



Das Lebensministerium



Grundwasser Altlasten Aktuell 1/2003

Informationen zur Altlastenbehandlung in Sachsen

Freistaat  Sachsen

Landesamt für Umwelt und Geologie

Grundwasser-Altlasten-Aktuell 1/2003

Materialien zur Altlastenbehandlung 2003

Informationen zur Altlastenbehandlung in Sachsen



Titelbild: Holzimprägnierwerk Wülknitz

Foto: P. Börke

Herausgeber:

Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie
Zur Wetterwarte 11, D-01109 Dresden
eMail: Poststelle@lfug.smul.sachsen.de

Bearbeitung:

Referat Grundwasser, Altlasten
Abteilung Wasser, Abfall

Redaktionsschluss:

Mai 2003

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.

Das Sächsische Landesamt für Umwelt und Geologie ist im Internet. Adresse <http://www.umwelt.sachsen.de/lfug>

Inhaltsverzeichnis

Einführung

1.	Bewertungshilfen bei der Gefahrenverdachtsermittlung in der Altlastenbehandlung ...	5
2.	Sickerwasserprognose	6
3.	Handbuch zur Altlastenbehandlung, Teil 7, Detailuntersuchung	8
4.	Neues zu SALKA 2000	11
5.	Programm GEFA 4.0	13
6.	Neue Programmversion XUMA-A ^{MOR} / STARS.....	17
7.	Programm zur Bewertung von Bodenkontaminationen „EXPOSI 1.2“	18
8.	Rückschau Weiterbildung „Repräsentative Grundwasserprobennahme“	22
9.	Neues Merkblatt „Grundwasserprobennahme“	23
10.	Eine Untersuchung zum Einfluss voll verfilterter Messstellen auf die Grundwasserbeschaffenheit	25
11.	Hochwasser im Grundwasser	26
12.	Modellstandort Freital Saugrund – spezielles Auswerteverfahren der Grundwasserstandsganglinien aus einer Trockenperiode.....	29
13.	Anwendungspotenzen von tensidgestützten In-Situ-Verfahren bei der Sanierung von Altlasten	33
14.	Aktualisierung des Projekthandbuches zur Altlastenfreistellung	39
15.	Forschungsvorhaben „Tierpharmaka“	41
16.	Forschungsvorhaben „Abbauverhalten von komplexen Cyanidverbindungen“	44
17.	Untersuchung zum Einfluss von Sumpfrohren auf die Grundwasser-probennahme ..	48
18.	Untersuchung des Einflusses des Abpumpvolumenstromes auf die Partikelzahl im Förderstrom der Pumpe.....	50
19.	Vergleich von Partikelmessung und Trübungsmessung beim Abpumpen von Grundwassermessstellen	52
20.	Stand zu Sachverständigen nach § 18 Bundesbodenschutzgesetz.....	54
21.	Zum Schluss	56

Informationen zur Referatsstruktur

Einführung

Um die bisherige Reihe „Altlasten Aktuell“ einem breiteren Fachpublikum zu erschließen und um die Verknüpfung der Themen Grundwasser mit Altlasten besser darstellen zu können, ist der neue Titel dieser Reihe „Grundwasser und Altlasten Aktuell“.

Die Behandlung von Altlasten ist durch eine Reihe rechtlicher und fachlicher Vorgaben geregelt. Dabei sind vor allem die seit 1999 gültigen Anforderungen des Bundesbodenschutzgesetzes sowie der Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung zu beachten. In bewährter Weise wird auch die neue Reihe auf Veröffentlichungen aus dem Altlastenbereich hinweisen, die die gesetzlichen Grundlagen untersetzen, Erfahrungen bei der Altlastenbearbeitung auswerten, auf Forschungsthemen verweisen und kurzfristig aktuelle Themen aufgreifen und kommentieren.

Im Bereich Grundwasser wird auf Veröffentlichungen des Landesamtes für Umwelt und Geologie (LfUG) hingewiesen, Arbeitsergebnisse vorgestellt und der Stand der Entwicklung des Handbuches Grundwasserbeobachtung dargestellt. In diesem Handbuch erfolgt die Zusammenstellung der Aufgaben der Grundwasserbeobachtung von der Messnetzkonzeption über die Erhebung, Speicherung und Prüfung der Daten bis zu den Ergebnissen.

Aktuelle Informationen zu neuen Entwicklungen sind wichtig für eine effektive Arbeit auf den Gebieten Grundwasser und Altlasten und für eine optimale Zusammenarbeit zwischen Umweltbehörden, Verpflichteten und Sachverständigen.

„Grundwasser und Altlasten Aktuell“ wird vom LfUG in Abstimmung mit der Landesfachgruppe „Grundwasser und Altlasten“ bekannt gemacht. Es erscheint ein bis zwei mal pro Jahr. Jede Ausgabe enthält i.d.R. ein Schwerpunktthema, kurze Sachinformationen und Hinweise zu weiterführender Literatur und deren Bezugsquellen. Das Konzept ist offen für Anregungen und Hinweise, die das LfUG gern entgegennimmt. Zur Wahrung der Aktualität der Themen werden die Ausgaben jetzt vorzugsweise per e-mail verschickt. Für Interessenten ohne Internetadresse wird es weiterhin ein Papierexemplar geben.



1. Bewertungshilfen bei der Gefahrenverdachtsermittlung in der Altlastenbehandlung

Antje Sohr (LfUG)

Seit Dezember 2002 steht das Material „Bewertungshilfen bei der Gefahrenverdachtsermittlung in der Altlastenbehandlung im Internet zur Verfügung unter <http://www.umwelt.sachsen.de/lfug> → Abfall&Altlasten-→ Altlasten→salfaweb unter [Gesetze/Arbeitshilfen und Materialien zur Altlastenbehandlung].

Im Laufe der stufenweisen Erkundung von altlastverdächtigen Flächen fallen erstmals bei der Orientierenden Untersuchung aktuelle Analysenergebnisse von Schadstoffkonzentrationen in Umweltmedien an. Entsprechend der Zielstellung der Orientierenden Untersuchung nach Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG) sind diese darauf zu prüfen, ob sie den bestehenden Gefahrenverdacht als hinreichend bestätigen und damit den Handlungsbedarf einer Detailuntersuchung begründen.

Die Prüfung soll insbesondere auch durch einen Vergleich der Messwerte mit Prüf- oder Maßnahmenwerten erfolgen, die für die Wirkungspfade Boden-Mensch, Boden-Nutzpflanze und Boden-Grundwasser im Anhang 2 der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) für einige Parameter aufgelistet sind. Diese Prüf- oder Maßnahmenwerte sind damit verbindlich geregelt.

Darüber hinaus sind für die Altlastenbearbeitung weitere Parameter, Wirkungspfade und Konzentrationsschwellen zu bewerten, wozu Orientierungswerte dienen, die nur empfehlenden Charakter tragen.

Die wirkungspfadbezogene Zusammenstellung der Werte unterscheidet sowohl nach ihrem gesetzlichen Status als auch nach ihrer Zuordnung zum Niveau des Gefahrenverdacht (mit und ohne Restrisiko).

In einem 2. Teil werden die aktuellen Werte der Stoffgefährlichkeit r_o für Einzelstoffe, Branchen und Abfallarten zusammengestellt. Erstmals sind neben der humantoxikologischen Stoffgefährlichkeit auch Werte für die ökotoxikologische Stoffgefährlichkeit zur Bewertung des Schutzgutes Oberflächenwasser angegeben.

Mit dem Erscheinen dieses Materialienbandes verlieren der bisherige Band 2 (1995) "Empfehlung zur Handhabung von Prüf- und Maßnahmenwerten für die Gefährdungsabschätzung von Altlasten in Sachsen" sowie die Stoffgefährlichkeits-Tabellen in den bisher erschienenen Handbuchteilen ihre Gültigkeit.



2. Sickerwasserprognose

Antje Sohr (LfUG)

Zu diesem Thema wird seit der Verabschiedung des Bundesbodenschutzgesetzes (BBodSchG) und der –verordnung sehr viel diskutiert.

Eine Sickerwasserprognose ist bei der Bewertung einer Gefahr für das Grundwasser vorgeschrieben. Wie sie auszusehen hat, ist offen.

Da wir auch vor Einführung des BBodSchG schon Ingenieurbüros mit Sachverstand hatten, sind die Kriterien, die bisher eine Rolle bei der Gefährdungsabschätzung für das Grundwasser bzw. über das Grundwasser für den Menschen gespielt haben, nach wie vor relevant. Dazu gehören beispielsweise Grundwasserflurabstand, Durchlässigkeit des Bodens, Grundwassergeschützteitsklasse, Niederschlag, Verdunstung, Art der Schadstoffe, Löslichkeit, etc. Diese Kriterien sind übrigens auch im Abschätzungsprogramm GEFA enthalten.

Je nach Stufe der Altlastenbehandlung liegen für einen Standort geringe bzw. umfangreiche Kenntnisse vor.

Damit wird eine Sickerwasserprognose in der Orientierenden Untersuchung (OU) i.d.R. eine Konzentrationsabschätzung sein. Nur der Begriff „Ort der Beurteilung“ ist neu, allerdings für den Pfad Boden-Grundwasser schwerlich praxistauglich zu erfassen. Der Bereich des Übergangs von der ungesättigten Bodenzone zur gesättigten Zone ist kein einzelner Ort bzw. Punkt, sondern eine Fläche unterhalb des Schadherdes. Verschiedene Konzentrationen (räumlich, zeitlich) können nur zu einer eher ungenauen Abschätzung führen. Man schätzt „zum Ort der Beurteilung hin“ ab. Grundwasseruntersuchungen haben den Vorteil, dass sie nachweisen, was im Grundwasser angekommen ist und einen integralen Messwert darstellen (zusammenfassen der Einflüsse). Sie geben allerdings keine Auskunft darüber, was sich noch in der ungesättigten Bodenzone Richtung Grundwasser bewegt. Ziel der Sickerwasserprognose in der OU ist die Feststellung, ob für die altlastverdächtige Fläche hinsichtlich des Wirkungspfades Boden-Grundwasser-(Mensch) ein weiterer Handlungsbedarf besteht, also eine Detailuntersuchung notwendig ist oder nicht.

Der Unterausschuss Sickerwasserprognose des ALA (Altlastenausschuss der Bund-/ Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz) hat dazu das Material „Sickerwasserprognose bei orientierenden Untersuchungen“ erarbeitet. Es gibt Hinweise zu möglichen Abschätzungen. Dieses Material wird auch für Sachsen empfohlen (Veröffentlichung 2003). Bei Bedarfsanforderung kann es vorab zugesendet werden.

Die Sickerwasserprognose in der Detailuntersuchung (DU) wird i.d.R. neben einer genaueren Konzentrationsabschätzung auch eine Frachtaberschätzung beinhalten. Auch diese wird „nur“ eine Abschätzung sein und sein können. Ziel der Sickerwasserprognose in der DU ist die Feststellung, ob eine Gefahr/Schaden für das Grundwasser bzw. eine Gefahr für den

Menschen vorliegt (und damit eine Altlast) oder nicht. Neben den verschiedenen Möglichkeiten zur Festsetzung des Ist-zustandes ist hier aber die Abschätzung der räumlichen und zeitlichen Entwicklung maßgebend. Eine Hilfestellung dazu soll die Leistungsbeschreibung (LB) Sickerwasserprognose liefern, die derzeit im Auftrag des LfUG erarbeitet wird. Diese LB dient der Abschätzung der räumlichen und zeitlichen Entwicklung des Schadstofftransportes aus dem kontaminierten Bereich anhand von Laboruntersuchungen. Verschiedenen Laboruntersuchungen werden gezielt kombiniert um eine Aussage zum derzeitigen und zukünftigen Schadstoffaustrag zu erhalten. In Abhängigkeit von der Bodenart und der Art der Schadstoffe (anorganische, organische) wird die Methode des Vorgehens beschrieben. Die Laboruntersuchungen beginnen mit einem Test nach DIN 38414-S4. Nach einer modifizierten Auswertung werden bei Überschreitung der Prüfwerte Sickerwasser weitere Laborversuche notwendig, bei Unterschreitung geht keine Gefahr von den Bodenproben für das Grundwasser aus. Eine Veröffentlichung dazu ist in diesem Jahr geplant.

Die verschiedenen Methoden der Sickerwasserprognose (Laboruntersuchungen, Vor-Ort-Untersuchungen zum Sickerwasser/Grundwasser, Modelle) werden derzeit ausführlich erforscht (BMBF mit 42 Themen zur Sickerwasserprognose).

Wichtig für die Praxis ist die nachvollziehbare Darstellung der Entscheidungsfindung auf Grundlage der Abschätzung von Konzentrationen bzw. Frachten unter Beachtung der möglichen Nachlieferung aus der ungesättigten Zone unter Einbeziehung der Erfahrungen aus ähnlichen Standorten. Bei Feststellung eines Grundwasserschadens in der DU erfolgt nach der Sickerwasserprognose eine Prüfung der Tolerierbarkeit entsprechend des (vorläufigen) Rahmenerlasses vom 27.06.2000, siehe

<http://www.umwelt.sachsen.de/lfug> → Abfall&Altlasten → Altlasten → salfaweb unter Gesetze/Arbeitshilfen → Erlasse.



3. Handbuch zur Altlastenbehandlung, Teil 7, Detailuntersuchung

Antje Sohr (LfUG)

Seit Januar 2003 steht das Handbuch zur Altlastenbehandlung, Teil 7, im Internet unter <http://www.umwelt.sachsen.de/lfug> → Abfall&Altlasten → Altlasten → salfaweb → [Gesetze/Arbeitshilfen] → [Handbuch zur Altlastenbehandlung] zur Verfügung. Eine Papierversion folgt im Laufe des Jahres 2003.

Mit diesem Handbuch wird eine umfassende Handlungsempfehlung zur Durchführung und Bewertung einer Detailuntersuchung im Rahmen einer stufenweisen Altlastenbearbeitung gegeben. Den Schwerpunkt bilden die einzelfallspezifische Expositionsabschätzung für alle relevanten Pfade und Schutzgüter und die daraus abzuleitende Untersuchungsstrategie. Anzustreben ist eine Deckungsgleichheit zwischen den zur Bewertung nötigen und den in der Untersuchung ermittelten Daten.

Die dargestellte Methodik soll vor allem dem Gutachter, aber auch dem Verpflichteten und der zuständigen Behörde zeigen, welche Arbeitsschritte für eine qualitätsgerechte Erkundung und Bewertung notwendig sind und wie dies auf der Grundlage des gegenwärtigen Kenntnisstandes möglich ist.

Der Inhalt des Handbuches wurde von einer Arbeitsgemeinschaft Dresdner Grundwasser Consulting GmbH und focon-Ingenieurgesellschaft für Umwelttechnologie- und Forschungsconsulting mbH Aachen im Auftrag und unter fachlicher Mitwirkung des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie erarbeitet.

Nachfolgend werden die Schwerpunkte der im Handbuch erläuterten Schritte der Detailuntersuchung kurz dargestellt.

Erkundungsstrategie (Kapitel 5)

Auf der Basis einer möglichst detaillierten Aufgabenstellung (mit Leistungsbeschreibung) des Auftraggebers ist die Detailuntersuchung mit der Ausarbeitung der Erkundungsstrategie unter Berücksichtigung der im Ablaufdiagramm genannten Punkte zu beginnen. Bei der Erarbeitung der Erkundungsstrategie ist das im Rahmen der Orientierenden Untersuchung erstellte Konzept dahingehend zu erweitern, dass für die endgültige Klärung des Gefahrenbestandes alle notwendigen Daten im erforderlichen Umfang erhoben werden. Hierbei ist hervorzuheben, dass die Schadstoffkonzentration im Kontaktmedium zu messen bzw. aus Werten im Transportmedium oder Schadherd zu prognostizieren ist. Ebenso sind repräsentative Hintergrundwerte zu ermitteln.

Die Erkundungsstrategie sollte als erster Schritt jeder Bearbeitung in einem Arbeitsplan dem jeweiligen Auftraggeber übergeben und in einer Anlaufberatung bestätigt werden. Dieser

sehr wichtige Schritt sichert eine erfolgreiche Durchführung und Bewertbarkeit der Detailuntersuchung.

Technische Untersuchung (Kapitel 6)

Im Rahmen der Standortuntersuchungen erfolgt die Gewinnung der Primärdaten. Je nach Relevanz der jeweiligen Wirkungspfade und Schutzgüter umfassen die Untersuchungen die Medien Boden, Grund- und Oberflächenwasser, Bodenluft, Deponiegas, Innenraumluft bzw. Außenluft. Dabei können auch bereits eingetretene Schadstoffanreicherungen in Organismen Gegenstand der Untersuchungen sein.

