

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie

HESSEN



# Altlasten- annual 2011



# Altlasten- **annual 2011**

Wiesbaden, 2011

# **Impressum**

## **Altlasten-annual 2011**

ISBN: 978-3-89531-870-2

Bearbeitung: Redaktionsteam „annual 2011“, Dezernat Altlasten

Layout: Nadine Monika Lockwald

Titelbild: Hedderheimer Kupferwerk und Süddeutsche Kabelwerke AG  
Gesamtansicht um 1910, Bildnachweis: Denkmalamt Stadt Frankfurt am Main, Nr. 478

Herausgeber, © und Vertrieb:  
Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie  
Rheingaustraße 186  
65203 Wiesbaden

Telefon: 0611 69 39-111  
Telefax: 0611 69 39-555  
E-Mail: [vertrieb@hlug.hessen.de](mailto:vertrieb@hlug.hessen.de)

**[www.hlug.de](http://www.hlug.de)**

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter.

# Inhalt

Stand der Altlastenbearbeitung.....7

## Brennpunkt

### Autorenkollektiv

Ende der Bodensanierung in Lampertheim-Neuschloß.....11

## Aktuell

### Thomas Vorderbrügge

Die Arbeitshilfe für die Bodenansprache im vor- und nachsorgenden Bodenschutz (KA5-kurz)  
– Grundlage für den Vollzug des BBodSchG, der BBodSchV und des HAltBodSchG .....27

### Jan Brodsky

Die Anerkennung von Untersuchungsstellen nach §18 des Bundes-Bodenschutzgesetzes  
– aktueller Stand zum Fachmodul Boden und Altlasten .....31

### Regine Gühr

Vorgehensweise bei der Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten (GFS-Werten) für  
chemische Substanzen .....35

## Seminar Altlasten und Schadensfälle, 24./25. Mai 2011 in Wetzlar

### Hans-Peter Koschitzky

Innovative In-situ-Sanierungsverfahren –  
die ITVA-Arbeitshilfe zur Unterstützung bei der Altlastensanierung .....43

### Theresia Trampe & Dieter Bohlen

In-situ chemische Oxidation mit Permanganat – ein Fallbeispiel .....55

### Autorenkollektiv

Handlungskonzepte für den Rüstungsaltsstandort Stadtallendorf .....59

### Thomas Held

Green and Sustainable Remediation – eine Perspektive bei der Altlastenbearbeitung? .....65

### Klaus Friedrich, Katrin Lügger & Janina Sehr

Hintergrundwerte von Spurenstoffen in hessischen Böden.....69

### Sven Rumohr

Erdwärmennutzung in Hessen – aktuelle Entwicklungen in Zahlen .....79

### Autorenkollektiv

Spurenorganika im Wasserkreislauf – neue Perspektiven in der Umweltforensik .....83

### Klaus Schnell & Uwe Dannwolf

Kluftgrundwasserleiter – Matrixeffekte, Rückdiffusion .....87

### Michael Woisnitza, Anselm Reuter & Uwe Hiester

Thermische In-Situ-Sanierung (Pilotversuch) am Beispiel „ehemalige Lederfabrik Berninger“ in Idstein .....89

**Michael Wolf**

Energieeffizienz bei der Altlastensanierung – Ein Rechenbeispiel .....101

**Paul J. Brinkmann, Franz-Josef Hund & Matthias Kracht**

Geophysik in der Altlastenbearbeitung .....107

**Infothek**

Altlasten im Internet .....113

Handbuchreihe Altlasten.....115

Sonstige Veröffentlichungen .....124

Bestellschein.....126

Autorinnen und Autoren des Altlasten-annual 2011 .....127



## Vorwort

Liebe Leserin, lieber Leser,



ich freue mich, Ihnen im Brennpunkt dieser Ausgabe die Erfolgsgeschichte der Sanierung einer der größten bewohnten Altlasten in Hessen präsentieren zu können. Auf dem Gelände der ehemaligen Chemischen Fabrik in Lampertheim-Neuschloß war Mitte der

50er Jahre eine Wohnsiedlung errichtet worden – auf hochkontaminiertem Boden, wie sich später herausstellte. Über den mühsamen Weg von der Erkundung bis zum Beginn der ersten Sanierungsmaßnahme haben wir damals im Altlasten-annual 2003 ausführlich berichtet. Acht nicht weniger schwierige Jahre später ist es soweit: die Bodensanierung auf den Wohngrundstücken wurde erfolgreich abgeschlossen. Aus diesem Anlass kommen noch einmal die verschiedenen Beteiligten des Sanierungsprojektes von Behördenvertretern bis zu betroffenen Bürgerinnen und Bürgern zu Wort. Aus den unterschiedlichen

Sichtweisen ist ein facettenreicher Erfahrungsbericht entstanden.

Die Rubrik Aktuell steht diesmal im Zeichen der Erkundung, Analytik und Schadstoffbewertung. Eine Arbeitshilfe für die Bodenansprache auf Verdachtsflächen wird vorgestellt, über den aktuellen Stand bei der Anerkennung von Untersuchungsstellen berichtet sowie die Ableitung von Geringfügigkeitsschwellen-Werten zur Beurteilung von Grundwasserverunreinigungen dargestellt.

Interessante Beiträge zu neuen Entwicklungen im Altlastenbereich finden Sie auch in den Vorträgen, die auf unserem letzten Seminar Altlasten und Schadensfälle in Wetzlar gehalten wurden.

Ich bedanke mich ganz herzlich bei den Autorinnen und Autoren dieser Ausgabe und wünsche Ihnen, liebe Leserin, lieber Leser, nützliche Erkenntnisse bei der Lektüre.

