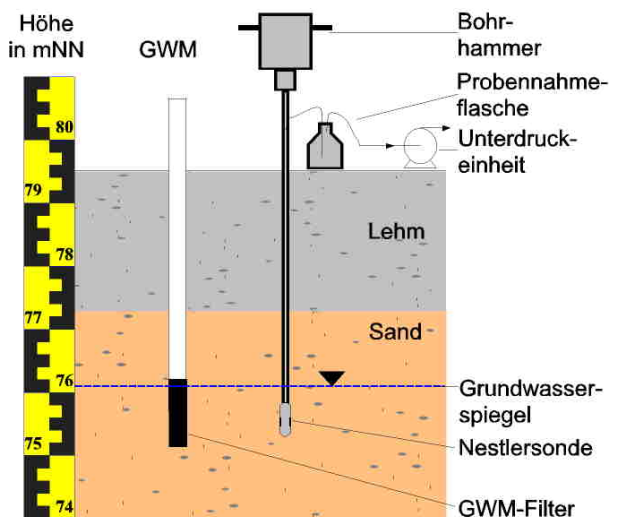
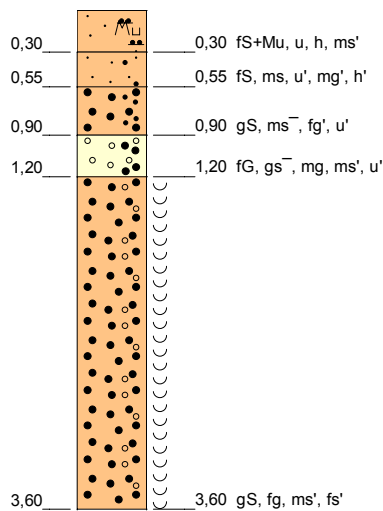


Bild 2: Prinzip der Probennahme mit der Nestlersonde

## Beschreibung des Beispielstandortes



Am Standort der Dauermonitoringfläche (DMF) der LfL im unterirdischen Einzugsgebiet der Trinkwasserfassung Rothenburg-Dunkelhäuser ist ein ungespannter, sandig-kiesig beschaffener Grundwasserleiter (Bild 3) ohne schützende, bindige Deckschichten unter einer landwirtschaftlichen Nutzfläche ausgebildet. Der Bohransatzpunkt lag auf einer intensiv genutzten Ackerfläche ca. 15 m vom Feldrand entfernt. Hier wurde eine 2"-Grundwassermessstelle (GWM) für Vergleichszwecke mit einer Filterstrecke von 1,5 m bis 2,5 m unter Gelände errichtet. Der Grundwasserstand schwankt zwischen 1,05 m und 2,0 m u. GOK.

Bild 3: Bohrprofil am Standort Rothenburg-Dunkelhäuser

Von 2004-2005 wurden im Frühjahr und Herbst jeweils Grundwasserbeprobungen mit der Nestlersonde durchgeführt. Die Konzentrationen von Nitrat (Bild 4) und Sulfat sowie die elektrische Leitfähigkeit weisen sowohl zeitlich als auch örtlich (teufen- und lageabhängig) erhebliche Schwankungen auf.

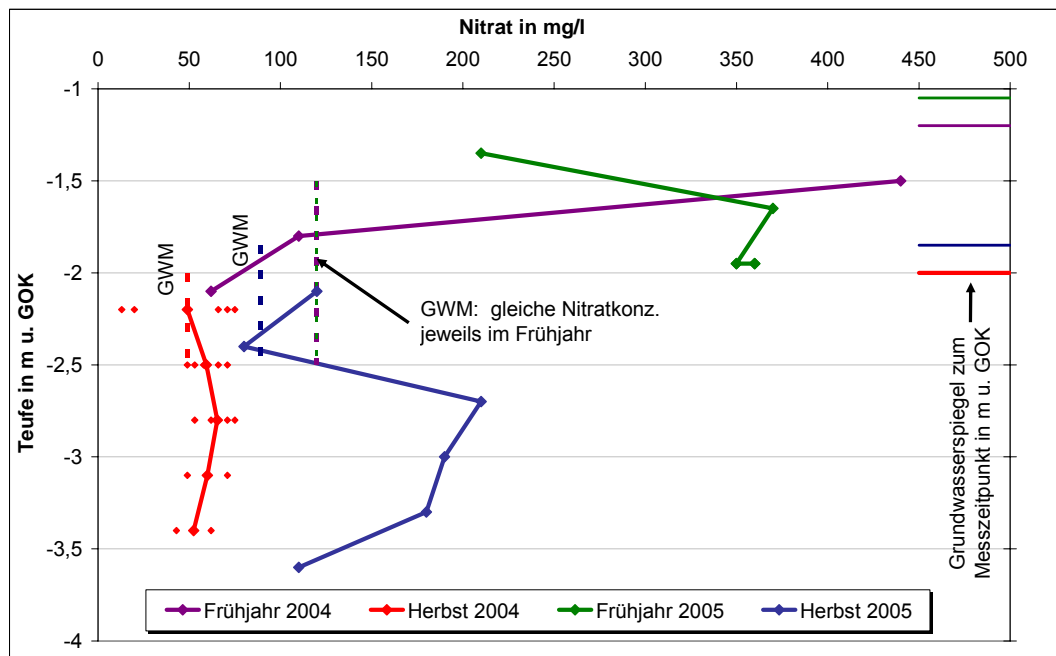


Bild 4: Vertikalverteilung der Nitratkonzentrationen am Standort Rothenburg-Dunkelhäuser im Zeitraum 2004-2005

Diese ermittelten Unterschiede in den betrachteten Werten für den Zeitraum 2004-2005 werden durch die Beprobungen der GWM auf Grund der räumlichen Fixierung der Grundwasserprobennahme durch die Filterstrecke nicht in dieser Größenordnung wieder gefunden. Lediglich im Herbst 2004 konnte eine relativ gute Übereinstimmung zwischen den Nitratgehalten des Grundwassers aus der GWM und der Beprobung mittels Rammsonde für den gleichen Teufenbereich beobachtet werden.

### **Untersuchungskonzept zur Bewertung der Einsatzgrenzen der Nestler-sonde**

Mit den Untersuchungen am Standort sollten drei Fragen beantwortet werden:

- 1.) Können mit der Nestler-sonde mehrere Grundwasserproben pro Ansatzpunkt hintereinander im Vorwärtsgang ohne Verschleppung von Grundwasser, Boden oder Sediment gewonnen werden?
- 2.) Sind die Messergebnisse der mit der Nestler-sonde gewonnenen Grundwasserproben reproduzierbar?
- 3.) Sind die Messwerte der mit der Nestler-sonde ebenso wie die mittels Beprobung der GWM gewonnenen Grundwasserproben repräsentativ für den untersuchten Tiefenhorizont?

Die Bewertung wurde hauptsächlich anhand der physikalisch-chemischen Parameter pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Nitrat, Sulfat, Chlorid und Mangan durchgeführt. Der pH-Wert und die Leitfähigkeit wurden vor Ort sofort nach der Probennahme mit den WTW-Geräten pH 196 und LF 197 gemessen. Anionen und Kationen wurden mittels Ionenchromatographie bzw. AAS im Labor der Staatlichen Umweltbetriebsgesellschaft bestimmt. Das Versuchsszenario umfasste folgende Arbeiten:

In Grundwasserströmungsrichtung in einem Abstand von 1,0 m neben der zum Vergleich errichteten GWM wurden abwechselnd 3 Einlochsondierungen (eine Teufe pro Bohrloch) und 3 Mehrlochsondierungen (mindestens 3 Teufen pro Bohrloch) im vertikalen Abstand von jeweils 0,4 m niedergebracht. Bei allen Sondierungen wurde die Nestler-sonde jeweils auf nahezu die gleichen Teufen gerammt und das Grundwasser aus dem gleichen Horizont entnommen. Einer Mehrlochsondierung folgten drei Einlochsondierungen, an die sich die nächste Mehrlochsondierung anschloss (Bild 5). Nach jedem Ziehen der Sonde wurde der Bronzesinterfilter abgebaut und mit Trinkwasser gespült. Der Einfluss von lokalen Inhomogenitäten des Grundwasserleiters auf die Untersuchungsergebnisse wurde dabei nicht quantifiziert. Es wurde vereinfachend von einem homogenen, sandig-kiesig ausgebildeten Grundwasserleiter ausgegangen. Die im Bild 5 dargestellte Kombination von Rammsondierungen mit 3x einer Teufe pro Bohrloch und 1x drei Teufen pro Bohrloch wurde insgesamt dreimal durchgeführt. Die Beprobung der Einlochsondierung erfolgte im Vorwärtsgang, d.h. von oben nach unten.

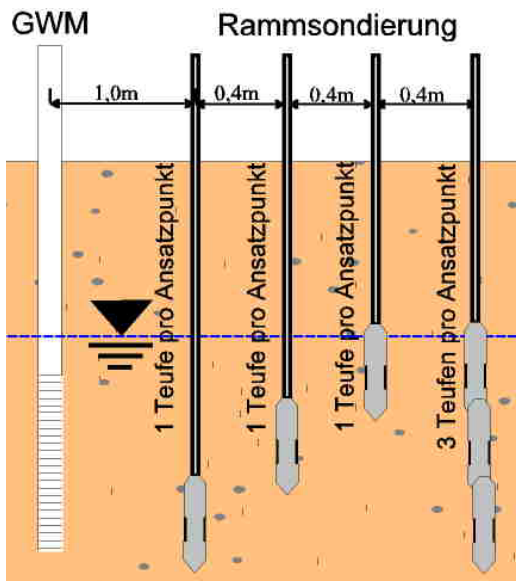


Bild 5: Prinzip der Mehrloch- und Einlochsondierung

### Untersuchungsergebnisse zur Bewertung der Einlochsondierung

Die Messwerte aus den beprobten Einlochsondierungen wurden teufenbezogen mit denen der Mehrlochsondierung verglichen. Im Falle einer Konzentrationsabnahme eines Stoffes mit der Tiefe und einer gleichzeitigen Verschleppung von Grundwasser bei der Einlochsondierung wäre im Vergleichsdiagramm ein Ergebnis gemäß Bild 6 zu erwarten. Bei der Bewertung der Abweichungen ist zu berücksichtigen, dass am Standort Rothenburg innerhalb weniger Dezimeter bzw. Zentimeter deutliche Unterschiede der Grundwasserbeschaffenheit nachweisbar sind, die verglichenen Teufenbereiche jedoch nicht zentimetergenau übereinstimmen.

Bei der Beprobung im Herbst 2004 zeigte sich für Mangan und Chlorid eine deutliche Abnahme von einer hohen Konzentration im Bereich des Grundwasserspiegels zu niedrigeren Konzentrationen mit zunehmender Teufe (Bild 7 & 8). Diese Abnahme wurde sowohl bei Einlochsondierungen als auch Mehrlochsondierungen nachgewiesen. Damit kann eine Verschleppung von Grundwasser weitestgehend ausgeschlossen werden. Anderenfalls müssten sich die hohen Konzentrationen in den folgenden Probenhorizonten wieder finden.

Diese Aussage wird durch das Vergleichsdiagramm für Chlorid in Bild 9 untersetzt. Trotz einer deutlichen Abnahme der Chloridkonzentration über die Tiefe streuen die Chloridkonzentrationen relativ gleichmäßig zwischen den beiden Sondiermethoden. Ein Verhalten gemäß Bild 6 wird nicht beobachtet. Hinsichtlich der Nitratwerte (Bild 10) ist für die Mehrzahl der Messwerte im Konzentrationsbereich von 50 bis 80 mg/l eine relativ gute Übereinstimmung festzustellen, allerdings gibt es sowohl für Einloch- als auch Mehrlochsondierungen einige Ausreißer. Für die Sulfatwerte (Bild 11) ist eine verhältnismäßig gute Übereinstimmung der Messwerte zu dokumentieren.



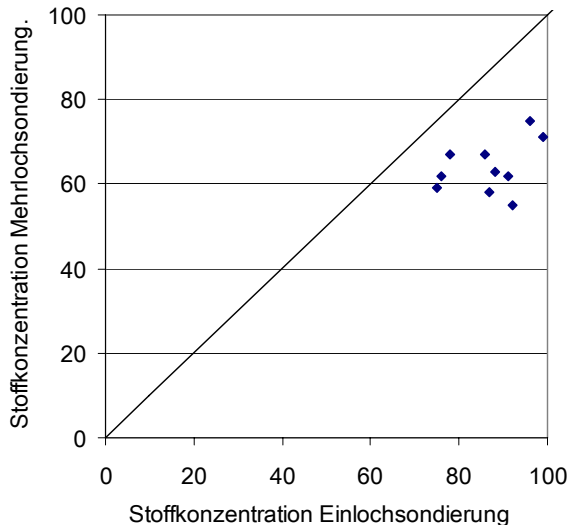


Bild 6: Beispieldiagramm

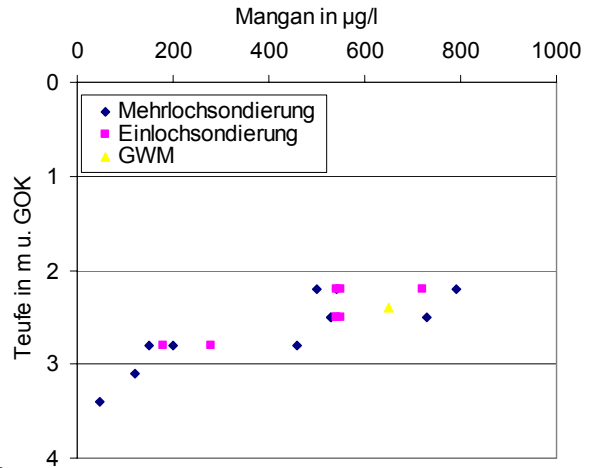


Bild 7: Mangankonzentration über Teufe

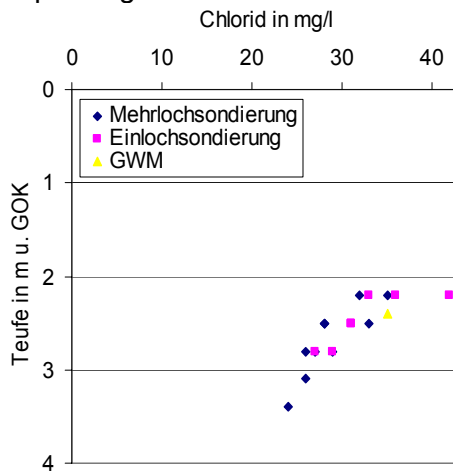


Bild 8: Chloridverteilung über die

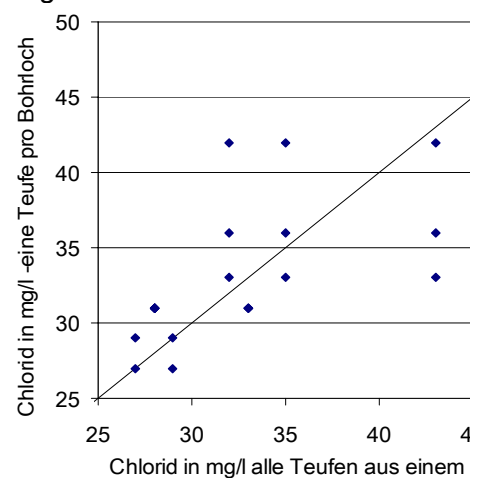


Bild 9: Vergleich der Chloridwerte

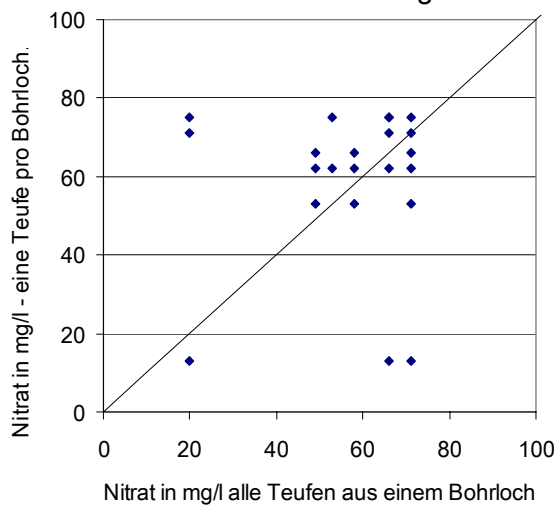


Bild 10: Vergleich der Nitrat-Werte

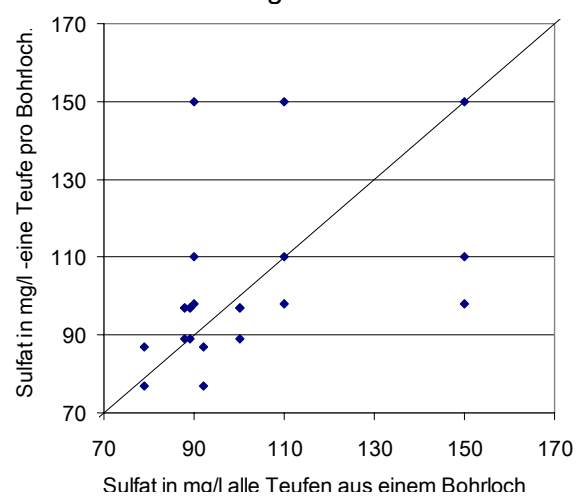


Bild 11: Vergleich der Sulfat-Werte

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass es keine wesentlichen Unterschiede zwischen den beiden Aufschlussarten gibt, das heißt, es wurden keine Hinweise auf eine generelle Über- oder Unterbestimmung gefunden. Sowohl die Probennahme mit der Einlochmethode als auch die Probennahme mit der Mehrlochmethode bringen ähnliche Ergebnisse. Bei beiden Methoden wurden teilweise erhebliche Streuungen der Messwerte beobachtet, die eine starke Teufenabhängigkeit der Konzentrationen und eine nicht zentimetergenaue Übereinstimmung der verglichenen Teufenbereiche anzeigen. Eine Verschleppung von Grundwasser oder Boden-material kann für die Einlochmethode an diesem Standort nicht nachgewiesen werden. Die Möglichkeit der Verschleppung von Boden oder Sediment in sandigen Böden wurde bereits in umfangreichen Laboruntersuchungen (Macheleidt et al, 2005) ausgeschlossen.

### Untersuchungsergebnisse zur Bewertung der Reproduzierbarkeit

Die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse wurde durch einen Vergleich der Messwerte aus Rammsondierungen und GWM aus jeweils der gleichen Teufe während der Mehrfachsondierung im Herbst 2004 überprüft. Dazu wurde die Standardabweichung der Messwerte aus der jeweils gleichen Teufe bestimmt (Bild 12 bis Bild 14). Bis auf wenige Ausnahmen liegen die Messwerte innerhalb der Standardabweichung. Der Variationskoeffizient ist für die Parameter Chlorid, Sulfat und elektrische Leitfähigkeit mit 6,5%, 5,6% bzw. 4,2% gering, für den Parameter Nitrat mit 13,7 % deutlich größer. Insgesamt kann die Reproduzierbarkeit der Beprobungsergebnisse für den dargestellten sandig-kiesigen Grundwasserleiter unter Beachtung der starken Teufenabhängigkeit der Messwerte als gut bewertet werden.

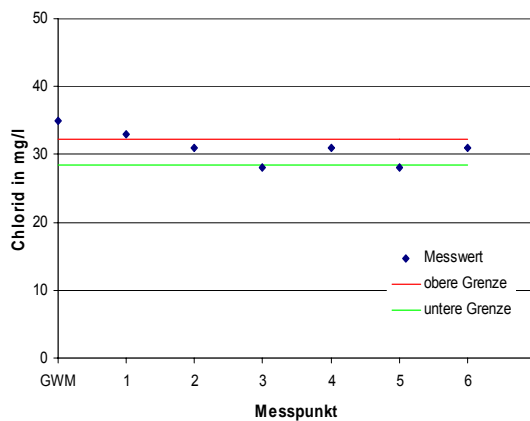


Bild 12: Vergleich der Messwerte für Chlorid

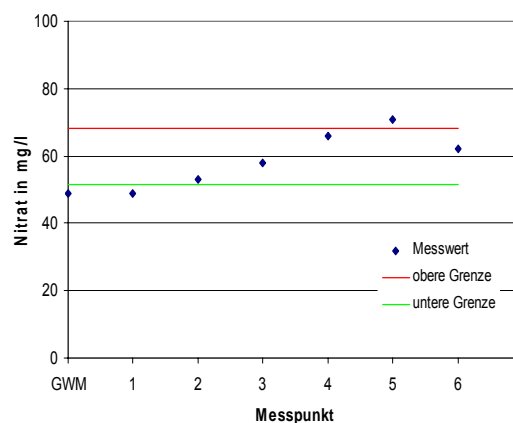


Bild 13: Vergleich der Messwerte für Nitrat

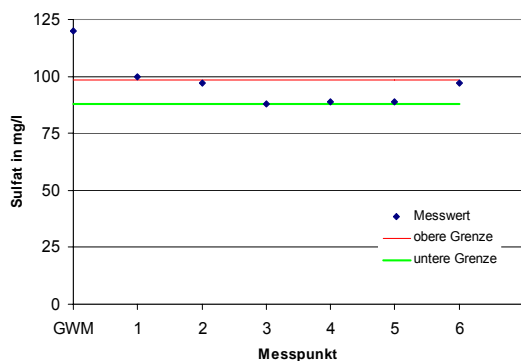


Bild 14: Vergleich der Messwerte für Sulfat

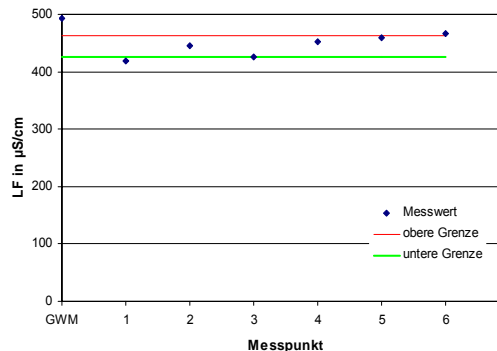


Bild 15: Vergleich der Messwerte für elektr. LF

Der Einfluss der Entnahmemenge auf das Messergebnis wurde ebenfalls untersucht. Dazu wurde die letzte Teufe der Rammsondierung dieses Standortes mehrfach beprobt. Von jedem zweiten gewonnenen Liter aus einer Teufe von 1,95 m u. GOK wurde eine Wasserprobe genommen und analysiert. Bild 16 und Bild 17 zeigen das Verhalten der Kationen während einer Langzeitbeprobung im Frühjahr 2005. Die Natrium-, Calcium-, Kalium-, Zink- und Mangankonzentrationen ändern sich nur geringfügig oder sind über die gesamte Probenahme von acht Litern konstant (Literangaben hinter dem Schrägstrich). Eisen und Kupfer weisen einen leichten Abwärtstrend auf, der sich für Eisen ab dem sechsten Liter verringert. Die Werte für Kupfer können durch den verwendeten Bronzefilter beeinflusst sein und werden nicht weiter betrachtet.