Die Primärdaten sind unter Beachtung der einschlägigen Gesetze und Richtlinien zu erheben, zu dokumentieren und auszuwerten. Dazu gehören beispielsweise alle Aufschluss- und Testarbeiten zur Erzielung repräsentativer Angaben zu den geologisch-hydrogeologischen Verhältnissen, die Bestimmung der geohydraulischen Kennwerte sowie Probennahmen für die Analytik der relevanten Schadstoffparameter. Diese Arbeiten bedürfen einer lückenlosen fachtechnischen Betreuung durch entsprechend qualifiziertes Personal, da von diesen Ergebnissen die zu treffenden Entscheidungen zur Gefährdungssituation ursächlich abhängen.

Auf entsprechende Referenzen, Akkreditierungen und Zulassungen ist zu achten. Fachlich-methodische Fehler z. B. bei der Probennahme können gravierende Auswirkungen auf Art, Umfang und Kosten notwendiger Sicherungs- und Dekontaminationsmaßnahmen haben, die in keinem Verhältnis zu den Untersuchungsaufwendungen stehen.

Prognose (Kapitel 7)

Mit den durch die technischen Maßnahmen im Untersuchungsgebiet erhobenen Daten erfolgt eine Prognose der zeitlichen und räumlichen Entwicklung der Kontamination. Die Abschätzungen müssen eine Bewertung der Entwicklung der Gefährdung für alle relevanten Schutzgüter ermöglichen. Hierzu sind ebenso Messwerte der Hintergrundkonzentrationen einzubeziehen, die unabhängig von der zu bewertenden Kontamination sind.

Bei komplexem Schadstoffmuster, größeren und komplizierten Betrachtungsgebieten und mehreren, in Zusammenhang stehenden Schadherden ist eine integrale Betrachtung notwendig, die in den meisten Fällen modellgestützt erfolgen sollte. Dazu sind geeignete Strömungs- und Beschaffenheitsmodelle einzusetzen, die die Vorgänge der Schadstoffausbreitung, des Abbaues, der Rückhaltung und Anlagerung von Stoffen mit entsprechenden Faktoren berücksichtigen. Mit diesen Modellberechnungen sind die zur Gefahrenprognose notwendigen Aussagen zu stützen.

Bewertung (Kapitel 8)

Die Bewertung der im Rahmen der technischen Untersuchung gewonnenen Daten sowie der Prognoseergebnisse für die räumliche und zeitliche Entwicklung der Schadstoffe in den Wirkungspfaden stellt den Schwerpunkt der Detailuntersuchung dar. Grundlage der Bewertung bildet die standort- bzw. nutzungsbezogene Expositions- und Risikoabschätzung für alle relevanten Schutzgüter. Hierunter wird die Beurteilung der Einwirkung der Schadstoffe auf die Schutzgüter verstanden.

Zur Gefährdungsabschätzung für die einzelnen Schutzgüter in den konkreten Schutzobjekten ist deren Schadstoffexposition über die jeweiligen Kontaktmedien zu ermitteln. Dabei ist die Kontaktmedienaufnahme mit der gemessenen Schadstoffkonzentration im Kontaktmedium zu multiplizieren und zu human- bzw. ökotoxikologisch tolerablen Dosen ins Verhältnis zu setzen. Im Sinne einer integralen Betrachtung sind sowohl alle für ein Schutzobjekt wirkende Aufnahmepfade, alle auf ein Schutzobjekt einwirkenden Schadherde als auch alle von einem Schadherd beeinflussten Schutzobjekte anteilmäßig zu erfassen und hinsichtlich ihres Beitrages zur Gefährdung von Schutzobjekten zu wichten.

Im Rahmen der abschließenden Gefährdungsabschätzung ist die Entscheidung über den Gefahrentatbestand zu treffen.

Ableitung des weiteren Handlungsbedarfes und Sanierungszielwerte (Kapitel 9 und 10)

Auf der Grundlage der Ergebnisse der Bewertung ist der weitere Handlungsbedarf abzuleiten. Bei der Feststellung bzw. Prognose eines (nicht tolerierbaren) Schadens ist eine Sanierungsuntersuchung durchzuführen. Im Rahmen der Detailuntersuchung sind hierbei vorläufige Sanierungszielwerte abzuleiten, die sich an der Beseitigung der eingetretenen bzw. prognostizierten Gefahr orientieren. Die Ermittlung von vorläufigen Sanierungszielwerten für das Kontaktmedium erfolgt durch Rückrechnung der Expositionsabschätzung bis zum Kontaktmedium, ggf. auch bis zum Transportmedium. Eine Verhältnismäßigkeitsprüfung in Frage kommender Sanierungsverfahren und damit Festlegung endgültiger Sanierungsziele findet im erst Rahmen der Sanierungsuntersuchung statt.

Wird keine Gefahr für die Schutzgüter festgestellt, so ergibt sich als weiterer Handlungsbedarf bei nutzungsabhängiger Bewertung ein Belassen im Sächsischen Altlastenkataster (SALKA) bzw. ein Archivieren bei nutzungsunabhängiger Bewertung bzw. Bewertung der sensibelsten Nutzung.

Ist hinsichtlich der Feststellung bzw. Prognose eines (nicht tolerierbaren) Schadens noch keine Entscheidung möglich, sind Überwachungsmaßnahmen einzuleiten, in deren Ergebnis erneut eine Bewertung durchzuführen ist.

Das vorliegende Material hat trotz vieler Verweise einen Umfang von 245 Seiten. Außerdem kommen die Anlagen mit 100 Seiten dazu. Durch den wirkungspfadbezogenen Aufbau (9 Wirkungspfade) ist aber eine gute Handhabung, ähnlich einem Nachschlagewerk, gewährleistet. Eventueller Schulungsbedarf ist unter monika.zink@fug.smul.sachsen.de anzumelden.



4. Neues zu SALKA 2000

Heidemarie Wagner (LfUG)

Die Programmversion SALKA 2000 des Sächsischen Altlastenkatasters ist jetzt seit zwei Jahren im Einsatz. Neben den anfangs zu beseitigenden Kinderkrankheiten eines Programms haben wir mit den letzten Updates auch einige Verbesserungen in der Bedienung eingebaut. Dieser Beitrag soll Ihnen einen Überblick über die Veränderungen im SALKA geben und über Hilfen im Internet informieren.

Informationen im Internet

Die Entwickler von SALKA2000, die Firma CC Computer Concept GmbH Dresden, hat eine Internetseite zu SALKA bereitgestellt, auf der wichtige Informationen und Hilfen zum Programm und die neusten Updates zum Herunterladen bereitgestellt werden. Unter <http://salka.cc-dresden.de> können folgende Informationen abgerufen werden:

- Aktuelle Informationen zum SALKA
- Dokumentationen
- Hilfe und FAQs (frequently asked questions = häufig gestellte Fragen)
- Downloads
- Vertrieb

Besonders aufmerksam gemacht werden soll an dieser Stelle auf die FAQs. Hier sind bisher gemeldete Fehler und Anfragen von Nutzern registriert. Dazu werden Hinweise gegeben wie diese Fehler zu beheben sind. Bei Programmfehlern wird auf das Servicepack verwiesen, mit dem diese Fehler behoben werden.

Im Downloadbereich, befinden sich verschiedene Programme und Updates zum herunterladen. Damit SALKA nicht unkontrolliert verbreitet wird, gibt es einen geschützten Downloadbereich. Dieser kann mit dem Nutzernamen und dem Passwort der Erstanmeldung eingesehen werden. Beachtet werden muss jedoch, dass Anleitungen zum Beispiel zur Installation der Service Packs unter „Hilfe, FAQs“ stehen.

Aktuelle Updates

Zurzeit stehen vier Updates und ein Datenbankupdate für das Programm SALKA 2000 bereit. Beim Einspielen ist unbedingt zu beachten, dass alle vier Updates in der vorgegebenen Reihenfolge übernommen werden.

Weiterhin kann das ArcView-Projekt SalkaView herunter geladen werden. (siehe Altlasten Aktuell Nr. 9)

Änderungen und Ergänzungen im Programm SALKA 2000 (Update SP1 bis SP4)

1. Die Schaltfläche „AKZ suchen“ (Fernrohr unter dem Anzeigenbaum) kann jetzt auch zum Suchen von Bezeichnungen der Altlast bzw. altlastverdächtigen Fläche verwendet werden. Dabei muss nicht exakt die genaue Bezeichnung der Fläche eingegeben werden, es ist ausreichend, wenn der gesuchte Text irgendwo in der Bezeichnung enthalten ist (z.B.: Bei der Eingabe von „Tankstelle“ werden die Bezeichnung „ehemalige Tankstelle“, „Betriebstankstelle“ oder „Tankstelle Hauptstraße“ gefunden aber nicht die „Tankst. Dorfplatz“).
2. Beim Wechsel der verschiedenen Unterformulare zu einer Fläche ist es jetzt möglich, ohne die vorher geöffneten Formulare zu schließen, bereits das nächste Formular aufzurufen. Das heißt, wenn z.B. das dritte Unterformular der Detailerkundung geöffnet ist, jedoch Informationen aus den Formularen Branche, Flurstücke oder Teilfläche benötigt werden, kann sofort in der Menüleiste das gewünschte Formular aufgerufen werden.
3. Pro Teilfläche wird ein zusätzliches Feld zur Prioritätensetzung eingerichtet. Hier können Prioritäten für die weitere Altlastenbearbeitung vergeben werden, die unabhängig von der Bearbeitungsstufen oder Bewertungsergebnissen noch weitere Aspekte berücksichtigen. Für die höchste Priorität (z.B. die Heißen 100) ist die „1“ zu vergeben.
4. Folgende Feldlängen wurden verlängert:
 - behördeninterne Daten – Aktenzeichen – 30 Zeichen
 - Eigentümer – Eigentümername – 60 Zeichen
 - Eigentümer – Eigentümertext – 100 Zeichen
5. Beim automatischen Versenden Ihrer Exportierten SALKA – Daten an das LfUG oder andere Empfänger kommt es teilweise zu Problemen, die mit den Sicherheitseinstellungen auf dem Rechner zusammenhängen, die das automatische Versenden von Emails aus einem Anwenderprogramm untersagen. In diesen Fällen ist es weiterhin notwendig, die Daten selbstständig als Email mit Anlage zu versenden.

Um zu kontrollieren, ob Emails aus SALKA wirklich gesendet wurden, ist es jetzt möglich, diese Emails vor dem Absenden anzusehen und eventuell noch zusätzlich zu bearbeiten. Dazu muss einmalig in der Menüleiste das Fragezeichen und danach Optionen ausgewählt werden. Im darauf folgenden Menü ist das Kästchen „Mail mit Vorschau senden“ zu setzen.
6. Die Exportschnittstelle zur GIS-Komponente SalkaView wurde um die Felder „Bezeichnung der Altlast“ und „Bezeichnung der Teilfläche“ erweitert.



5. Programm GEFA 4.0

Antje Sohr (LfUG)
Heidemarie Wagner (LfUG)

Das Programm GEFA wird seit 1995 in der Version 3.0 zur Unterstützung bei der Gefährdungsabschätzung von altlastverdächtigen Flächen in den Bearbeitungsstufen historische Erkundung (HE) und orientierende Untersuchung (OU) in Sachsen eingesetzt.

Das Programm wurde sowohl fachlich ergänzt und an die Anforderungen der Bundesbodenschutzverordnung angepasst als auch in der Bedienung verbessert und steht jetzt als GEFA Version 4.0 zur Verfügung. Erstmals sind alle Wirkungspfade/ Schutzgüter bewertbar.

1. Fachliche Änderungen und Ergänzungen

Ergänzung der Schutzgüter/Wirkungspfade

Im GEFA 3.0 war die Bewertung folgender Schutzgüter/Wirkungspfade möglich:

• Boden-Mensch	→ GEFA – Bearbeitung Boden
• Boden-Pflanze-Mensch	→ GEFA – Bearbeitung Boden
• Boden–Grundwasser	→ GEFA – Bearbeitung Grundwasser
• Boden-Grundwasser-Mensch	→ GEFA – Bearbeitung Grundwasser

Im GEFA 4.0 erfolgte eine Erweiterung um die Pfade:

• Boden-Oberflächenwasser-Mensch	→ GEFA – Bearbeitung Oberflächenwasser-Mensch
• Boden-Oberflächenwasser-aquatische Lebensgemeinschaft	→ GEFA – Bearbeitung Oberflächenwasser-aquatische Lebensgemeinschaft
• Boden-Luft-Mensch	→ GEFA – Bearbeitung Luft

Damit stehen für alle Wirkungspfade und Schutzgüter Bewertungskriterien entsprechend dem Handbuch zur Altlastenbehandlung Teile 3 (Grundwasser), 4 (Boden), 5 (Oberflächenwasser) und 6 (Luft) zur Verfügung.

Stoffgefährlichkeiten

GEFA 3.0 enthält Stoffgefährlichkeiten (Skala 1 bis 6) für altlastenrelevante Stoffe, die pfadunspezifisch sind. In GEFA 4.0 sind die Stoffgefährlichkeiten jetzt pfadspezifisch hinterlegt. Beispielsweise ist die Stoffgefährlichkeit für Phenol bei der inhalativen Aufnahme (-Luft-) wesentlich geringer als bei der oralen Aufnahme (-Boden-).

Vergleich mit Prüf-, Maßnahmen- bzw. weiteren Orientierungswerten

Bewertungsmaßstäbe sind entsprechend Bundesbodenschutzverordnung und dem Material: „Bewertungshilfen bei der Gefahrenverdachtsermittlung in der Altlastenbehandlung“ (siehe Pkt. 1) hinterlegt. Da sich alle Bewertungsmaßstäbe auf zwei Bewertungsniveaus befinden und eine Vereinheitlichung der Begriffe innerhalb des Analyseprogramms notwendig war, gibt es in der Bezeichnung nur „Besorgniswerte“ (entsprechen z.B. im Pfad Boden-Grundwasser den Prüfwerten Sickerwasser) und „Dringlichkeitswerte“ (entsprechen z.B. im Pfad Boden-Mensch den Prüfwerten für den Direktpfad). Die Werte-Zuordnung erfolgte entsprechend dem Material (siehe Pkt. 1).

Sickerwasserprognose nach Bundesbodenschutzverordnung

Alle wesentlichen Einflussfaktoren für eine Sickerwasserprognose nach BBodSchV sind im Programm GEFA enthalten (Grundwasserflurabstand, Lockergestein/Festgestein, Grundwassergeschützteitsklassen, Niederschlag, Löslichkeit der Schadstoffe,...).

Innerhalb der Orientierenden Untersuchung liegt der Schwerpunkt einer Sickerwasserprognose auf der Abschätzung der Sickerwasserkonzentrationen (jetzt bzw. in Zukunft) für den Ort der Beurteilung (Bereich des Übergangs von ungesättigter zur gesättigten Zone) mit dem Ziel einer Entscheidung, ob ein weiterer Handlungsbedarf notwendig ist oder nicht.

Sind Sickerwasserkonzentrationen ermittelt worden, können sie mit den Prüfwerten für Sickerwasser entsprechend BBodSchV in m_{II} verglichen werden. Je nach Ort der Probennahme ist eine Abschätzung für den Ort der Beurteilung notwendig. Liegen z.B. repräsentative Sickerwasserkonzentrationen am Ort der Probennahme unterhalb der Prüfwerte für Sickerwasser sind die Konzentrationen am Ort der Beurteilung auch unterhalb der Prüfwerte anzunehmen. I.d.R. ist dann ein maximaler Abschlag (-0.8) einzugeben, da kein Handlungsbedarf besteht. Die Bewertung mittels Zu- bzw. Abschlägen muss entsprechend der gutachterlichen Abschätzung erfolgen.

Handlungsbedarf

Der Handlungsbedarf ist nicht mehr automatisch an den maximalen Risikowert R_{max} gekoppelt. Der R- Wert dient damit vor allem der Priorisierung der einzelnen altlastverdächtigen Flächen und ist ein Hinweis auf den Handlungsbedarf.

Der Handlungsbedarf lässt sich frei eingeben (A, B, C, E) und muss durch ein weiteres Auswahlfeld nachvollziehbar begründet werden. Folgende Auswahlmöglichkeiten bestehen zur Begründung des Handlungsbedarfs:

- auf Grund der Prüfwerte (PW)
- auf Grund der Orientierungswerte (OW)
- auf Grund der PW bzw. OW und weiterer relevanter Einflussfaktoren (R_{max})
- auf Grund weiterer relevanter Einflussfaktoren

Bei der Auswahl "auf Grund weiterer relevanter Einflussfaktoren", d. h. Einflussfaktoren, die durch GEFA nicht oder nicht ausreichend erfasst sind, ist ein Kommentar Pflicht, ansonsten ist die Angabe ohne Kommentar möglich..

Durch die Änderungen bei der Festlegung des Handlungsbedarfs wurde auch die Druckversion des KONTA-Blattes geändert. Die Begründung des Handlungsbedarfs und der Kommentar des nutzerbestimmten Risikos wurden hinzugefügt.