Dr. Thomas Schmid  
Präsident des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie



## Stand der Altlastenbearbeitung in Hessen

MARGARETA JAEGER-WUNDERER

An dieser Stelle möchte ich Sie über wichtige Entwicklungen im Bereich Altlasten informieren sowie über die Arbeitsschwerpunkte 2011 des Dezernats Altlasten berichten.

Zur Altlastenbearbeitung gehört die Überprüfung des von einem Standort ausgehenden Umweltrisikos. Hierzu werden üblicherweise Proben von Wasser, Boden und Bodenluft chemisch analysiert. Der Analysenumfang richtet sich dabei in der Regel nach den Kenntnissen, die man über den Standort hat. Allerdings sind oft nicht alle tatsächlich eingesetzten Stoffe bekannt. Diese Informationslücken bleiben häufig unberücksichtigt, ebenso wie mögliche Wechselwirkungen der Stoffe untereinander oder Abbauprodukte, die durch chemische und/oder biologische Prozesse entstanden sind. Ergänzend können deshalb im Grundwasser mögliche Schadwirkungen von Stoffgemischen auf aquatische Systeme betrachtet werden. Solche Wirkungen werden für Oberflächengewässer durch standardisierte ökotoxikologische Testverfahren betrachtet.

Im Auftrag des HLUg wurde untersucht, ob und wie solche Verfahren auch für die Altlastenbearbeitung und für die Beurteilung von Grundwasserkontaminationen herangezogen werden können. In einer Arbeitsgruppe von Mitarbeitern/-innen aus RP und HLUg wird die Veröffentlichung dieser Erkenntnisse vorbereitet. In dem **Fachgespräch „Ökotoxikologische Verfahren als Bewertungshilfe bei Altlastenverfahren“** am 6. Dezember 2011 wurden Ergebnisse aus dieser Studie vorgestellt.

Wenn Altlasten und Grundwasserschadensfälle in unmittelbarer Nähe eines Oberflächengewässers liegen, kann schadstoffbelastetes Grundwasser – nach kurzem Fließweg – in einen Fluss oder Bach

eintreten. Neben dem Grundwasser ist dann als weiteres Schutzgut das Oberflächengewässer zu betrachten. Hier gibt es im Vollzug offene Fragen, insbesondere im Hinblick auf die Einleitung von gereinigtem Grundwasser in das Gewässer.

Die im Herbst 2009 gegründete **Arbeitsgruppe „Altlasten an Oberflächengewässern“** hat ihre Arbeiten am Merkblatt „Behandlung von verunreinigtem Grundwasser bei Einleitung in oberirdische Gewässer“ abgeschlossen und dem Umweltministerium vorgelegt. Geplant ist, diese Ausarbeitung in das Handbuch „Arbeitshilfe zur Sanierung von Grundwasserverunreinigungen“ zu integrieren.

Seit einigen Jahren arbeitet das HLUg im **ALA „Gesprächskreis Schadstoffbewertung“** mit. Der UA hat den Auftrag, **länderübergreifende Prüfwerte und Bewertungshilfen** bei der Altlastenbearbeitung zu entwickeln. Einer der Schwerpunkte ist die analytische Bestimmung der MKW-Fractionen hinsichtlich der Bewertung nach der Norm E DIN ISO 11504 „Beurteilung der Wirkung von mit Mineralölkohlenwasserstoffen verunreinigten Böden (ISO/DIS 11504:2010) für den Pfad Boden-Mensch“. Die Arbeit an der Norm ist inhaltlich abgeschlossen, die zugehörigen Analysenverfahren befinden sich ebenfalls im ISO/DIS-Status und müssen noch durch einen Ringversuch validiert werden. Ein weiterer Schwerpunkt ist die Analytik-Entwicklung für die Stoffgruppen „kurzkettige Alkylphenole“ (SCAP) und „NSO-Heterocyclen“ (NSO-HET).

Zum Thema „Berücksichtigung der natürlichen Schadstoffminderung bei Altlasten“ liegt eine aktuelle Veröffentlichung der Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) vor. In die Arbeitshilfe sind Erfahrungen aus hessischen Altlastenfällen



eingeflossen, bei denen eine Überwachung natürlicher Abbau- und Rückhalteprozesse (Monitored natural attenuation, MNA) durchgeführt wird.

Eine Kernaussage der LABO-Veröffentlichung ist, dass MNA nur dann eine Handlungsoption ist, wenn aktive Sanierungsverfahren „unverhältnismäßig“ sind. Jedoch fehlen für die Betrachtung der **Verhältnismäßigkeit in Hinblick auf die Entscheidung über ein MNA-Konzept** praxistaugliche fachliche Bewertungsmaßstäbe. Um diese Lücke zu schließen, hat der ALA den **Gesprächskreis „MNA“** beauftragt, die fachlichen Randbedingungen und konkrete ermessensleitende Kriterien für eine Verhältnismäßigkeitsbetrachtung zu erarbeiten. Dabei sollen ausschließlich fachliche Grundlagen betrachtet werden. Das HLUG ist im Gesprächskreis vertreten.

Das von der LABO veröffentlichte **„Fachmodul Boden und Altlasten – Bereichsspezifische Anforderungen an die Kompetenz von Untersuchungsstellen im Bereich Boden und Altlasten“** ist Grundlage für die Anerkennung von Untersuchungsstellen nach § 18 Bundes-Bodenschutzgesetz und beschreibt die Anforderungen u. a. an die Untersuchungsstellen, notifizierenden Stellen und Fachbegutachter. Im Rahmen eines Notifizierungsverfahrens müssen die geforderten Kompetenzen nachgewiesen werden. In der Regel erfolgt dies bereits im Rahmen der Akkreditierung.