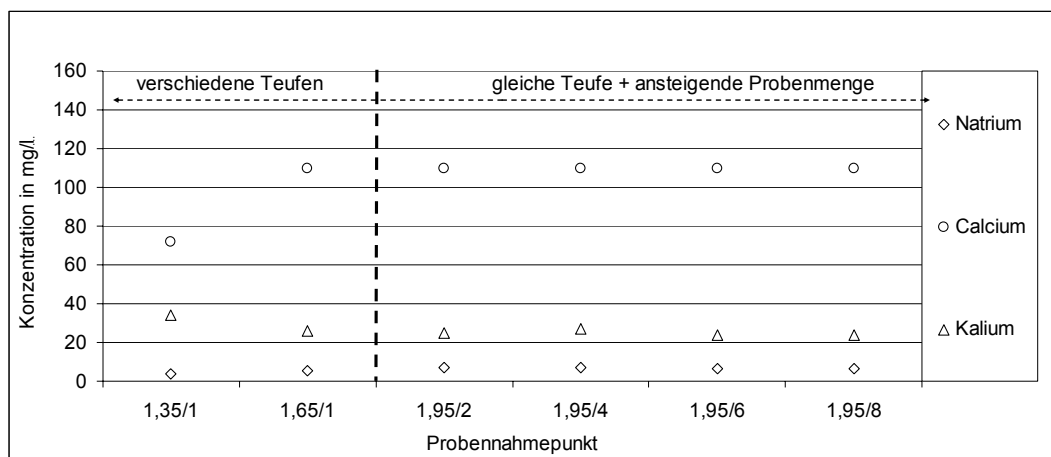


Bild 16: Verhalten ausgewählter Kationen während der GW-Probennahme mit der Nestlersonde am Standort Rothenburg-Dunkelhäuser im Frühjahr 2005

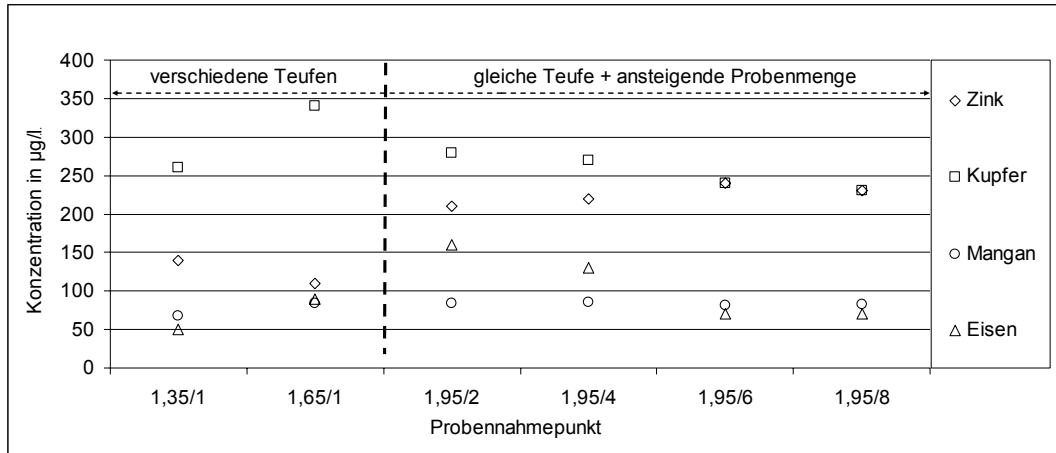


Bild 17: Verhalten ausgewählter Metalle während der der GW-Probennahme mit der Nestlersonde am Standort Rothenburg-Dunkelhäuser im Frühjahr 2005

Durch die Filtration der Grundwasserproben über einen 0,45 µm Glasfaserfilter im Feld wurde das Problem der früher durch Trübstoffe verursachten hohen Schwankungen der Kationenkonzentrationen reduziert. Relevante Veränderungen sind nur noch bei den Parametern Eisen und Kupfer feststellbar. Mit Ausnahme des Gesamteisen-Gehaltes und Kupfer stellt sich für alle anderen Kationen nach dem zweiten entnommenen Liter Grundwasser ein nahezu konstanter Wert ein, der sich im weiteren Verlauf der Grundwasserbeprobung nicht wesentlich ändert. Alle Anionenkonzentrationen bleiben während der Beprobung nahezu konstant (Bild 18).

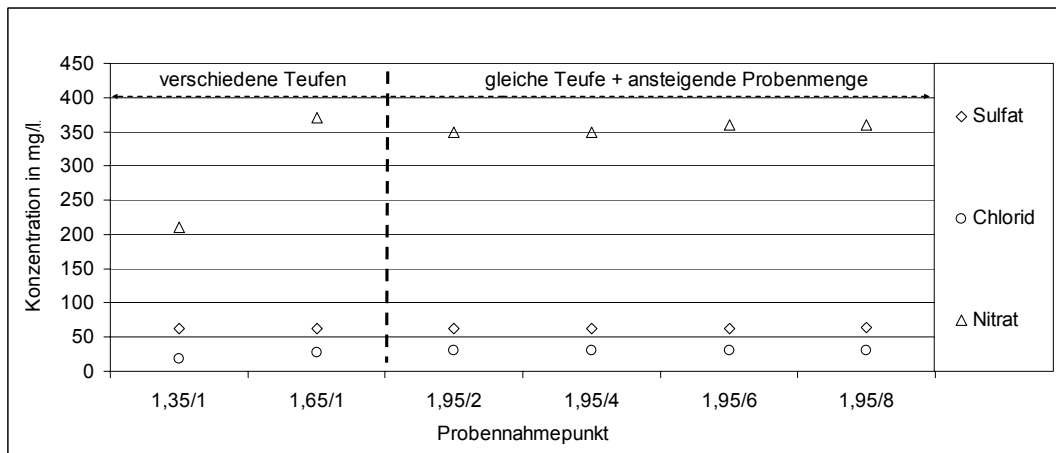


Bild 18: Verhalten ausgewählter Anionen während der GW-Probennahme mit Rammsondiertechnik am Standort Rothenburg-Dunkelhäuser im Frühjahr 2005

Die Reproduzierbarkeit der Beprobung auf Nitrat, Chlorid und Sulfat ist in diesem Fall bereits mit dem zweiten gewonnenen Liter Grundwasser gegeben. Die Änderungen liegen innerhalb der für die Analysengenauigkeit angegebenen Abweichungen von  $\pm 5\%$ . Sollten ausschließlich diese Parameter für die Analyse notwendig sein, kann die Probennahme mit dem zweiten Liter realisiert werden. Wird mehr Grundwasser entnommen, muss die erhöhte räumliche Ausdehnung

des erfassten Grundwasserbereiches beachtet werden. Ausnahmen stellen Kupfer, Eisen und Ammonium dar. Die Gesamteisen- und Ammoniumgehalte sind jedoch mit 0,07 mg/l bzw. 0,03 mg/l sehr niedrig und liegen an der unteren Grenze des Messbereiches, so dass bereits geringe Freisetzen aus den Feinbestandteilen bei der Probennahme starke Beeinflussungen des Analyseergebnisses verursachen können.

### Untersuchungsergebnisse zur Repräsentativität

Betrachtungen zur Repräsentativität basieren auf einem Vergleich der Messwerte der Beprobung der GWM und der Beprobungen mittels Rammsonde während vier Beprobungskampagnen im Zeitraum von 2004 bis 2005. Bei diesem Vergleich wurden nur Werte berücksichtigt, die für sich überlagernde Teufen der Rammsondierungen und des Filterbereiches der Grundwassermessstelle gewonnen wurden. Für diesen selektiven Vergleich der Ergebnisse aus Rammsondierung und Grundwassermessstelle wurde ein Vertrauensbereich von 25% definiert. In den Bildern 19 und 20 ist das Ergebnis dieser Vorgehensweise beispielhaft für die Parameter Chlorid und Nitrat dargestellt.

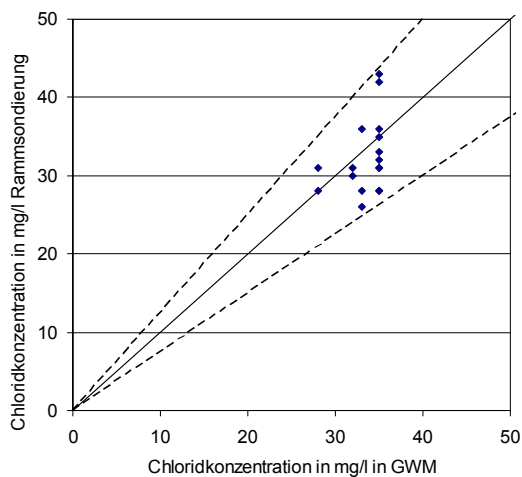


Bild 19: Vergleich der Chlorid-Werte aus GWM und Rammsondierung

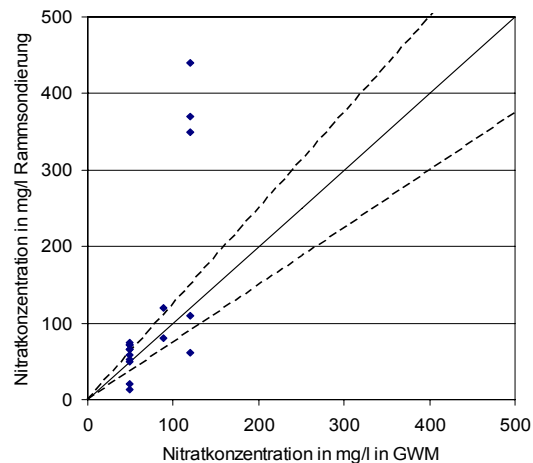


Bild 20: Vergleich der Nitrat-Werte aus GWM und Rammsondierung

Für beide Parameter liegen die Messwerte überwiegend im Vertrauensbereich von 25%. Durch die GW-Probennahme mittels Nestlersonde wird eine genauere Auflösung der Tiefenprofile im Vergleich zur Grundwassermessstelle erreicht. Kleinräumige Veränderungen in der Boden- und Sedimentmatrix sowie im Grundwasser werden mit der Sonde in Tiefenintervallen von jeweils < 0,30 m erfasst, während bei der Beprobung der Grundwassermessstelle (DVWK 1992) eine integrale Mittelung über die Filterlänge von 1 m stattfindet. Diese Unterschiede bezüglich der räumlichen Zuordnung der Konzentrationswerte führen beim direkten Vergleich der beiden Probennahmearten zu Unsicherheiten in der Interpretation der Messwerte.

Die Wertung der Ergebnisse zu den Vertrauensbereichen hängt von der Definition des Begriffes der Repräsentativität ab. Gemäß DVWK (1997) ist unter Repräsentativität die **Widerspiegelungsgenauigkeit der natürlichen Bedin-**

**gungen des Grundwasserleiters an einem definierten Ort und zu einer definierten Zeit** zu verstehen. Grundsätzlich kann somit auch beim Einsatz der Rammsonde von einer richtigen Abbildung der Beschaffenheit des oberflächennahen Grundwassers an einem bestimmten Messpunkt ausgegangen werden. Im obersten Bereich des Grundwasserleiters treten jedoch unter anderem aufgrund unregelmäßiger Stoffeinträge deutliche Beschaffenheitsunterschiede auf, sowohl in der horizontalen Verbreitung unterhalb einer Beobachtungsfläche, als auch über die Tiefe (v. a. in den oberen 0,60 m u. Grundwasserspiegel). Durch eine Grundwasserprobennahme an einem einzelnen Ansatzpunkt auf einer Eintragsfläche kann kein repräsentativer Wert für die ganze Fläche erhoben werden. Um repräsentative Werte zu erhalten, sind mehrere Beprobungen des gleichen Teufenbereiches an verschiedenen Ansatzpunkten erforderlich.

### **Zusammenfassung**

Durch die Verwendung der Nestlersonde können orientierende, punktbezogene Aussagen zur teufenabhängigen Konzentrationsverteilung der Anionen und ausgewählter Kationen (v. a. Natrium, Kalium, Calcium und Mangan) im oberflächennahen Grundwasserleiter gewonnen werden. Für den Normalfall muss festgestellt werden, dass die Betrachtungsmaßstäbe bzw. Filterbereiche bei der GWM mit 1 m und der Nestlersonde mit 0,12 m zu unterschiedlich sind, um eindeutig vergleichbare Aussagen zu gewinnen. Nur bei einem homogenen Aufbau des Grundwasserleiters ist eine gute Übereinstimmung bei beiden Arten der Probennahme zu erreichen. Am Standort Rothenburg und anderen, hier nicht näher erläuterten Messstellen wurde zwischen GWM und Rammsondierung für Anionen eine gute Übereinstimmung festgestellt.

Bei den Untersuchungen in Rothenburg-Dunkelhäuser trat bei der Beprobung eines sandigen Grundwasserleiters mit der Nestlersonde keine Beeinflussung der gewonnenen Proben durch die Verschleppung von Wasser über die Tiefe auf. Bei der Gewinnung größerer Probenmengen an einem Punkt traten mit Ausnahme der Parameter Eisen und Kupfer keine Messwertänderungen auf. Die Probennahme mit der Nestlersonde lieferte reproduzierbare Werte für die einzelnen Parameter, die in einem Variationsbereich bis zu 14 % liegen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass bei den durchgeführten Beprobungen des oberflächennahen Grundwassers mittels Nestlersonde an einem einzigen Messpunkt keine repräsentativen Werte der Nitrat-, Chlorid- und Sulfatkonzentration für eine ganze Beobachtungsfläche ermittelt werden konnten.

Eine Grundwassermessstelle mit kurzer Filterstrecke ist in ihrer Teufe festgelegt, so dass bei starken Grundwasserstandsschwankungen die Beprobung des oberflächennahen Grundwassers eingeschränkt ist. Gleichzeitig stellt die GWM ein Hindernis auf landwirtschaftlichen Nutzflächen dar. Die Vorteile der Rammsondertechnik liegen vor allem in der Anpassungsfähigkeit der Entnahmetiefe und der Erfassung des direkten Stoffeintrages in das oberflächennahe Grundwasser. Als nachteilig erwies sich die begrenzte Probennahmetiefe, die längere Probennahmedauer und die geringe Fördermenge bei hoher Auflösung über die Teufe, so dass die Probenmenge nicht für komplexe Untersuchungen, wie z. B. für PSM ausreicht.

Sofern eine Abweichung der Messwerte von bis zu 25 % im Vergleich zur Beprobung einer GWM akzeptabel ist, kann die Nestlersonde für orientierende Untersuchungen genutzt werden. Die Repräsentativität der Ergebnisse kann

durch eine größere Zahl von Ansatzpunkten erhöht und damit gleichzeitig eine größere Stoffeintragsfläche erfasst werden. Dabei muss der erhöhte Aufwand (Zahl der Ansatzpunkte) zur Probengewinnung berücksichtigt werden.

GWM mit 1 m Filterlänge lieferten für den oberflächennahen Bereich des Grundwasserleiters einen größeren Flächenbezug zum diffusen Stoffeintrag. Die Probengewinnung mit der Nestlersonde stellt eine ergänzende Methode dar und kann GWM mit kurzer Filterstrecke nicht ersetzen. Auf Grund der teufen- und lagebezogenen Fixierung ist die unmittelbar abstromig der diffusen Schadstoffquelle positionierte Grundwassermessstelle mit 1 m Filterlänge für Monitoringuntersuchungen besser geeignet als die Rammsondentechnik mit der Nestlersonde.

## **Literatur**

DVWK (1992) Entnahme und Untersuchungsumfang von Grundwasserproben. DVWK-Regeln 128. Bonn: Wirtschafts- und Verlagsges. Gas Wasser mbH.

DVWK (1997) Tiefenorientierte Probennahme aus Grundwassermessstellen. DVWK-Merkblatt 245, Bonn: Wirtschafts- und Verlagsges. Gas Wasser mbH.

Macheleidt, W., Herlitzius, J., Nestler, W., Grischek, T. (2004) A temporary sampling technique for investigating groundwater quality near the ground surface. Environ. Geol. 46, 257-262.

Macheleidt, W. Grischek, T., Richter, A., Nestler, W., Bartsch, M., Bochmann, A. (2005) Abschlussbericht „Untersuchung zu den Auswirkungen von Schutzmaßnahmen nach der Sächsischen Schutz- und Ausgleichsverordnung (SächsSchAVO) vom 2. Januar 2002 auf die Grundwasserbeschaffenheit in Wasserschutzgebieten“, LfUG, Aktenzeichen: 13-8802.3522/69-2

Verordnung des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft über Schutzbestimmungen und Ausgleichsleistungen für erhöhte Aufwendungen der Land- und Forstwirtschaft in Wasserschutzgebieten (SächsSchAVO) vom 02.01.2002 (SächsGVBl S. 610).

Thomas Grischek, Wolfgang Macheleidt, Hochschule für Technik und Wirtschaft  
Dresden

Heiko Ihling, Karin Kuhn, Karl-Heinz Thuss, LfUG



### **3. Multiparametersonden-Messungen an Grundwasseraufschlüssen für den Aufbau operativer Messnetze zur Überwachung diffuser Stoffeinträge nach EU-Wasserrahmenrichtlinie**

#### **Einführung**

Die EU-Wasserrahmenrichtlinie fordert bis Ende des Jahres 2006 die Aufstellung von operativen Monitoringprogrammen für diejenigen Grundwasserkörper, bei denen im Ergebnis der weitergehenden Beschreibung die Zielstellung des Erreichens eines „guten Zustandes des Grundwassers“ infolge einer Beeinträchtigung durch diffuse Stoffquellen als unklar bzw. unwahrscheinlich eingestuft wurde.

Im Rahmen eines Projektes, das dem Aufbau eines operativen Monitoringmessnetzes für diffuse Stoffbelastungen diente, wurde die Grundwasserbelastung durch Nitrat untersucht. Nitrat ist der typische diffus eingetragene Schadstoff, insbesondere im Bereich von landwirtschaftlichen Nutzflächen.

Mit dem vorliegenden Vortrag sollen die Ergebnisse der Vor-Ort-Messungen an ausgewählten Grundwassermessstellen und Brunnen zur Quantifizierung des in der weitergehenden Beschreibung und im überblicksweisen Monitoring vorgefundenen Status' der GWK vorgestellt werden.

Weitere Inhalte des vorgestellten Vorhabens bestehen im Vergleich der  $\text{NO}_3$ -Vor-Ort-Messungen mit den Laboranalysedaten und in der Ableitung von Aussagen zur Repräsentanz der Sofort-Messungen.

Ein zusätzlicher, wesentlicher Aspekt der Arbeiten bestand darin, sowohl die Möglichkeiten und Vorteile, als auch die Grenzen der in-situ-Messungen an den Grundwassermessstellen (GWM) aufzuzeigen.

#### **Durchgeführte Arbeiten an den ausgewählten Grundwasseraufschlüssen**

Die fachtechnischen Arbeiten zur Auswahl von für die Errichtung operativer Messnetze für diffuse Stoffquellen (OMD) potentiell geeigneten GWM und Brunnen beinhalteten:

- Sichtung und schrittweise Ergänzung einer vom LfUG erstellten Datenbanktabelle
- Funktionsprüfung der Grundwassermessstellen und Brunnen
- Aufnahme von Tiefenprofilen bezüglich der Sofort-Parameter Druck (Wasserstand), Temperatur, pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Sauerstoff- und Nitratkonzentration mit Hilfe der Multiparametersonde MPS-D der Firma SEBA
- Wertaufnahme in diskreten Tiefenabständen von i. d. R. 1,0 m im Vollrohr- und 0,5 m im Filterbereich unter Einhaltung der Elektrodeneinstellzeit je Messpunkt



- fachgerechte Entnahme von Grundwasserproben nach vorgegebener Prioritätenliste zur Untersuchung der Hauptanionen und Hauptkationen (Grundprogramm Anorganik)
- digitaler Datenabgleich mit dem UIS Sachsen (Programm UHYDRO)
- Erstellung von GWM-Dokumentationen, bestehend aus Messstellenpässen, Abpump-Protokollen, graphischer Darstellung von Tiefenprofilen sowie der Dokumentation der visualisierten UHYDRO-Daten.