2. Programmtechnische Änderungen und Ergänzungen von GEFA 4.0

2.1 Übersichtstabelle

Da in GEFA 3.0 noch keine Möglichkeit bestand eine Übersicht über die angelegten und bewerteten Altlasten zu erhalten, wurde dafür eine Erweiterung für GEFA programmiert. Die Übersichtstabelle wird extern erstellt. Der Aufruf erfolgt über das Menü [Start]→[Programme]→[GEFA 4.0 Übersicht-Altlasten]. Dieses Programm erstellt eine HTML Tabelle mit den auf dem PC vorhandenen Altlastendaten. Die HTML-Tabelle kann ggf. in Excel geöffnet und bearbeitet oder gedruckt werden. Sie hat folgenden Aufbau:

Übersicht Bewertungsfälle

B: Bewerteter Bewertungsfall
A: Angelegter, nicht bewerteter Bewertungsfall

Altlastenverdachtsfläche	Verzeichnis	Fläche	Schutzobjekt	GW	GW	BO	BO	LU	LU	OM	OM	OA	OA
				BN 1	BN 2								
00000333: Test-OM	AL61	Gesamte Altlast	Oberflächenwasser							A			
00000333: Test-OM	AL61	Gesamte Altlast	test übernahme							A			
00006000: Testfläche Nr. 2	AL66	Gesamte Altlast	Aufenthaltsfläche			B							
00006000: Testfläche Nr. 2	AL66	Gesamte Altlast	1. Grundwasserleiter	A									

2.2 Neue Funktionen und Änderungen in der Bedienung

Altlastenverdachtsfläche anlegen/bearbeiten

Die Altlastenkennziffer kann bei Bedarf nachträglich verändert werden. Dabei werden alle Anzeigen entsprechend angepasst.

Teilfläche anlegen

Beim Anlegen der Teilfläche kann die Teilflächennummer jetzt auch dreistellig angegeben werden. Die Teilflächennummer kann nachträglich nicht mehr geändert werden.

Bei einer Verdachtsfläche vom Typ Altstandort mit Altablagerung kann der Typ der Teilfläche frei gewählt werden. Die Vorgabe ist dabei Altstandort mit Altablagerung.

(Hinweis: Beim Anlegen neuer Teilflächen im Programm GEFA muss immer auf die bereits vorhandenen Teilflächen und deren Nummerierung im Sächsischen Altlastenkataster zurückgegriffen werden. Neue Teilflächen sind nur nach Rücksprache mit der unteren Boden-schutzbehörde anzulegen!)

Bewertungsfall anlegen/laden

Der Dialog „vorhandenen Bewertungsfall laden“ wurde überarbeitet. Bei einem direkten Vergleich der alten und der neuen Version ist erkennbar, dass in GEFA 4.0 das Laden von bereits angelegten Bewertungsfällen leichter möglich ist, da dem Benutzer nach Auswahl der Altlastenverdachtsfläche von vornherein nur die Bewertungsfälle, d.h. die Kombinationen aus Teilfläche und Schutzobjekt, angeboten werden, die zur Verfügung stehen.

Wenn ein neuer Bewertungsfall angelegt wird, kann sich der Anwender für die Übernahme von Daten aus einem bereits existierenden Bewertungsfall der gleichen altlastverdächtigen Fläche entscheiden. Soll eine Übernahme erfolgen, so müssen:

- Teilfläche
- Schutzobjekt (indirekt damit das Schutzgut)
- Beweisniveau

für die Quelle angegeben werden. Dann werden alle Merkmalswerte aus dem Original übernommen, sofern das entsprechende Merkmal im aktuellen Fall existiert und der Wert vorgegeben ist (bei Auswahlwerten).

Nach einer erfolgreichen Übernahme sind also zahlreiche Merkmale des neuen Falles bereits mit Werten belegt. Der Anwender sollte die Korrektheit nochmals prüfen, indem er alle Formulare öffnet und die Angaben kontrolliert. In jedem Fall muss die Bewertung selbst neu ausgeführt werden.

Merkmalswerte editieren

Beim Eingeben von Merkmalswerten für Merkmale vom Werttyp freie Eingabe/Zeichenkette dürfen maximal 50 Zeichen angegeben werden.

Datenübernahme von GEFA 3.0 – Daten

Die Übernahme von Daten aus GEFA 3.0 ist möglich, wird aber nur im Ausnahmefall empfohlen. Auf jeden Fall müssen die Daten überarbeitet und neu bewertet werden.

3. Vertrieb und Schulungen

Der Vertrieb erfolgt kostenfrei über das Internet. Download des Installationspaketes ist möglich über das Sächsische Altlasteninformationssystem SalfaWEB, unter:
<http://www.umwelt.sachsen.de/lfug> → Abfall&Altlasten- → Altlasten → salfaweb

Die Weiterentwicklung der Version GEFA 4.0 erfolgte durch die Firma STOLLER. Bei ausreichendem Interesse bietet die Firma Stoller auch kommerziell Schulungen zu GEFA 4.0 an. Anmeldungen können unter www.stoller-dresden.de erfolgen.



6. Neue Programmversion XUMA-A^{MOR} / STARS

Antje Sohr (LfUG)

Das Programm XUMA-A^{MOR} dient der Erstellung eines Analyseplanes innerhalb der Technischen Erkundung eines Standortes, also innerhalb der Orientierenden Untersuchung und innerhalb der Detailuntersuchung. Typische Schadstoffparameter einer Branche werden entsprechend des relevanten Untersuchungsmediums angezeigt. Dieser Grundplan ist dann entsprechend des Einzelstandortes anzupassen.

Die Datenbank STARS stellt Informationen zu Stoffdaten, Untersuchungsverfahren, Listenwerte (Stand 1999!) und Hintergrundwerte zur Verfügung, die relevant sind bei der Bewertung von Altlasten. Informationen siehe auch <http://www.umwelt.sachsen.de/lfug-Abfall&Altlasten-Altlasten-salfaweb>

Die neue Programmversion (Version 2002) enthält folgende Verbesserungen:

- Ausbau des Datenbestandes in XUMA-A^{MOR} im Bereich der Rüstungsaltlasten
- Erhöhung des Datenbestandes in STARS von 60.000 auf 192.000 Datensätze
- Qualifizierung des Datenbestandes
- Integration der Prüf- und Maßnahmenwerte der Bundesbodenschutzverordnung

Die Programmversion 2002 wurden von der Firma STOLLER (weiter)entwickelt und steht als CD als Ein-Platz-Version zur Verfügung. An der Mehrplatz- und an der Internetversion wird derzeit gearbeitet.

Im September 2002 erfolgte eine Verteilung der CDs an die Umweltbehörden in Sachsen. Weitere Exemplare können über die Firma STOLLER kommerziell erworben werden.

Stoller Ingenieurtechnik GmbH
Bärensteiner Str. 27-29
01277 Dresden

Bestellformulare sind im Internet unter <http://www.stoller-dresden.de/softwareprod.html> verfügbar.

Preise

Behörden, Hoch- und Fachschulen	komplett	35.- EUR		
Wirtschaft/Industrie	STARS	230.- EUR	Upgrade	87.- EUR
	XUMA-A ^{MOR}	207.- EUR	Upgrade	79.- EUR
	STARS und XUMA-A ^{MOR}	283.- EUR	Upgrade	104.- EUR



7. Programm zur Bewertung von Bodenkontaminationen „EXPOSI 1.2“

Antje Sohr (LfUG)

Programmbeschreibung und -entwicklung:

Eberhard Beger (IBB), Detlev Bieninda (IBB), Sven Gester (IBB)
Ulrich Beims(DGC), Bernd Gutt (DGC)

Arbeitsmittel, die den Gutachter bei der Detailuntersuchung unterstützen, gibt es nur wenige. Ein Programm, welches für die Detailuntersuchung angeboten und kommerziell vertrieben wird, ist das Programm EXPOSI. Es beinhaltet eine Abschätzung für den **Pfad Boden-Mensch** entsprechend einer Expositionsabschätzung, angelehnt an UMS (Programm des UBA zur Abschätzung Umweltgefährdung Mensch-Schadstoffe). Außerdem erfolgt eine Abschätzung für den **Pfad Boden-Grundwasser**. Beide Pfade sind miteinander gekoppelt. Es kann ein zeitlicher Verlauf der Konzentrationsentwicklung des Sickerwassers und des Bodens (Auswaschung) ermittelt werden. EXPOSI ist in der Datenbank DASIMA (unter www.umwelt.sachsen.de/lfug → Abfall&Altlasten- → Altlasten → safaweb in DV-Programme) enthalten und soll hier wertfrei vorgestellt werden. Derzeit erfolgt ein Vergleich der Grundlagen von EXPOSI mit dem Handbuch zur Altlastenbehandlung Teil 7, Detailuntersuchung.

Programmbeschreibung

Schadstoffbewertungsverfahren

Einen Beitrag innerhalb der Gefährdungsabschätzung in der Detailuntersuchung vermag das von IBB (Ingenieurbüro Beger für Umweltanalyse und Forschung) und DGC (Dresdner Grundwasser Consulting GmbH) entwickelte rechnergestützte Verfahren zur rationellen Bewertung von Bodenkontaminationen **EXPOSI** (Expositions- und Sickerwasserprognose) zu liefern (siehe Abbildung 1).

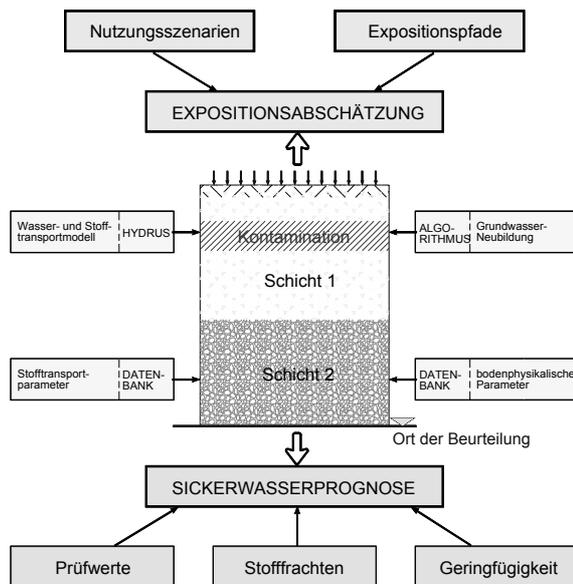


Abb.1: Schadstoffbewertungsverfahren EXPOSI

Das Schadstoffbewertungsverfahren **EXPOSI** stellt ein System gekoppelter Aerationen-Biosphären-Modelle dar, in denen die aktuellen Entwicklungsstände bei der Modellierung von Migrationsvorgängen in der ungesättigten Bodenzone (Aerationenmodellierung) und bei der expositionsabhängigen, schutzgut- und nutzungsabhängigen toxikologischen Bewertung (Biosphärenmodellierung) integriert sind.

Die im Bewertungsverfahren verwendeten Modelle schätzen insbesondere ab, unter welchen Bedingungen einer Schadstoffkontamination (z.B. Mächtigkeit der Abdeckschichten, Substrateigenschaftsklasse der Abdeckschichten, Schadstoffart, planungsrechtlich zulässige Nutzungsart des Standortes und anderen ohne größeren Untersuchungsaufwand relativ problemlos zur Verfügung stehenden Kriterien) gesichert ist, dass der Prüf- oder Maßnahmenwert in dem zu beurteilenden System als eingehalten gelten kann bzw. von der Bodenkontamination keine Gefahr für Schutzgüter ausgeht. Pauschalisierungen und Berücksichtigung von Grenzwertsituationen zu modellhaft im Vorfeld ausgetesteten Systemzuständen, die möglichst niedrige Anforderungen an den Aufwand zu ihrer Erhebung stellen und sich an einem Ergebnis orientieren, das auf der sicheren Seite liegt, sind dabei ein wesentlicher methodischer Bestandteil des Verfahrens.

Modell- und Bewertungsgrundlagen

Die in den Modellrechnungen von **EXPOSI** vorgenommenen Abschätzungen

- zur zu erwartenden Exposition beim Schutzgut Mensch,
- zur Schadstoffkonzentration des Sickerwassers und
- zur Schadstofffracht ins Grundwasser am Übergangsbereich von der ungesättigten zur wassergesättigten Zone (Ort der Beurteilung)

für relevante Nutzungsszenarien, Altersgruppen und Berechnungszeiträume werden für zwei Fälle ermittelt:

- Realfall:

Ausgangspunkt für die Berechnung sind die im Boden gemessenen oder anderweitig ermittelten Bodenkonzentrationswerte.

– Vergleichsfall:

Ausgangskonzentrationen sind eingehaltene Prüf- bzw. Maßnahmenwerte für die Wirkungspfade Boden-Mensch und Boden-Pflanze in den für den jeweiligen Wirkungspfad und Nutzungsszenarien relevanten Bodenschichten. Alle anderen Werte stehen in Übereinstimmung mit dem Realfall.

Die Ergebnisbewertung erfolgt durch:

– relative Bewertung

Der Vergleichsfall wird mit dem Realfall verglichen und als Verhältniszahl ausgewiesen.

- **absolute Bewertung**

Die Ergebnisse des Realfalls werden beurteilt.

Die Schadstoffexposition und das damit verbundene Gesundheitsrisiko des Menschen wird durch die Bildung eines aufnahmepfad- und stoffspezifischen, dimensionslosen **Risikoindex (RI)** (Quotient aus der potenziellen täglich resorbierten Schadstoffmenge in $\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{d})$ und der toxikologisch tolerierbaren Körperdosis in $\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{d})$) charakterisiert. Wirkt eine Substanz aufnahmepfadspezifisch kanzerogen, so erfolgt für diesen Pfad die Berechnung des aufnahmepfadspezifischen Risikoindex für die Nutzergruppe lebenslang (L).

Über festgelegte Bewertungsfunktionen werden aus den Risikoindizes gefahrenverknüpfte **Risikowerte (RW)** gebildet und zu einem Gesamtrisikowert aggregiert.

EXPOSI greift dies auf und bestimmt nicht nur, ob die Prüf- und Maßnahmenwerte im Sickerwasser am Übergangsbereich von der ungesättigten zur wassergesättigten Bodenzone eingehalten werden, sondern prüft auch, ob die aus der Bodenverunreinigung in das Grundwasser gelangte Schadstofffracht geringfügig ist bzw. ein alllastbedingter Grundwasserschaden vorliegt. Die zusätzliche Stofffracht ist dann geringfügig, wenn sie bei kleinräumigen Mittelwertbildungen ohne Berücksichtigung der Vorbelastung des Grundwassers nicht zu einer Überschreitung der Geringfügigkeitsschwellwerte im Grundwasser führt.

Die Methodik erfordert, dass der am Ort der Beurteilung errechnete oder entsprechend der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung weitgehend abgeschätzte Massenstrom in das Grundwasser auf ein Vergleichsvolumen bezogen werden muss. Dieses Vergleichsvolumen wird dann zu der „kleinräumigen Mittelwertbildung“ herangezogen.

Im Rahmen von **EXPOSI** wird zur Ermittlung der Vergleichsvolumina folgender Verfahrensweg benutzt (siehe Abbildung 2):

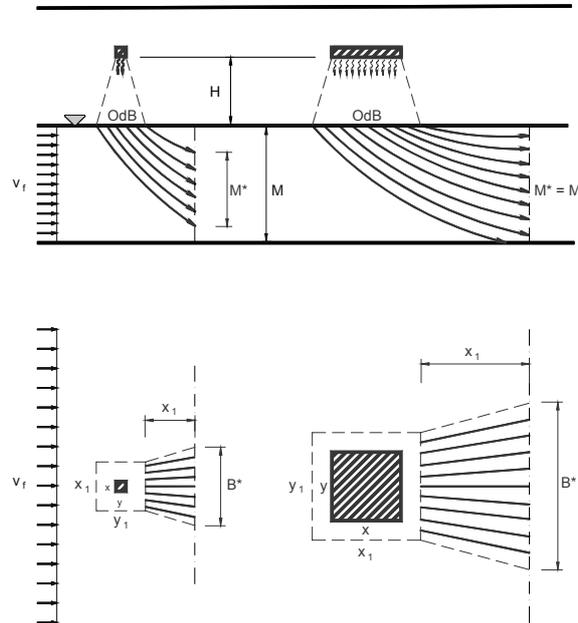


Abb.2: Methodik zur Ermittlung des Kontrollvolumens

Die Schadstoffquelle in der ungesättigten Bodenzone hat eine Abmessung von x und y und damit eine Kontaminationsfläche von $A = x \cdot y$. Der Schadstoff versickert in der ungesättigten Bodenzone mit einer Mächtigkeit (Grundwasserflurabstand) von H , wobei eine Querdispersion auftritt. Daraus ergibt sich die Kontaminationsfläche $A_1 = x_1 \cdot y_1$ am Ort der Beurteilung (OdB) „Grundwasser-Oberfläche“.