Das Fachmodul Boden und Altlasten ist deshalb auch Prüfungsgegenstand bei der Akkreditierung von Prüflaboratorien durch die Deutsche Akkreditierungsstelle DAkkS, wenn dies in Hinblick auf eine spätere Notifizierung gewünscht wird.

Der ALA hatte im Jahr 2009 die Aktualisierung des aus dem Jahr 2000 stammenden Fachmoduls beschlossen. Das HLUG hat in dem im Jahr 2010 gegründeten **ALA-Ad-hoc Unterausschuss „Fortschreibung des Fachmoduls Boden und Altlasten“** mitgearbeitet (s. auch Beitrag S. 31).

Das HLUG ist auch Mitglied im **LAWA UA „Aktualisierung der Datenblätter der Geringfügigkeitsschwellenwerte“** (Kurztitel: „Aktualisierung GFS“) des Ständigen Ausschusses „Grundwasser und Wasserversorgung“ der LAWa. Der UA überprüft und aktualisiert die Stofflisten und Datenblätter der

LAWA-Veröffentlichung von 2004 **„Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser“**. Berücksichtigt werden dabei auch Änderungen durch rechtliche Regelungen wie z. B. der RL 2008/105/EG (Umweltqualitätsnormen im Bereich der Wasserpolitik) oder aktuelle ökotoxikologische Erkenntnisse. Angepasst wird auch das Ableitungsschema für die ökotoxikologische Stoffbewertung, da europäische Vorgaben die nationalen Bewertungsvorgaben ersetzt haben.

Die Berichte zur Methodik der Ableitung, der aktualisierten Datenblätter sowie der Übersichtstabelle wurden Anfang Oktober zur Abstimmung in der nächsten LAWa-Sitzung eingereicht (s. auch Beitrag S.35).

Das **LAGA-Forum Abfalluntersuchung** – das HLUG ist seit kurzem dort vertreten – hat sich die fachliche Begleitung der europäischen Normung für die Abfallanalytik zur Aufgabe gemacht. Im Jahr 2008 wurde die **LAGA-Methodensammlung Abfalluntersuchung** fertiggestellt, die eine umfassende Sammlung der relevanten Untersuchungsverfahren, inkl. Probenahme und Probenvorbereitung darstellt. Die Aktualisierung der Methodensammlung stellt momentan den Schwerpunkt der Aktivitäten des LAGA-Forums dar. Die Bewertung von Messwerten ist ein weiteres Thema des LAGA-Forums, bei dem die Beurteilung von Untersuchungsergebnissen unter Berücksichtigung der materialbedingten Streuungen eine zentrale Rolle spielt. Im Rahmen eines Forschungsvorhabens wurde die Entwicklung eines Vor-Ort-Verfahrens zum quantitativen summarischen Nachweis der 16 PAK nach EPA beauftragt und fachlich begleitet.

Im Bereich der Analytik engagierte sich das HLUG auch 2011 im DIN-Arbeitskreis NA 119-01-02-02-05 (AK 5 **„Organische Analytik“**), in dem aktuelle DIN-Normen geprüft und der Sachstand nationaler und internationaler Normungsvorhaben diskutiert wird. Die Sitzung des AK findet einmal pro Jahr statt. Die Arbeit an der Norm: *Bodenbeschaffenheit – Bestimmung ausgewählter Organozinnverbindungen Gaschromatographisches Verfahren* (ISO 23161:2009) ist abgeschlossen. Die deutsche Fassung erschien erst kürzlich: DIN EN ISO 23161:2011-10. Die Norm-Entwürfe ISO/FDIS 11916-1 *Soil quality – Determination of selected explosives and related*

*compounds - Part 1 - Method using high-performance liquid chromatography (HPLC) with ultraviolet detection* und *ISO/CD11916-2 Soil quality - Determination of selected explosives and related compounds - Part 2 - Method using gas chromatography (GC) with electron capture detection (ECD) or mass spectrometric detection (MS)* haben seit der ISO-Sitzung im September 2011 den Status ISO/FDIS (internationaler Schluss-Entwurf). Zu ihrer endgültigen Annahme fehlt noch der Validierungsringversuch, der im Winter 2011/2012 durchgeführt wird. Im Frühjahr 2012 sollen die endgültigen Normen veröffentlicht werden.

Das **Fachinformationssystem Altflächen und Grundwasserschadensfälle** (FIS AG) vereint das Altflächen-Informationssystem Hessen - ALTIS - und die Analysendatei Altlasten und Grundwasserschadensfälle - ANAG - unter einem Dach und bildet zusammen mit einem geografischen Informationssystem - GIS FIS AG - die Altflächendatei des Landes Hessen. Seit Juli 2011 steht nun auch das **Datenübertragungssystem Altflächen und Grundwasserschadensfälle (DATUS)** zur Verfügung (siehe Beitrag Altlasten-annual 2010, S. 19).

Mit DATUS können über den bisherigen Umfang von AltPro hinaus auch die Ergebnisse aus der Untersuchung von Altflächen und schädlichen Bodenveränderungen (wie z. B. Messstellen und Analyseergebnisse) in FIS AG übertragen werden.