### **Eignungsbewertung der untersuchten Grundwasseraufschlüsse**

Von den untersuchten 119 Grundwasseraufschlüssen, die sich auf 11 der insgesamt 22 als diffus belastetet eingestuften Grundwasserkörper im Freistaat Sachsen verteilen, waren:

- 29 ungeeignet (zerstört/nicht mehr auffindbar, verstopft, beschädigt, kein UWMP-Einbau möglich bzw. Zutritt verweigert)
- 22 bedingt geeignet (schlechte Befahrbarkeit, schlechter Nachlauf der Messstelle, Probenahme nur über bereits installierte Betriebstechnik möglich bzw. Messstellen oder Brunnen mit nicht plausiblen Nitrat- oder Milieuparametern u. a. durch elektrische Störungen infolge installierter Bestandstechnik)
- 68 prinzipiell ohne nennenswerte Einschränkungen geeignet (Einzelfallentscheidung je nach gemessener Nitratkonzentration und der Bedeutung für das geplante Monitoringnetz)

### **Charakteristik der eingesetzten Multiparametersonde**

Die SEBA-Multiparametersonde MPS-D zur Wassergüteüberwachung im Grund- und Oberflächenwasser dient zur gleichzeitigen Messung von Wasserstand, Temperatur, pH-Wert, elektrischer Leitfähigkeit, gelöstem Sauerstoff sowie Nitratgehalt. Auf Grund der kleinen Abmessungen ( $\varnothing$  48 mm) ist sie theoretisch ab einem Rohr-Innendurchmesser von 2" in Grundwassermessstellen einsetzbar. In Auswertung der praktischen Erfahrungen sind in der Regel Rohrdurchmesser von mindestens 3" erforderlich, da die älteren 2"-Grundwassermessstellen nicht genau lotrecht ausgebaut wurden oder in sich verzogen sind, so dass die Messung hier nicht möglich war.

Für die einzelnen Parameter der Sonde sind jeweils mehrere verschiedene Elektroden lieferbar, die sich in ihrem Messbereich und Messfehler zum Teil gravierend voneinander unterscheiden. Wichtig beim Erwerb einer solchen Sonde ist somit die korrekte Auswahl der für den gewünschten Einsatzzweck jeweils am besten geeigneten Elektroden.

### **Nitratmessung und Störeinflüsse**

Ionenselektive Nitratedroden ermöglichen die Bestimmung von Ionenaktivitäten oder Konzentrationen unmittelbar in Flüssigkeiten, unabhängig von Färbung und Trübungsgrad. Sie basieren auf dem Prinzip des Nitrat-Ionenaustausches zwischen zwei nicht mischbaren Phasen. Beim Durchtritt des Nitrat-Ions aus der wässrigen Phase (Messlösung) über die Phasengrenze in die organische Phase (Flüssigmembran) kommt es zur Ausbildung einer elektrochemischen Potentialdifferenz. Die Messung erfolgt durch Eintauchen der Elektrode und einer Referenzelektrode in die aktuelle Messlösung und Erfassung der Zellspannung.

Bei der SEBA-Multiparametersonde MPS-D wird das Referenzsystem der pH-Elektrode genutzt. Die Messung wird durch die Stör-Ionen Nitrit (0,1fach) und Chlorid (0,01fach) beeinflusst, d. h., 10 mg/l Nitrit bzw. 100 mg/l Chlorid erzeugen das äquivalente Messsignal wie 1 mg/l Nitrat.

Derart hohe Nitrit- bzw. Chlorid-Gehalte traten jedoch praktisch nie bzw. kaum auf, so dass in der Regel keine signifikante Verfälschung der Nitrat-Messwerte durch diese Stör-Ionen zu verzeichnen war.

Tenside und organische Lösungsmittel können die Messung stark verfälschen und zur „Vergiftung“ der Elektrode führen. Insofern sollte die Sonde nicht an bekannten bzw. vermuteten Altlastenstandorten im kontaminierten Bereich bzw. im Grundwasserabstrom eingesetzt werden.

Wichtig für eine korrekte Messung der Nitratgehalte ist eine regelmäßige, i. d. R. mindestens arbeitstägliche Kalibrierung der Nitratelektrode.

### **Eignungsbewertung der eingesetzten Multiparametersonde**

Bei den überwiegend gemessenen Nitratkonzentrationen von ca. 25 – 150 mg/l liegt der Messfehler laut Herstellerangabe, je nach den Milieubedingungen (Wassertemperatur, elektrische Leitfähigkeit), in der Größenordnung von max.  $\pm 1,5 - \pm 7,5$  mg/l. Dies kann für Feldmessungen als ein ohne weiteres vertretbares Fehlermaß eingeschätzt werden. Insofern kann der Sonde eine prinzipiell gute Eignung für den Einsatzzweck bescheinigt werden.

Die vom Hersteller angegebenen potentiellen Störgrößen (10 mg/l  $\text{NO}_2^-$  bzw. 100 mg/l  $\text{Cl}^-$  verursachen einen fehlerhaft erhöhten Nitratgehalt von 1 mg/l) dürften praktisch keine gravierende Rolle spielen. Zum einen sind so hohe Nitritgehalte im Grundwasser unter normalen Milieubedingungen de facto unmöglich. Zum anderen hätten, in anthropogen beeinflussten Grundwässern durchaus auftretende, Chloridgehalte von 50 – 150 mg/l einen praktisch ebenfalls vernachlässigbar gering verfälschten Nitratgehalt von  $\leq + 1,5$  mg/l zur Folge. Aus diesem Grund wurde generell auf eine nachträgliche Korrektur der Nitratmesswerte verzichtet.

Für insgesamt 37 Messstellen wurden sowohl Felddaten der MP-Sonde als auch Ergebnisse der Laboranalytik gewonnen. Hier ist eine vergleichende Gegenüberstellung möglich. Gegenübergestellt wird der Labor-Nitrat-Wert mit dem von der MP-Sonde angezeigten Nitratgehalt zum Zeitpunkt der eigentlichen GW-Probennahme (Flaschenabfüllung).

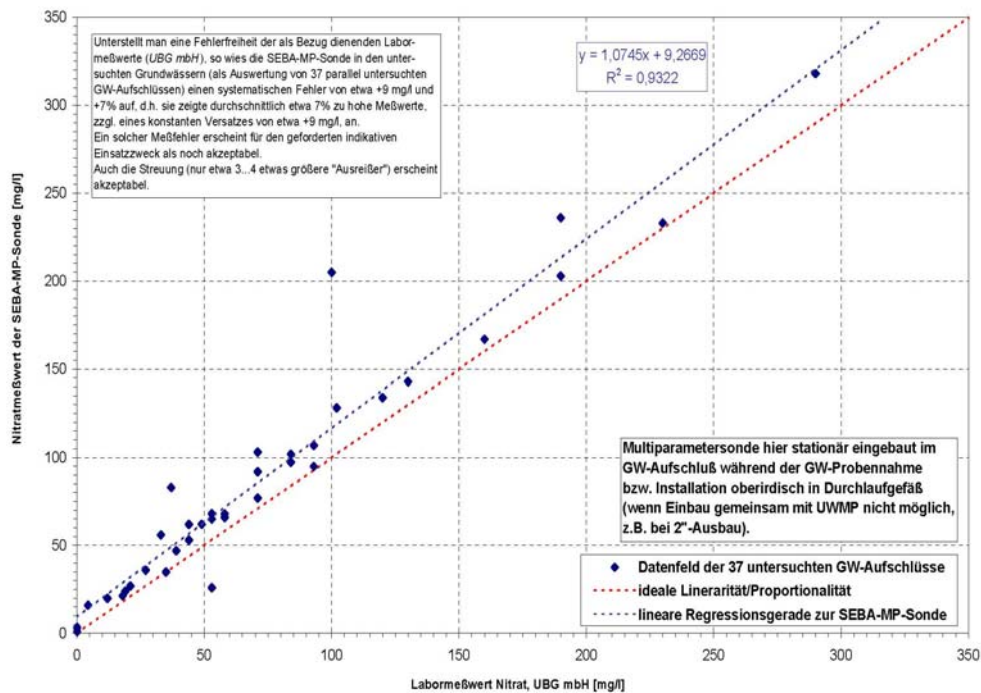


Abb. 1: Vergleich der Nitratmesswerte, gewonnen mit Multiparametersonde (bei der Probenahme) und Laboranalytik (UBG)

Die Abbildung 1 zeigt eine gute Korrelation der Feld- und Labormesswerte an. Für die „Punktwolke“ wurde eine Regressionsgerade ermittelt, die eine Orientierung für das typische Messverhalten der MP-Sonde in natürlichen Grundwässern liefert. Es ist eine gute Proportionalität der Feld- und Labormesswerte erkennbar. Lediglich etwa vier Messwerte sind als „Ausreißer“ zu bezeichnen.

Im Ergebnis der Untersuchungen konnte festgestellt werden, dass die Sonde im statistischen Mittel der 37 untersuchten Grundwasserproben generell etwas höhere Messwerte anzeigt, als dann später im Labor ermittelt wurden. Die Abweichung zwischen den Sonden- und den Labormesswerten beträgt bei den 37 Vergleichsproben im Mittel  $< + 8\%$ . Ein solcher Fehlerbereich kann für Feldmesstechnik als ohne weiteres tolerierbar eingeschätzt werden.

Im folgenden Diagramm wurden für die 37 Grundwasseraufschlüsse alle ermittelten Nitratgehalte in Form eines Säulendiagrammes gegenübergestellt, d.h. sowohl die im Tiefenprofil ermittelten Werte als auch die beim Abpumpen gemessenen und die im Labor analysierten Nitratkonzentrationen.



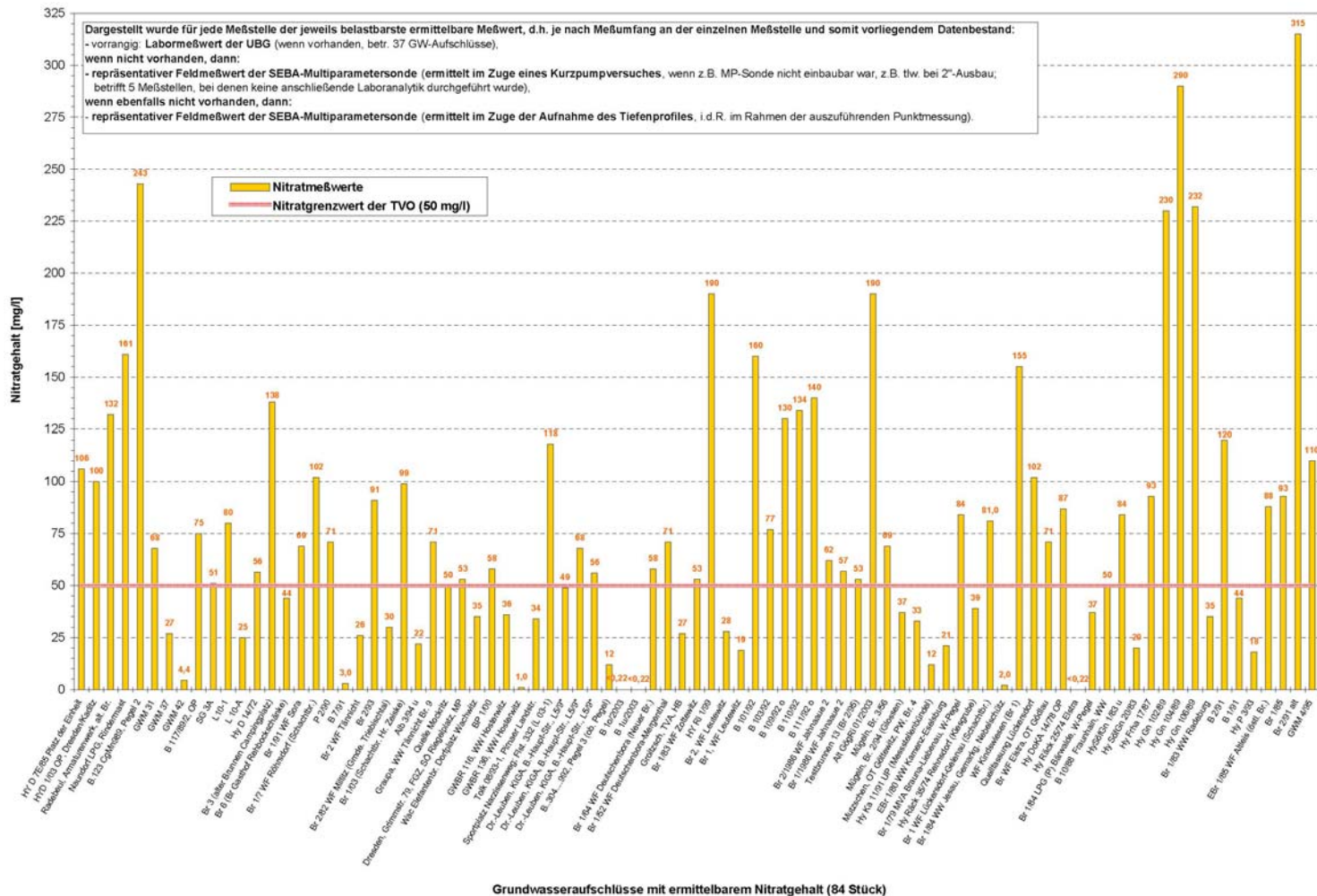


Abb. 3: Gesamtübersicht der Nitratmesswerte aller untersuchten Grundwasseraufschlüsse unter Einbeziehung der Labormesswerte bzw. Messwerte mit der MP-Sonde (Feld, während der PN bzw. im Tiefenprofil)

Folgende Ergebnisse wurden erzielt:

- An 52 Messstellen (61 % der GW-Aufschlüsse) wurden Nitratkonzentrationen von > 50 mg/l gemessen.
- An 18 Messstellen (21 % der GW-Aufschlüsse) wurden Nitratgehalte zwischen 25 und 50 mg/l ermittelt.
- Relativ geringe Nitratgehalte von  $\leq 25$  mg/l wurden an 15 (entspricht 18 %) der untersuchten Messstellen gemessen.
- Bei 22 Messstellen (entspricht 26 %) wurde eine als erheblich einzuschätzende Nitratkonzentration von 100 mg/l überschritten. Davon wurden an 5 GW-Aufschlüssen extrem hohe Nitratgehalte von > 220 mg/l bestimmt.

Die Datengesamtheit mit den oft hohen bis sehr hohen Nitratkonzentrationen spricht für eine gute Vorauswahl der im Projekt zu untersuchenden Messstellen.

### **Zusammenfassung**

Bei den durchgeführten Arbeiten zeigte sich, dass die Multiparametersonde MPS-D der Firma SEBA als Hilfsmittel für die Auswahl von Messstellen zum Aufbau operativer Messnetze zur Überwachung diffuser Stoffeinträge gut geeignet ist. Im Ergebnis der Vor-Ort-Messungen, Funktionsprüfungen sowie Laboruntersuchungen an vorausgewählten Messstellen konnten die vorhandenen staatlichen Messnetze – bestehend aus dem Sondermessnetz Landwirtschaft, dem Grundmessnetz Beschaffenheit, den Sondermessnetzen der RP sowie dem Verdichtungsmessnetz der Wasserversorger – bedeutend ergänzt und die Anforderungen an den Aufbau von operativen Monitoringprogrammen gemäß EU-WRRL umgesetzt werden.

Mit den vorliegenden Untersuchungsergebnissen konnte eine gute Proportionalität der Feld- und Labormesswerte bezüglich des zur Einschätzung der diffusen Stoffbelastung relevanten Parameters Nitrat gezeigt werden.

Die Sondenmesswerte lagen im statistischen Mittel generell etwas höher als die Laborwerte (mittlere Abweichung von ca. + 8 %). Auf Grund des tolerierbaren Fehlerbereiches der Feldmesstechnik konnte inzwischen auch ein Einsatz der Multiparametersonde für die übrigen 11 der nach der Weitergehenden Beschreibung als diffus belastet eingestuften sächsischen GWK realisiert werden.

Auf die Erfahrungen zu Einsatzgrenzen und Defiziten der Multiparametersondenmessung wird ebenfalls eingegangen.

Heiko Ihling, LfUG

Bertram Fritzsche, Ingenieurbüro für Wasser und Boden GmbH



## 4. SALKA 7 – Umstellung des Sächsischen Altlastenkatasters auf eine zentrale Datenhaltung

### 1 Grundzüge und Anwendungsgebiet

Das Sächsische Altlastenkataster (SALKA) dient zur Haltung aller wesentlichen Daten, die im Zuge der Bearbeitung von Altlastverdachtsflächen und Altlasten (ALVF) anfallen. Der Funktionsumfang der Anwendung umfasst neben der Speicherung altlastenrelevanter Daten auch Auswertungswerkzeuge wie das Berichtstool und administrative Instrumente beispielsweise zum Austausch von Daten oder zur Nutzerverwaltung. Weiter beinhaltet das System Methoden wie Suchfunktionen und Berechnungsroutinen zur Kategorisierung von ALVF.

Die Führung des Katasters durch das Sächsische Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG) ist im § 12b (2) des Sächsischen Abfallwirtschafts- und Bodenschutzgesetzes geregelt. In Vorbereitung befindet sich eine Verwaltungsvorschrift über das Sächsische Altlastenkataster (VwVSächsAltK), die als Rechtsgrundlage für den Einsatz in den beteiligten Behörden dienen wird.

Die Nutzergemeinde besteht derzeit aus 29 unteren Bodenschutzbehörden, 3 Regierungspräsidien mit 5 Umweltfachbereichen, dem Sächsischen Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL), dem LfUG und dem Staatsbetrieb Sächsisches Immobilien- und Baumanagement (SIB). Jede dieser Nutzergruppen unterhält aktuell eine lokale Datenbank, auf die mehrere Nutzer innerhalb der Institution gleichzeitig zugreifen können. Außerdem werden die Bearbeitungsergebnisse zu ALVF von Ingenieurbüros in Form von SALKA-Daten an die Vollzugsbehörden übergeben. Ein Interesse an der Nutzung wurde auch von weiteren Landesbehörden wie der Landestalsperrenverwaltung und dem Sächsischen Oberbergamt geäußert.

Um die Belastung der beteiligten Behörden durch die Umstellung auf SALKA 7 mit Zugriff aller Nutzer auf eine zentrale Datenbank im LfUG zu minimieren, wurden aus der Vorgängerversion SALKA 2000 die bestehende Datenbankstruktur und die Bedienungsoberfläche hinsichtlich Design und Benutzerführung weitgehend beibehalten.

### 2 Programmaufbau

Aufgrund der Realisierung mehrerer Zusatzprogramme handelt es sich bei dem System um eine Programmgruppe mit den Bestandteilen:

- **SALKA 7**
- **Admin 7**
- **SALKATransfer 7**
- **SALKA 2006**
- **ASTOR 7**

Zur Darstellung der gesamten Funktionsweise des Systems sind im Folgenden die Einsatzgebiete der Einzelprogramme kurz erläutert.

**SALKA 7** ist das Kernprogramm mit dem einleitend skizzierten Funktionsumfang, der weitgehend demjenigen von SALKA 2000 entspricht. Es verfügt über eine Bedienungsoberfläche zur Eingabe und Auswertung von Daten zu ALVF. Zusätzlich

beinhaltet das Programm eine Nutzerverwaltung, wobei berechtigte Administratoren neue Nutzer in einer Nutzergruppe anlegen, bearbeiten und löschen können.

**Admin 7** ist ein Administrationstool, das nur im LfUG zugänglich ist und hauptsächlich der Administration von Auswahllisten und Katalogen (z.B. Parameterkatalog, Kreiskatalog) sowie der nutzergruppenspezifischen Erteilung von Zugriffsrechten auf Formulare dient.

Neben der Altlastenbearbeitung werden Daten zu ALVF für Planungsaufgaben der Behörden benötigt. Zu diesem Zweck wurden vielerorts spezifische Daten zumeist mittels einer ODBC-Anbindung zur lokalen SALKA-Datenbank in externe, vorwiegend GIS-basierte Informationssysteme (z.B. Cardo) eingebunden. Über das Zusatzprogramm **SALKATransfer 7** kann der hierfür benötigte Teil des Datenbestandes aus der zentralen Datenbank im LfUG über eine spezielle Datenschnittstelle (Webservice) in ein lokales, schreibgeschütztes Replikat auf einem SQL-Server (MSDE) überführt und entsprechend den bestehenden Verfahren in die jeweilig genutzten Systeme integriert werden. Der Replikationsvorgang erfolgt vorzugsweise nachts durch einen automatisierten Aufruf von **SALKATransfer 7** in regelmäßigen Zeitabständen.

**SALKA 2006** ist ein Access-Frontend der zentralen Datenbank, das nur im LfUG zur Verfügung steht. Hauptsächlicher Verwendungszweck ist die Migration größerer Datenmengen, beispielsweise zur Übertragung der Datenbestände der unteren Bodenschutzbehörden bei der Umstellung von **SALKA 2000** auf **SALKA 7**. Austauschdateien von Vorgängerversionen können grundsätzlich in **SALKA 7** eingelesen werden.

Da **ASTOR 7** abfallrechtliche Vorgänge bezüglich der ebenfalls in der zentralen Datenbank gehaltenen Deponien behandelt, wird diese Zusatzanwendung im Folgenden nicht weiter ausgeführt.

### 3 Technische Umsetzung

Mit den Programmierarbeiten wurde die Firma CC Computersysteme und Kommunikationstechnik GmbH, Dresden beauftragt, die an der Entwicklung des Sächsischen Altlastenkatasters von Beginn an beteiligt war.