Die Schadstofffracht wird mit der gesättigten Strömung im Grundwasserleiter (Mächtigkeit M) horizontal transportiert und breitet sich infolge Dispersion sowohl vertikal (M^*) als auch quer zur Strömungsrichtung (B^*) aus. Der Querschnitt (Kontaminationsfläche $A_2 = B^* \cdot M^*$) zur Ermittlung des Vergleichsvolumens wird in einer Entfernung von einmal x_1 stromab der unteren Begrenzung der Kontaminationsfläche am Ort der Beurteilung definiert.

Der Vergleichswert für die Geringfügigkeit ergibt sich unter Benutzung des Durchlässigkeitsbeiwertes und des Gefälles und dem daraus berechneten Durchfluss sowie dem mit **EXPOSI** am Ort der Beurteilung errechneten Massenstrom.

Fazit

Mit Hilfe von **EXPOSI** kann eine systemtransparente Gefährdungsabschätzung für die Pfade Boden – Mensch und Boden – Grundwasser auf Grundlage von BBodSchG / V durchgeführt werden.

Mit **EXPOSI** können bestimmte für die Sanierungspraxis wesentliche Fragestellungen beantwortet werden. Solche Fragen sind u.a.:

- Wie sind die vorhandenen natürlichen Barrieren in ihrer Wirksamkeit zu bewerten,
- welche Barrieren sind zu schaffen und
- bis zu welchen Bodentiefen kann eine Nutzung erfolgen
- ggf. weitere Fragestellungen.



8. Rückschau Weiterbildung „Repräsentative Grundwasserprobennahme“

Jörg Dehnert (LfUG)

Vom 07. bis 09. November 2002 führten das Sächsische Landesamt für Umwelt und Geologie, das Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, das Geologische Landesamt Sachsen-Anhalt, das UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH und die Akademie der Sächsischen Landesstiftung Natur und Umwelt die zentrale Weiterbildungsveranstaltung „Repräsentative Grundwasserprobennahme“ in Hohenmölsen (Sachsen-Anhalt) durch. An dieser aus Vortragsteil, Praktika und Exkursion bestehenden Veranstaltung nahmen 120 Fachleute aus den Verwaltungen, Bergbaubetrieben und Ingenieurbüros beider Länder und aus dem UFZ teil.

Ziel der Schulung war die Verbesserung von Repräsentativität und Vergleichbarkeit von in Sachsen und Sachsen-Anhalt entnommenen Grundwasserproben. Die Teilnehmer konnten die neuesten Erkenntnisse zur Grundwasserprobennahme kennenlernen und sich mit Grundwasserprobennahmen an kontaminierten Standorten vertraut machen. Dazu trug das Praktikum auf dem neuen Versuchsfeld des UFZ am Standort des ehemaligen Hydrierwerkes Zeitz (Referenztestfeld zur Implementierung des „Natural-Attenuation“-Ansatzes - RET-ZINA) bei, wo die Teilnehmer passive Probennahmesammler, Multilevelmessstellen, Geräte zur Überwachung von Abpumpvorgängen und ein Geoprobe-Gerät in Funktion erleben konnten. Die Fachexkursion führte in den Tagebau Profen, zum Phenolsee Trebnitz und zu einer Schwelwasserversenkungsbohrung. Die erfolgreiche Teilnahme wurde mit einem gemeinsamen Zertifikat der Landesämter und des UFZ bestätigt.

Die nächste Weiterbildung „Repräsentative Grundwasserprobennahme“ ist für 2004 vorgesehen. Da die letzten beiden Veranstaltungen in Sachsen-Anhalt stattfanden, bietet sich für 2004 das z.Z. im Bau befindliche neue Tagungszentrum des UFZ in Leipzig an.



9. Neues Merkblatt „Grundwasserprobennahme“

Rosemarie Lankau (LfUG)

Jörg Dehnert (LfUG)

Karin Kuhn (LfUG)

Der gemeinsame Arbeitskreis „Grundwasserprobennahme“ der Landesämter von Sachsen und Sachsen-Anhalt und des UFZ Leipzig-Halle GmbH hat nach zweijähriger Arbeit den Entwurf des gleichnamigen Merkblatts fertig gestellt. Im November 2002 wurde dieser Entwurf auf der Weiterbildungsveranstaltung „Repräsentative Grundwasserprobennahme in Hohenmölsen (Sachsen-Anhalt)“ vorgestellt und an 120 Fachleute aus Behörden beider Länder und Ingenieurbüros ausgegeben. Die Einspruchsfrist endete am 31. Januar 2003.

Das Merkblatt basiert auf der DVWK-Regel 128 „Entnahme und Untersuchungsumfang von Grundwasserproben“ und dem DVWK-Merkblatt 245 „Tiefenorientierte Probennahme aus Grundwassermessstellen“. Es beinhaltet eine Zusammenfassung des Regelwerks und den abgestimmten Standpunkt der Länder Sachsen und Sachsen-Anhalt zu offenen Fragen. Es soll die Vergleichbarkeit von Grundwasserproben aus beiden Ländern sicherstellen und besonders im Hinblick auf die länderübergreifenden wasserwirtschaftlichen Probleme in Mitteldeutschland ein einheitliches Herangehen bei der Grundwasserbeobachtung sichern. Für die Durchführung von Grundwasserprobennahmen im Rahmen der gesetzlich festgelegten Aufgaben (auch im Fördermittelbereich) wird dieses Merkblatt in den Ländern Sachsen und Sachsen-Anhalt verbindlich eingeführt. Es wird empfohlen, dieses Merkblatt auch bei anderen Probennahmen in beiden Ländern anzuwenden.

Das Merkblatt besteht aus den Teilen „Grundlagen“ und „Technologie der Probennahme“. Folgende Themen werden behandelt:

- Richtlinien und Regeln
- Grundwassermessstellen
- Quellen
- Probennahmesysteme und Techniken
- Planung
- Entnahme von Grundwasserproben
- Entnahme von Quellwasserproben
- Messungen vor Ort
- Probenvorbehandlung und Transport der Proben
- Nachbereitung der Probennahme
- Qualitätssicherung
- Arbeitsschutz

Das Merkblatt ist ein gemeinsames Merkblatt der Länder Sachsen und Sachsen-Anhalt und löst in Sachsen das 1997 in den Materialien zur Wasserwirtschaft, Merkblätter zur Grund-

wasserbeobachtung herausgegebene Merkblatt „Grundwasserprobenahme“ ab. Mit diesem Merkblatt wird in Sachsen ein neues „Handbuch zur Grundwasserbeobachtung“ begonnen, dass in loser Folge durch weitere Merkblätter und Beiträge zur Grundwasserbeobachtung ergänzt wird.



10. Eine Untersuchung zum Einfluss voll verfilterter Messstellen auf die Grundwasserbeschaffenheit

Jörg Dehnert (LfUG)
Karin Kuhn(LfUG)
Rosemarie Lankau (LfUG)

Vor- und Nachteile von voll verfilterten und von tiefenorientiert ausgebauten Messstellen in Porengrundwasserleitern werden in der hydrogeologischen Praxis unterschiedlich bewertet. Obwohl das Regelwerk auf die Gefahren einer Grundwasservermischung im Abstrom von voll verfilterten Messstellen hinweist, werden solche Messstellen viel zu häufig errichtet. Das LfUG hat in einem Beitrag in der Zeitschrift „Grundwasser“ eine Übersicht über die Empfehlungen des Regelwerks zur Auswahl geeigneter Messstellentypen zusammengestellt und eine Untersuchung zum Einfluss voll verfilterter Messstellen auf die Grundwasserbeschaffenheit an zwei Messstellenbündeln vorgestellt. Bestandteil der Messstellenbündel sind voll verfilterte Versuchsbrunnen, nach deren Verfüllung sich die Grundwasserbeschaffenheit drastisch änderte. Die mittleren Nitratkonzentrationen im oberen Teil eines Grundwasserleiters gingen innerhalb von sechs Wochen von 90 mg/l auf 14 mg/l zurück. Vom Bau neuer voll verfilterter Messstellen in Porengrundwasserleitern wird abgeraten, wenn Vertikalströmungen in den Messstellen nicht ausgeschlossen werden können.

Literatur:

DEHNERT, J.; KUHN, K.; GRISCHEK, T.; LANKAU, R.; NESTLER, W. (2001): Eine Untersuchung zum Einfluss voll verfilterter Messstellen auf die Grundwasserbeschaffenheit.- Grundwasser 6 (4): 174-182.



11. Hochwasser im Grundwasser

Karin. Kuhn

Durch die sachsenweit flächendeckend auftretenden ergiebigen Niederschläge kam es ab dem 12.08.2002 in Sachsen in den Fließgewässern zu einer außergewöhnlichen extremen Hochwassersituation. Gewässerprofile und Pegelmessstellen wurden teilweise vollständig zerstört. Häufig suchten sich vor allem kleinere Wasserläufe „neue“ Wege.

Verbunden mit der extremen Hochwassersituation in den Fließgewässern, aber auch bedingt durch eine außergewöhnlich hohe Grundwasserneubildung reagierten auch die Grundwasserstände vieler Messstellen in extremer Art und Weise. Auskunft über die Entwicklung gibt ein Messnetz, das flächendeckend für Sachsen im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie durch die Staatliche Umweltbetriebsgesellschaft betrieben wird. Seit vielen Jahren werden zu den Terminen 01., 08., 15. und 22. jeden Monats die Grundwasserstände gemessen. Diese Messstellen bilden die Stützstellen für weiterführende, regionale Untersuchungen. Zahlreiche Messungen, auch an Messstellen, die nicht zum Landesgrundwasserdienst gehören, wurden sowohl auf die Initiative der Behörden als auch vieler Ingenieurbüros durchgeführt. Dankenswerterweise wurden von Ingenieurbüros auch Messwerte zur Verfügung gestellt, die nicht im Auftrag der Behörden erhoben wurden. Insgesamt war es somit möglich die Entwicklung der Grundwasserverhältnisse im August 2002 und in den Folgemonaten gut zu rekonstruieren.

Allgemein wurde in den bisher bewerteten Messstellen des Landesgrundwasserdienstes ein schnelles Ansteigen der Grundwasserstände verzeichnet. Dabei kam es insbesondere in den breiten Talauen von Elbe und Vereinigte Mulde bedingt durch die verstärkte Grundwasserneubildung zu Rückstauwirkungen. Das wurde durch das verhältnismäßig langsame Absinken der Grundwasserstände deutlich, in flusssnahen Gebieten wurde der Grundwasserstand zeitweise bis über Flur gedrückt. Ein weiterer Grundwasseranstieg bis auf Werte, die über dem Niveau des Augusthochwassers lagen wurde durch die hohen Niederschläge im November/Dezember, die damit verbundene anhaltende Grundwasserneubildung sowie dem Hochwasser im Januar verursacht.

In den Flusstälern der Mittelgebirge erfolgte nach dem hohen Anstieg der Wasserstände ein ebenso schnelles Absinken, das stark mit dem Schwankungsverhalten der Flüsse korrelierte.

Oftmals wurden die höchsten jemals gemessenen Grundwasserstände weit überschritten.

Für besonders gefährdete Gebiete, wie Städte und Gemeinden in Talauen, müssen künftig Messnetze betrieben werden, die im Hochwasserfall zeitnahe Aussagen zur Entwicklung der Grundwasserstände geben. Es kann davon ausgegangen werden, dass in den meisten Fäl-

len geeignete Messstellen bereits existieren. In Einzelfällen kann sich aber der Neubau von Messstellen erforderlich machen.

Ein Großteil dieser Messstellen sollte mit Datensammlern ausgerüstet werden. Insbesondere Messstellen, deren Kenntnis um die Entwicklung der Grundwasserstände von gehobener Bedeutung sind, z.B. in der Nähe gefährdeter Einrichtungen (Krankenhäuser) oder in Überschwemmungsgebieten müssen mit ereignisgesteuerten Datenloggern und einer Datenfernübertragungseinheit ausgerüstet werden. Diese Daten müssen analog den Hochwassermeldepegeln im Oberflächenwasser automatisiert gebündelt und für Dritte zugänglich gemacht werden. Bei dieser Automatisierung ist ein besonderes Augenmerk auf die Sicherheit der Datenerhebung und Datenübertragung im Extremfall (Telefonnetz fällt aus, Messstelle wird überflutet,...) zu legen. Die Einrichtungen sind diebstahlsicher zu installieren. Im technischen Notfall muss eine manuelle Datenerhebung möglich sein.

Für die Bewertung der Entwicklung der Grundwasserbeschaffenheit lagen bisher nur wenige verwendbare Messwerte vor. In geringem Umfang wurden horizontale und vertikale Schadstoffverlagerungen festgestellt, allerdings waren keine deutlichen hochwasserbedingten Verunreinigungen festzustellen.

Nach den bisherigen Untersuchungen ist für die Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit kein zusätzliches Messnetz in Verantwortung des Landes erforderlich. Die Überwachung der Beschaffenheit im Hochwasserfall sollte auf Trinkwassereinzugsgebiete und für Spezialaufgaben beschränkt bleiben und in kommunaler Verantwortung liegen.

Bisher konnten noch nicht alle Messwerte für Grundwasserstand und Beschaffenheit ausgewertet werden. Daher ist es erforderlich, dass eine detaillierte Ereignisanalyse durchgeführt wird, die sich insbesondere auf die Bereiche erstreckt, die in den Flusstälern von Elbe und Vereinigte Mulde Rückstaueffekte und flurnahes Grundwasser oder Grundwasser über Flur aufwies. Das Datenmaterial, das im Falle von Altlasten/Alttablagerungen durch die Untersuchungs- oder Sanierungspflichtigen, oder im Zusammenhang mit der Trinkwasserversorgung erhoben wurde soll verfügbar gemacht, gesichtet und ausgewertet werden. Aus den vorhandenen Messwerten und soweit vorliegend Grundwassermodellen sollen Karten erstellt werden, die die gefährdeten Bereiche im Zusammenhang mit verschiedenen Hochwassersituationen (verschiedene Höhe, Sommer-, Winterhochwasser,...) ausweisen.

Im Stadtgebiet von Dresden werden umfangreiche Arbeiten zur Bewertung von Grundwasserstand und -beschaffenheit im Rahmen eines BMBF-Projektes realisiert, dass bis 2004 abgeschlossen wird.

Für das Datenmanagement im Hochwasserfall ist es erforderlich, dass alle Daten, die für die Beurteilung der Entwicklung erforderlich sind zeitnah und in hoher Qualität verfügbar sind. Für die Beurteilung des Grundwasserstandes müssen neben der Einrichtung von Datensammlern Verträge mit den Beobachtern des Landesmessnetzes abgeschlossen werden, dass ab einem bestimmten Grundwasserstand die Messhäufigkeit erhöht wird und die Daten umgehend dem LfUG als Hochwasserzentrale zugemeldet werden.

Für Daten, die von Dritten erhoben werden, muss die Möglichkeit eines Zugriffs geschaffen werden. Auch hier muss die Datenbereitstellung zeitnah erfolgen. Derzeit gibt es dafür in

Sachsen bisher keine gesetzliche Regelung. Es ist dringend erforderlich, die entsprechenden Regelungen ausgehend vom SächsWG bis hin zu Rechtsverordnungen zu schaffen.



12. Modellstandort Freital Saugrund – spezielles Auswerteverfahren der Grundwasserstandsganglinien aus einer Trockenperiode

Antje Sohr (LfUG)
Peter Szymczak (G.E.O.S. Freiberg)

Das Gebiet Freital- Saugrund, östlich des Edelstahlwerkes in Freital-Döhlen, ist ein Modellstandort (MOST) von derzeit fünf im Freistaat Sachsen.

Modellstandorte sind hinsichtlich bestimmter Probleme typische Standorte, bei denen die Altlastenbehandlung vorbildhaft durchgeführt wird, wobei die gewonnenen Erkenntnisse auch für andere Standorte relevant sind. Grundlage der Altlastenbehandlung sind seit 1998/1999 das Bundesbodenschutzgesetz mit –verordnung sowie Handbuch und Materialien zur Altlastenbehandlung in Sachsen entsprechend

<http://www.umwelt.sachsen.de/lfug> → Abfall&Altlasten-→Altlasten→salfaweb

Derzeit wird für die verschiedenen Teilflächen des MOST, geprägt durch Altstandorte des Steinkohlenbergbaus, der Uranerzaufbereitung, der Stahlindustrie und entsprechender Altablagerungen mit und ohne Hausmüll, das Rahmenkonzept weiterentwickelt. Im Rahmenkonzept wird der derzeitige Stand der Altlastenbehandlung in den verschiedenen Teilflächen zusammengefasst, die zukünftigen Aktivitäten benannt und eine Strategie des weiteren Vorgehens entwickelt. Die dabei entstehende Prioritätenliste ist die Grundlage für die weiteren Bearbeitungsschritte.

Der vorliegende Beitrag beschreibt eine Erkenntnis bei der Auswertung von Grundwasserstandsganglinien aus einer Trockenperiode, die auf Grundlage eines bekannten speziellen Auswerteverfahrens für Trockenperioden zur Entwicklung eines speziellen Auswerteverfahrens mit den Randbedingungen des Einzugsgebietes im MOST geführt hat, wobei die folgenden Parameter ermittelt wurden:

- ⇒ entwässerbare Porosität (n_e)
- ⇒ Transmissivität (T)
- ⇒ Filtrationskoeffizient (k_f).