DATUS besteht aus verschiedenen Komponenten: einem sog. xml-Schema (xml = Extensible Markup Language) als offene Schnittstelle zur Datenübertragung, einem xml-Schema für die in FIS AG verwendeten Auswahllisten, Software für die Daten-Validierung und für die Verschlüsselung der xml-Datei sowie dem Programm DATUS mobile. Die Dateien stehen auf der HLUG-Webseite zum Download bereit.

DATUS ist keine Einbahnstraße, sondern bietet viele Vorteile. Berechtigten Empfängern können die Daten der Altflächendatei mittels der xml-Datei so übermittelt werden, dass sie mit DATUS mobile oder einem anderen geeigneten Programm weiterverarbeitet werden können. Die „offene“ xml-Schnittstelle kann dazu genutzt werden, Daten aus externen Datenbanken so aufzubereiten, dass sie in FIS AG eingelesen werden können. DATUS mobile ist darüber hinaus nicht nur ein Programm zur Datenerfassung, sondern erlaubt allen Beteiligten, kommunalen und staatlichen Behörden wie beauftragten Ingenieurbüros vielfältige Auswertungen der Daten für die Erfüllung ihrer Aufgaben.

Der Erfolg unserer Arbeit hängt nicht zuletzt vom intensiven Austausch innerhalb und außerhalb des HLUG ab. Ich bedanke mich bei allen, die sich in Projektgruppen oder Arbeitskreisen an der fachlichen Diskussion beteiligt haben, für ihre engagierte Mitarbeit.



## Ende der Bodensanierung in Lampertheim-Neuschloß

AUTORENKOLLEKTIV (SIEHE S. 25)

Von 1827–1927 existierte in Lampertheim – Neuschloß eine der ersten deutschen chemischen Fabriken. Nach Beendigung der Produktionstätigkeiten lag das Gelände mehr als 2 Jahrzehnte brach. Ab Mitte der 50er Jahre wurde das ehemalige Betriebsgelände zu Wohnungsbauzwecken freigegeben und bebaut. Auf dem Gelände stehen derzeit mehr als 120 Wohnhäuser. Erste Hinweise auf Bodenbelastungen ergaben sich bereits in den 1980er und Anfang der 1990er Jahre. Systematische Untersuchungen Mitte der 1990er Jahre zeigten massive flächige Bodenkontaminationen mit Schwermetallen, Arsen sowie Dioxinen und Furanen. Die ab 1998 begonnenen Planungen zur Sanierung der Bodenverunreinigung wurden 2002 für verbindlich erklärt.

Im Jahr 2003 hat die Bodensanierung in Lampertheim – Neuschloß begonnen. Das war damals Anlass,

dieses Projekt in den Brennpunkt des Altlastenannu als 2003 zu rücken. Neben der Historie wurde der technische Ablauf der Sanierung beschrieben sowie die Besonderheiten der Vertragsgestaltung und der Finanzierung erläutert. Zwischenzeitlich wurde das Areal des ehemaligen Betriebsgeländes der Chemischen Fabrik Neuschloß entsprechend der Planung saniert.

Die Aushub- und Wiederverfüllungsarbeiten im 1. Sanierungsabschnitt wurden Mitte 2005 beendet. Parallel zu den Sanierungsmaßnahmen erfolgte die Planung für den 2. Abschnitt, der Anfang 2006 begonnen und im Herbst 2007 beendet wurde. Der in 2008 angefangene 3. Sanierungsabschnitt wurde Mitte 2009 abgeschlossen. Im August 2010 wurde der letzte kontaminierte Bodenaushub aus dem 4. Sanierungsabschnitt per LKW zur Entsorgungsanlage

**Tab. 1:** Bilanz der mit dem Bodenaushub entfernten Schadstoffe, Stand November 2011.

		1. SA	2. SA	3. SA	4. SA	5. SA	Gesamt
Aushubmasse	Tonnen	68 000	39 500	27 090	16 530	25 820	176 940
Anteile Gesamtmasse, 1.- 5. SA	%	38	22	15	9	15	100
Arsen	Tonnen	35	10	1,5	0,8	1,9	49
Blei	Tonnen	90	65,8	10	6,5	12	184
PCDD/PCDF	Gramm	34	65	36	44	112	291
Schwermetalle (gesamt)	Tonnen	150	80	15	8	15	268
Satteltransporte	Stück	2 615	1 519	1 042	636	982	6 795
Bauzeit	Monate	30	22	18	12	12	94
Einzelbaustellen	Stück	10	8	11	4	3	36
Grundstücke	Stück	26	24	23	22	18	113
Anteile Grundstücke, gesamt	%	23	21	20	19	16	100

gebracht. Die Aushubarbeiten zur Sanierung des 5. und letzten Abschnittes starteten im Oktober 2010 und waren 1 Jahr später abgeschlossen. Ab Beendigung des 1. Sanierungsabschnittes erfolgte in ver-setztem Abstand, jeweils auch bei den nachfolgenden Abschnitten, der Wiederaufbau der Nebengebäude und Gartenanlagen. Neben den Planungsarbeiten und Ausschreibungen für die kommenden Abschnitte wurden für die jeweils vollständig fertiggestellten Abschnitte alle Dokumentationen sowie Kostenzusammenstellungen ausgearbeitet.

Die zur Sicherung und Sanierung errichtete Grundwassersanierungsanlage wird seit Anfang 2003 im Dauerbetrieb gefahren und hat mittlerweile mehr als 2.200.000 m<sup>3</sup> Grundwasser gefördert und gereinigt. Hierbei wurden ca. 580 kg Arsen aus dem Grundwasser eliminiert.