Bei **SALKA 7** handelt es sich nicht um eine Web-Anwendung mit Bedienung über einen Standardbrowser, sondern um eine Windows Smart-Client-Anwendung. Neben der zentralen Datenbank und einem Webservice beinhaltet das System einen Windows-Client, der mittels ClickOnce-Technologie auf jedem Nutzer-PC einzurichten ist. Die Programmdateien der Client-Anwendung werden dabei zentral bereitgestellt und können automatisch geladen und installiert werden. Die ClickOnce-Technologie bietet außerdem einen automatischen Update-Mechanismus. Bei der Client-Software handelt es sich um eine in VB.NET programmierte Windows Forms-Anwendung, die auf jedem Windows-Rechner mit installiertem .NET-Framework 2.0 lauffähig ist. Die Systemanforderungen werden dabei vor der Installation durch die ClickOnce-Technologie geprüft und eventuell benötigte Komponenten nachgeladen (z.B. der Berichts-Viewer von Microsoft Visual Studio 2005).

Der .NET-XML-Webservice auf dem Web-Server des LfUG kann von einem Client über einen Internetanschluß, das KDN, den Infohighway Sachsen oder das interne Netzwerk des LfUG angesprochen werden. Die Datenübertragung erfolgt mittels Standard-http-Protokoll über Port 80. Der ebenfalls mit VB.NET programmierte Webservice beinhaltet eine Zugriffssteuerung entsprechend dem Nutzerkonzept, die Geschäftslogik sowie Programmmodule zur Kommunikation mit der zentralen Datenbank.

Als Applikations-Server wird die Komponente Internet-Informationen-Server verwendet. Die ebenfalls mit Programmlogik ausgestattete, zentrale Datenbank ist auf einem SQL-Server 2005 implementiert.

Abbildung 1 zeigt das Zusammenwirken der drei Komponenten Client – Webservice - Datenbank in grafischer Form.



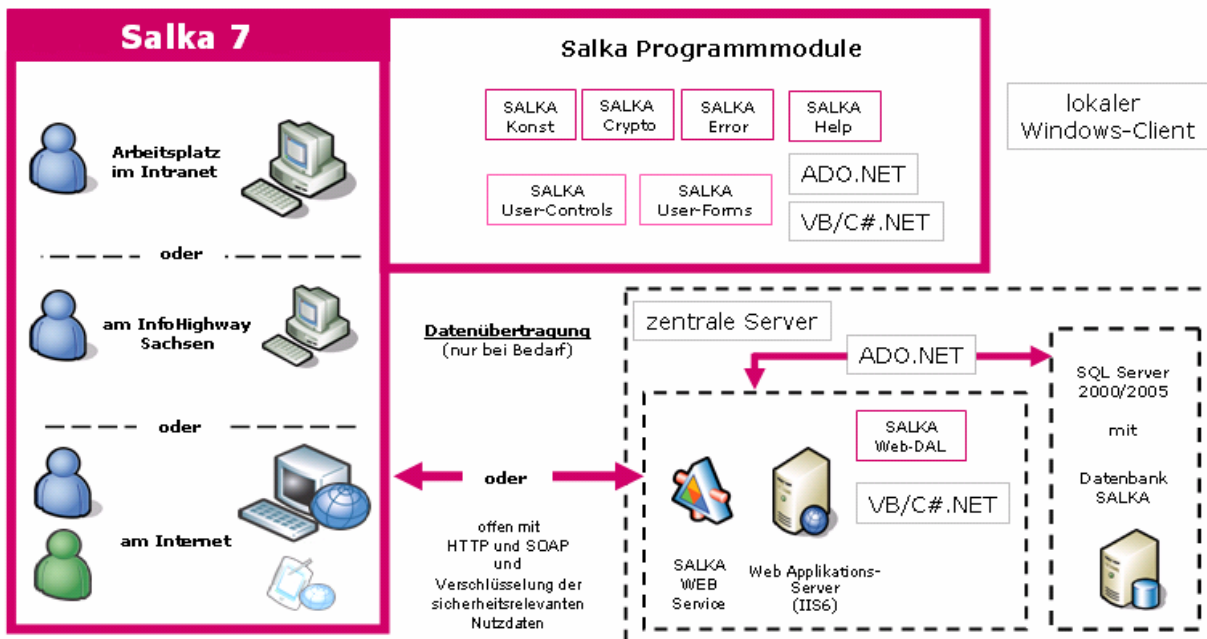


Abbildung 1: Systemaufbau SALKA 7

#### 4 Auswirkungen der Einführung von SALKA 7

Gegenwärtig erfassen die unteren Bodenschutzbehörden den Bearbeitungsstand der ALVF im Bereich ihrer räumlichen Zuständigkeit in ihren lokalen Datenbeständen. Für die Aktualisierung der Datenbestände in den übergeordneten Behörden erfolgt ein halbjährlicher Datenaustausch im Februar und August eines Jahres. Im Gegensatz zu den unteren Bodenschutzbehörden und dem Administrator im LfUG mit einem schreibenden Zugriff auf die jeweilige lokale Datenbank haben alle weiteren Nutzer nur die Berechtigung zum Lesen in den lokalen Beständen.

Als wesentliche Mängel dieses Verfahrens sind festzuhalten:

- Abweichende Datenbestände in den unteren Bodenschutz- und übergeordneten Behörden
- Arbeitsaufwand beim Datenaustausch
- Aufwendige Verteilung von Programmaktualisierungen (Updates), wobei etwa im Hinblick auf Auswahllisten und Kataloge auch unterschiedliche Versionen betrieben werden

Mit der Einrichtung einer zentralen Datenbank im LfUG werden diese Nachteile beseitigt. Alle Nutzer arbeiten zukünftig mit einer gemeinsamen aktuellen Datenbasis und es entsteht ein sich dynamisch wandelnder Datenbestand. Aufgrund der veränderten Zugriffsstruktur sind jedoch verschiedene Aspekte bei der Entwicklung neu zu bewerten. Hervorzuheben ist das Berechtigungskonzept mit einer Vielzahl von Nutzergruppen mit jeweils mehreren Nutzern, die parallel auf Teile des Datenbestandes und Systemfunktionen zugreifen. Wesentliche Gesichtspunkte des Konzepts werden anschließend dargelegt. Es folgen Erläuterungen zum Zeitverhalten, der geänderten Bedeutung des Datenaustauschs, zum Datenschutz bei der Datenfernübertragung und der Behandlung von Konflikten bei Mehrfachzugriffen.

##### 4.1 Berechtigungskonzept

Der gemeinsame Zugriff aller Nutzer auf die gesamte Datenbasis erfordert die Einführung eines neuen Berechtigungskonzeptes höherer Komplexität mit folgenden Eckpunkten:

- Zugriffsberechtigt sind weiterhin die Landkreise bzw. kreisfreien Städte, die Regierungspräsidien, die Umweltfachbereiche und die Landesbehörden SMUL und LfUG. Die Zugriffsberechtigung der einzelnen Behörde auf Teile des Gesamtdatenbestandes ergibt sich im Regelfall über die im Zuständigkeitsbereich gelegenen Landkreise und den

diesen zugeordneten ALVF. Ausnahme bildet der SIB, der Zugriff auf die mit seinen Liegenschaften verbundenen landesweit verteilten ALVF hat.

- Jede der beteiligten Behörden verfügt über die Nutzergruppe eines Fachadministrators (*Behörde-Admin*) mit der Berechtigung zur Einrichtung weiterer Fachadministratoren und regulärer Nutzer (*Behörde-Nutzer*) sowie zur Ausführung spezifischer administrativer Operationen auf der Datenbank wie das Erstellen von Altlastverzeichnissen. Das Anlegen von Administratoren/Nutzern erfolgt über den Menüpunkt Nutzerverwaltung in SALKA 7. In Abbildung 2 ist das entsprechende Formular aus SALKA 7 dargestellt.

Kreis	alle AKZ
Bautzen	Ja
Görlitz, Stadt	Ja
Hoyerswerda	Ja
Kamenz	Ja
Löbau-Zittau	Ja
Niederschlesischer Oberlausitzkreis	Ja

Abbildung 2: Formular der Nutzerverwaltung in SALKA 7

- Über Schreibrechte verfügen alle Nutzergruppen der unteren Bodenschutzbehörden sowie die Administratoren im LfUG. Alle weiteren Nutzer können auf dem zugriffsberechtigten Teil der Datenbank nur lesen.
- Die Art der Zugriffsrechte einer Nutzergruppe (z.B. LfUG\_Nutzer) auf ein spezifisches Formular kann durch den SALKA-Administrator über das nur im LfUG lauffähige Werkzeug *Admin 7* mit folgenden Optionen verändert werden:
  - Leserecht
  - Schreibrecht
  - Zugriff gesperrt

Der SALKA-Administrator kann auf sämtliche Daten und Datenbankelemente wie Berichte, Verzeichnisse, Kataloge oder Nutzer schreibend zugreifen.

- Jeder Nutzer erhält einen Nutzernamen und ein Passwort zur Identifikation bei der Anmeldung an der Datenbank. Das persönliche Passwort kann vom jeweiligen Nutzer geändert werden.
- Externe Bearbeiter, im Regelfall beauftragte Ingenieurbüros, arbeiten aus Gründen des Datenschutzes nicht im originalen Datenbestand und erhalten von einem Fachadministrator ein eigenes Altlastverzeichnis ggf. mit einer Kopie der Datensätze mit dem bisherigen Arbeitsstand. Der Fachadministrator kann die bearbeiteten Daten zu je einer ALVF des Arbeitsverzeichnisses wieder in den zentralen Datenbestand übernehmen, wobei der

entsprechende Teil des alten Datenbestandes überschrieben wird. Hierfür wurde ein Workflow zur Einrichtung eines externen Nutzers mit der Übergabe der gewünschten Daten in ein automatisch erstelltes Arbeitsverzeichnis und anschließender selektiver Erteilung von Schreibrechten (z.B. für einzelne Untersuchungsstufen einer Teilfläche) implementiert. Solange Daten in einem Arbeitsverzeichnis mit Schreibrechten versehen sind, werden die entsprechenden Schreibrechte im zentralen Datenbestand temporär in Leserechte umgewandelt. Um Veränderungen an Daten im Arbeitsverzeichnis nachvollziehen zu können, steht dem Fachadministrator ein eigenes Werkzeug zur Verfügung, das alle unterschiedlichen Dateninhalte zu zwei korrespondierenden Altlastkennziffern in Arbeits- und Originalverzeichnis anzeigt.

- Berichte, Statistiken oder Altlastverzeichnisse können über ein automatisch erzeugtes Präfix einer Behörde (z.B. *LRA\_MEI\_Altlastverzeichnis*) zugeordnet werden. Zugriff auf diese Elemente haben wahlweise nur der erstellende Nutzer oder die Nutzergruppen in dessen Amtsbereich. Vom SALKA-Administrator global erstellte Berichte, Statistiken oder Altlastverzeichnisse stehen allen Nutzern zur Verfügung.

#### 4.2 Zeitverhalten

Seit Oktober 2006 finden Programmprüfungen von *SALKA 7* im LfUG, dem Umweltfachbereich Plauen und drei unteren Bodenschutzbehörden über eine Internetverbindung bzw. den Infohighway Sachsen statt. Insgesamt wurde ein gutes Zeitverhalten für den Aufruf einzelner Formulare von *SALKA 7* festgestellt. Die Reaktionszeiten lagen bei einer Internetverbindung mit einer Datenanbindung von 1 Mbit (DSL) im Regelfall unter einer Sekunde, und im Sekundenbereich bei einer Datenanbindung von 64 kBit (ISDN). Auch die Ladezeiten über den Infohighway Sachsen beliefen sich zumeist auf wenige Sekunden.

Vier im Programm implementierte Verfahren optimieren das Zeitverhalten der Kommunikation des Anwenderclients mit der zentralen Datenbank über den .NET XML-Webservice:

- Übertragene Daten werden in begrenztem Umfang am Client im Dateisystem zwischengespeichert. Dabei werden Stamm- und quasistatische Daten nur einmal geladen und auf dem Clientrechner vorgehalten.
- Datenkomprimierung beim Transport mit Methoden des .NET-Frameworks 2.0
- Übertragung von Nutzdaten nur nach Bestätigung durch den Anwender
- Zeitaufwendige Bearbeitungsroutinen werden in der Geschäftslogik der zentralen Datenbank und des Webservice abgewickelt. An den Client wird einzig das Ergebnis gemeldet.

Die Ladezeiten werden in den aufgerufenen Formularen angezeigt.

#### 4.3 Datenaustausch

Prinzipiell verliert das SALKA-Austauschformat mit einer gemeinschaftlich genutzten, zentralen Datenbank an Bedeutung. Der Datenaustausch kann aber weiterhin als eine Variante der Datensicherung Verwendung finden. Um das Zeitverhalten des Webservice nicht durch umfangreiche Austauschaktionen zu beeinträchtigen, wurde die Datenmenge je Vorgang auf 50 ALVF beschränkt. Ist eine erheblich höhere Zahl von ALVF auszutauschen, so kann dies im LAN-Bereich des LfUG über *SALKA 2006* ausgeführt werden. Für die Erstellung statischer Auszüge aus dem dynamischen Datenbestand z.B. zur Reproduktion statistischer Auswertungen besteht die Möglichkeit, die über einen Filter selektierten Daten in einem neuen Altlastverzeichnis abzulegen. Dies hat den Vorteil, dass die dabei ausgeführte Operation zum Kopieren der Daten ausschließlich auf der Datenbank ausgeführt wird, während bei Austauschprozessen sämtliche Daten per Fernübertragung auf den Clientrechner zu übertragen sind. Voraussetzung zum Auslösen eines Datenimports oder zum Kopieren als auch zum Erzeugen von Altlastverzeichnissen ist die Berechtigungsstufe eines Administrators.

#### *4.4 Datenschutz bei der Datenfernübertragung*

Die sensiblen alllastspezifischen Daten umfassen personen- und lagebezogene Angaben. Eine diesbezügliche Identifizierung mit den sonstigen Daten zu einer ALVF durch nicht berechnete Personen ist zu verhindern. Hierzu werden sämtliche Daten verschlüsselt übertragen. Die Verschlüsselung erfolgt über RSA-Algorithmus mit 192 Byte Schlüssellänge, dessen Grundprinzip im .NET-Framework implementiert ist.

#### *4.5 Zugriffskonflikte*

Da im Hauptverzeichnis neben den Vollzugsbehörden nur die Administratoren des LfUG schreibende Rechte haben, ist die Eintrittswahrscheinlichkeit von Zugriffskonflikten niedrig. Prinzipiell setzt sich derjenige Nutzer bei einem schreibenden Mehrfachzugriff durch, der seine Änderung zuerst speichert. Ein anderer Nutzer, der zu diesem Zeitpunkt auf den Datensatz zugreift, muss den geänderten Datensatz neu laden und die Bearbeitung nochmals durchführen. Im Programm *SALKA 7* werden solche Konflikte erkannt und dem Nutzer signalisiert.

### **5 Sachstand und Ausblick**

Seit Ende Oktober 2006 finden Abnahmetests von Prototypen des Systems unter Einbeziehung von drei Landkreisen und einem Umweltfachbereich statt. Aufgrund der Komplexität des Systems, der Schutzwürdigkeit der Daten und der umfangreichen Nutzergemeinde ist vor der Einführung des Systems eine Pilotphase mit Teilnahme weiterer Behörden an einem Testbetrieb geplant. Bei positiven Ergebnissen dieses Probelaufs hinsichtlich Performance und fehlerfreier Funktionsweise werden anschließend schrittweise die Datenbestände der Landkreise in die zentrale Datenbank übernommen. Die Einbeziehung der Landkreise erfolgt gruppenweise gemäß der Zuordnung zu einem Umweltfachbereich bzw. Regierungspräsidium. Nach Übertragung der Daten in die zentrale Datenbank sind alle mit dem Sächsischen Altlastenkataster verbundenen Aufgaben einer Behörde mit der Version *SALKA 7* auszuführen. Das LfUG veranstaltet im Zuge der Einführung von *SALKA 7* Schulungen zur Funktionsweise und in der Bedienung des Programms. Das System verfügt außerdem über eine umfangreiche Online-Hilfe, die noch mit einer fachbezogenen Anleitung ergänzt werden soll.

Die etappenweise Datenübernahme ist für das zweite Halbjahr 2007 vorgesehen mit einer vollständigen Umstellung auf *SALKA 7* zum Ende des laufenden Jahres.

Klaus Duscher, LfUG

Ulrich Walter, CC Computersysteme und Kommunikationstechnik GmbH, Dresden



## 5. Überwachung von NSO-Heterocyclen an Teeröl-kontaminierten Standorten

Im Grundwasser ehemaliger Gaswerke, Kokereien, Russfabriken und Imprägnierwerke kommen neben Schadstoffen wie PAK, BTEX und Phenolen auch so genannte NSO-Heterocyclen vor, die im Teeröl einen Anteil von bis zu 15 % besitzen. Aufgrund ihrer im Vergleich zu den PAK erhöhten Polarität machen sie in der wasserlöslichen Fraktion sogar bis zu 40 % aus und bilden häufig vergleichsweise lange Schadstofffahnen an kontaminierten Standorten aus. Trotz ihrer teils schlechten biologischen Abbaubarkeit sowie ihres teils starken humantoxikologischen Potentials wird diese Schadstoffgruppe bislang nicht obligatorisch überwacht, obwohl die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) eine Berücksichtigung zur Beurteilung des Wirkungspfad Boden-Grundwasser im Einzelfall fordert (vgl. Anhang 2, BBodSchV). Dabei war bislang unklar, welche Verbindungen innerhalb dieser umfangreichen Stoffgruppe als Leitsubstanzen dienen können.

Innerhalb des BMBF-Förderschwerpunkts KORA (Kontrollierter natürlicher Rückhalt und Abbau von Schadstoffen bei der Sanierung kontaminierter Grundwässer und Böden) wurden mehrere kontaminierte Standorte hinsichtlich des Vorkommens der NSO-Heterocyclen untersucht und Methoden zu deren analytischen Nachweis entwickelt. Zusätzlich wurden das Abbauverhalten und die Toxizität einzelner Verbindungen bestimmt. Anhand der ermittelten Daten zur Mobilität, biologischen Abbaubarkeit, Toxizität und zum Vorkommen in Teeröl-kontaminiertem Grundwasser sowie weiterer Daten aus der Literatur wurden Prioritäts-substanzen ermittelt, die – vergleichbar mit den 16 PAK nach US EPA – im Regelfall an Teeröl-kontaminierten Standorten überwacht werden sollten. Die Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für diese neuen Substanzen ist bisher nicht erfolgt.

**Tab. 1:** Liste der zu überwachenden NSO-heterocyclischen Prioritäts-substanzen (bei Stoffgruppen ist das jeweilige Referenzisomer in Klammern angegeben)

Nr.	Verbindung mit [CAS-Nr.]	Strukturformel	Wasserlöslichkeit [mg/l]	log K <sub>ow</sub>	Gehalt in Teeröl [%]	Angaben zur Toxizität <sup>1</sup>
1	Acridinon [578-95-0]		1,4	2,96	Metabolit	M <sup>2</sup> , G <sup>3</sup>
2	Benzofuran [271-89-6]		224	2,67	0,1	C <sup>4</sup> , M, G
3	Benzothiophen [95-15-8]		130	3,12	0,3	(G), Ö <sup>5</sup>
4	Carbazol [86-74-8]		1,8	3,72	1,5	(C), (M), (G)
5	Chinolin [91-22-5]		6.100	2,03	0,3	C, M, G

<sup>1</sup> Angaben in Klammern zeigen potentielle, aber nicht zweifelsfrei nachgewiesene Toxizität an

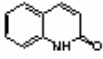

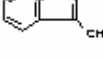
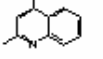
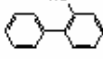
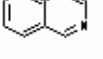
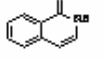

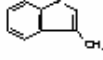
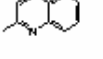
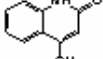

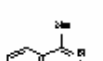

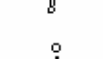
<sup>2</sup> mutagen

<sup>3</sup> genotoxisch

<sup>4</sup> cancerogen

<sup>5</sup> hohe Ökotoxizität (LC<sub>50</sub> <1 mg/L)

**Tab. 1 (Forts.):** Liste der zu überwachenden NSO-heterocyclischen Prioritäts-substanzen (bei Stoffgruppen ist das jeweilige Referenzisomer in Klammern angegeben)

Nr.	Verbindung mit [CAS-Nr.]	Strukturformel	Wasserlöslichkeit [mg/l]	log KOW	Gehalt in Teeröl [%]	Angaben zur Toxizität
6	Chinolinone (Chinolin-2-on) [59-31-4]		1.050	1,26	Metabolit	M, G
7	Dibenzofuran [132-64-9]		3,1	4,12	1,3	M, G
8	Dimethylbenzofurane (2,3-Dimethylbenzofuran) [3782-00-1]		62	3,67	k.A.	(G), Ö
9	Dimethylchinoline (2,4-Dimethylchinolin) [1198-37-4]		1.800	3,24	k.A.	
10	Hydroxybiphenyl (2-Hydroxybiphenyl) [90-43-7]		700	3,09	Metabolit	(C), M, G
11	Isochinolin [119-65-3]		3.600	2,08	0,2	M, G
12	Isochinolinone (Isochinolin-1-on) [491-30-5]		480	1,42	Metabolit	
13	Methylbenzofurane (2-Methylbenzofuran) [4265-25-2]		160	3,22	k.A.	
14	Methylbenzothiophene (3-Methylbenzothiophen) [1455-18-1]		49	3,54	k.A.	Ö
15	Methylchinoline (2-Methylchinolin) [91-63-4]		250	2,23	≥0,5	C, M, G, Ö
16	Methylchinolinone (4-Methylchinolin-2-on) [607-66-9]		1.760	1,70	Metabolit	G
17	Methyldibenzofurane (1-, 2-, 4-Methyldibenzofuran) [60826-62-2]		3,2	4,26	k.A.	Ö
18	Methylisochinoline (1-Methylisochinolin) [1721-93-3]		410	2,69	k.A.	M, G
19	Phenanthridin [1015-89-0]		280	2,81	Metab.	M, G
20	Xanthenon [90-47-1]		4,52	3,39	Metab.	k.A.