Ziel war es, aus den vorhandenen 14-tägigen Grundwasserstandsmessungen der Jahre 2001 und 2002, die o.g. geohydraulischen Kennwerte großräumig für die Grundwasserleiter am Standort mittels eines Modells zu ermitteln und damit Abflussmengen und Frachten zu berechnen.

Ausgangspunkt ist ein Modell der Grabenanströmung nach Häfner und Voigt (Bild 1), welches sich für den Standort Freital-Saugrund anwenden lässt.

$$Q_0(t) = \frac{2 \cdot L \cdot Tr \cdot (\Phi_E - \Phi_0)}{R} \cdot \exp(-\pi^2 \cdot t / (4aR^2))$$

mit

L	Strömungsfeldbreite
Tr	k für freies Grundwasser, k.M für gespanntes Grundwasser
Φ	Potential ($h^2/2$ für freies Grundwasser, h für gesp. Grundwasser)
a	geohydraulische Zeitkonstante in s/m^2
t	Zeit in s

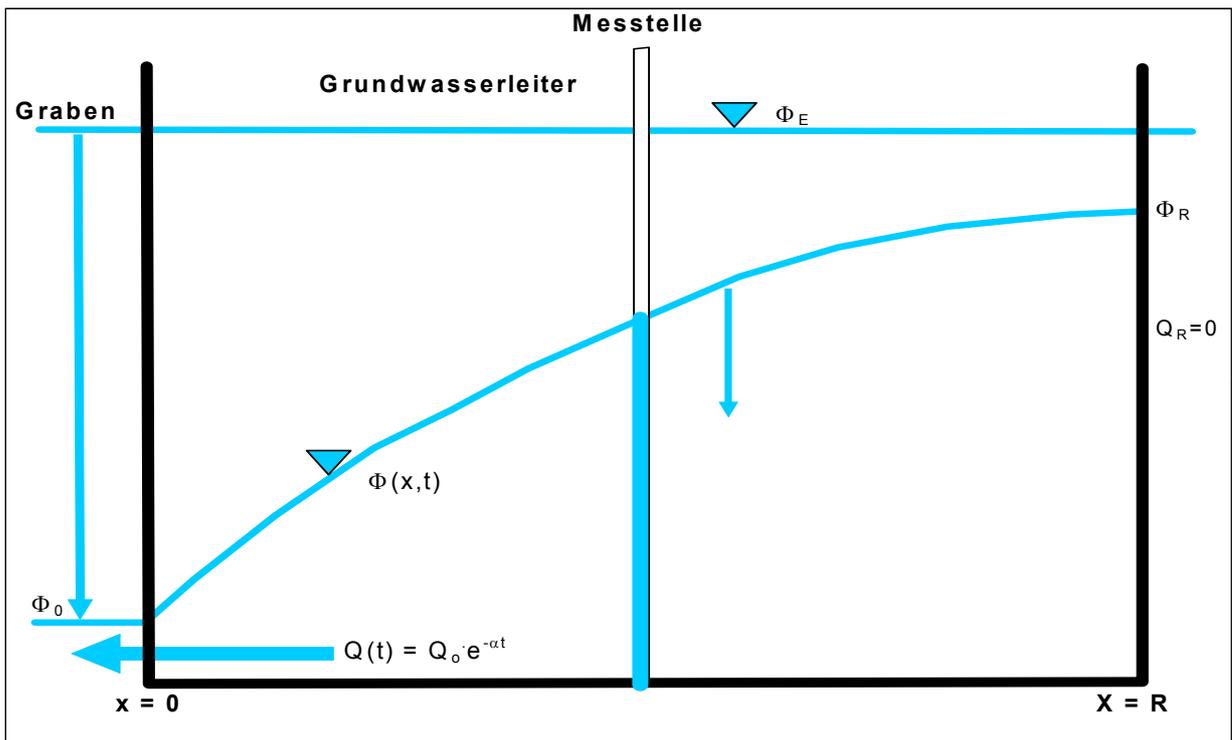


Bild 1 Modell der Grabenanströmung nach HÄFNER und VOIGT

Daraus abgeleitet wurde ein graphisch analytisches Verfahren zur Auswertung des Potentialrückgangs entwickelt.

Beim Auftragen der Standrohrspiegelhöhe (In Φ bei gespanntem Grundwasserleiter gleich h) über der Zeit (t) entsteht nachfolgende Graphik mit abgeleiteter Geradengleichung als Funktion der Zeit.

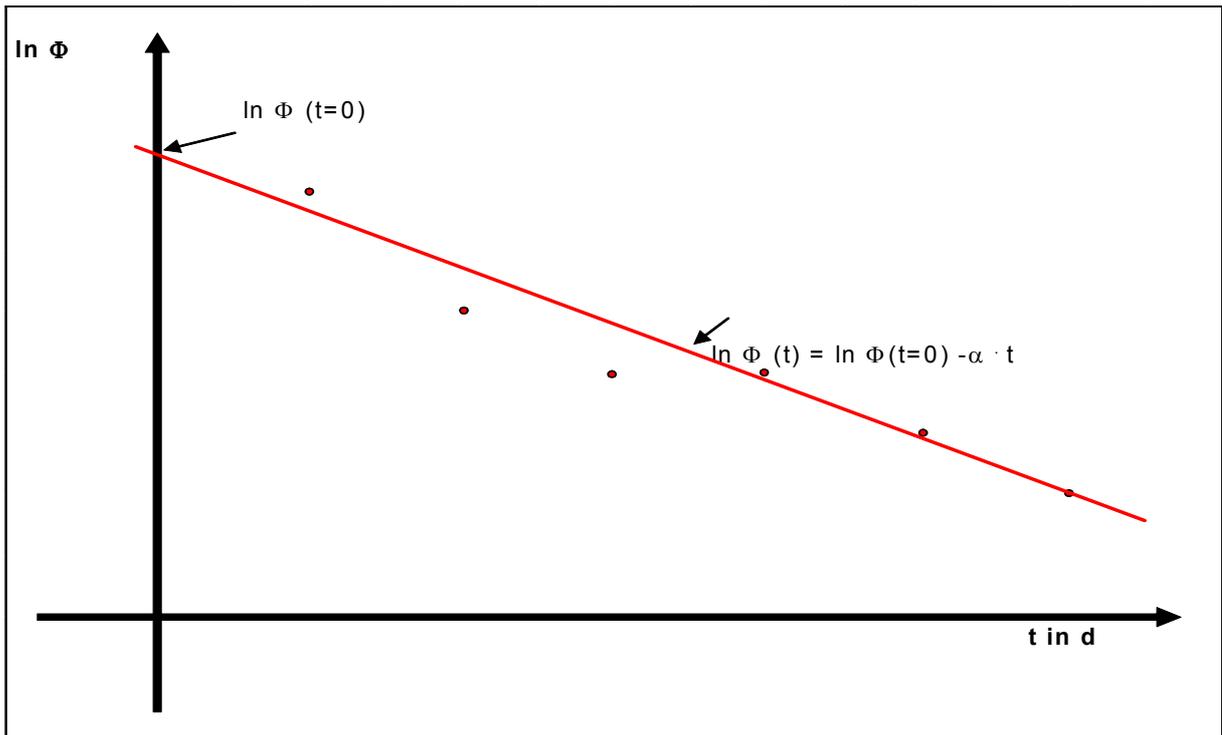


Bild 2 Grafisch-analytische Auswertung des Potentialrückganges

mit

$$\ln \Phi (t) = \ln \Phi (t=0) - \alpha \cdot t$$

Φ	Druckpotential
α	Rückgangskonstante des Speichers
t	Zeit

Über die Ermittlung von α und $\Phi (t=0)$ aus der Graphik lassen sich die geohydraulischen Parameter k_f , n_e , T ableiten.

Voraussetzung ist das Vorhandensein längerer Messzeitreihen.

Es ist auch möglich, bei dann bekannten geohydraulischen Parametern mit Hilfe der analytischen Gleichungen die Standrohrspiegeländerungen in einem Grundwasserleiter infolge ausbleibender Grundwasserneubildung vorauszusagen.

Zusammenfassung der Auswertung der Grundwasserstandsganglinien für den Standort Freital-Saugrund

Mit Hilfe von Wasserstandsmessungen während einer Absenkungsphase im Frühjahr 2002 (Auslaufganglinien) wurden geohydraulische Parameter für 14 ausgewählte GWM des MOST Freital-Saugrund berechnet. Als Randbedingungen gingen in die Berechnungen die Entfernung der Wasserscheide von der Druckentlastungszone, der Fließweg von der Messstelle zur Druckentlastungszone und die Grundwasserneubildung des Winterhalbjahres ein. Als Ergebnis erhielt man die entwässerbare Porosität – n_e , die Transmissivität T und den Filtrationskoeffizienten k für die Bereiche zwischen der Messstelle und der Druckentlastungszo-

ne. Zusätzlich ermittelte man Hilfsparameter wie die Zeitkonstante (mittlere Verweilzeit). Man erhält für das ungestörte Rotliegende:

$$2 \cdot 10^{-6} \text{ m/s} > k > 7 \cdot 10^{-7} \text{ m/s},$$

bzw.

$$1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s} > T > 6 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

Damit konnten durch die Auswertung weiterer Messstellen und die wiederholte Auswertung bereits bearbeiteter GWM mit den Daten des Jahres 2002 die Ergebnisse aus dem Jahre 2001 bestätigt und präzisiert werden.

Es wurde erkannt, dass nicht die Weißeritz als unterstromige Randbedingung den Rotliegendeaquifer entlastet, sondern der quartäre Talgrundwasserleiter gemeinsam mit der Weißeritz. Als Randbedingungsentfernung x musste deshalb für die einzelnen GWM der Abstand zur Verbreitung der Weißeritzschotter eingesetzt werden.

Für die entwässerbaren Hohlraumanteile n_e gilt insgesamt:

$$4 \cdot 10^{-2} > n_e > 1 \cdot 10^{-3}.$$

Durch einen Sensibilitätstest konnte gezeigt werden, dass das entwickelte Auswerteverfahren für Messstellen in größerer Entfernung zur Druckentlastungszone sehr belastbare zuverlässige Ergebnisse liefert.

Mit Hilfe der berechneten Transmissivitäten gelang es den unterirdischen Abfluss aus dem Rotliegenden im Gebiet der Altablagerungen des MOST Freital zu berechnen. Dadurch konnten die bereits auf der Basis von Grundwasserneubildungsberechnungen von KRAFT und SCHRÄBER ermittelten Abflusswerte bestätigt werden. Sie liegen bei 3 l/s. Außerdem wurden Frachtberechnungen durchgeführt.

Das Verfahren ist zu empfehlen, wenn es darum geht, großräumige Repräsentativwerte zu erhalten oder wenn keine Möglichkeit für Pumpversuche besteht. Speziell in Grundwasserleitern mit geringem entwässerbaren Hohlraumanteil und großem natürlichem Spiegelgefälle, wie sie für die oberflächennahen Festgesteinsbereiche der Mittelgebirge typisch sind, kann man gut auswertbare Messzeitreihen gewinnen. Bei derartigen Grundwasserleitern kommt es zu messbaren, relativ schnellen zeitlichen Änderungen von Basisabfluss und Standrohrspiegelhöhe.

Die Modifizierung dieses speziellen Auswerteverfahren innerhalb der MOST-Bearbeitung erfolgte durch die Firma:

G.E.O.S. Freiberg Ingenieurgesellschaft mbH
PF 1162
09581 Freiberg

Die Ergebnisse und die Dokumentation sind über die Firma oder über das LfUG abrufbar.



13. Anwendungspotenzen von tensidgestützten In-Situ-Verfahren bei der Sanierung von Altlasten

Peter ADOLPHI (EcoConcept GmbH Chemnitz/Greifswald)

Bernd MENGER (i2s GmbH Stralsund)

Ulrich ROTH (Synaptec GmbH Greifswald)

Wolfgang SCHMIDT (EcoConcept GmbH Chemnitz/Greifswald)

1. Einführung

Bei der Revitalisierung komplex kontaminierter Standorte wie auch bei der Beherrschung von Havarien mit massiven Stoffverlusten sind zeitliche Verzögerungen mit hohen Kosten verbunden. Diese werden sowohl durch den Nutzungsausfall als auch durch die Maßnahmen der Gefahrenabwehr verursacht.

Ursächlich hierfür sind vielfach Herdbereiche, die durch das Auftreten von (noch) nicht im Grundwasser gelösten Schadstoffen charakterisiert sind und deshalb längerfristig Transportpfade befrachten können. Zumindest für fluide Schadstoffe (Produktphasen) sind Auskoffenungsmaßnahmen meist ungeeignet und unter speziellen Bedingungen in „tieferen“ Aquiferbereichen nicht realisierbar.

Gerade diese Bedingung, d.h. die Existenz „ungelöster“ Phase, ist Voraussetzung für die Anwendbarkeit von tensidgestützten In-Situ-Verfahren. Im Unterschied zur „Grundwassersanierung“ wird dieser Vorgang dann als „Aquifersanierung“ bezeichnet.

2. Schadstoffgruppen

Aus der Erfahrungssicht eines mit vielen geologisch und/oder schadstoffseitig komplexen Schadensfällen vertrauten gutachterlich und planerisch tätigen Ingenieurbüros bedürfen vorrangig die fluiden Schadstoffgruppen der chlorierten und bromierten leichtflüchtigen Kohlenwasserstoffe (Parameter LHKW), Diesel / Benzin / Kerosin (Parameter MKW, BTEX), Teeröle / Carbolineum (Parameter PAK) und emulgierbare Lösungen von Pflanzenschutzmitteln (Parameter OCP [HCH, DDT]) einer technologischen Beherrschung im Sinne massiver Herdsanierung mit intensivierenden In-Situ-Maßnahmen /1/.

Diese Schadstoffe sind gemeinsam dadurch charakterisiert, daß ihre Löslichkeit im Grundwasser aufgrund ihrer Stoffeigenschaften und/oder ihrer Depositionszustände im Poren-/Klufttraum des Aquifers begrenzt ist. Dabei können sie als kohärente, eigenständig fließfähige Phase hoher oder niedriger Dichte (DNAPL oder LNAPL) bzw. als disperse, kaum fließfähige Produktphase („dissaminated“-Typ) auftreten. Die relevanten Depositionszustände und die resultierenden Gefahrenpotentiale von Impakten sind in der folgenden Tabelle 1 dargestellt. In dieser Tabelle 1 sind die durch Herdintensivierung mobilisierbaren Depositionszustände der relevanten Schadstoffe/Schadstoffgruppen grau hinterlegt.

Tabelle 1: Schadstoffe und Depositionszustände

Schadstofffamilie	Schadstoffgruppe	Depositionszustand			Gefahrenpotential
		Lösung	Phase – flüsig	Phase - fest	
DNAPL*	LCKW	xxx	xxx	-	Lösungstransfer hoch
	LBKW	xxx	xxx	-	Lösungstransfer hoch
LNAPL**	MKW, Benzen	x(x)	xx(x)	-	Lösungstransfer (hoch)
Teerölprodukte, Carbolineum	PAK	x	xx	xx ?	Lösungstransfer gering (Solventien)
OCP	HCH (+Isomere)	-	-***	xxx	Lösungstransfer sehr gering (Solventien)
	DDT	-	-***	xxx	kein Lösungstransfer, (Solventien) lösliche Abbauprodukte

* dense non aqueous phase liquids, ** leight non aqueous phase liquids, *** formulierungsnahe Zustände

Für alle diese Produktphasen zeigen die Verteilungsmuster in den Altlasten wie auch das Verhalten während hydraulischer Sanierungsmaßnahmen, daß ihre physikalischen Eigenschaften ganz wesentlich zu der unbefriedigenden Sanierbarkeit unter Anwendung konventioneller Vorgehensweisen beitragen.

Das resultierende (zusammengefaßte) Gefahrenpotential wird in modifizierter Weise über den Lösungstransfer vermittelt. Im Hinblick auf die nicht oder sehr gering (wasser)löslichen Schadstoffe der OCP resultieren Gefahren durch im Wasser gelöste (Co-)Solventien oder wasserlösliche (umweltgefährdende) Abbauprodukte (DDA).

3. Grundlegende Prozesse der tensidgestützten Herdintensivierung

Tenside sind als Hilfsstoffe für die Intensivierung (Beschleunigung) des Schadstoffaustrags immer dann geeignet, wenn sie diese genannten hemmenden Eigenschaften positiv beeinflussen können. Deshalb ist in der Zusammenarbeit zwischen Erkunder (EcoConcept GmbH), Verfahrensentwickler (Synaptec GmbH) und Verfahrensausführer (i2s GmbH) das Hauptaugenmerk genau auf diese physikalischen Eigenschaften gerichtet, sowohl bei den bereits realisierten als auch bei den noch vorgesehenen Entwicklungen. In der folgenden Tabelle 2 sind die grundlegenden Wirkprozesse der Tensidanwendungen zur Herdintensivierung zusammengestellt.