Die Bodensanierung wurde im September 2011 abgeschlossen, und die Wiederherstellung geht in die Endphase. Das gibt Anlass, diesen Fall ein zweites Mal in den Brennpunkt zu stellen. Viel ist passiert in den 8 Jahren, seit mit dem Bagger die erste Schaufel kontaminierten Bodens ausgehoben wurde. Es ist Zeit, einmal zurück zu blicken. Es waren viele verschiedene Personen in unterschiedlichen Rollen an diesem Projekt beteiligt:

Die Behörden Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUELV) und Regierungspräsidium Darmstadt (RP) als Genehmigungs- und Überwachungsbehörden, aber auch als Auftraggeber; das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) als wissenschaftliche Fachbehörde mit beratender Funktion, die Stadt Lampertheim, die Hessische Industriemüll GmbH (HIM) als Verantwortliche für die Sanierung und Projektleitung, Anwohner und ihr Projektbeirat Altlasten Neuschloß (PAN), das Bürgerbüro Neuschloß (BBN) als Vermittlerstelle und natürlich die Planungs- und die Ausführungsseite (Ingenieurbüro, Bauleitung). Aus dem Diagramm in Abbildung 1 werden die Beziehungen der einzelnen Beteiligten zueinander deutlich.

Besonderheiten sind im Fall Lampertheim-Neuschloß das BBN und der PAN. Drei Ansprechpartner sind im BBN für die Anliegen der Bürger da und sorgen ihrerseits für ergänzende Informationen und Kommunikationen. Der PAN ist eine Bürgervertretung, die die Interessen aller Betroffenen wahr nimmt. Im Gegensatz zu anderen Projektbeiräten großer bewohnter Altlasten in Hessen setzt er sich hier ausschließlich aus Bürgern zusammen.

Zur Klärung der rechtlichen und finanziellen Verantwortlichkeiten wurden im Fall der Sanierung

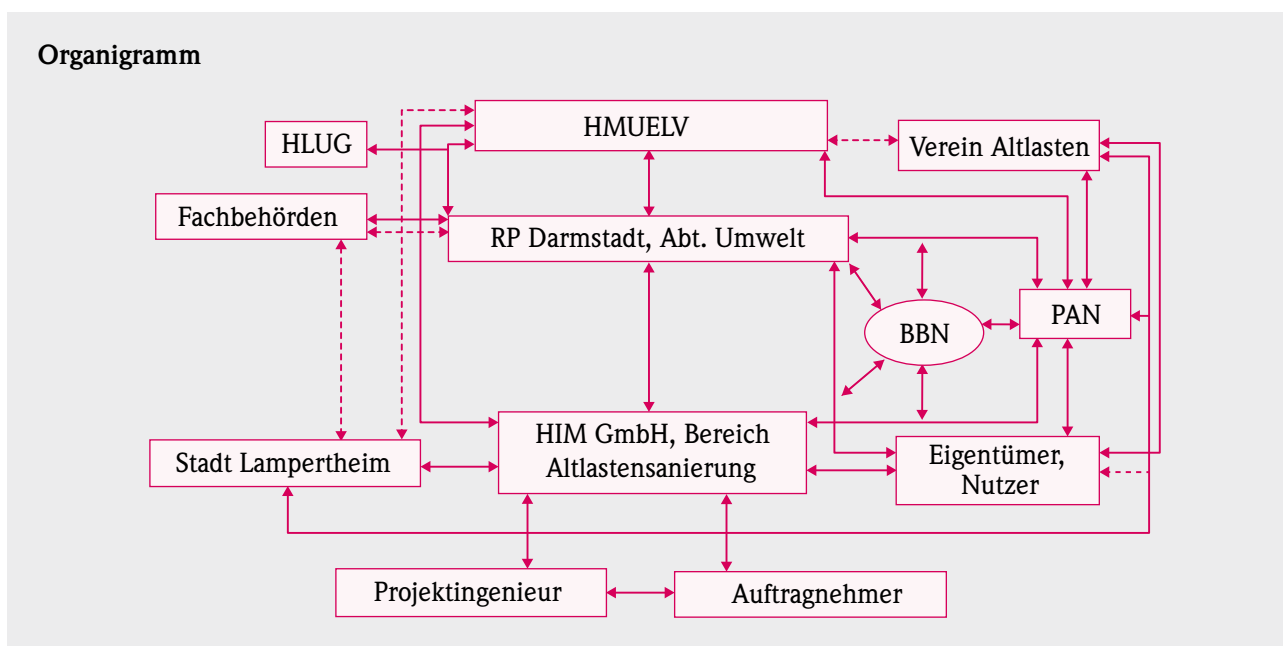


Abb. 1: Rolle der Beteiligten.

Lampertheim-Neuschloß unterschiedliche Verträge abgeschlossen:

Zunächst ist der Rahmenvertrag zu nennen. Er wurde 2002 zwischen dem Hessischen Umweltministerium und dem „Verein Altlasten Neuschloß“ geschlossen. Darin wurden die Grundzüge der Sanierung der Altlast vereinbart und die **Sanierungsverantwortlichkeit der Eigentümer** festgestellt, aber die **Kostentragungspflicht** wesentlich **eingeschränkt** und **abschließend festgeschrieben**. Im Mai 2004 wurde in einer Vereinbarung zwischen dem Hessischen Umweltministerium und der Stadt Lampertheim festgelegt, wie hoch die Kostenbeteiligung der Stadt Lampertheim an den Sanierungskosten ist und dass die Stadt die Kosten der Wiederherstellung der Nebengebäude und Gärten übernimmt.