### Danksagung

Dieses Projekt wird im Rahmen des Förderschwerpunktes „KORA“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert, Förderkennzeichen: 02WN0355. Wir danken den Projektpartnern der RWTH Aachen, Eawag Dübendorf, TU Dresden, Universität Tübingen, Universität Lüneburg, TZW Karlsruhe für die gute Zusammenarbeit und Diskussion.

Jens Blotevogel, Arcadis GmbH Darmstadt  
Peter Börke, LfUG



## 6. Auswertung von Mineralöl-Gaschromatogrammen (Hessen)

Das vorliegende Material des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (HLUG) soll Anwendern (Behörden, Ingenieurbüros, Laboren) Hilfestellungen für die qualitative Auswertung von typischen Gaschromatogrammen bei der Beurteilung von Mineralölschäden geben. Anlass war die Umstellung der Analytik für Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW) von dem H18- Verfahren (DIN 38409, Teil 18) auf die Gaschromatographie, auf Grund des Anwendungsverbotes vollhalogener Frigene.

Inhaltlich setzt sich das Material aus folgenden Gliederungspunkten zusammen:

1. Einleitung
2. Grundlagen für die Auswertung von MKW-Gaschromatogrammen
  - 2.1 Mineralölkohlenwasserstoffe
  - 2.2 GC-Bedingungen
  - 2.3 Erläuterung ausgewählter MKW-Gaschromatogramme
3. Sammlung von MKW-Gaschromatogrammen
  - 3.1 MKW-Standards
  - 3.2 Originalproben verschiedener Mineralölprodukte
  - 3.3 Originalproben von Biodiesel, biogenen Ölen und Fetten
  - 3.4 sonstige Proben

Literatur

Anhang A - Grundlagen der Gaschromatographie

Anhang B – MKW-Analyseverfahren

Allgemeines

Wasseranalytik

Boden- und Abfallanalytik

Vergleich der GC-Methoden mit den IR- Methoden

Anhang C – Fehlerquellen bei MKW-GC-Analysen

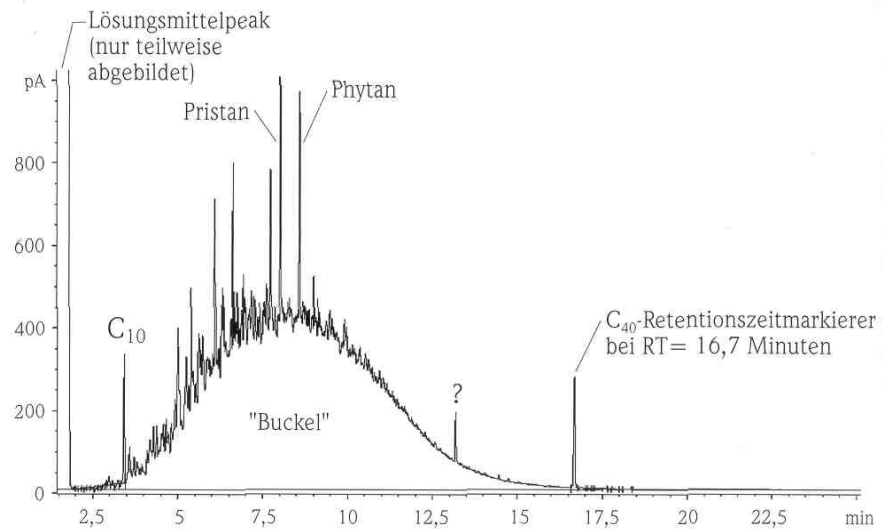
Bei der Erläuterung ausgewählter Gaschromatogramme im Punkt 2.3 geht man von 2 MKW-Standard-Gaschromatogrammen aus, einem Diesel-Schmieröl-Standard und einer n-Alkan-Testmischung und den Chromatogrammen je einer realen Wasser- und Bodenprobe.

Die Sammlung von MKW-Gaschromatogrammen im Punkt 3 umfasst 33 Chromatogramme von MKW-Standards (auch unterschiedlicher Labore) über verschiedene Benzine bis Altöl und Biodiesel.

Nachfolgend ist auszugsweise ein Beispiel eines Gaschromatogramms zu sehen (Abbildung 6). Das Chromatogramm zeigt eine Bodenprobe von einem Raffineriestandort. Zu erkennen ist ein „Buckel“ von RT (Retentionszeit) = 3,5 bis 15 Minuten. Dieser deutet auf eine Vielzahl mittelflüchtiger MKW hin, vor allem auf iso-Alkane und Cycloalkane (Siedebereich ca. 170 °C bis 470 °C). Die schmalen Peaks sind iso-Alkane und Alkylaromaten. Die höchsten Peaks bei RT = 7,6 und 7,7 Minuten sind die isoprenoiden iso-Alkane Pristan und Phytan. Die RT von Pristan ist etwas größer als die des n-Alkans C<sub>17</sub>, die RT von Phytan etwas größer als die des n-Alkans C<sub>18</sub> (siehe weiteres hochaufgelöstes Chromatogramm). Die bei Original-Dieselpollen deutlich sichtbaren n-Alkane sind bereits abgebaut und nicht mehr erkennbar. Im Unterschied zum Diesel-Schmierölstandard, sind die schlanken auffälligen Peaks kein

Hinweis auf n-Alkane, da kein gleichmäßiges Muster erkennbar ist. In Abb. 6 stammen die Peaks von iso-Alkanen, das Peakmuster ist typisch für mikrobiell abgebauten Diesel. Prinzipiell können ungleichmäßige Peakmuster auf PAK hindeuten sowie deren alkylierte Derivate.

**Abb. 6**  
Chromatogramm einer  
Bodenprobe eines  
Raffineriestandortes.



Das Material ist unter der folgenden Adresse des HLUG für 7,50 Euro bestellbar.  
<http://www.hlug.de/medien/altlasten/untersaltlast.htm>

Zusammenfassung durch Antje Sohr, LfUG





## 7. Ergebnisse der Bodenluftuntersuchungen aus dem Werkvertrag „Quantifizierung der Phänomenstreuung bei Bodenluftuntersuchungen“

Das Gesamtvorhaben erstreckte sich über den Zeitraum von Oktober 2004 bis Oktober 2005 und wurde im Auftrag des LfUG durch die Firma G.M.U. (Gesellschaft für Messtechnik und Umweltschutz mbH) Dresden realisiert. In der letzten Ausgabe von Grundwasser-Altlasten-Aktuell sind Ziel und Umfang der Untersuchungen bereits erläutert worden, so dass hier nur noch kurz darauf eingegangen wird. Im vorliegenden Beitrag sollen insbesondere die Ergebnisse vorgestellt werden. Der Gesamtbericht kann bei Bedarf über das LfUG abgefordert werden.

Ziel der Untersuchungen war es, einen Beitrag zur besseren Vergleichbarkeit von Bodenluftuntersuchungen zu leisten, indem insbesondere die Phänomenstreuungen näher quantifiziert werden. Für Phänomenstreuungen sind alle substanz-, standort- und zeitabhängigen Einflussfaktoren verantwortlich, die das Messergebnis beeinflussen und unabhängig vom Messverfahren sind. Phänomenstreuung und Messverfahrensstreuung ergeben dann die gesamte Schwankungsbreite der Messergebnisse. Zur Quantifizierung der Phänomenstreuung wurde jede Messstelle über 1 Jahr beprobt und die meteorologischen Daten dazu aufgenommen. Zur Minimierung der Messverfahrensstreuung wurde nur ein Messverfahren angewendet und durch Doppelmessungen quantifiziert.

An 3 Standorten mit Lösemittelkontaminationen (LHKW) erfolgte nach Vorsondierungen der Ausbau von insgesamt 7 Bodenluftmessstellen, die 14-tägig beprobt wurden. Durch die Messstellenauswahl werden niedrige, mittlere und hohe Kontaminationsbereiche repräsentiert. Der Messstellenausbau erfolgte jeweils 2m tief, mit 3/4“-Stahlrohren (oberer Meter Vollrohr, unterer Meter Filterrohr) und Kies- bzw. Tonhinterfüllung. Die Pegelrohre wurden mit einer verschraubbaren Abschlusskappe versehen. Als Messverfahren kam die Bodenluftabsaugung über ein Aktivkohlesorptionsröhrchen (bei Einhaltung von nahezu Gleichgewichtsbedingungen) - nach Handlungsempfehlung zur „Entnahme von Bodenluftproben“ von Baden-Württemberg- zum Einsatz. Anschließend erfolgte eine Analyse auf LHKW mittels GC-ECD im Labor „Chemisches Labor Dr. Vogt“.

### Ergebnisse

Die Messwerte selbst weisen einen stark ausgeprägten Jahresgang auf (siehe Abbildung 1). Die Bodenluftwerte scheinen zeitverzögert der Außentemperatur zu folgen. In der kalten Jahreszeit kommt es also zu geringeren Bodenluftkonzentrationen und in der warmen Jahreszeit zu höheren Bodenluftkonzentrationen. Eine direkte Beeinflussung der Bodenluftkonzentration durch die Außenlufttemperatur während der Messung erscheint unwahrscheinlich, da das Aktivkohleröhrchen direkt am Bohrlochtiefsten beaufschlagt wird und die Messung nur kurze Zeit beansprucht. Möglicherweise kommt es zu einer Beeinflussung durch die Bodenfeuchte. Eine Korrelation zu Niederschlagsdaten und Luftdruck konnte nicht nachgewiesen werden.

Bodenluftkonzentrationsverlauf Trichlorethen (Tri) in BP D2

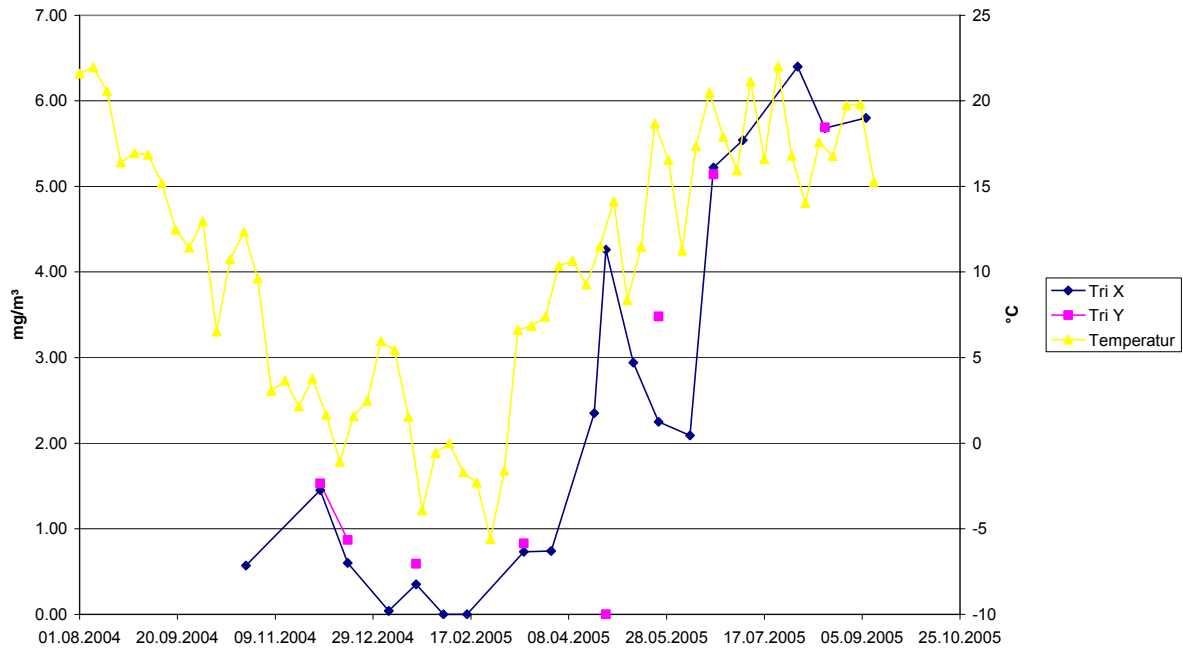


Abbildung 1: Trichlorethenkonzentrationen in der Bodenluft der Messstelle BP02 über einen Jahresgang

Die folgende Ergebnisübersicht in der Tabelle 1 zeigt die Streuung der Messwerte ( $U_i$ ) an den einzelnen Messstellen  $i$  auf Grundlage statistischer Auswertungen.

Tetrachlorethen (Per)							
	BP D1	BP D2	BP L3	BP L4	BP L5	BP B6	BP B7
$\bar{y}_i$	0,07	6,45	1480,45	202,30	548,90	27,19	15584,35
$\sigma_i$	0,05	5,94	500,75	68,41	113,74	14,50	6183,46
n	21	19	21	20	21	10	10
$t_{n,\alpha}$	2,081	2,095	2,081	2,086	2,081	2,228	2,228
$U_i$	0,02	2,86	227,40	31,91	51,65	10,22	4356,59
z	10	8	11	10	11	3	6
$\sum (X_i - Y_i)^2$	0,01	18,8	1619188,83	27588,92	36411,91	194,91	23885268,24
$\sigma_{iD}$	0,02	3,31	271,29	37,14	40,68	5,70	1,410,83
$t_{2z,\alpha}$	2,086	2,122	2,076	2,086	2,076	2,447	2,189
$U_M$	0,04	7,02	563,20	77,48	84,46	13,95	3088,31

<b>Trichlorethen (Tri)</b>							
	<b>BP D1</b>	<b>BP D2</b>	<b>BP L3</b>	<b>BP L4</b>	<b>BP L5</b>	<b>BP B6</b>	<b>BP B7</b>
$\bar{y}_i$	0,64	2,47	17,38	1,86	6,17	0,32	84,11
$\sigma_i$	0,45	2,29	5,22	0,89	1,81	0,14	25,30
n	21	19	21	20	21	10	10
$t_{n,\alpha}$	2,081	2,095	2,081	2,086	2,081	2,228	2,228
$U_i$	0,20	1,10	2,37	0,42	0,82	0,10	17,82
z	10	8	11	10	11	3	6
$\sum (X_i - Y_i)^2$	0,42	2,17	71,62	2,48	8,52	0,12	322,02
$\sigma_{iD}$	0,14	0,37	1,80	0,35	0,62	0,14	5,18
$t_{2z,\alpha}$	2,086	2,122	2,076	2,086	2,076	2,447	2,189
$\pm U_M$	0,29	0,79	3,75	0,73	1,29	0,34	11,34

- $\sigma_i$  - Standardabweichung der Messstelle i  
n - Anzahl der Messungen  
 $t_{n,\alpha}$  - Studentfaktor für die geforderte statistische Sicherheit  $\alpha = 95\%$  und die Anzahl der Messungen n  
 $U_i$  - Ergebnisstreuung je Messstelle i  
z - Anzahl der Doppelbestimmungen  
(X-Y) - Konzentrationsdifferenz innerhalb einer Doppelbestimmung  
 $\sigma_{iD}$  - Standardabweichung der Messstellen i mit Doppelbestimmungen  
 $t_{2z,\alpha}$  - Studentfaktor für die geforderte statistische Sicherheit  $\alpha = 95\%$  und die Anzahl der Doppelmessungen z  
 $U_M$  - Streuung je Messstelle aus Messverfahren

Die (Gesamt)Ergebnisstreuung je Messstelle  $U_i$  kann über die Formel (1) berechnet werden. Sie setzt sich aus der Phänomenstreuung und der verbleibenden Messverfahrensstreuung des eingesetzten Messverfahrens zusammen.  $U_{iM}$  quantifiziert ansatzweise die Messverfahrensstreuung durch Doppelmessungen, siehe Gleichung (2). Unter Doppelmessungen sind 2 aufeinander folgende Messungen (im Abstand von ca. 1,5 Stunden Wartezeit) zu verstehen, bei denen man annimmt, dass jeweils Gleichgewichtsbedingungen herrschen und somit das Messobjekt gleich ist.

$$U_i = \frac{t_{n\alpha}}{\sqrt{n}} \sigma_i = \frac{t_{n\alpha}}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (X_{ik} - \bar{X}_k)^2} \quad (1)$$

$$U_{iM} = \pm t_{2z,\alpha} \cdot \sigma_{iD} = t_{2z,\alpha} \cdot \sqrt{\frac{1}{2z} \sum_{h=1}^z (X_{ih} - Y_{ih})^2} \quad (2)$$

Insgesamt liegt die (Gesamt)Ergebnisstreuung  $U_i$  in der Größenordnung von 30% des Mittelwertes der Messwerte. Berücksichtigt man, dass hierin eine jahreszeitlich bedingte systematische Schwankung enthalten ist, stellt dies eine durchaus akzeptable Ergebnisunsicherheit dar. Für niedrigere Messwerte in der Nähe der Nachweisgrenze ist diese Unsicherheit erwartungsgemäß etwas höher, aber gemessen an den Anforderungen an die Bodenluftuntersuchungen insgesamt immer noch akzeptabel.

Auffallend sind die unerwartet hohen Streuungen bei den Doppelbestimmungen, die die Messverfahrensstreuung nachweisen sollen. Aus der Tabelle 1 geht hervor, dass bei den Standardabweichungen  $\sigma_{iD}$  deutlich kleiner als  $\sigma_i$  ist. Auch wenn  $\sigma_{iD}$  und  $\sigma_i$  nicht direkt vergleichbar sind, kann man in erster Näherung davon ausgehen, dass die messverfahrensbedingte Unsicherheit in der Größenordnung von 1/3 zu der Gesamtergebnisunsicherheit beiträgt. Die Hauptursache der hohen Streuung liegt wahrscheinlich im Laborbereich (insbesondere Probenvorbereitung). Offensichtlich macht insbesondere bei geringen Bodenluftkonzentrationen der analytische Nachweis im Alltagsbetrieb erhebliche Schwierigkeiten. Aber auch bei Proben-transport und Proben-nahme können Schwankungen trotz gleicher Entnahmemethode und gleichem Proben-nahmer nicht ganz ausgeschlossen werden.

Bei der Durchführung des Vorhabens wurde ganz bewusst auf die heute üblichen Routineprozeduren Wert gelegt. Dies gilt sowohl für die Bodenluftentnahme als auch für das Proben-Handling und den analytischen Nachweis im Labor. Die Proben wurden über die üblichen Transportwege einem akkreditierten chemischen Untersuchungslabor übergeben, ohne speziellen Hinweis, dass es sich um Wiederholungsmessungen aus einem F+E-Vorhaben handelt. Sie sind damit typisch für den heutigen Stand der Messtechnik bei der Bodenluftmessung unter den standardisierten Bedingungen der Handlungsempfehlung Baden-Württemberg. Die Abweichungen für Doppelbestimmungen mit unterschiedlichen Entnahmeprozeduren und unterschiedlichem Proben-Handling (z. B. Entnahme in Headspace-Gläschen) dürften noch erheblich größer sein.

Ein Folgeprojekt (Laufzeit Juni 2006 bis August 2007) soll insbesondere folgende Fragestellungen klären:

Gibt es eine direkte Korrelation der Bodenluftkonzentration zur Bodenfeuchte?

Wie groß ist die Messverfahrensstreuung bei 2 verschiedenen Entnahmeverfahren?

Wie groß ist die Messverfahrensstreuung bei 2 verschiedenen Laboren?

Gibt es einen Temperatureinfluss insbesondere in der kalten Jahreszeit durch Öffnen der Messstelle bei der Proben-nahme?

Die Ergebnisse des Folgeprojektes können in der nächsten Ausgabe von Grundwasser-Altlasten-Aktuell vorgestellt werden.

Antje Sohr, LfUG



## 8. Praktikums- und Diplomarbeiten zur Untersuchung der Schwermetall- und Arsensituation der Freiburger Mulde

Im Rahmen einer Praktikumsarbeit /1/ 2003 und einer Diplomarbeit /2/ 2007 wurden Daten zu Schwermetallen und Arsen in der Freiburger Mulde zusammengetragen, eigene Untersuchungen durchgeführt und vergleichende Betrachtungen angestellt. Eine Betreuung erfolgte durch das Regierungspräsidium Chemnitz (Umweltfachbereich). Die Arbeit /1/ bezieht sich insbesondere auf den Abschnitt Muldenhütten – Oberguna und deren zeitliche Entwicklung. Die Arbeit /2/ ordnet die Belastungen der Freiburger Mulde in das Muldesystem ein.

Das Freiburger Gebiet ist geogen besonders geprägt und somit durch erhöhte natürliche Hintergrundwerte, insbesondere bei Schwermetallen und Arsen gekennzeichnet. Durch die intensive Bergbautätigkeit und die entsprechende Verarbeitungsindustrie kommen außerdem diffuse und punktuelle anthropogene Belastungsanteile dazu. Für eine Gefährdungsabschätzung ist der nutzungsbezogene Schutzanspruch zu beachten. Insofern stellen die Arbeiten einen Baustein bei der Beschreibung der Situation dar, der durch weitere ergänzt werden muss.