Tabelle 2: Grundlegende Wirkprozesse der Tensidanwendung bei der Herdintensivierung

Abkürzung	Bedeutung	Beeinflusste Eigenschaft	Stoffgruppe
<u>Massive Herdsanierung</u>			
STL	<u>S</u> urface <u>T</u> ension <u>L</u> owering	(hohe) Oberflächen-spannung	DNAPL – LHKW
SIE	<u>S</u> upersonic <u>I</u> n-Situ <u>E</u> mulsifying	(hohe) Viskosität	LNAPL – Diesel/ Benzin
GCR	<u>G</u> rain <u>C</u> overing <u>R</u> emoval	(hohe) Kornhaf-tung	Teeröle
SSE	<u>S</u> ubsequent <u>S</u> olubility <u>E</u> nhancement (für unvoll-ständig erhaltene Anwendungsformulierungen)	Löslichkeit/ Verfügbarkeit	OCP
<u>Nachbehandlung</u>			
SNA	<u>S</u> ubsequent <u>N</u> atural <u>A</u> ttenuation	Residualphasen nach STL, SIE oder GCR Tensid-Behandlung	

Eine gründliche Analyse der Verteilungsgesetzmäßigkeiten der Schadstoffe in der Altlast sowohl während der Altlastengese-nese als auch während des Sanierungsfortschrittes führt zu der Erkenntnis, daß den physikalischen Schadstoffeigenschaften eine wesentlich größere Rolle zukommt, als dies für so relativ gut wasserlösliche Substanzen wie Trichlorethen allgemein angenommen wurde. Aus diesem Grunde wurde in der gemeinsamen Entwicklungsarbeit nach Wegen gesucht, Tenside oder andere Hilfsstoffe nicht in erster Linie zur Beeinflussung der Solubilisierung, sondern zur Verbesserung der Mobilität der CKW einzusetzen. Dies sollte aufgrund der Tensidwirksamkeit über die Beeinflussung der Grenzflächenspannung zwischen CKW-Tröpfchen und Grundwasser erreichbar sein. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wurde der STL-Prozeß theoretisch begründet, im Labortest entwickelt und in ersten In-Situ-Anwendungen erprobt /2/.

Neben den Effekten bei STL, die erhebliche Beschleunigungen von Sanierungen erlauben, sind vergleichbare Resultate bei SIE und auch GCR bereits Gegenstand von Labor- und Feldversuchen. So ist es in den Laboruntersuchungen gelungen, eine aufschwimmende Dieselphase (LNAPL) im Aquifer durch den synchron dosierten Einsatz von Tensiden und Ultraschall so zu emulgieren, daß eine langzeitstabile Emulsion aus Diesel und Wasser gebildet wurde, die sich hydraulisch eigenständig zwischen Grundwasser und Dieselphase bewegte und bei Ausbildung stabiler Grenzflächen bevorzugt zum Förderbrunnen bewegen ließ (Abb. 1). Eine solche Emulsion war mit bis zu 70% Dieselgehalt hydraulisch als eigenständige kohärente Phase fließfähig und stabil.



Abb. 1: Modellzylinder mit 2-Phasen-System Diesel-Wasser (links), stabiler Diesel-Wasser-Emulsion (Mitte) und 3-Phasen-System Diesel-Emulsion-Wasser (rechts)

Die Anwendung solcher physikalisch wirksamen Verfahren verliert ihre Effektivitätsvorteile immer dann, wenn die vorhandene oder nach Anwendung verbliebene (residuale) Menge an (meist disperser) Produktphase so gering ist, daß der Stoffeinsatz nicht mehr gerechtfertigt ist. In solchen Fällen können eine begleitende Lösungsvermittlung (SSE – Subsequent Solubility Enhancement für unvollständig erhaltene Anwendungsformulierungen von OCP) oder auch ein verstärktes Natural Attenuation wirksam sein (SNA – Subsequent Natural Attenuation für in Folge von STL, SIE oder GCR Tensid-benetzte Residualphasen).

4. Wirkprinzipien

Die Vorbereitungsphase einer Sanierung unter Anwendung einer tensidgestützten Herdintensivierung besitzt insofern eine essentielle Bedeutung, als dabei darauf zu achten ist, daß bevorzugt „physikalische Effekte“ zur Einstellung der erforderlichen Wirkungen genutzt werden. In aller Regel besteht diese Vorbereitungsphase aus speziellen laborativen Untersuchungen, in denen auf das jeweils konkrete vorliegende Problem abgestimmte optimale Bedingungen für die Sanierung ermittelt werden (Festlegung einer „targeted therapy“). Die Wirkprinzipien und die resultierenden Effekte sind in der Tabelle 3 zusammengestellt.

Tabelle 3: Wirkprinzipien und Effekte bei der Tensidanwendung zur Herdintensivierung

Schadstoff-Familie	Schadstoff-gruppe	Wirkprinzip			Effekt
		Typ *	Wirkung	Agenz	
DNAPL	LCKW, LBKW	STL	Mobilisierung	Tensid, untermicellar	Bildung untermicellarer (stabil-instabiler) Emulsionen
LNAPL	MKW, Benzen	SIE	Partielle Solubilisierung	Tensid, übermicellar	Bildung stabiler 3-Phasen-Systeme
Teeröle Carbolineum	PAK	GC R	Lösung Kornhaftung, Mobilisierung und Solubilisierung	Tensid, unter- und übermicellar	Ablösung PAK / Benetzung Kornoberfläche / Erhöhung Migrationsfähigkeit
OCP	HCH	SS E	Solubilisierung	Lösungsmittel/ Emulgator-Gemische	Bildung fomulierungs-naher Mobilitätszustände
	DDT				

* STL Surface Tension Lowering, SIE Supersonic In-Situ Emulsifying, GCR Grain Covering Removal, SSE Subsequent Solubility Enhancement

Die in der Tabelle 3 aufgeführten „Wirkungen“ beschreiben jeweils die maßgebenden Effekte bei der Herdintensivierung. Sie stellen (theoretische) Grenzfälle dar, da in realen Systemen eine vollständige Abgrenzung z.B. der „Mobilisierung“ von „Solubilisierung“ eingeschränkt ist (/3/ und /4/).

5. Anwendungen

Die beschriebenen tensidgestützten Verfahren wurden ursprünglich für die Altlastensanierung entwickelt. Bevorzugte Anwendungen sind die Herdintensivierung (Mobilisierung, Solubilisierung) im Rahmen hydraulischer Sanierungen. Die Bedingung für die Anwendung ist die Existenz „ungelöster“ Phase. Die konkreten Standortbedingungen, an deren Kenntnis hohe Anforderungen gestellt werden müssen, bestimmen dabei den Tensideinsatz („targeted therapy“). Tensidgestützte Verfahren sind immer als eine Unterstützung hydraulischer Verfahren einzuordnen. Es ist zu beachten, daß diese Maßnahmen der intensivierten Herdsanierung besondere Anforderungen an die Wasserreinigung (Dekontamination) stellen.

Bei der Anwendung dieser Verfahren wird zugleich eine wesentliche Verbesserung der Bedingungen für die Aquifersanierung und/oder Aureolensanierung erwartet. Die Herstellung und Verbesserung der Bedingungen für NA-Abbauvorgänge - SNA ist gegenwärtig Gegenstand von weiteren Untersuchungsarbeiten.

Industrielle Anwendungen dieser Verfahren stellen z.B. die Verbesserung industrieller Löseprozesse (z.B. bei der Kesselwagenreinigung) oder die Herstellung einsatzfähiger Diesel-Wasser-Gemische für Verbrennungsmotoren dar. Bei der Verbrennung von Diesel-Wasser-Gemischen aus der Altlastensanierung oder von Öl-Wasser-Gemischen aus der Bilgenwas-

seraufbereitung ist unter Beachtung von Randbedingungen eine Energiegewinnung möglich und sinnvoll.

Das STL-Verfahren wurde im Sanierungs- und Feldmaßstab bereits an mehreren Standorten in Deutschland auf der Grundlage entsprechender wasserrechtlicher Genehmigungen eingesetzt. Während für die Anwendung des SIE-Verfahren (Diesel) Erfahrungen aus dem Labormaßstab und ersten Feldtests vorliegen, wurde das GCR-Verfahren bisher erst im Labormaßstab getestet.

6. Quellenangaben

- /1/ Proceedings Internationaler Workshop: Standortrevitalisierung mit Hilfe innovativer In-Situ-Verfahren für die massive Herdsanierung, ID.E.A. Institute Greifswald e.V., EcoConcept GmbH und Synaptec GmbH, Stralsund 31.05.2001
- /2/ LÜDEMANN, K.: Die Anwendung des STL-Prozesses als In-Situ unterstützende Maßnahme bei der Sanierung eines LHKW-Schadens im Bereich der ehemaligen Volkswerft Stralsund.- Tagungsband Nachhaltigkeit und Altlastensanierung, Chemnitz 05.05.2000
- /3/ L. STRBAK: In-situ-Flushing with surfactants and cosolvents, US-environmental protections agency, Washington July 2000
- /4/ DANZER, HERBERT: Tenside zur in-situ-Grundwassersanierung, altlastenforum Baden-Württemberg 2000



14. Aktualisierung des Projekthandbuches zur Altlastenfreistellung

Christina Lausch (LfUG)

Antje Sohr (LfUG)

Im Jahr 1999 wurde das erste Projekthandbuch zur Altlastenfreistellung (PHB) für Investoren erarbeitet., die von der Kostenlast durch altlastbedingte Schäden freigestellt wurden. Die Freistellung bezieht sich auf vor dem 01.07.1990 verursachte altlastbedingte Schäden, entbindet aber nicht von der Verantwortung für die Umsetzung der erforderlichen Maßnahmen. Die Mitwirkungspflicht erfolgt im Rahmen eines Vollzugsverfahrens, welches die Verhältnismäßigkeit der Altlastenbearbeitung nach fachlichen, vergaberechtlichen und haushalterischen Vorgaben sicherstellt und den hohen Finanzierungsbeiträgen von Bund und Land Rechnung trägt.

Das PHB dient der Unterstützung der freigestellten Unternehmen (nach § 8 Sächsisches Abfallwirtschafts- und Bodenschutzgesetz) und zur Gewährleistung einer effizienten Zusammenarbeit zwischen dem freigestellten Unternehmen, den beteiligten Behörden und der mit dem Projektcontrolling beauftragten Stelle. Grundlage ist das Verwaltungsabkommen Altlastenfinanzierung sowie die dazu ergangenen Beschlüsse und sächsischen Erlasse. Die vom Freistaat mit dem Projektcontrolling beauftragte Stelle (derzeit ARGE AFC Sachsen) ist dabei für die ordnungsgemäße Umsetzung der getroffenen Maßnahmen verantwortlich.

Ziel des 1999 erarbeiteten und jetzt aktualisierten Projekthandbuches ist es, durch die Festlegung der Aufgaben, Zuständigkeiten und Abläufe sowie durch zahlreiche ergänzende Handreichungen eine effiziente und vereinheitlichte Umsetzung der erforderlichen Gefahrforschungs- und Gefahrenabwehrmaßnahmen auf der Grundlage des Freistellungsbescheids zu garantieren.

Eine Aktualisierung des PHB war aus fachlichen, vergaberechtlichen und verwaltungstechnischen Gründen zwingend notwendig. Sie wurde durch das Sächsische Ministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL), das Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG) und die Arbeitsgemeinschaft Altlastenfreistellung Sachsen (ARGE AFC: DGC, ARCADIS, URS) vorgenommen. Die grundlegend überarbeitete Neufassung liegt jetzt vor und ist im Internet unter <http://www.umwelt.sachsen.de/lfug> →Abfall&Altlasten-→Altlasten→salfaweb→unter [Freistellung] abrufbar.

Das PHB gliedert sich in **4 Teile**, die in sich abgeschlossen sind.

- Teil 1 enthält eine informelle Darstellung der Rechtsgrundlagen
- In Teil 2 sind neben den Aufgaben und Zuständigkeiten alle notwendigen aufbau- und ablauforganisatorischen Regelungen zum Verfahren aufgeführt. Diese sind für alle am Verfahren Beteiligten bindend. Außerdem werden grundsätzliche Ausführungen zum möglichen Umfang von Freistellungen gemacht.
- Teil 3 beinhaltet die Anforderungen an die finanztechnische Abwicklung.

- Teil 4 ist nach dem Stufenprogramm der Altlastenbehandlung entsprechend Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG) gegliedert und enthält in der Anlage eine umfassende Sammlung konkreter Arbeitshilfen in Form von Mustervorlagen, Gliederungen und Formblättern. Diese bilden verbindliche Arbeitsgrundlagen für die Zusammenarbeit zwischen Freigestellten, Behörden und dem Projektcontrolling, sind jedoch durch den jeweiligen Anwender in Bezug auf den Einzelfall zu prüfen und ggf. modifiziert anzuwenden.

Der Anlagenteil 1 enthält stufenabhängige Formblätter und Unterlagen (Muster-Leistungsbeschreibungen, Standardformulierungen, Muster-Gliederungen, Erfassungsblätter sowie Formblätter für Sonderleistungen).

Der Anlagenteil 2 enthält stufenunabhängige Unterlagen und Formblätter.

Vorteile des neuen PHB sind z. B.

- eine klare Gliederung entsprechend dem stufenweisen Vorgehen in der Altlastenbehandlung auf Grundlage des Bundesbodenschutzgesetzes und der -verordnung,
- Beachtung aktueller Gesetze, aktueller Materialien zur Erkundung, Bewertung und Sanierung,
- Verknüpfungen mit Anlagen (Links) und mit weitergehenden Informationen (Hyperlinks),

Einstellung im Internet als pdf. Datei zum Herunterladen. Die einzelnen Anlagen werden als Formulare so eingestellt, dass der Freigestellte diese direkt bearbeiten und an den Einzelfall anpassen kann.

Die Verfasser gehen davon aus, dass die freigestellten Unternehmen und anderen Beteiligten mit dem vorliegenden Projekthandbuch eine wirksame Unterstützung und Arbeitserleichterung erhalten. Da der neueste Stand der Altlastenbearbeitung wiedergespiegelt wird, kann der methodische Ablauf auch für andere Unternehmen (aus dem nicht Freistellungsbereich) eine Hilfestellung sein.



15. Forschungsvorhaben „Tierpharmaka“

Antje Sohr (LfUG)

Das Forschungsvorhaben „Verhalten von Tierpharmaka sowie Masthilfen aus der Massentierhaltung in der Umwelt“ wurde im Zeitraum Mai 2000 bis Januar 2002 durchgeführt und bestand aus zwei Teilen

- Studie zu eingesetzten Tierpharmaka und Masthilfen
- Technische Erkundung an drei typischen Standorten

Ziel der **Studie** war die Ermittlung der Zusammensetzung und der Menge der in der DDR eingesetzten Tierpharmaka und Masthilfen, die Abschätzung ihrer Human- und Ökotoxizität sowie ihrer Beständigkeit in Boden und Grundwasser.

Die Recherchen erfolgten durch Auswertung zugänglicher Unterlagen und persönlicher Befragungen von Erfahrungsträgern. Die Umweltrelevanz wurde aus einer Vielzahl von Datenbanken und Standardwerken ermittelt. Die Anlage enthält Stoffdatenblätter für über 100 Produkte. Nach Aussortierung der Wirkstoffe mit geringer Toxizität, Stabilität und Einsatzmenge entstand im Ergebnis eine Liste der möglichen altlastenrelevanten Stoffe, getrennt nach Rinder-, Schweine- und Geflügelhaltung. Dabei sind bestimmte Anlagenteile aber insbesondere auch die Gülleflächen von Bedeutung.

Ausgehend von der Studie wurden an drei typischen Standorten, je ein Standort der Rinderhaltung (stillgelegt), der Schweinehaltung (stillgelegt) und der Geflügelhaltung (noch betrieben), folgende **orientierende Untersuchungen** durchgeführt.