Nach und nach wurden zwischen dem Land Hessen, vertreten durch das Regierungspräsidium Darmstadt, und den jeweiligen Grundstückseigentümern die sog. „Grundstücksbezogenen Einzelvereinbarungen“ abgeschlossen. Darin sind zum einen die Details der Wiederherstellung geregelt, aber auch die Vorgehensweise in Streitfällen festgelegt. Unter anderem ist darin die Vorgabe, dass vor einer gerichtlichen Auseinandersetzung zunächst der Schlichtungsweg mit einem Schiedsgutachter begangen wird.

Details zu dem teilweise schwierigen Diskussionsprozess und den Verträgen kann man im Altlastenannual 2003 nachlesen.

Wer sich genauer informieren möchte, dem seien die Projektseiten [www.sanierung-neuschloss.de](http://www.sanierung-neuschloss.de) und [www.altlast-neuschloss.de](http://www.altlast-neuschloss.de) empfohlen.

Nun soll hier die Gelegenheit sein, verschiedene Beteiligte zu Wort kommen zu lassen. Neben den Behördenvertretern (HMUELV und RP) sollen auch die Vertreterin des PAN, der Projektleiter der HIM-ASG, die Vertreter des BBN und der Stadt Lampertheim zu Wort kommen. Die unterschiedlichen Rollen führten auch zu unterschiedlichen Wahrnehmungen. So sollen an dieser Stelle das Spektrum und die Vielfalt der beteiligten Interessen aufgezeigt werden. Ergänzend werden einzelne Stimmen von betroffenen Anwohnern zitiert.

## 1 Welche Stellung haben Sie im gesamten Projekt?

### HMUELV

Die strategische Planung, wann und welche Sanierungsmaßnahmen mit wie viel Haushaltsmitteln in Hessen saniert werden, wird im Hessischen Umweltministerium durch das Referat „Altlasten“ festgelegt und gesteuert. Dabei sind politische Vorgaben der Ministeriumsleitung genauso zu beachten wie Beschlüsse des Parlaments. Eine der Aufgaben bestand darin, bei der Abwicklung der Maßnahmen dafür zu sorgen, dass die notwendigen Mittel vom Haushaltsgesetzgeber zum richtigen Zeitpunkt zur Verfügung gestellt wurden. Das Hessische Umweltministerium ist Vertrags-/Kooperationspartner

- der mit dem operativen Geschäft der Durchführung der Sanierung beauftragten Firma (HIM-GmbH),
- des an der Sanierung finanziell beteiligten Magistrats der Stadt Lampertheim
- und des Projektbeirats „Altlasten Neuschloß“.

Hierbei ist das Umweltministerium auch politisch und finanziell verantwortlich gegenüber dem Hessischen Landtag sowie der Öffentlichkeit.

### Regierungspräsidium Darmstadt

Das Regierungspräsidium Darmstadt (RP) ist die verfahrensführende Bodenschutzbehörde. Sie ist Genehmigungs- und Aufsichtsbehörde im Verfahren und ist Auftraggeber der HIM GmbH, die die Sanierung durchführt. Das Regierungspräsidium hat auch die Mittelausgabe für das Projekt überwacht. Nach der Sanierung wird es gegenüber der HIM GmbH die Auftragsbeendigung feststellen. Letztendlich wird das Regierungspräsidium zusammen mit den an der Sanierung beteiligten Behörden die Folgemaßnahmen festlegen und auch über Streitfälle entscheiden.

### Stadt Lampertheim

Die Stadt Lampertheim hat im Gesamtprojekt eine sehr vielfältige, teils konträre Position. Einerseits ist sie – wie die betroffenen Bürger – Grundstückseigentümerin von zu sanierenden Wohngrundstücken, dem Grundstück der Kindertagesstätte, aber auch der öffentlichen Flächen wie Gehwege, Grünflächen, Straßen usw. Hinzu kommen die vielfältigen Belange einer Kommune, welche in das Sanierungsverfahren zu teils unterschiedlichen Zeiträumen und in wech-

selnder Intensität immer wieder einzubringen waren: Bauleitplanung, Straßenbau, Tiefbau, Ver- und Entsorgung, Verkehrsführung usw.

Die Stadt Lampertheim sieht sich ferner in der Verantwortung darauf zu achten, dass die Interessen ihrer Bürger in dem Gesamtverfahren ausreichend berücksichtigt werden. Und letztendlich finanziert die Stadt Lampertheim auch die gesamten Maßnahmen zur Wiederherstellung der Außenanlagen und Nebengebäude sowie – gemeinsam mit dem Land Hessen und den betroffenen Bürgern – auch die Sanierungsarbeiten.

### HIM-ASG

Das Land Hessen – vertreten durch die jeweiligen Regierungspräsidien – überträgt der HIM-ASG die Aufgabe, Altlasten oder schädliche Bodenverunreinigungen zu untersuchen und zu sanieren, wenn der Sanierungsverantwortliche nicht oder nicht rechtzeitig herangezogen werden kann.

Hierzu werden von der HIM-ASG folgende wesentliche Leistungen erbracht:

- Projektmanagement und -steuerung (wie z.B. Durchführung von Ausschreibungen/Vergaben und Abnahmen, Controlling, Dokumentation, Qualitätssicherung, Koordination aller Beteiligten)
- Kostenplanung und -überwachung (wie z.B. Erstellen des jeweils jährlichen Sanierungsprogramms zur Beantragung der Projektmittel, Aufzeigen von Bilanzierungen)
- Erbringen definierter fachspezifischer Eigenleistungen (wie z.B. Aufzeigen von Entsorgungswegen, Durchführung der Entsorgung)
- Öffentlichkeitsarbeit und Bürgerbeteiligung (wie z.B. Organisation und Durchführung von Bürgerversammlungen und Info-Veranstaltungen, Wahrnehmung von Presseterminen etc.)