### Schwermetall- und Arsenbelastungssituation der Freiburger Mulde im Abschnitt Muldenhütten-Oberguna, Praktikumsarbeit /1/

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sollten Erkenntnisse über den Zusammenhang zwischen der Entwicklung des Belastungszustandes der Freiburger Mulde im Abschnitt zwischen Muldenhütten und Oberguna und den Einflüssen des Altbergbaues und der Sanierungstätigkeit im Altlastenprojekt SAXONIA gewonnen werden. Dazu wurden die Ergebnisse vorangegangener Untersuchungen im Zeitraum von 1994 bis 2002 gesichtet, zusammengestellt und ausgewertet. Weiterhin wird ausgehend vom aktuellen Zustand der Freiburger Mulde die Beschaffenheitsentwicklung bis zum vorläufigen Ende des Altlastenprojektes SAXONIA in den Jahren 2007 / 2008 abgeschätzt.

Die Ergebnisse sollen Grundlage in der altlasten- und wasserrechtlichen Vollzugsvorbereitung durch das RP Chemnitz sein. Der gesamte Praktikumsbericht steht unter der Internetadresse [www.umwelt.sachsen.de/lfug](http://www.umwelt.sachsen.de/lfug) siehe Fachinformationssystem Altlasten→Aktuell.

Folgende Gliederungspunkte enthält der Praktikumsbericht

1. Einleitung
2. Beschreibung des Untersuchungsgebietes
3. Altlastenprojekt SAXONIA
4. Sanierungsphase 1994-2003
5. Prognose der Entwicklung bis 2008
6. Bewertung des Altlastenprojektes SAXONIA
7. Überregionale Auswirkungen des Zustandes der Freiburger Mulde
8. Zusammenfassung

Ausschnittsweise werden hier drei Punkte zitiert.

### **Altlastensituation vor Sanierungsbeginn (aus Punkt 3)**

Der Freiburger Raum weist auf Grund seiner geologischen Gegebenheiten naturbedingt erhöhte Bodenbelastungen auf. Grund dafür sind die zahlreichen, z. T. bis an die Erdoberfläche reichenden Erzgänge. Durch Verwitterungsprozesse werden Schwermetalle und Arsen in den Boden eingetragen. Zusätzlich werden lösliche Verbindungen durch Sickerwasser ausgewaschen und können an anderen Stellen wieder abgelagert werden.

#### Standort Muldenhütten

An diesem Standort befanden sich seit Beginn des 14. Jahrhunderts Hüttenbetriebe, in denen zunächst nur Silber, Gold und Blei gewonnen wurde. Ab 19. Jahrhundert erfolgte der weitere Ausbau:

- Errichtung einer Schwefelsäurefabrik (1856)
- Errichtung und Betrieb der Zinkhütte (1857 bis 1910)
- Inbetriebnahme von Rauchgaskanal und Esse (1859)
- Errichtung und Betrieb der Arsenhütte (1862 bis 1991)
- Inbetriebnahme eines Bleischachtofens zur Verhüttung von Bleierzen (1926), danach Verhüttung von Akku-Schrot und Altblei (ab 1970)
- Gewinnung von Spurenmetallen, Arsenverbindungen und Germanium sowie Züchtung von Einkristallen
- Errichtung der neuen Bleihütte zur Verarbeitung von Akku-Schrott (1985)

Das Industriegelände Muldenhütten verfügte über ein Kanalsystem, das die anfallenden Produktions- und Sozialabwässer sowie das Niederschlagswasser der betrieblichen Abwasserbehandlungsanlage zugeführt hat. Daneben existieren am Standort noch weitere Entwässerungssysteme mit separater Abwasserbehandlung und Altdrainagen, die direkt in die Freiburger Mulde entwässern.

Für den Standort Muldenhütten fasst man allgemein folgende Belastungen und Gefahren zusammen:

- Verfrachtung kontaminierter Schwermetallstäube
- Austrag von Schadstoffen über Sickerwasserpfade
- Standsicherheitsprobleme an den Haldenböschungen radiologische Belastungen von Abfallprodukten der Zinnherstellung

#### Hütte Freiberg

Die Hütte Freiberg wurde 1959 in Betrieb genommen und 1990 stillgelegt. Während dieser Zeit befanden sich folgende Produktionsanlagen auf dem Gelände:

- Schwefelsäureproduktion
- Zinkproduktion
- Cadmiumproduktion
- Styrolphosphonsäureproduktion (SPS – Produktion) und
- Zinnproduktion.

Die zink- und schwefelsäurehaltigen Abwässer wurden in einer Neutralisationsanlage mit Kalk behandelt. Anschließend wurde das behandelte Abwasser in den Vorfluter, den Hüttenbach, abgegeben und die Schlämme in das Absetzbecken geleitet.

Aus dem Gelände der Hütte Freiberg gelangten jährlich 0,45t Cadmium und 660t Chlorid über den Hüttenbach in die Freiburger Mulde.

Zusammenfassend konnte für den Bereich der Hütte Freiberg eine nahezu flächendeckende Kontamination des Bodens mit Arsen, Blei und z. T. mit Cadmium und Kupfer festgestellt werden.

#### Standort Halsbrücke

Zu diesem Standort gehören drei räumlich voneinander getrennte Betriebsteile:

- Betriebsteil I und Feinhütte Muldenhütten (Hüttenkomplex)
- Betriebsteil II – Grube Beihilfe
- Betriebsteil III – Edelmetallgewinnung (seit 1986)

Bereits ab dem Jahr 1612 wurde in der Hütte Gold und Silber gewonnen, ab 1663 noch Blei. Nach dem Produktionsstillstand zum Ende des zweiten Weltkrieges wurde die Produktion erneut wieder aufgenommen (Blei, Wismut, Nickelsulfat, Schwefelsäure, Silber, Gold, Platin und Kupfervitriol). Neben der Hüttenindustrie siedelten sich auch Verarbeitungsbetriebe an. Auf dem Gelände des Betriebsteiles II wurde von 1850 bis 1912 sowie von 1937 bis 1968 Bergbau betrieben. Die Rückstände der Flotationsprozesse wurden auf die Spülhalde verspült, Gesteine auf die Bergehalde verkippt. Weiterhin wurden auf dem Haldengelände Öl-, Farb- und Lösemittellager sowie zusätzlich eine Schaltstückproduktion betrieben. Anfallende Abwässer der Betriebsteile I und II wurden direkt in die Mulde abgeleitet.

#### **Auswirkungen der Sanierung auf den biologischen Zustand der Freiburger Mulde (aus Punkt 4)**

Als Mittelgebirgsfluss ist die Freiburger Mulde Lebensraum für eine typische Fließgewässerlebensgemeinschaft. Wasserorganismen, welche in ihrer Umgebung dauernd und über längere Zeit den Wasserinhaltsstoffen als Summe ausgesetzt sind, eignen sich gut als Indikatoren für den Belastungsgrad des Flusswassers. Sie können Hinweis geben, an welchen Flussabschnitten sich die Schadstoffgehalte, z. B. durch diffuse Einleitungen, erhöhen. Es wurden die Wassermoose und Wasserhahnenfuß auf Schwermetallrückstände untersucht, aber auch Makrozoobenthos sowie der Fischbestand und Schwermetallrückstände im Fischgewebe.

- Wassermoose: Einfluss der Bergbauablasten liegt vor. Blei, Cadmium und Mangan nehmen ab Muldenhütten zu. Zink, Arsen, Kupfer und Nickel wurden ebenfalls gefunden.
- Wasserhahnenfuß: Hier konnten keine ausreichenden Aussagen getroffen werden, da nur in den oberen Abschnitten der Freiburger Mulde ausreichend Pflanzenmaterial gefunden wurde, weiter flussabwärts nur sporadisch. Die Absolutgehalte dieser Proben liegen in den meisten Fällen deutlich unter denen der Moose. Das weist auf einen unterschiedlichen Mechanismus der Schadstoffakkumulation bei niederen und höheren Pflanzen hin. Arsen, Cadmium, Kupfer, Mangan, Nickel, Thallium und Zink erreichen ihren höchsten Wert nach dem Zutritt vom Roten Graben zur Mulde.
- Makrozoobenthos: Hier handelt es sich um wirbellose, den Gewässergrund besiedelnde Tiere, die ein wichtiges Kriterium zur Beurteilung des biologischen Zustandes eines Gewässers sind. Sie bilden die Nahrungsgrundlage für die Fische. Untersuchungen der UBG ergaben, dass eine streckenweise Verarmung der Wirbellosenfauna im Verlauf der Freiburger Mulde zu verzeichnen war. Ein Grund hierfür ist der Gehalt an Schadstoffen.
- Bestand und Schwermetallrückstände in Fischen: Für die Auswertung wurde nur eine Fischart herangezogen, die Bachforelle, um eine Vergleichbarkeit der Werte zu erhalten. Verschiedene Fischarten sind unterschiedlich empfindlich gegenüber Metallen bzw. diese akkumulieren nicht in gleichem Maß. Ausgewertet wurden die Schwermetallgehalte in der Leber der Fische, da hier die Akkumulation höher und damit deutlichere Unterschiede sichtbar sind. Blei spielt aus fischtoxikologischer Sicht in der Mulde eher eine untergeordnete Rolle, dagegen sind die Gehalte an Cadmium, Zink, Kupfer recht beachtlich. Die gefundenen Arsengehalte sind nach toxikologischen Kriterien als unkritisch anzusehen, da Arsen eine relativ geringe biologische Halbwertszeit hat und somit wird Arsen vergleichsweise schnell wieder ausgeschieden.

#### **Eigene Untersuchungen (aus Punkt 4)**

Um vorhandenes Datenmaterial zu sichten und offene Fragestellungen zu klären, wurden zusätzliche Untersuchungen an der Freiburger Mulde und ihren Zuflüssen durch den Umweltfachbereich (UFB) Chemnitz durchgeführt. Diese umfassten:

- Biologische Zustandserfassung an mehreren Standorten

- Expositionsversuche mit Moosen an ausgewählten Flussabschnitten
- Probenahme zur Klärung der Herkunft, Zusammensetzung und Wirkung zufließender Wässer

### **Bewertung des Altlastenprojektes SAXONIA (aus Punkt 6)**

Im Sinne ihrer Konzeption, also die Schadstoffemissionen von Altstandorten bzw. – Ablagerungen zu unterbinden, sind die gewählten Sanierungsmaßnahmen als sinnvoll und funktionsfähig einzuschätzen. Durch das Aufbringen von Abdeck- und Dichtungsschichten sowie die Böschungssicherung wird die Auswaschung von Schadstoffen durch Sicker- und Grundwässer wirkungsvoll unterbunden. Eine Verbesserung des Zustandes der Oberflächenwässer ist eine langfristige Folge der Sanierungsmaßnahmen, da durch diese der „Schadstoffnachschieb“ unterbrochen worden ist.

### **Ausschnitte aus der Zusammenfassung (aus Punkt 8)**

Unter anderem konnten folgende Erkenntnisse gewonnen werden:

1. Von den Anlagen des Altbergbaues im Freiburger Raum geht eine latente, anthropogen bedingte Gefährdung durch Schwermetalle und Arsen aus. Diese resultiert hauptsächlich aus der Akkumulation von Schadstoffen im Boden, die während der Betriebszeit bzw. nach der Stilllegung von Bergwerken und Verarbeitungsbetrieben emittiert wurden.
2. In den Gruben- und Stollensystemen finden spezifische geochemische Reaktionen statt, die zur Akkumulation bzw. Remobilisierung von Schadstoffen in den Stollen führen. Über die Grubenwässer gelangen z. T. erhebliche Stofffrachten in die Vorfluter. Die Auswirkungen dieser Einleitungen auf die chemische und biologische Beschaffenheit der Oberflächengewässer sind stellenweise noch nach längeren Fließstrecken nachweisbar. Somit können die Grubenbaue als spezifische Schadstoffsenke bzw. –quelle bezeichnet werden.
3. Durch die Sanierung von Altstandorten und Altablagerungen werden die Emissionspfade von diesen Schadstoffquellen unterbrochen. Eine Gefährdungsreduzierung für die Schutzgüter wird dadurch allerdings nur langfristig erreicht, da bereits vor der Sanierung emittierte Schadstoffe nur sukzessive verfrachtet werden. Aus technischer Sicht können diese Prozesse wirtschaftlich weder beschleunigt noch unterbunden werden.

Dem Bedarf zur Ermittlung der Vorbelastung im Münzbach oberhalb von Freiberg wurde ab 2004 mit der Errichtung von Beschaffenheitsmessstellen durch das LfUG (Beauftragung der UBG) Rechnung getragen.

/1/ KUNAU JAN; Praktikumsarbeit (2003): Die Schwermetallbelastung der Freiburger Mulde im Abschnitt Muldenhütten – Obergruna unter Bezugnahme auf das Altlastenprojekt SAXONIA; RP Chemnitz, UFB



# **Schwermetall- und Arsenbelastung der Freiberger und der Vereinigten Mulde von 2000-2004 - Diplomarbeit /2/**

Die vorrangige Zielsetzung dieser Arbeit bestand darin, die überregionale Bedeutung der Einträge aus dem Freiberger Bergbaurevier für das Muldesystem aufzuzeigen und in quantitativer Hinsicht zu bewerten. Daher wurden neben Arsen die Schwermetalle Blei, Cadmium, Zink und Kupfer, die in diesem Bergbaugesamt die Hauptbelastungselemente darstellen, für die Auswertungen ausgewählt. Neben einer Beschreibung des Belastungszustandes unter räumlichen und zeitlichen Aspekten anhand von Konzentrationsmesswerten soll vor allem die Quellen- und Senkensituation im Flusslängsverlauf durch die Berechnung von Stofffrachten dargestellt werden. Die Zwickauer Mulde sowie die bedeutendsten Nebenflüsse der Freiberger Mulde (Bobritzsch, Striegis und Zschopau) sollen dabei als Punktquellen berücksichtigt werden.

Folgende Gliederungspunkte enthält die Diplomarbeit:

1. Einleitung
2. Theoretische Grundlagen
3. Untersuchungsgebiet
4. Datengrundlage
5. Methodik
6. Ergebnisse
7. Diskussion
8. Zusammenfassung
9. Literaturverzeichnis

Ausschnittsweise wird hier die Zusammenfassung zitiert.

## **Zusammenfassung und Fazit**

Das Flusssystem der Mulde stellt das Hauptentwässerungssystem des Erzgebirges nach Norden dar. Das Einzugsgebiet gliedert sich im Süden in die Teilsysteme der Freiberger Mulde und der Zwickauer Mulde. Mit deren Zusammenfluss entsteht die Vereinigte Mulde, die bei Dessau in die Elbe mündet.

In der vorliegenden Arbeit wurde die Belastung der Freiberger und der Vereinigten Mulde mit den Schwermetallen Blei, Cadmium, Zink und Kupfer sowie mit Arsen im Zeitraum von 2000 bis 2004 untersucht. Dazu wurden Konzentrationsmesswerte und Abflussdaten von ausgewählten Beschaffenheitsmessstellen und hydrologischen Pegeln der Landesmessnetze Oberflächenwasserbeschaffenheit und Wassermenge der Bundesländer Sachsen und Sachsen-Anhalt verwendet. Die vorrangige Zielsetzung bestand darin, durch die Beschreibung der Quellen- und Senkensituation im Flusslängsverlauf die überregionale Bedeutung der Einträge aus dem Freiberger Bergbaurevier für das Muldesystem – insbesondere auch in Relation zu den Belastungsbeiträgen der größten Nebenflüsse der Freiberger Mulde (Bobritzsch, Striegis, Zschopau) sowie der Zwickauer Mulde – zu bewerten. Die genannten Nebenflüsse und die Zwickauer Mulde wurden daher als Punktquellen berücksichtigt. Die Konzentrationsmesswerte (Gesamt-/Gelöstkonzentrationen) wurden im Hinblick auf Besonderheiten im zeitlichen Verlauf sowie räumliche Veränderungen im Flusslängsverlauf ausgewertet. Die Untersuchung der zeitlichen Entwicklung der Belastung erfolgte anhand der Daten (Gesamtkonzentrationen, Gehalte in schwebstoffbürtigen Sedimenten) von zwei automatischen Messstationen an der Vereinigten Mulde. Für eine Beurteilung des Gefährdungspotenzials für unterschiedliche Schutzgüter bzw. Nutzungsarten wurden die Zielvorgaben der IKSE (Internationale Kommission zum Schutz der Elbe, 1998) herangezogen. Zur quantitativen Beschreibung der Quellen- und Senkensituation waren unter Berücksichtigung der Abflussdaten die Schwermetall- und Arsenfrachten zu ermitteln. Dazu wurde zunächst am Beispiel einer Messstelle ein Vergleich verschiedener Frachtberechnungsmethoden durchgeführt. Mit einem ausgewählten

Verfahren wurden die Stofffrachten für alle Messstellen berechnet und über den Flusslängsverlauf ausgewertet.

Die Ergebnisse dieser Arbeit belegen, dass die Belastung der Freiburger Mulde mit den untersuchten Schwermetallen und Arsen maßgeblich durch die Einträge aus dem Freiburger Bergbaurevier bestimmt wird. Bei Cadmium und Zink dominieren die Einträge aus diesem Gebiet die Belastungssituation im weiteren Verlauf der Freiburger Mulde. Bei Blei, Kupfer und Arsen liefert die Zschopau zusätzlich erhebliche Frachtbeiträge. Die Frachten, die über die Bobritzsch und die Striegis in die Freiburger Mulde transportiert werden, sind von untergeordneter Bedeutung.

Die durchgeführte Bilanzierung der Schwermetall- und Arsenfrachten am Zusammenfluss von Freiburger und Zwickauer Mulde zeigt, dass die Einträge aus dem Freiburger Bergbaurevier insbesondere bei Cadmium (58%), aber auch bei Zink (43%) und Blei (45%) in erheblichem Ausmaß zur Belastung der Vereinigten Mulde beitragen. Für Kupfer und Arsen werden Frachtanteile von 7% bzw. 13% ermittelt. Bei diesen Elementen überwiegen die Frachtbeiträge der Zschopau und der Zwickauer Mulde. Für die Vereinigte Mulde bestätigen die Ergebnisse die herausragende Bedeutung des Muldestausees bei Bitterfeld als Senke für die untersuchten Schwermetalle und Arsen. Es wird gezeigt, dass die Metalle entsprechend ihres partikulären Konzentrationsanteils im Stausee zurückgehalten werden. Im Hinblick auf die Frachtanteile, die im Stausee verbleiben, wurde folgende Reihenfolge ermittelt: Blei (82%) > Cadmium (70%) > Zink (47%) > Kupfer (35%) > Arsen (25%).

Die Untersuchungen der zeitlichen Entwicklung der Schwermetall- und Arsenbelastung an zwei automatischen Messstationen in der Vereinigten Mulde (Bad Düben, Dessau) zeigen für die Gesamtkonzentrationen keine Verminderung der Belastung im Zeitraum von 2000 bis 2004. Bei den Schwermetallgehalten in den schwebstoffbürtigen Sedimenten zeichnet sich an der Messstation in Bad Düben eine rückläufige Entwicklung ab, während bei Arsen keine wesentliche Veränderung festzustellen ist.

Die gesamte Diplomarbeit ist auf Anfrage verfügbar bzw. wird auch ins Internet eingestellt.

/2/ VON SEGGERN DÖRTHE (2007); Diplomarbeit: Schwermetall- und Arsenbelastung der Freiburger und Vereinigten Mulde 2000 bis 2004, RP Chemnitz, UFB

Zusammenfassung durch Antje Sohr und Christina Lausch, LfUG



## **9. Materialien zur Altlastenbehandlung - zwei neue LfUG-Materialienbände**

- 1. Entscheidungshilfe Grundwassersanierung**
- 2. In situ –Verfahren zur Altlastensanierung**

Beide Materialienbände sind im Internet veröffentlicht unter:

[www.umwelt.sachsen.de/lfug/Fachinformationssystem](http://www.umwelt.sachsen.de/lfug/Fachinformationssystem) → Fachinformationssystem Altlasten  
→ Gesetze und Arbeitshilfen → Materialien zur Altlastenbehandlung.

### **Zu 1.: „Entscheidungshilfe Grundwassersanierung – Effizienz von pump and treat-Sanierungen“**

Die Entscheidungshilfe Grundwassersanierung betrachtet die Eignung und Effizienz von „pump and treat“ - Sanierungen („P&T“) und gibt dem Anwender Hilfestellung bei der Planung, der Optimierung oder auch der Beendigung derartiger Sanierungsverfahren. Die Entscheidungshilfe ist eine fachliche Arbeitshilfe für Gutachter und Behörden innerhalb der Altlasten-Bearbeitungsphasen „Sanierungsuntersuchung“ und „Sanierung“.

An Altstandorten werden zur Sanierung des Grundwassers meist so genannte Pump- and Treat- Verfahren (P&T) eingesetzt. Bei P&T – Verfahren wird das kontaminierte Grundwasser gefördert und in einer oberirdischen Behandlungsanlage (Ex situ) gereinigt. In der Regel erfolgt dann die Einleitung des gereinigten Wassers in die Kanalisation oder in die Vorflut.