- Rinderstall:
- Bodenproben an Abkalbestall, Kälberstall, Dungplatte, Güllekanäle/-behälter und Güllefläche (in Umgebung)
 - Grundwasserproben im An- und Abstrom
 - Untersuchungsparameter:
Tetracycline und Sulfonamide (Tierpharmaka)
Kupfer; Zink
PAK, AOX, EOX
 - Ergebnisse Boden:
erhöhte Werte für Cu, Zn nur an Dungplatte
erhöhte PAK-Werte an Güllebehälter und Güllefläche
Nachweis von Furozolidin (Sulfonamide) in Spuren
Nachweis von Chlortetracyclin (Tetracycline) in Spuren
 - Ergebnisse Grundwasser:
keine Beeinflussung bei Cu und Zn nachweisbar (leichte Erhöhung schon im Anstrom)
leicht erhöhte Werte bei PAK (gegenüber Geringfügigkeitsschwelle) bei Tierpharmaka Nachweis nur für Chlortetracycline

- Schweinegestall:
- Bodenproben an Krankenstall; Läuferstall, Güllebehälter sowie Güllefläche (außerhalb des Standortes)
 - Grundwasserproben im An- und Abstrom
 - Untersuchungsparameter:
Tetracycline, Sulfonamide (Tierpharmaka)
Kupfer, Zink
AOX , EOX
 - Ergebnisse:
für alle Parameter keine Beeinflussung nachweisbar (in Grundwasser und Boden)
- Geflügelstall:
- Bodenproben an Güllekanäle und Güllefläche (Wegfall der Bodenproben an Nippeltränken wegen Schreckhaftigkeit der Tiere)
 - Grundwasserproben An- und Abstrom
 - Untersuchungsparameter:
Tetracycline, Sulfonamide, Furazolidon, Chloramphenicol
EOX
 - Ergebnisse:
für alle Parameter keine Beeinflussung nachweisbar (in Grundwasser und Boden)

Ein wichtiger Bestandteil des Forschungsvorhabens war die Methodenentwicklung zur Aufbereitung und Analytik der hier untersuchten Tierpharmaka. Das führte zur Entwicklung folgender Standardarbeitsvorschriften:

- Bestimmung von Sulfanilamid mittels HPLC/DAD
- Bestimmung von Sulfacarbamid mittels HPLC/DAD
- Bestimmung von Sulfamerazin mittels HPLC/DAD
- Bestimmung von Furazolidon mittels HPLC/DAD
- Bestimmung von Chloramphenicol mittels HPLC/DAD
- Bestimmung von Tetracyclinen

Eine umfangreiche Qualitätssicherung (Doppelbestimmungen in qualifizierten Laboren) sicherte die Ergebnisse ab. Ein deutlicher Qualitätssprung zur eindeutigen Analytik dieser Wirkstoffgruppen ist bei der Nutzung der Massenspektrometrie, speziell LC-MS-MS, gewährleistet.

Im Ergebnis ist festzustellen, dass bei den untersuchten Standorten (Tierbestand ca. 5000 Schweine, 2000 Rinder) keine Belastungen spezifischer Stoffe der Massentierhaltung insbesondere der untersuchten Tierpharmaka nachgewiesen werden konnten. Folgende Schlussfolgerungen ergeben sich daraus:

Da die untersuchten Standorte als typisch ausgewählt wurden, sind auch bei ähnlichen Standorten keine tierhaltungsspezifischen Belastungen zu erwarten. Damit sind die altlastverdächtigen Flächen im Sächsischen Altlastenkataster SALKA hinsichtlich folgender Kriterien zu prüfen:

- (A) Haben die Tierhaltungsanlagen einen Tierbestand mit wesentlich mehr Tieren, als die o.g. Bestände und einen separaten Krankenstall?
- (B) Sind ausgesprochene Güllehochlastflächen dabei?

(C) Sind aufgrund der Historischen Erkundung neben tierhaltungsspezifischen Teilflächen auch weitere Teilflächen, die altlastenrelevant sein könnten vorhanden (Fahrzeugpark, weitere Branchen,...)?

Sind alle diese Kriterien nicht gegeben (Anhaltspunkte werden alle mit nein beantwortet), sind diese Standorte aus dem SALKA als altlastverdächtige Flächen zu entfernen. Es wird empfohlen die Flächen zu archivieren.

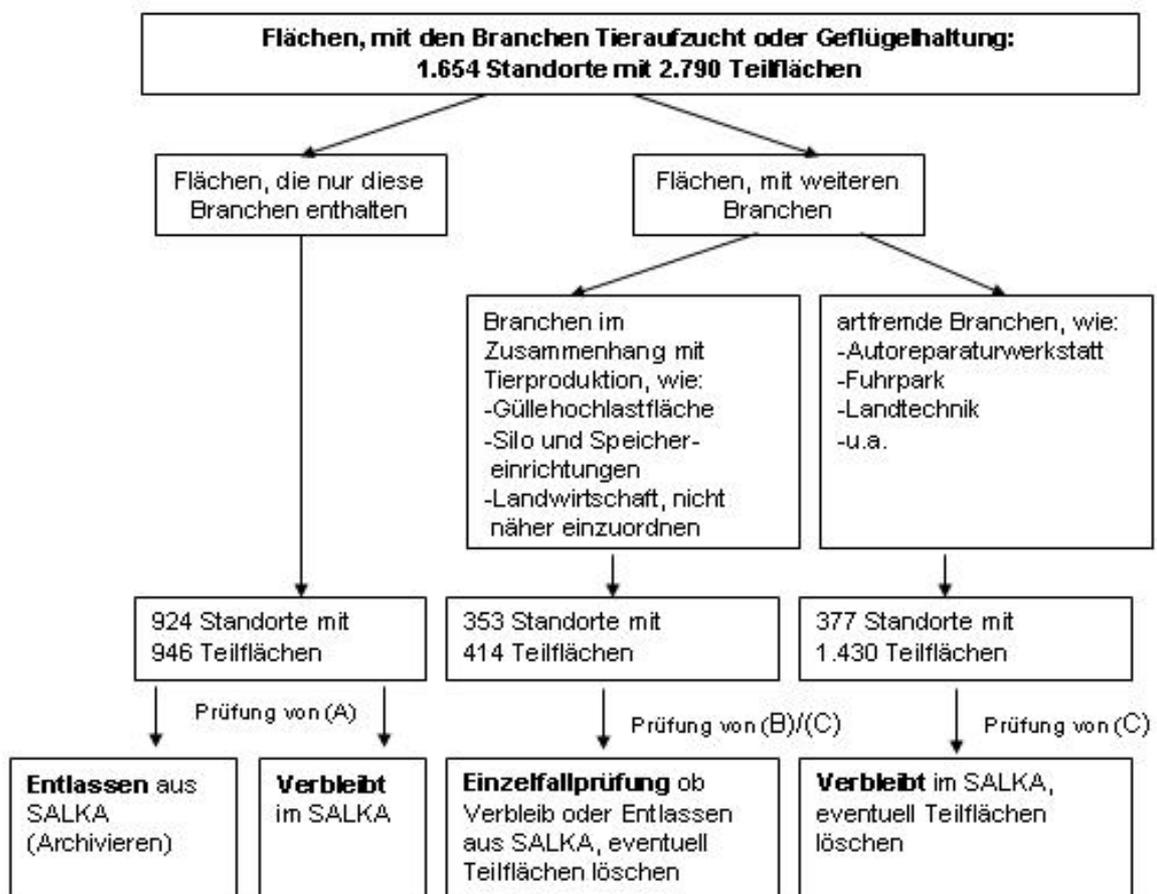
Sind einzelne Kriterien davon erfüllt (Beantwortung mit ja), verbleiben die Flächen im SALKA bis der Verdacht für diese Einzelfälle ausgeräumt wurde (Orientierende Untersuchung notwendig).

Nachfolgend ist die derzeitige Einordnung der Tierhaltungsstandorte entsprechend der Angaben im SALKA aus Sicht des LfUG aufgeführt.

Kriterium zur Erfassung von Tierhaltungsanlagen ist das Vorhandensein einer der beiden folgenden Branchen:

- Tieraufzucht (Rind, Schwein, Schaf)
- Geflügelhaltung

Die im SALKA geführten Flächen und deren Anzahl sind wie folgt einzuordnen:





16. Forschungsvorhaben „Abbauverhalten von komplexen Cyanidverbindungen“

Antje Sohr (LfUG)

Das Forschungsvorhaben zum Abbauverhalten von komplexen Cyanidverbindungen wurde im Jahr 2001 durchgeführt, verschiedene Versuche dazu gingen aber bis ins Jahr 2002.

Ziel des Vorhabens war die Untersuchung des Reaktionsverhaltens der komplexen Cyanide unter den verschiedensten biotischen und abiotischen Einflussfaktoren zur Beurteilung des Gefahrenpotentials für verschiedene Schutzgüter.

Auf Grund der extremen Toxizitätsunterschiede zwischen den einzelnen Cyanidspezies ist eine objektive Gefahrenbeurteilung nur in Kenntnis der vorliegenden Bindungsform und der langfristig durch natürliche Wechselwirkungsprozesse stattfindenden stofflichen Veränderungen möglich. Während zur Gefährlichkeit und zum Reaktionsverhalten leicht freisetzbarer Cyanide umfangreiche Kenntnisse vorliegen, gibt es hinsichtlich des Stoffverhaltens der komplexen Cyanide und potenzieller Risiken für den Menschen und die Umweltmedien keine ausreichenden Informationen bzw. validen Daten. Kenntnisdefizite gibt es insbesondere hinsichtlich der Persistenz der komplex gebundenen Cyanide und der sich unter den verschiedensten Einflussfaktoren potenziell bildenden leicht freisetzbaren Cyanide, die durch eine hohe akute Toxizität charakterisiert sind.

Konzeption

Folgende Einflussfaktoren waren zu untersuchen:

- Abiotischer Abbau
 - pH-Abhängigkeit
 - Temperaturabhängigkeit
 - Oxidierende und reduzierende Einflussgrößen
 - Hydrolyse
 - Photoabbau
- Biotischer Abbau
 - Umwandlung der komplex gebundenen Cyanide in freie (aerob, anaerob)
 - Mineralisation der freien Cyanide
 - Aerobe und anaerobe Bedingungen
 - Unterschiedliche Nährstoffbilanzen
 - Unterschiedlicher Wassergehalt
 - Verschiedene Mikroorganismen
- Stabilisierung
 - Schwermetalleinfluss

Vorgehensweise

Ausgehend von zwei Ausgangsmaterialien (Kompost aus Deinkingschlamm, Gasreiniger-masse) wurden der Einfluss o.g. Parameter untersucht und bewertet.

Um die stattfindenden Stoffumsätze umfassend charakterisieren zu können, wurden Labor-experimente mit Feldversuchen kombiniert.

Das aus den erhobenen Daten prognostizierte Risiko wurde durch biologische Tests verifi-ziert.

Zum besseren Verständnis des Reaktionsverhaltens der komplexen Cyanide sind den Aus-führungen einige theoretische Betrachtungen zu den physikochemischen Eigenschaften, zu den Struktur- und Bindungsverhältnissen sowie zur Analytik der jeweiligen Cyanidspezies vorangestellt.

Charakterisierung der Cyanide

Cyanide können als Cyanwasserstoff (Blausäure), als Cyanid-Ionen, als komplex gebundene Cyanide, als organische Verbindungen, die Cyan-Gruppen enthalten, und als Chlorcyan vor-liegen. Die komplexen Cyanide können als leicht- und als schwerlösliche Verbindungen vor-liegen. Die Verfügbarkeit von Cyanid aus komplexen Verbindungen ist in Abhängigkeit von der Beständigkeit des Cyanokomplexes eingeschränkt.

Analytik

Für die Analytik von leicht freisetzbarem Cyanid und Gesamtcyanid gelten die Verfahren nach Bundesbodenschutzverordnung. Da die Aufschlussbedingungen entscheidend sind beim Vergleich von Konzentrationen im Boden und Konzentrationen im Wasser, wurden je-weils gleiche Bedingungen und zwar mit Siedetemperatur gewählt (im Wasser ist bei Cyanid leicht freisetzbar ein Verfahren mit Raumtemperatur oder ein Verfahren mit Siedetemperatur möglich).

Abbau komplexer Cyanide unter Freilandbedingungen

Der Gesamtcyanid-Gehalt im Ausgangsmaterial - Kompost der Firma Südhumus – lag bei 816 mg/kg. Der Prüfwert der BBodSchV für Park- und Freizeitanlagen wurde damit um das ca. 15-fache überschritten. Die Messresultate zeigten keine signifikanten Änderungen der Gesamtcyanidgehalte im Beobachtungszeitraum. Im Verlauf der Versuchsdurchführung ließ sich keine Bildung leicht freisetzbarer Cyanide feststellen.

Die Gesamtcyanidgehalte im Sickerwasser differierten im Beobachtungszeitraum zwischen 0,12 mg/l und 1,36 mg/l (jahreszeitliche Schwankungen). Die Berechnung der Cyanidfrach-ten erfolgte auf der Grundlage der monatlich direkt erfassten Sickerwassermengen und der mittleren Cyanidgehalte. Lediglich 0,22 % des vorliegenden Cyanidreservoirs wurden im Be-obachtungszeitraum mit dem Sickerwasser abgeführt. Bei einer überschlägigen Hochrech-nung des ermittelten Cyanidaustrages würde es mehrere hundert Jahre dauern, bis der nach BBodSchV geltende Prüfwert für Park- und Freizeitflächen durch natürliche Witterungsein-flüsse erreicht ist.

Die geringe Löslichkeit der quantifizierten Gesamtcyanide, in Verbindung mit dem im Überschuss vorhandenen Eisen deuten darauf hin, dass es sich bei den vorliegenden Cyanidverbindungen um das "unlösliche" Berliner Blau (Eisenhexacyanoferrat) handelt.

Abiotische und biotische Einflussfaktoren auf das Verhalten von Eisencyanidkomplexen

Photolyse:

Die Experimentalbefunde belegen, dass ultraviolettes wie auch sichtbares Licht die im Sickerwasser gelösten Cyanoferrate photolytisch zersetzen kann.

Im Feststoff machte sich ein photolytisch induzierter Cyanidabbau nur oberflächlich und mit geringer Effizienz bemerkbar.

Hydrolyse:

Die photolytisch aus den komplexen Cyaniden freigesetzten leicht freisetzbaren Cyanide sind infolge von Hydrolyse nicht persistent. In begrenztem Umfang bildet sich Ammoniak. Der überwiegende Teil wird als Cyanwasserstoff über den Luftpfad abgeführt. Die Lebensdauer des Cyanwasserstoffs in der Atmosphäre („natural lifetime“) wird als gering eingeschätzt.

pH-Milieu:

Die Löslichkeit und mithin die Mobilisierbarkeit der im Kompost vorliegenden Eisencyanidkomplexe nehmen mit steigender Alkalität beträchtlich zu ohne dass leicht freisetzbares Cyanid gebildet wird.

Auf Grund dieser pH-bedingten Löslichkeit ist eine Verfrachtung der Eisencyanoferrate bis ins Grundwasser bzw. Oberflächenwasser möglich.

Redox-Milieu:

Aus den Versuchsergebnissen ist abzuleiten, dass Eisenhexacyanoferrat, wie es im Kompost vorliegt, durch natürlich ablaufende Redoxreaktionen nicht destabilisiert werden kann.

Mikrobielle Abbaubarkeit:

nach Mikrobenezusatz:

Nach einer Testdauer von 24 und 46 Tagen konnte keine Veränderung der Cyanidgehalte festgestellt werden. Das ist einerseits darin begründet, dass das im Substrat vorliegende Eisencyanoferrat nur gering wasserlöslich und damit kaum bioverfügbar ist. Andererseits enthält das Substrat verhältnismäßig gut abbaubare organische Bestandteile (Papier, Rindenmulch), die von den Mikroorganismen konkurrierend als Kohlenstoff- und Energiequelle genutzt werden können.

Im Bodenrespiromaten: In der cyanidfreien Aussaaterde ist die mikrobielle Aktivität deutlich geringer als im Kompost der Südhumus GmbH. Trotzdem konnte kein Cyanidabbau nachgewiesen werden, denn die Cyanidabbauer werden in diesem Kompost desadaptiert.

Potenziell: Der Abbau von Cyaniden ist mikrobiologisch über verschiedene metabolische Pathways möglich. Die im Substrat der Firma Südhumus vorkommenden cyanidabbauenden Bakterien haben die gleiche metabolische Potenz wie Teststämme mit bekannter Fähigkeit zum Fe- Cyanidkomplex-Abbau.

Biologische Testverfahren

(Allgemeines; Toxizitätstests; Untersuchungen zur Pflanzenverfügbarkeit)

Die realisierten Biotests erbrachten keine Hinweise auf akute phytotoxische oder letale Wirkungen des cyanoferrathaltigen Sickerwassers auf die überprüften Organismen und Testsubstanzen.

Im Ergebnis der Pflanzenuntersuchungen wurde keine Bioverfügbarkeit der im Kompost vorliegenden komplexen Cyanide festgestellt. Die Höhe der tatsächlichen Schadstoffaufnahme wird entscheidend von der Wasserlöslichkeit beeinflusst. Das im Substrat vorliegende Eisenhexacyanoferrat ist nur gering wasserlöslich und damit kaum bioverfügbar.