Zur Abwicklung von Sanierungsprojekten bedient sich die HIM-ASG im Regelfall externer Auftragnehmer (Ingenieurbüros, Baufirmen), die mit Planungs- und Überwachungsleistungen sowie der Durchführung von Erkundungs- und Sanierungsmaßnahmen

beauftragt werden. Die operative Steuerung der Vorhaben erfolgt durch die Projektleiter der HIM-ASG.

### Bürgerbüro Neuschloß (BBN)

Als neutraler Vermittler fungiert das BBN als eigenständige Instanz im Sanierungsprojekt weisungsfrei und unparteiisch (Abbildung 2).

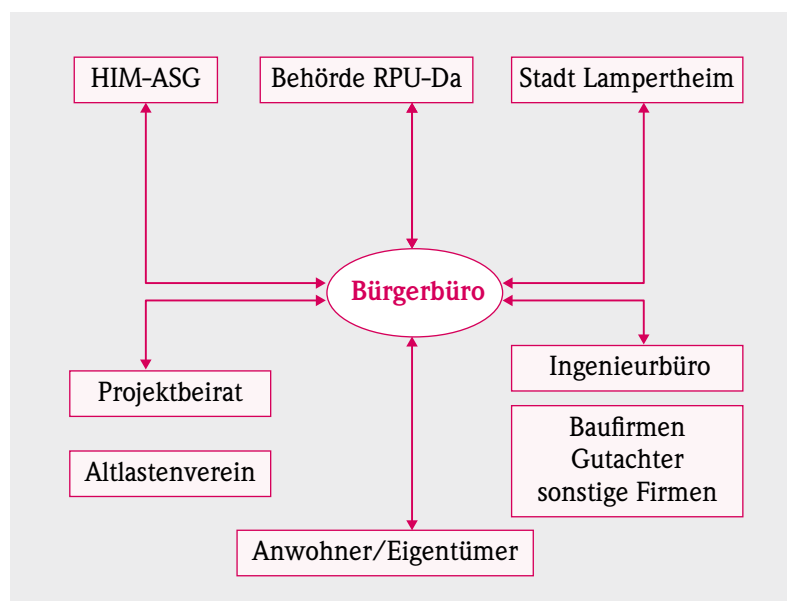


Abb. 2: Bürgerbüro als vermittelndes Bindeglied zwischen allen am Prozess Beteiligten.

Die vorrangige Aufgabe des BBN besteht darin, eine Vertrauensbasis und die Akzeptanz für das BBN bei allen Projektbeteiligten zu schaffen und zu erhalten. Die Etablierung des BBN bildet die Grundvoraussetzung zur Durchführung der weiteren Aufgaben:

- Frühzeitige, aktive, umfassende und kontinuierliche Information der Betroffenen
- Unterstützung der Betroffenen gegenüber den Zuständigen
- Beachtung der Betroffenenbelange
- Schaffung von Transparenz durch Darstellung der Entscheidungswege
- Klärung von Planungsfragen
- Abstimmung von grundstücksbezogenen Einzelvereinbarungen mit den betroffenen Eigentümern für die Wiederherstellung ihrer Grundstücke
- Ansprechpartner vor Ort durch kontinuierliche Präsenz
- Kooperation mit dem Projektbeirat und dem Altlastenverein Neuschloß

- Konfliktvermeidung durch Förderung der Konsensbildung und der Kooperation mit allen Beteiligten

### **Projektbeirat Altlasten Neuschloß (PAN)**

Der Projektbeirat Altlasten Neuschloß (PAN) wurde auf der Grundlage des Hessischen Altlastengesetzes im Jahre 1995, vor Einführung des Bundesbodenschutzgesetzes, öffentlich von allen Neuschlösser Bürgern gewählt.

Er dient der Informationsbeschaffung, hat ein Anhörungsrecht gegenüber den Behörden und darf Empfehlungen für deren Entscheidungen, wie u. a. Festsetzung der Eingriffswerte und Ablauf der Sanierung abgeben.

Der PAN stellt die Vertretung der Bürger gegenüber Stadt, Regierungspräsidium, Land und der lokalen Öffentlichkeit dar und bringt die Ziele der Bürger in den Entscheidungsprozess mit ein.

Er ist Ansprechpartner für die Bewohner, Vermittler bei Problemen zwischen Bürgern und Behörden, vor allem während der Wiederherstellung, bis hin zur Vermittlung der juristischen Vertretung.

Im Jahre 2000 wurde durch den PAN der Altlastenverein Neuschloß e. V. gegründet. Er stellt die juristische Person als Vertragspartner im Rahmensanierungsvertrag dar.

## **2 Welche Erwartungen hatten Sie zu Beginn des Projektes? Haben sie sich erfüllt?**

### **HMUELV**

Insgesamt bestand eine „vorsichtig optimistische“ Erwartung. Diese Erwartung hat sich aus den Erfahrungen während der Sanierung von anderen bewohnten Altlasten in Hessen geprägt. Eine Erwartung war auch, dass sich alle an der Sanierung Beteiligten offen und zielorientiert gemeinsam auf den Weg begeben. Dass keiner der Beteiligten vergisst, „welchen Auftrag“ wir alle haben. Diese Erwartung hat sich völlig erfüllt, auch wenn es ab und zu „in der Sache“ und „über den richtigen Weg“ durchaus zu heftigen Kontroversen gekommen ist.