In der Praxis sind die Laufzeiten derartiger Anlagen oft bedeutend länger als zu Beginn in der Sanierungsplanung veranschlagt, vor allem weil die geforderten Sanierungszielwerte (max. tolerierte Schadstoffkonzentrationen) im Grundwasser nicht erreicht werden. Die langen Laufzeiten verursachen hohe Betriebskosten. In vielen Fällen übersteigen die Betriebskosten dann die Investitions- und Betriebskosten alternativer In situ – Sanierungsverfahren, die am einigen Standorten bessere Reinigungsleistungen für mit geringerem finanziellem Aufwand erreichen können.

Es ist bekannt, dass die Effektivität von P&T - Maßnahmen mit fortschreitender Sanierungsdauer - bedingt durch die Abnahme der Schadstoffkonzentrationen und damit erschwerter Transportprozesse - rückläufig ist. Der Energiebedarf zur Abreinigung der Restkonzentration im Untergrund steht in einem zunehmend ungünstigen Verhältnis zum Nutzen.

Die im Bereich der relativ schnellen, advektiven Grundwasserströmung vorliegenden Schadstoffe können durch P&T– Sanierungen relativ schnell aus dem Grundwasserleiter entfernt werden. Im Gegensatz dazu sind jedoch die im hydraulisch kaum aktiven Feinporenraum vorliegenden Schadstoffanteile mit P&T und bei kontinuierlicher Förderung nur schlecht zu erreichen. Die dort lokalisierten Schadstoffe müssen erst durch Diffusionsprozesse in die hydraulisch aktiven Poren- und Grundwasserbereiche übertreten, um durch P&T erfasst werden zu können. Dadurch ergeben sich sehr lange Sanierungszeiträume bis zum Erreichen eines Sanierungszielwertes. Das Problem ergibt sich auch an Standorten, wo Schadstoffe in Phase das Porenwasser verdrängt haben. Verzögernd wirkt auch die Retardation der Schadstoffe an der Bodenmatrix selbst sowie an organischen Partikeln und sorptionsfähigen Präzipitaten wie z.B. Eisenhydroxiden.

Aus diesen Tatsachen heraus ergeben sich für eine typische P&T- Grundwassersanierung (mit kontinuierlicher Grundwasser-Förderung) zwei Phasen der Schadstoffentfernung:

1. (relativ schnelle) Entfernung der bereits im advektiv zugänglichen Porenbereich des Aquifers vorliegenden Schadstoffanteile
2. Entfernung der durch langfristigen diffusiven (aus Feinporenbereichen) und desorptiven Schadstoffübertritt in den advektiv zugänglichen Porenbereich des Aquifers nachgelieferten Schadstoffanteile

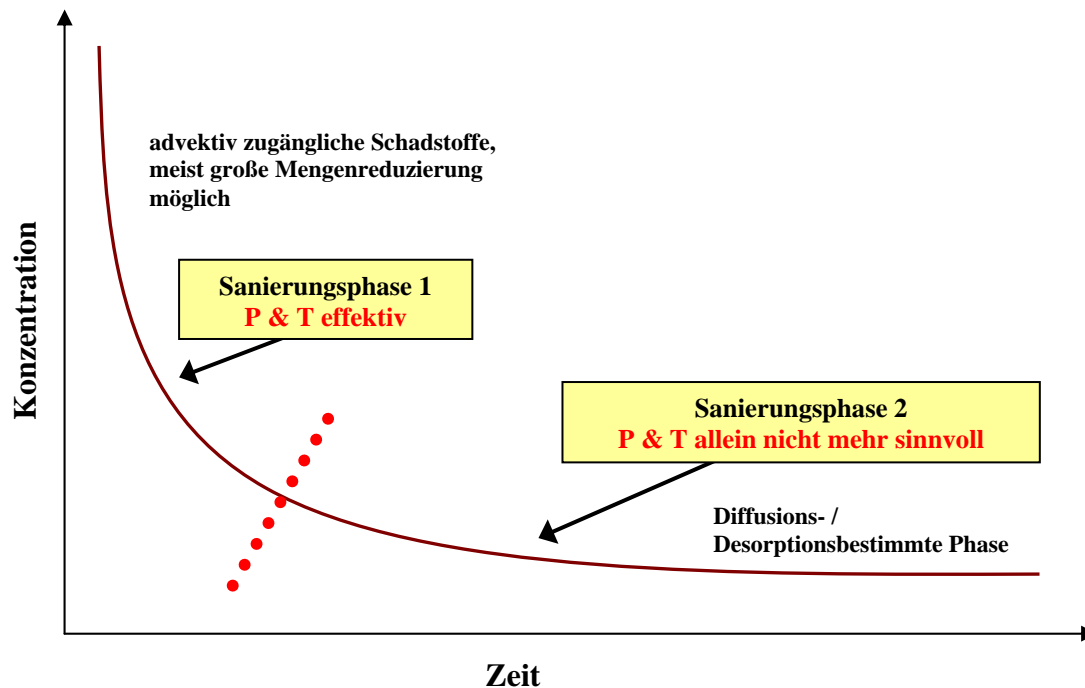


Abb. 1: Typischer zweiphasiger Konzentrationsverlauf im Zulauf der Behandlungsanlage während einer P&T- Sanierung

Durch die beschriebenen Prozesse und deren zeitlicher Reihenfolge zeigen Pump & Treat-Sanierungen in der Praxis meist folgenden typischen Verlauf:

- „Relativ“ schnelle Reduzierung der Schadstoffkonzentrationen in der ersten Phase nach Erreichen stabiler Betriebsverhältnisse
- trotz gleich bleibender Förderraten keine weitere Verbesserung mehr (Eintreten des „Tailing-Effektes“ der Schadstoffkonzentrationen, steigende spezifische Kosten der Sanierung) das Sanierungsziel ist oft noch nicht erreicht
- bei Abbruch der Förderung ggf. Eintreten eines „Rebound-Effektes“ (Wiederanstieg der Konzentrationen)

Das Konzept des Phasenmodells (Abb. 1) wurde bereits 1985 publiziert und später weiter entwickelt [US EPA (1996) / (1997)]. An vielen Praxisstandorten mit P&T-Sanierungen hat sich diese Modellvorstellung des Vorliegens von zwei generellen Phasen des Stofftransports bestätigt.

Ein wesentliches Anliegen des LfUG-Materialienbandes „Entscheidungshilfe Grundwassersanierung“ ist die rechtzeitige planerische Berücksichtigung dieser zu erwartenden zwei Phasen - noch innerhalb der Sanierungsuntersuchung und Sanierungsplanung. Sanierungsfälle, in denen man unvorbereitet in die ineffiziente Phase einer P&T- Sanierung eintritt und jahrelang nicht angemessen reagiert, trotz der

inakzeptablen Akkumulation von Betriebs- und anderen Kosten, sollten zur Ausnahme werden.

Planer und Gutachter müssen bereits in der frühen Planungsphase von P&T- Anlagen, neben der Erwägung und Prüfung, ob im eine P&T-Anlage überhaupt für den konkreten Sanierungsfall in Frage kommt, qualifiziert abschätzen, ob (sanierungszielabhängig) und wann (Kriterien) die P&T- Sanierung nicht mehr als effizient zu betrachten sein wird und demzufolge ein Eingreifen vorzusehen ist.

Die „Entscheidungshilfe Grundwassersanierung“ liefert dem Anwender dafür

- fundierte Empfehlungen und detaillierte Prüfkriterien sowohl für die Konzeptionierungsphase einer P&T- Anlage als auch für die Optimierung oder den Abbruch bereits im Betrieb befindlicher Anlagen und
- definiert Mindestanforderungen für die Dokumentation und Begleitung von Grundwassersanierungen.

Als Datengrundlage für die Erarbeitung der Entscheidungshilfe diente eine detaillierte P&T-Fallrecherche, welche einen ausgewählten Teil der Fälle der Datenbank GWKON (UBA (2003) sowie Sanierungsfälle aus der Bearbeitung der Auftragnehmer (ARCADIS / DGC) umfasst. Die ermittelbaren effizienzrelevanten Falldaten und entscheidungsrelevanten Verbalbeurteilungen sind zusammenfassend im ersten Teil der Entscheidungshilfe dargestellt, die Darstellung der Einzelfälle erfolgt im Anlagenteil. Insgesamt waren 62 P&T-Sanierungsfälle in die Auswertung einbezogen.

Literatur:

U.S. EPA (1997): Design Guidelines for Conventional Pump-and-Treat Systems, EPA Ground Water Issue, United States Environmental Protection Agency, EPA 540-S-97/504

U.S. EPA (1996): Pump and Treat Ground-Water Remediation – A Guide for Decision Makers and Practitioners, United States Environmental Protection Agency, EPA 625-R-95/005

## **Zu 2. : „In situ –Verfahren zur Altlastensanierung“**

Nach dem BBodSchG werden Maßnahmen zur Beseitigung oder Verminderung von Schadstoffen bei der Sanierung von Altlasten unter dem Begriff Dekontaminationsmaßnahmen zusammengefasst. Es handelt sich um technische Verfahren zur Beseitigung, Umwandlung oder Verringerung von umweltgefährdenden Stoffen in den Umweltmedien Boden, Wasser und Bodenluft. Nach dem Ort Ihres Einsatzes unterscheidet man in In situ- und Ex situ - Verfahren.

Bei Ex situ - Verfahren erfolgt die Behandlung des belasteten Bodens bzw. Grundwassers außerhalb der natürlichen Lagerungsumgebung. Es ist generell die Entnahme (Grundwasserförderung bzw. Bodenaushub) des belasteten Substrates erforderlich. Die Dekontamination erfolgt dann entweder vor Ort (on-site Verfahren) oder in einer zentralen, vom Anfallort entfernten stationären Anlage (off-site Verfahren).

In situ - Verfahren sind Verfahren, bei denen der Boden bzw. der Grundwasserleiter in seiner natürlichen Lagerungsumgebung selbst den Reaktionsraum für das Sanierungsverfahren darstellt. Durch biologische und/oder physikalisch-chemische Prozesse im Boden und Grundwasser können Stoffe abgebaut, oxidativ zerstört, gezielt mobilisiert, festgelegt oder abgetrennt werden. In der Regel erfolgt bei diesen Verfahren weder eine Förderung des kontaminierten Grundwassers noch ein Aushub von kontaminiertem Boden.

Der Materialienband „In situ - Verfahren zur Altlastensanierung“ ist eine aktuelle und übersichtliche Darstellung der wesentlichen Verfahren nach dem gegenwärtigen Stand von Wissenschaft und Technik. Die einzelnen Verfahren werden hierarchisch und logisch eingeordnet und deren spezifische Eigenschaften detailliert erläutert.

Die Einordnung korrespondiert mit der Struktur der frei im Internet zugänglichen Datenbank „ATRIUM“ des LfUG, die eine Übersicht über alle gängigen Altlastensanierungs- und Sicherungsverfahren und deren Eignung für einzelne Schadstoffe und Bodenarten liefert. (erreichbar über Homepage des LfUG, Menüpunkt „Informationssysteme“ oder innerhalb der Internetseiten des LfUG- „Fachinformationssystem Altlasten“)

Trotz vieler Vorteile setzen sich In situ - Sanierungsverfahren bisher nur sehr schwer durch. An Altlastenstandorten die nicht in Forschungsvorhaben eingebunden sind, überwiegen, oftmals trotz hoher Kosten, nach wie vor Ex situ - Verfahren wie Bodenaustausch oder pump and treat als Grundwassersanierung. Der Materialienband erörtert daher auch mögliche und typische Hemmnisse für den Einsatz von In situ - Sanierungsverfahren.

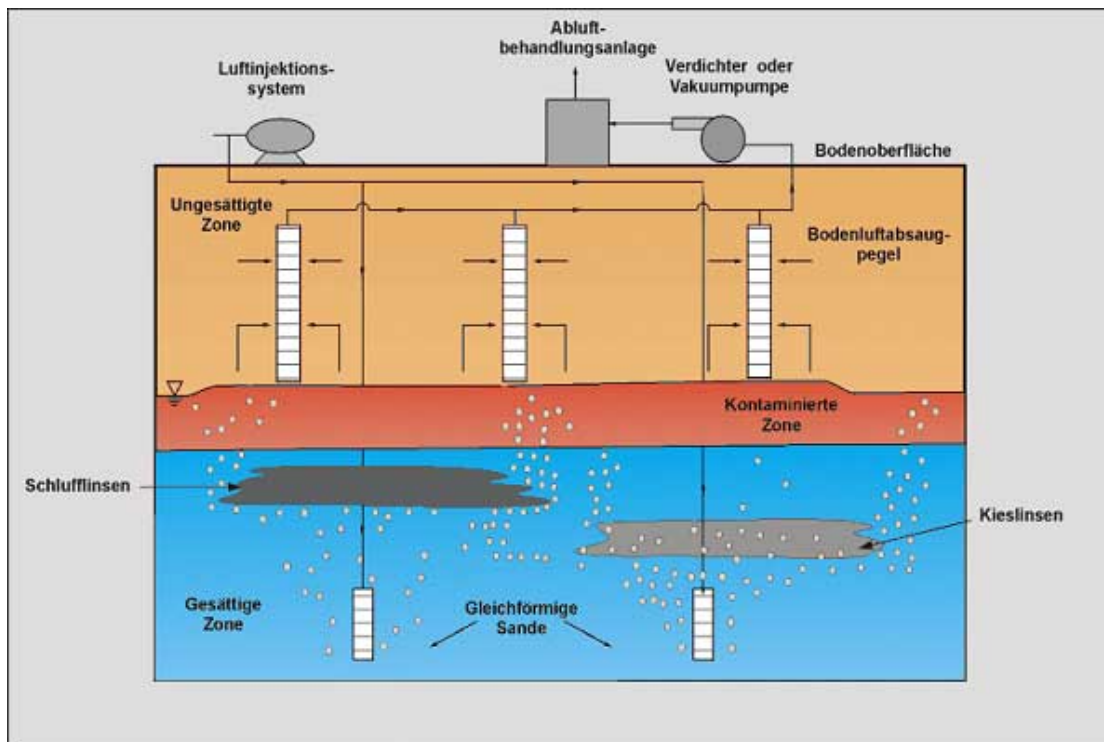


Abb. 2: Schematische Darstellung eines In situ – Grundwassersanierungsverfahrens (In situ – Strippen, Quelle: <http://www.sanierungsverfahren.de/sanverfahren/insitu2.html>)

Der erste Teil des Materialienbandes enthält u.a. kurze Ausführungen zu Vorteilen der In situ- Sanierungsverfahren (Kosten, Ökobilanz, Technische Durchführbarkeit, Auswirkungen auf Betroffene und auf die Umwelt) und geht auf die typischen Hemmnisse für deren Anwendung wie Probleme der Schadstoffbilanzierung, der Kontrolle und Steuerung des Sanierungsverlaufes und der Sanierungsdauer ein.

Teil 2 enthält die eigentliche Darstellung und Beschreibung der In situ – Sanierungsverfahren.

Er gliedert sich in die Bereiche:

- In situ - Grundwassersanierungsverfahren mit 21 vorgestellten Techniken  
(*Elektrokinetische Verfahren, Bioscreen, Biosparging, Eintragen fester Sauerstoffträger, Eintragen flüssiger Sauerstoffträger, Eintragen flüssiger Stoffe zur Erhöhung der Bioverfügbarkeit, Injektion von Primärsubstrat, Sauerstoffzufuhr über Gasphase, Reduktive Dechlorierung, ENA (Enhanced Natural Attenuation), Adsorptive Wand, Chemische Oxidation, Dichtwand Heber Reaktor, Drain-and-Gate-System, Funnel-and-Gate, Grundwasserzirkulationsbrunnen / In-Well-Air-Stripping, Hydroschock Verfahren, In-situ Strippen, Injektionsverfahren, Reaktive Wand, Thermische Verfahren / Thermal Treatment*)

- In situ – Bodensanierungsverfahren mit 8 vorgestellten Techniken  
(*Bioventing, Infiltrationsverfahren, Phytoremediation, Dampf-injektion, Hochdruck-bodenwäsche in-situ, Geoschock Verfahren, In situ – Bodenspülung, Thermische Verfahren*)

Im dritten Teil des Materialienbandes werden erfolgreiche Praxisanwendungen von In situ – Verfahren an 16 Standorten vorgestellt und Aussagen über Eignung und Sanierungserfolge getroffen.

Jens Fahl, LfUG



## 10. Umweltverhalten kurzkettiger Alkylphenole (Grundlagenstudie)

Phenole sind in Böden und abstromigen Grundwässern ehemaliger Standorte der z. B. carbochemischen Industrie sanierungsrelevante Bestandteile der Kontaminationen. Neuere Untersuchungen weisen vor allem kurzkettige Alkylphenole aus. Zur Gefährdungsbeurteilung wird üblicherweise der Phenolindex herangezogen. Jedoch eignet sich dieser Parameter nur bedingt zur Beschreibung des Vorkommens und der Verteilung von Phenolen an ehemaliger Standorte der carbochemischen Industrie. Aus diesem Grund bedurfte es weiterer systematischer Untersuchungen zum Stoffinventar sowie zum Transport- und Abbauverhalten von kurzkettigen Alkylphenolen. Das LfUG hatte daher mit der der Bietergemeinschaft UBV – Umweltbüro GmbH Vogtland – und Büro Dr. Beerbalk einen Werkvertrag zu diesem Thema abgeschlossen. Die Ergebnisse liegen nunmehr vor und werden im Folgenden kurz zusammengefasst.

Ziel der Untersuchungen war, nach einer Literaturrecherche, der Zusammenstellung der Daten in einer Datenbank sowie der Darstellung von drei Praxisfällen, eine Ableitung von Vorschlägen zu Leitparametern und Prioritätssubstanzen für die phenolischen Verbindungen vorzunehmen und Monitoringempfehlungen zu geben.

Als Praxisfälle wurden die Standorte der Kokerei Lauchhammer, der Braunkohleveredelung in Schwarze Pumpe sowie einer Kohleteerdestillation in Four Ashes, Großbritannien näher betrachtet. Aus den Untersuchungsergebnissen wurden die Maximalwerte von 21 untersuchten Parametern nach Größe sortiert und alle Einzelstoffe oberhalb des für die Maximalwerte ermittelten 70 % Quantilwertes als relevant und prioritär gewichtet.

Entsprechend des Resultates dieser Wichtung werden als Leitparameter und prioritär zu untersuchenden Substanzen folgende Einzelstoffe vorgeschlagen:

- Phenol
- Methylphenole (o-Methylphenol sowie m,p-Methylphenol)
- 2,4/2,5-Dimethylphenol
- 3,5-Dimethylphenol.

Die aus den vorliegenden Untersuchungen bekannten übrigen Einzelsubstanzen der Stoffgruppe der kurzkettigen Alkylphenole können nach statistischer Auswertung der Messergebnisse als weniger relevant eingestuft werden.

Für die zielorientierte und verhältnismäßige Durchführung eines Monitorings zur Untersuchung des Vorkommens von kurzkettigen Alkylphenolen im Grundwasser carbochemischer Altlasten und an ehemaligen Standorten der Braunkohleveredelung wird anhand der Bewertung der vorliegenden Erkenntnisse die chemische Analytik dieser Leitparameter und Prioritätssubstanzen mittels GC-MS oder GC-FID empfohlen.

Die chemische Analytik insbesondere der Alkylphenole zeigt sich allerdings unter bestimmten Umständen als problematisch. So führt beispielsweise das Vorhandensein heterozyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe in der zu analysierenden Wasserprobe zu einer Überlagerung der Alkylphenole und somit zu erheblichen Unsicherheiten in der Alkylphenolbestimmung. Heterozyklen treten in erheblichen Konzentrationen an mit Teerölen kontaminierten Standorten auf (vgl. Beitrag zu NSO-Heterozyklen). Nach der EPA-Testmethode 604 werden 14 Phenole aus der Prioritätenliste ausgewählt und mit GC-FID oder GC-ECD nach Flüssig-Flüssig-Extraktion mit Dichlormethan und Derivatisierung analysiert. In den entsprechenden DIN-Entwürfen wurde die Auswahl an phenolischen Verbindungen noch erweitert.



Aufgrund des Freon-Verbotes dürfen halogenierte Lösungsmittel bei der Flüssig-Flüssig-Extraktion nicht mehr verwendet werden. Bei der Verwendung von Ersatz-Lösungsmitteln werden Phenole in unterschiedlichem Ausmaß extrahiert, was ebenfalls zu fehlerhaften Messwerten führen kann.

Die Bestimmung des Phenol-Index ist unter der erforderlichen chemisch – physikalischen Randbedingungen der Norm mit hohen laborativen Aufwendungen verbunden und bedarf einer umfangreichen Qualitätskontrolle. Detailliertere Ausführungen zu den Möglichkeiten und Grenzen der verschiedenen analytischen Bestimmungsverfahren sind dem Abschlussbericht zu entnehmen.

Der Bericht kann im Internet beim LfUG unter der Adresse :

[http://www.umwelt.sachsen.de/de/wu/umwelt/lfug/lfug-internet/abfall-altlasten\\_8452.html](http://www.umwelt.sachsen.de/de/wu/umwelt/lfug/lfug-internet/abfall-altlasten_8452.html). heruntergeladen werden.

Die Datenbank mit Daten von insgesamt 71 Substanzen kann auf Anforderung durch das LfUG bereitgestellt werden.