Gefährdungsabschätzung

Eisencyanoferrat, wie es im Deinkingschlamm und in der Gasreinigermasse vorliegt, ist sehr persistent. Aus der Ablagerung von Eisencyankomplexen, wie sie im Kompost von Hartmannsdorf vorliegen, lassen sich keine Gefahren für den Direktpfad und für die Pfade Boden – Grundwasser oder Boden – Oberflächenwasser ableiten. Durch die Aufschlussverfahren (Analytik) ist eine zusätzliche Absicherung gegeben, da Siedetemperaturen am Standort nicht vorkommen

Weitere Auswertungen

Neben Auswertungen für den Standort, von dem der Kompost mit Deinkingschlamm entnommen wurde (Schlema), wird mit den Ergebnissen des Forschungsthemas ein Beitrag zur Gefährdungsabschätzung für weitere cyanidverunreinigte Standorte wie Standorte der Stahlhärtung, Galvanotechnik, Druckfarbenherstellung, Erzaufbereitung oder Gaswerke/Kokereien geliefert. Außerdem gehen die Erkenntnisse in weitere Prüfwertableitungen des Umweltbundesamtes ein.



17. Untersuchung zum Einfluss von Sumpfrohren auf die Grundwasserprobennahme

Jörg Dehnert (LfUG)

Im Rahmen des FuE-Vorhabens „Messstellenausbau und repräsentative Grundwasserprobennahme aus Grundwassermessstellen im Grundmessnetz Beschaffenheit des Freistaates Sachsen“ wurde als Teilthema 3 durch die Boden und Grundwasser Labor GmbH Dresden der Einfluss von Sumpfrohren auf die Grundwasserprobennahme untersucht.

Durch das Vorhaben sollte die Frage beantwortet werden, ob Sumpfrohre die Repräsentativität von Grundwasserproben beeinträchtigen (DVGW 1988, 2002).

Dazu gibt es unterschiedliche Auffassungen. Während ein Teil der Fachleute Sumpfrohre zur Vermeidung einer schnellen Versandung von Messstellen als notwendig ansieht, befürchtet der andere Teil eine Beeinflussung der Grundwasserproben durch die sich in Sumpfrohren ansammelnde Trübe. Insbesondere wirken Sumpfrohre auch als Schadstofffallen.

Die Untersuchungen erfolgten anhand von Tracerversuchen. Mit Hilfe eines eigens für diese Versuche entwickelten Systems wurde der Tracer Uranin in das Sumpfrohr von Messstellen eingebracht, ohne das darüber befindliche Standwasser zu kontaminieren. Anschließend wurden Pumpversuche durchgeführt und die Uraninkonzentration am Pumpeneinlauf und im Förderstrom der Pumpe mit Lichtleitern und einem Spektralfluorimeter überwacht.

Die Ergebnisse zeigen, dass bei Einbau einer Unterwassermotorpumpe nahe der Filteroberkante einer Messstelle die Trübe im Messstellensumpf bei einer Probennahme nicht aufgewirbelt wird und sich dem Förderstrom nicht beimischt. Auch eine Lotung der Messstelle vor der Probennahme ist unschädlich. Zwar wirbelt eine Lotung die Trübe auf, diese wird aber durch den Abpumpvorgang vollständig aus der Messstelle entfernt. Daher können aus Grundwassermessstellen mit Filtersumpf repräsentative Grundwasserproben entnommen werden, wenn das hydraulische Kriterium und das Beschaffenheitskriterium der Probennahme eingehalten werden (DVWK 1997).

Zahlreiche Messstellen der Landesmessnetze und von Sondermessnetzen sind Altmessstellen, die vor Jahren mit Sumpfrohren errichtet wurden. Mit dem Vorhaben wurde gezeigt, dass die Sumpfrohre dieser Messstellen bei regelkonformen Probennahmen die Repräsentativität von Grundwasserproben nicht gefährden.

Literatur:

DVGW (1988): Bau und Betrieb von Grundwasserbeschaffenheitsmeßstellen.- Merkblatt W 121: 19 S.; Eschborn.

DVGW (2002): Bau und Ausbau von Grundwassermessstellen.- Gelbdruck zum Arbeitsblatt W 121: 25 S.; Bonn.

DVWK (1997): Tiefenorientierte Probennahme aus Grundwassermeßstellen.- Merkblätter zur Wasserwirtschaft, H. 245: 13 S.; Bonn.



18. Untersuchung des Einflusses des Abpumpvolumenstromes auf die Partikelzahl im Förderstrom der Pumpe

Jörg Dehnert (LfUG)

Dieses Forschungsvorhaben wurde von der Hydroisotop-Piewak GmbH Chemnitz als Teilthema 1 im Rahmen des FuE-Vorhabens „Messstellenausbau und repräsentative Grundwasserprobennahme aus Grundwassermessstellen im Grundmessnetz Beschaffenheit des Freistaates Sachsen“ bearbeitet.

Die Dauer des Abpumpens von Grundwassermessstellen ist ein wesentlicher Bestandteil des Zeitaufwandes für die Probennahme. Bei der Grundwasserprobennahme mit Pumpen empfehlen verschiedene Autoren wegen erhöhter partikelgebundener Stoffgehalte und möglicher Entgasungen die Anwendung kleiner Förderraten von maximal 0,5 l/min. Die Verwendung kleiner Förderraten würde jedoch den Zeitaufwand für die Beprobung der Messnetze deutlich erhöhen und eine Kapazitätserhöhung bei der UBG erforderlich machen. Ziel des Vorhabens war daher die Untersuchung des Einflusses verschiedener Förderraten auf die Partikelzahl im Förderstrom von Pumpen.

Bei der Planung des Vorhabens wurde davon ausgegangen, dass mit zunehmendem Abpumpvolumen die Reichweite eines Abpumpvorganges im Grundwasserleiter und die Abstandsgeschwindigkeit des zum Filter der Messstelle fließenden Wassers umgekehrt proportional abnehmen. Daher war zu erwarten, dass die Partikelzahlen im Förderstrom der Pumpe nach einem Abpumpvolumen von wenigen hundert Litern für alle Förderraten den gleichen Plateauwert erreichen.

Es wurden 19 Abpumpversuche an Grundwassermessstellen in Wildenhain, Dresden-Tolkewitz, Kodersdorf, Fichtenberg, Hartha und Deschka sowie an Referenzmessstellen in Torgau durchgeführt. Bei den Versuchen wurden der Durchfluss und die Leitkennwerte elektrische Leitfähigkeit, Temperatur, pH-Wert, Redoxpotential und Sauerstoffgehalt kontinuierlich gemessen. Aus dem Förderstrom wurden Proben entnommen und Partikelzahl und -volumen mit einem Coulter®-Multisizer-II-Instrument bestimmt (Neitzel et al. 2002). Aus dem Partikelvolumen wurde die Oberfläche der Partikel berechnet und der Verlauf aller drei Partikelkennwerte als Funktion des Abpumpvolumens untersucht.

Die Ergebnisse bestätigen die Arbeitsthese des Vorhabens: Die Partikelzahlen im Förderstrom der Pumpen erreichten nach Abpumpvolumen von wenigen hundert Litern Plateauwerte, die von der Förderrate unabhängig waren. Daraus folgt für eine sachgerechte Probennahme, dass größere Förderraten die Repräsentativität von Grundwasserproben hinsichtlich der enthaltenen Partikel nicht gefährden, wenn die Ergiebigkeit des Grundwasserleiters unter Berücksichtigung des Messstellenausbaus nicht überschritten wird.

Literatur

- NEITZEL, P.; SCHNEIDER, P.; ECKARDT, L.; KUHN, K.; LANKAU, R.; DEHNERT, J. (2002): Analytische Erprobung der Electrical Sensing Zone (ESZ)-Methode für die Quantifizierung von Partikeln in Grund-, Oberflächen- und Modellwasser – Labor- und Felduntersuchungen.- *Vom Wasser* 98: 91-116.
- DEHNERT, J.; LANKAU, R.; KUHN, K.; DÖRING, U.; SCHNEIDER, P.; NEITZEL, P.L. (2002): Abpumpversuche mit Partikelmessungen zur Bestimmung geeigneter Förderraten bei der Grundwasserprobenahme.- In: Schriftenreihe der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Heft 19, Schafmeister, M.-Th.; Meyer, T. (Hg.): Grundwasserressourcen im Spannungsfeld zwischen Erschließung und Naturschutz, Fachtagung der Fachsektion Hydrogeologie in der Deutschen Geologischen Gesellschaft.- ISBN 3-932537-19-X, 134 S., 09.-11. Mai 2002, Greifswald: 103.



19. Vergleich von Partikelmessung und Trübungsmessung beim Abpumpen von Grundwassermessstellen

Jörg Dehnert (LfUG)

Das Forschungsvorhaben wurde von der Hydroisotop-Piewak GmbH Chemnitz als Teilthema 2 im Rahmen des FuE-Vorhabens „Messstellenausbau und repräsentative Grundwasserprobennahme aus Grundwassermessstellen im Grundmessnetz Beschaffenheit des Freistaates Sachsen“ bearbeitet.

Mit dem Teilthema 1 konnte bereits gezeigt werden, dass die Partikelzahl im Förderstrom von Pumpen nach verhältnismäßig kleinen Abpumpvolumen von wenigen hundert Litern von der Förderrate der Pumpe unabhängig ist, so dass bei der Grundwasserprobennahme nicht mit kleineren Förderraten gearbeitet werden muss und sich der Zeitbedarf der UBG nicht erhöht. Ausgangspunkt für das Teilvorhaben 2 war das Regelwerk der US-EPA, wo die Verwendung der Trübung als Leitkennwert für die Grundwasserprobennahme seit Jahren empfohlen wird (US-EPA 1996). Daher sollte anhand von Pumpversuchen an Grundwassermessstellen geprüft werden, ob bei Grundwasserprobennahmen eine Überwachung der Partikel im Förderstrom von Pumpen mit einfachen Online-Trübungsmessungen bei hinreichender Aussagesicherheit möglich und sinnvoll ist. Bei den Pumpversuchen sollte die Online-Trübungsmessung mit der Offline-Partikelmessung verglichen werden.

An den Messstellen des Landesmessnetzes in Kesselshain, Zschortau und Dresden-Tolkewitz sowie an zwei Referenzmessstellen in Torgau-Ost wurden fünf Abpumpversuche durchgeführt. Im Förderstrom der Pumpe wurden der Durchfluss und die Verläufe des Kennwertes Trübung und der Leitkennwerte elektrische Leitfähigkeit, Temperatur, pH-Wert, Redoxpotential und Sauerstoffgehalt kontinuierlich gemessen. Außerdem wurden Proben zur Partikelmessung entnommen und Partikelzahl und -volumen mit einem Coulter-Multisizer-II-Instrument bestimmt (NEITZEL et al. 2002). Das Gerät arbeitet nach der Electrical Sensing Zone (ESZ)-Methode, einem hochauflösenden Partikeleinzählverfahren. Die Pumpversuche wurden hinsichtlich der Übereinstimmung von Online-Trübungsmessung und den offline bestimmten Partikelzahlen ausgewertet.

Die Ergebnisse zeigen, dass die kostengünstige Online-Trübungsmessung als Leitkennwert bei Grundwasserprobennahmen zur Überwachung von Abpumpvorgängen eingesetzt werden kann und die Sicherheit bei der Bewertung der Probennahme erhöht. Da jetzt auch Messsystemen angeboten werden, die zur Messung der Leitkennwerte bei der Probennahme geeignet sind und die Messung der Trübung einschließen, sollten diese neuen Möglichkeit genutzt werden.

Literatur

- NEITZEL, P.; SCHNEIDER, P.; ECKARDT, L.; KUHN, K.; LANKAU, R.; DEHNERT, J. (2002): Analytische Erprobung der Electrical Sensing Zone (ESZ)-Methode für die Quantifizierung von Partikeln in Grund-, Oberflächen- und Modellwasser – Labor- und Felduntersuchungen.- *Vom Wasser* 98: 91-116.
- US-EPA (1996): EPA Ground Water Issue – Low-Flow (Minimal Drawdown) Ground-Water Sampling Procedures.- EPA/540/S-95/504, Bearbeiter: PULS, R. W., BARCELONA, M. J., Office of Research and Development, Office of Solid Waste and Emergency Response, Washington, DC.



20. Stand zu Sachverständigen nach § 18 Bundesbodenschutzgesetz

**Pressemitteilung
IHK überprüft Bodenschutz**

Wer als Sachverständiger nach dem Bundes-Bodenschutzgesetz tätig werden will, muss dafür zuvor in einem anspruchsvollen Überprüfungsverfahren seine Sachkunde, seine Zuverlässigkeit und die erforderliche gerätetechnische Ausstattung nachweisen. Mit der Überprüfung dieser Voraussetzungen hat das Sächsische Umweltministerium nunmehr die Industrie- und Handelskammern (IHKs) per Rechtsverordnung beauftragt. Ab sofort können Anträge auf Feststellung der Sachverständigeneigenschaften bei den Sächsischen IHKs gestellt werden.

Das Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz - BBodSchG) sieht an mehreren Stellen die Einbeziehung von Sachverständigen vor. So können die Behörden zum Beispiel bei Verdacht auf schädliche Bodenveränderungen oder auf Altlasten Untersuchungen zur Gefährdungsabschätzung sowie Sanierungsuntersuchungen und die Erstellung von Sanierungsplänen durch Sachverständige vorschreiben oder selbst veranlassen.

Hierzu bedarf es qualifizierter und erfahrener Sachverständiger, die über die erforderliche Sachkunde und gerätetechnische Ausstattung verfügen und die auf Grund ihrer Zuverlässigkeit und ihrer persönlichen Integrität für diese Tätigkeit geeignet sind.

Mit der am 01. Februar 2003 in Kraft getretenen Verordnung des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft über Sachverständige nach § 18 BBodSchG (Sächs-SachVO) hat der Freistaat Sachsen die Überprüfung und die öffentliche Bekanntgabe solcher Sachverständiger als neue hoheitliche Aufgabe auf die Industrie- und Handelskammern übertragen. Damit folgt das Umweltministerium einerseits dem allgemeinen Trend zur Delegation staatlicher Aufgaben auf kompetente Dritte. Zum anderen werden damit zugleich die langjährigen guten Erfahrungen der Sächsischen IHKs bei der Überprüfung und öffentlichen Bestellung von Altlasten-Sachverständigen gewürdigt.

Die Überprüfung von Sachverständigen nach der neuen Verordnung erfolgt auf Antrag für eines oder für mehrere der folgenden Sachgebiete:

- 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,

- Gefahrenermittlung, -beurteilung und -abwehr von schädlichen Bodenveränderungen aufgrund von Bodenerosion durch Wasser.

Anträge auf Überprüfung sind immer bei derjenigen IHK zu stellen, in deren Bezirk der Sachverständige seine Hauptniederlassung bzw. seinen Hauptwohnsitz hat. Für Sachverständige außerhalb von Sachsens ist diejenige IHK zuständig, bei der zuerst der Antrag gestellt wird.



Ticker

21. Zum Schluss

Kontaktadressen der Autoren

- Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG), Referat Grundwasser / Altlasten, 01109 Dresden, Zur Wetterwarte 11, ☎ 0351 - 8928 -
Frau Antje Sohr (411), Herr Dr. Joerg Dehnert (325), Frau Karin Kuhn (242), Frau Rosemarie Lankau (248), Frau Christina Lausch (324), Herr Peter Boerke 0351 - 89913-71
[\[Vorname\].\[Nachname\]@lfug.smul.sachsen.de](mailto:[Vorname].[Nachname]@lfug.smul.sachsen.de)
- IBB Ingenieurbüro für Umweltanalyse und Forschung
Herr Eberhard Beger ☎ 0351 – 2695-248, Herr Detlev Bieninda, Herr Sven Gester ☎ 0351 – 2695-274
- DGC Dresdner Grundwasser Consulting GmbH
Herr Prof. Dr. Ullrich Beims ☎ 0351 - 4050-624, Herr Dr. Bernd Gutt ☎ 0351 – 4050-623
- G.E.O.S. Freiberg
PF 1162, 09581 Freiberg
Herr Dr. Peter Szymczak ☎ 03731 – 369-0, info@geosfreiberg.de
- EcoConcept GmbH Büro Greifswald
Hafenstraße 41, 17489 Greifswald
Herr Peter Adolphi, ☎ 3834554115, greifswald@ecoconcept-gmbh.de
www.ecoconcept-gmbh.de
EcoConcept GmbH Büro Chemnitz
Neefestraße 88, 09116 Chemnitz
Herr Wolfgang Schmidt ☎ 0371-3899586, info@ecoconcept-gmbh.de
- I2s GmbH Stralsund, Frankendamm 80, 18439 Stralsund
Herr Bernd Menger ☎ +493831309313, info@in-situ-systeme.de
www.in-situ-systeme.de
- Synaptec GmbH Greifswald, Brandteichstraße 19, 17489 Greifswald
Herr Ullrich Roth ☎ 03834-550511, info@synaptec-gmbh.de
www.synaptec-gmbh.de
- IHK Industrie- und Handelskammer Dresden
Herr Dr. Peter Baumann ☎ 0351-2802-127, baumann@dresden.ihk.de
- Stoller Ingenieurtechnik GmbH, Herr Dipl.-Ing. Bertram, Bärensteiner Straße 27-29, 01277 Dresden ☎ 0351-212 39 30, info@stoller-dresden.de