Carsten Leibenath, Holger Uibrig, UBV Umweltbüro Vogtland GmbH  
Hans-Dieter Beerbalk, Büro Dr. Beerbalk Berlin  
Norbert Hüsters, Technische Universität Dresden  
Peter Börke, LfUG



## 11. Verzeichnis der bekannt gegebenen Sachverständigen nach § 18 Bundes-Bodenschutz-Gesetz im Freistaat Sachsen

Die Überprüfung und öffentliche Bekanntgabe der Sachverständigen nach § 18 Bundes-Bodenschutz-Gesetz in Sachsen erfolgt durch die Industrie- und Handelskammern. In anderen Bundesländern zugelassene Sachverständige werden in Sachsen anerkannt. Eine Datenbank, die alle Sachverständigen der einzelnen Bundesländer dokumentiert, ist ReSyMeSa. Sie ist unter [www.luis-bb.de/resymesa](http://www.luis-bb.de/resymesa) verfügbar. Im Folgenden wird der Sachstand per 13.06.2007 für Sachsen dargestellt.

### **Balthes, Rolf, Dr. rer. nat.**

c/o FUGRO Consult GmbH  
Hauptstraße 103  
04416 Markkleeberg  
Tel.: 0341 3501771  
Fax: 0341 3501770  
Mobil: 0172 6805210  
E-Mail: [r.balthes@fugro.de](mailto:r.balthes@fugro.de)

Sachgebiet: Flächenhafte und standortbezogene Erfassung / Historische Erkundung,  
Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Gewässer,  
Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Pflanze,  
Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Mensch

### **Bär, Frank, Dipl.-Geol.**

c/o Agentur für Bodenaushub GmbH Zwickau  
Planitzer Straße 2  
08056 Zwickau  
Tel.: 0375 24732  
Fax: 0375 24733  
Mobil: 0172 3723111  
E-Mail: [info@bodenbaer.de](mailto:info@bodenbaer.de)  
Internet: [www.bodenbaer.de](http://www.bodenbaer.de)  
Sachgebiet: Sanierung

### **Bücherl, Klaus, Dipl.-Geol.**

c/o LUBAG GmbH  
Ingenieurbüro für Geotechnik und Umweltschutz  
NL der Tauw GmbH  
Im Gewerbepark D 65  
93059 Regensburg  
Tel.: 0941 4630615  
Fax: 0941 48741  
Mobil: 0173 3992177  
E-Mail: [Kbuecherl@lubag.de](mailto:Kbuecherl@lubag.de)  
Internet: [www.lubag.de](http://www.lubag.de)

Sachgebiet: Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Gewässer,  
Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Mensch,  
Sanierung

**Dittrich, Jürgen, Dipl.-Geol.**

c/o Dresdner Grundwasser Consulting GmbH

Meraner Straße 10

01217 Dresden

Tel.: 0351 4043611

Fax: 0351 4043619

E-Mail: j.dittrich@dgc-gmbh.de

Sachgebiete: Flächenhafte und standortbezogene Erfassung / Historische Erkundung,  
Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Gewässer,  
Sanierung

**Egloffstein, Dr. rer. Nat. Thomas Egloffstein**

c/o Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda und Partner mbH

Eisenbahnstraße 36

76229 Karlsruhe

Tel.: 0721 944770

Fax: 0721 9447770

E-Mail: ICP@ICP-Ing.de

Sachgebiet: Sanierung

**Esser, Lothar, Dipl.-Ökologe**

c/o Esser Consult

Karl-Marr-Straße 4°

81479 München

Tel.: 089 4802624

Fax: 089 4891186

Mobil: 0171 3547358

E-Mail: eco@esser.de

Sachgebiet: Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Gewässer

**Geser, Rudolf, Dr.**

Hohe Straße 15

09112 Chemnitz

Tel.: 0371 305588

Fax: 0371 305599

E-Mail: dr.rudolf.geser@t-online.de

Sachgebiet: Flächenhafte und standortbezogene Erfassung / Historische Erkundung,  
Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Gewässer,  
Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Pflanze,  
Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Mensch

**Goldbach, Eberhard, Dr. rer. nat.**

c/o Dresdner Grundwasser Consulting GmbH

Meraner Straße 10

01217 Dresden

Tel.: 0351 4043611

Fax: 0351 4043619

E-Mail: j.dittrich@dgc-gmbh.de

Sachgebiete: Flächenhafte und standortbezogene Erfassung / Historische Erkundung,  
Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Gewässer,  
Sanierung

**Hacker, Frieder, Dipl.-Geol.**

Chemnitzer Str. 113

09559 Freiberg

Tel.: 03731 767195

Fax: 03731 767195

E-Mail: frieder.f.hacker@web.de

Sachgebiet: Flächenhafte und standortbezogene Erfassung / Historische Erkundung  
Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Gewässer,  
Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Pflanze

**Harles, Maik Frank, Dipl.-Ing.(FH)**

c/o SKB Harles Umweltberatung GmbH

Bergstraße 3

04618 Ziegelheim

Tel.: 034494 8310

Fax: 034494 83114

E-Mail: SKB-Altenburg@t-online.de

Sachgebiet: Flächenhafte und standortbezogene Erfassung / Historische Erkundung,  
Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Gewässer,  
Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Mensch,  
Sanierung

**Hartmann, Robert, Dipl.-Geoökologe**

c/o CDM Consult GmbH Nürnberg

Nordostpark 30

90411 Nürnberg

Tel.: 0911 4010040

Fax: 0911 4010030

Mobil: 01707860012

E-Mail: robert.hartmann@cdm-ag.de

Sachgebiet: Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Gewässer,  
Sanierung

**Hofmann, Jörg, Dr. rer. nat.**

c/o Umweltberatung Dr. Hofmann

Voigtsgrüner Straße 12 a

08115 Schönfels

Tel.: 037600 562749

Fax: 037600 562752

Mobil: 0172 3561256

E-Mail: jhofmann@aol.com

Sachgebiet: Flächenhafte und standortbezogene Erfassung / Historische Erkundung,  
Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Gewässer,  
Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Mensch,  
Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Pflanze

**Legler, Gisa, Dr. rer. nat.**

Straße der Einheit 24 D 7/1

09599 Freiberg

Tel.: 03731 369309

Fax: 03731 369200

Mobil: 0172 3708029

E-Mail: g.legler@geosfreiberg.de

Internet: www.geosfreiberg.de

Sachgebiet: Flächenhafte und standortbezogene Erfassung / Historische Erkundung,  
Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Gewässer,  
Sanierung

**Mark, Harald, Dr. rer. nat.**

c/o MSP GmbH

Fallgatter 3

44369 Dortmund

Tel.: 0231 96787212

Fax: 0231 96787219

Mobil: 0160 6120670

E-Mail: mark@msp-dortmund.de

Internet: www.msp-dortmund.de

Sachgebiet: Flächenhafte und standortbezogene Erfassung / Historische Erkundung

**Mayer, Tilo, Dipl.-Geol.**

c/o R. Buchholz + Partner GmbH

Am Oberen Anger 9

04435 Schkeuditz /OT Radefeld

Tel.: 034207 6430

Fax: 034207 64310

E-Mail: info@buhholz-und-partner.de

Sachgebiete: Flächenhafte und standortbezogene Erfassung/Historische Erkundung,  
Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Gewässer

**Menschner, Karsten, Dr. rer. nat.**

c/o CDM Jessberger Leipzig GmbH

Weißenfelder Straße 65

04229 Leipzig

Tel.: 0341 3338950

Fax: 0341 3389912

Mobil: 0172 7941466

E-Mail: Karsten.menschner@cdm-ag.de

Sachgebiet: Flächenhafte und standortbezogene Erfassung / Historische Erkundung,  
Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Gewässer,  
Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Mensch,  
Sanierung

**Möckel, Uwe, Dipl.-Ing.**

c/o Sachverständigenbüro Möckel

Am Hag 5 a

04910 Elsterwerda

Tel.: 03533 164022

Fax: 03533 1644224

E-Mail: u.moeckel-elsterwerda@web.de

Internet: www.umwelt-moeckel.de

Sachgebiet: Flächenhafte und standortbezogene Erfassung / Historische Erkundung,  
Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Gewässer,  
Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Pflanze,  
Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Mensch,  
Sanierung

**Nitsche, Claus, Dr.-Ing.**

c/o BGD Boden- und Grundwasserlabor GmbH

Meraner Straße 10

Tel.: 0351 4050650

Fax: 0351 4050659

Mobil: 0160 8823086

E-Mail: cnitsche@bgd-gmbh.de

Sachgebiet: Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Gewässer

**Oelsner, Karin, Dr. rer. nat.**

Zeichenstraße 8 a

09385 Lugau

Tel.: 037298 14884

Fax: 037298 27331

E-Mail: info@oelsner-und-partner.de

Sachgebiet: Flächenhafte und standortbezogene Erfassung / Historische Erkundung,  
Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Gewässer,  
Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Pflanze,  
Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Mensch

**Petzke, Werner-Heinz, Dr. rer. nat.**

c/o Dr. Petzke GmbH

Bornaer Straße 19

04288 Leipzig

Tel.: 034297 45205

Fax: 034297 45226

E-Mail: Whpetzke@t-online.de

Sachgebiet: Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Gewässer,  
Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Mensch

**Rätze, Ernst-Thomas, Dipl.-Ing.**

c/o URS Deutschland GmbH

Straße am Lessinghaus 1

02977 Hoyerswerda

Tel.: 03571 42470

Fax: 03571 42478

E-Mail: ernst\_thomas\_raetze@urscom.com

Sachgebiete: Flächenhafte und standortbezogene Erfassung / Historische Erkundung,  
Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Pflanze,  
Sanierung

**Reichardt, Thomas, Dipl.-Geol.**

c/o GBU GmbH  
H.-Sachse-Straße 30  
07639 Bad Klosterlausnitz  
Tel.: 036601 902990  
Fax: 036601 902999  
Mobil: 0172 3760639  
E-Mail: info@gbu-bk.de  
Internet: www.gbu-bk.de  
Sachgebiet: Sanierung

**Reiersloh, Dietmar, Dipl.-Geol.**

c/o ARCADIS Consult GmbH  
Glück-Auf-Straße 1  
09599 Freiberg  
Tel.: 03731 7886-0  
Fax: 03731 788699  
Mobil: 0172 9660108  
E-Mail: d.reiersloh@arcadis.de  
Sachgebiete: Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Gewässer,  
Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Mensch,  
Sanierung

**Reinhard, Michael, Dr. rer. nat.**

c/o ARCADIS Consult GmbH  
Glück-Auf-Straße 1  
09599 Freiberg  
Tel.: 03731 7886-0  
Fax: 03731 788699  
Mobil: 0172 9660105  
E-Mail: m.reinhard@arcadis.de  
Sachgebiete: Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Gewässer,  
Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Mensch,  
Sanierung

**Schulze, Hans-Martin, Dipl.-Ing.**

c/o GEPRO Ingenieurgesellschaft mbH  
Caspar-David-Friedrich-Straße 8  
01219 Dresden  
Tel.: 0351 877750  
Fax: 0351 8777555  
E-Mail: hans-martin.schulze@gepro-dresden.de  
Sachgebiet: Flächenhafte und standortbezogene Erfassung / Historische Erkundung

**Schumacher, Heinz-Dieter, Dr. rer. nat.**

c/o Franke-Meißner und Partner GmbH  
Max-Planck-Ring 47  
65205 Wiesbaden  
Tel.: 06122 51057  
Fax: 06122 52591  
E-Mail: schumacher@bfm-wi.de  
Sachgebiet: Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Gewässer,  
Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Mensch

**Senninger, Andrea, Dipl.-Min.**

c/o Erdbaulaboratorium Dresden GmbH  
Stolpener Straße 1  
01477 Fischbach  
Tel.: 035200 32930  
Fax: 035200 32939  
E-Mail: info@eld-gmbh.de  
Internet: www.baugrunderkundung.de  
Sachgebiet: Flächenhafte und standortbezogene Erfassung / Historische Erkundung,  
Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Gewässer,  
Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Pflanze,  
Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Mensch,  
Sanierung

**Zernke, Bernd, Dr. rer. nat.**

Schulweg 48

09599 Freiberg

Tel.: 03731 369273

Fax: 03731 369200

E-Mail: [b.zernke@geosfreiberg.de](mailto:b.zernke@geosfreiberg.de)

Internet: [www.geosfreiberg.de](http://www.geosfreiberg.de)

Sachgebiet: Flächenhafte und standortbezogene Erfassung / Historische Erkundung



## 12. Kurzinformationen

### Überarbeitung Branchenblatt Tankstellen

In der Schriftenreihe des LfUG „Branchenbezogene Merkblätter zur Altlastenbehandlung“ wurde das Branchenblatt Nr. 4 – Tankstellen / Tanklager im Herbst 2006 hinsichtlich der folgenden Punkte überarbeitet.

- Ergänzung des Parameters MTBE
- Ergänzung von Analysehinweisen bei den Kohlenwasserstoffen (insbesondere bei den Kohlenwasserstoffen unterhalb C<sub>10</sub>, siehe Tabelle 6b Fußnoten)

Das neue Branchenblatt ist im Internet unter

[http://www.umwelt.sachsen.de/de/wu/umwelt/lfug/lfug-internet/documents/4\\_Tankstellen.pdf](http://www.umwelt.sachsen.de/de/wu/umwelt/lfug/lfug-internet/documents/4_Tankstellen.pdf)  
an Stelle des alten Branchenblattes eingestellt.

Christina Lausch, LfUG

### Vorankündigung des XVIII. Sächsischen Altlastenkolloquiums am 6./7.11.2007

Das XVIII. Sächsische Altlastenkolloquium findet unter dem Thema: „Natürliche Schadstoffminderungsprozesse bei der Altlastenbehandlung - Ergebnisse aus dem Forschungsvorhaben KORA und Anwendungsstrategien“ im ICC Dresden statt.

Das Tagungsprogramm ist auf der Homepage des DGFZ verfügbar unter:

[http://www.dgfz.de/index\\_altlastenkolloquium](http://www.dgfz.de/index_altlastenkolloquium)

### Informationen zur Veranstaltung 06.06.2007 in Dresden „Die EU-Wasserrahmenrichtlinie- Umsetzung des Grundwasser- monitoringkonzeptes in Sachsen“

Auf dieser Veranstaltung wurde über die Vorgehensweise beim Aufbau des Grundwassermonitorings und über die Ergebnisse eines Forschungsvorhabens zur flächenhaften Bewertung von Grundwasserkörpern in Sachsen berichtet, die gemeinsam vom Sächsischen Landesamt für Umwelt und Geologie und der Akademie der Sächsischen Landesstiftung Natur und Umwelt in Dresden durchgeführt worden ist.

Ziel der EU-Wasserrahmenrichtlinie (RL 2000/60/EG vom 23.10.2000) ist es u. a., flächendeckend einen „guten Zustand des Grundwassers“ zu erreichen. Nach Artikel 8 sind für die Überwachung des Grund- und Oberflächenwassers Programme aufzustellen, die einen zusammenhängenden und umfassenden Überblick über den Zustand der Gewässer ermöglichen. Diese Monitoringprogramme müssen nach Vorgabe der WRRL bis zum 22.12.2006 anwendungsbereit vorliegen.



Die Ergebnisse des Monitorings sind wesentliche Voraussetzungen für die Erstellung der Bewirtschaftungspläne bzw. Maßnahmenprogramme bis zum Dezember 2009.

### **Ziel und Ansprechpartner**

Zielstellung der Vorträge war es, die Anforderungen der WRRL an die Grundwasserbeobachtung vorzustellen und das Lösungskonzept des Landesamtes bei der Umsetzung dieser Anforderungen zu erläutern sowie die Ergebnisse darzustellen.

Die Veranstaltung richtete sich an die MitarbeiterInnen der Regierungspräsidien, unteren Wasserbehörden, der Umweltbetriebsgesellschaft, von wissenschaftlichen Einrichtungen, Ingenieurbüros, Bergbau- und Wasserversorgungsunternehmen sowie die interessierte Fachöffentlichkeit.

### **Schwerpunkte**

Vortragsthemen waren insbesondere.:

- Grundwassermonitoringsystem in Sachsen
- Ableitung von Beschaffenheitsmustern des Grundwassers als Grundlage für die Bewertung von Grundwassermessstellen
- Auswertungen mit dem Programm KONTA als Hilfsmittel für die Bewertung von Messstellen sowie für die Ableitung spezifischer Beschaffenheitsmuster
- Ausgrenzung von Zuflussgebieten
- Übertragung von Punktinformationen auf die Fläche
- Einsatz von Multiparametersonden beim Aufbau der operativen Überwachung von diffusen Stoffeinträgen
- Einsatz von SAL/Temp-Messungen als ersten Prüfungsschritt bei der Bewertung der Funktionsfähigkeit von Grundwassermessstellen
- Festlegung von Schwellenwerten als Grundwasserqualitätsnorm
- Umsetzung der EU-Richtlinie zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung (Tochterrichtlinie) in Sachsen

Informationen zum Programm unter:

[http://www.umwelt.sachsen.de/de/wu/umwelt/lfug/lfug-internet/wasser\\_14167.html](http://www.umwelt.sachsen.de/de/wu/umwelt/lfug/lfug-internet/wasser_14167.html)

Der Tagungsband kann bei der Akademie der Sächsischen Landesstiftung Natur und Umwelt gegen einen Unkostenbeitrag von 10 Euro unter der E-Mail-Adresse

[poststelle.adl@lanu.smul.sachsen.de](mailto:poststelle.adl@lanu.smul.sachsen.de) bezogen werden.:

oder als Datei unter:

[http://www.umwelt.sachsen.de/de/wu/umwelt/lfug/lfug-internet/wasser\\_14163.html](http://www.umwelt.sachsen.de/de/wu/umwelt/lfug/lfug-internet/wasser_14163.html)

Rosemarie Lankau, LfUG

## **Unterlagen zur Weiterbildung „Repräsentative Grundwasserprobennahme“ 2006**

Vom 02 bis 04. November 2006 fand im Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt in Magdeburg die vierte Weiterbildungsveranstaltung „Repräsentative Grundwasserprobennahme“ statt. Neu in den Arbeitskreis der Länder Sachsen und Sachsen-Anhalt ist Brandenburg aufgenommen worden.

Das Sächsische Landesamt für Umwelt und Geologie, das Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, das Landesamt für Geologie und Bergwesen LSA, die Staatliche Umweltbetriebsgesellschaft Sachsen, der Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt, das Landesumweltamt Brandenburg, das UFZ-

Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH und die Akademie der Sächsischen Landesstiftung Natur und Umwelt hatten zu dieser Veranstaltung eingeladen. Das Konzept knüpfte an die bisherigen Lehrgänge an und bestand wie in den vergangenen Jahren aus einem Vortragsteil und einem Praktikum. Sie wurde durch eine Fachexkursion abgerundet.

In den siebzehn Vorträgen wurden u.a. folgende Schwerpunkte bearbeitet:

- Auswirkungen der EU-Wasserrahmenrichtlinie auf die Grundwasserbeobachtung
- Besonderheiten bei der Probennahme wie z. B. die Probennahme mit Tiefenprobennehmer und die Probennahme aus Geringleitern
- Besonderheiten bei der Untersuchung organischer Schadstoffe - Möglichkeiten und Grenzen der LHKW-Analytik
- Umgang mit den Geringfügigkeitsschwellenwerten bei der Bewertung des Grundwassers
- Bohrverfahren zur Errichtung von Grundwassermessstellen
- Eignungsprüfung an Grundwassermessstellen

Die Weiterbildungsunterlagen werden in den Materialien für Wasserwirtschaft des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie publiziert und können im Internet abgerufen werden unter:

[http://www.umwelt.sachsen.de/de/wu/umwelt/lfug/lfug-internet/veroeffentlichungen\\_9136.html](http://www.umwelt.sachsen.de/de/wu/umwelt/lfug/lfug-internet/veroeffentlichungen_9136.html)

Die nächste Weiterbildung „Repräsentative Grundwasserprobennahme“ ist 2008 geplant.

Rosemarie Lankau, LfUG

## Kontaktadressen der Autoren

- Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG), Referat Grundwasser / Altlasten, 01109 Dresden, Zur Wetterwarte 11, ☎ 0351 - 8928 -  
Frau Antje Sohr (411), Frau Karin Kuhn (242), Frau Rosemarie Lankau (248), Frau Christina Lausch (324), Herr Jens Fahl (407), Herr Peter Boerke (409), Herr Klaus Duscher (425), Herr Heiko Ihling (325);  
Herr Karl-Heinz Thuss, Referat Ingenieurgeologie ☎ 03731 - 294-147  
[\[Vorname\].\[Nachname\]@smul.sachsen.de](mailto:[Vorname].[Nachname]@smul.sachsen.de)
- Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH), Fachbereich Bauingenieurwesen/Architektur, Friedrich-List-Platz 1  
Herr Prof. Thomas Grischek ☎ 0351 - 4623350, [grischek@htw-dresden.de](mailto:grischek@htw-dresden.de)  
Herr Wolfgang Macheleidt ☎ 0351- 4623388, [mach@htw-dresden.de](mailto:mach@htw-dresden.de)
- Ingenieurbüro für Wasser und Boden GmbH, 01728 Bannewitz/OT Possendorf, Turnerweg 6, Herr Bertram Fritzsche ☎ 035206 - 397303  
[fritzsche@iwb-possendorf.de](mailto:fritzsche@iwb-possendorf.de)
- Phönix-Gründerzentrum, 13507 Berlin, Am Borsigturm 40,  
Herr Dr. Stephan Hannappel ☎ 030 – 43726730, [hannapel@hydor.de](mailto:hannapel@hydor.de)  
Frau Silke Reinhardt ☎ 030 – 43726732, [post@hydor.de](mailto:post@hydor.de)
- CC Computersysteme und Kommunikationstechnik GmbH, 01219 Dresden, Wiener Str. 114-116, Herr Ulrich Walter ☎ 0351 – 876920, [walter@cc-dresden.de](mailto:walter@cc-dresden.de)