### **Regierungspräsidium Darmstadt**

Insgesamt hatten wir negative Erwartungen, die sich glücklicherweise nicht erfüllt haben: Es handelte sich um ein sehr großes und komplexes Verfahren, das zudem durch die vorhandene Bebauung sehr konfliktträchtig war. Zu Beginn wurde damit gerechnet, dass die Sanierungsmaßnahmen möglicherweise gegen den Willen der Anwohner mit Zwang durchgesetzt werden müssen.

Zeitlich haben wir erwartet, dass die Sanierungsmaßnahmen zeitnah nach den Untersuchungen durchgeführt werden, was allerdings nicht so kam. Es dauerte von der Erkenntnis der Belastungen bis zur Sanierung doch 12 Jahre!

### **Stadt Lampertheim**

Seit Bekanntwerden der Altlastenproblematik in Neuschloß war für die Stadt Lampertheim immer oberstes Ziel aller Aktivitäten, das Gefährdungspotential für die Anwohner dauerhaft zu beseitigen, die Wohn- und Lebensqualität im betroffenen Ortsteil wiederherzustellen und den Bürgern eine langfristige Perspektive zu bieten. Dass dies gelungen ist, sieht man nicht nur am positiv gewandelten optischen Gesamteindruck aller Grundstücke im Sanierungsgebiet. Man merkt dies auch im Gespräch mit den Anwohnern und der nun überaus positiven Grundstimmung im Ortsteil.

### **HIM-ASG**

Das oberste Ziel der durchzuführenden Sanierung war die Herstellung gesunder Wohnverhältnisse und die Minimierung der vorhandenen Grundwasserbeeinträchtigungen durch den Schadstoff Arsen. Um dies zu erreichen, mussten ca. 175 000 t kontaminiertes Erdmaterial entfernt werden, wobei die Anwohner „ganz normal“ in ihrem Stadtteil weiter leben sollten. Das Ganze sollte nach dem genehmigten Rahmensanierungsplan von 2001 innerhalb von 8 Jahren erreicht werden. Der Sanierungsbeginn war gemäß Planung für September 2002 vorgesehen. Vor diesem Hintergrund wurde das Erreichen der Zielvorstellungen vor Projektbeginn mit relativ großer Skepsis betrachtet und des Öfteren die Frage gestellt: „Ist dieses Projekt, in der Zeit, mit den Randbedingungen und den möglichen vielen Unbekannten („vor der Hacke ist es dunkel“) überhaupt zu schaffen?“



Tatsächlich wurde mit der Sanierung erst im April 2003 begonnen. Der letzte Aushub von kontaminiertem Erdmaterial erfolgte im September 2011. Unter Berücksichtigung der extremen Winterereignisse der letzten 2 Jahre wurde die geplante Sanierungszeit von 8 Jahren voll eingehalten. In diesen 8 Jahren wurden 124 Grundstücke stellenweise bis auf 3 m u.GOK von Verunreinigungen befreit, so dass Verhältnisse geschaffen wurden, die ein gesundes Wohnen auf Dauer gewährleisten. Weiterhin wurde mit dem Bodenaushub das grundwasserrelevante Potenzial an Arsen im Boden drastisch reduziert (über 50 Tonnen Arsen wurden aus dem Boden entfernt).



**Abb. 3:** Bodenaustausch im 5. Sanierungsabschnitt.

### **Bürgerbüro Neuschloß (BBN)**

Erwartungen:

- Schaffung einer Vertrauensbasis und Akzeptanz für das Bürgerbüro bei allen Beteiligten und den Betroffenen
- Fairer und gerechter Umgang untereinander, auch bei kontroversen Diskussionen
- Wille und Fähigkeit zur Kompromissbereitschaft
- Aktive Zusammenarbeit, lösungsorientiertes Handeln

- Betroffenheit der Anwohnerinnen und Anwohner so gering wie möglich halten
- Sanierung ohne große Zwischenfälle, Unfälle und Verletzte
- Anzahl der rechtlichen Auseinandersetzungen und Verzögerungen im Bauablauf so gering wie möglich halten

Auch wenn es bei dem einen oder anderen der o.g. Punkte erfahrungsgemäß zu Beginn der Sanierung gehakt hat, ist doch im Laufe des Sanierungsfortschrittes eine gute und produktive Zusammenarbeit entstanden. Hervorzuheben ist sicherlich die Kompromissbereitschaft aller Beteiligten, die eine Schlüsselstellung eingenommen und manches Tor geöffnet hat.

### **Projektbeirat Altlasten Neuschloß (PAN)**

Unsere Erwartungen waren:

- Die absolute Einschätzung der gesundheitlichen Gefahr und die vollständige Beseitigung dieser Risiken.
- Die Sicherung der finanziellen Existenz der aktuell Betroffenen und deren Erben.
- Die Entfernung des belasteten Bodens im Wohngebiet und von den betroffenen angrenzenden Altablagerungen, insbesondere dem Sodabuckel.
- Die langfristige Sanierung des Grundwassers.
- Der Erhalt der Wohnqualität.

Unsere heutige Sichtweise:

- Durch die Festsetzung der abgestimmten Eingriffswerte im Sanierungsplan gehen wir davon aus, dass die Gefahr auf ein Minimum verringert wurde.
- Eine Belastung von etwa 7 670 Euro der Eigentümer ist spürbar, aber hinnehmbar mit Blick auf die vollständige Sanierungspflicht, die sich aus dem heutigen geltenden Bundesbodenschutzgesetz ergeben würde.
- Der belastete Boden ist im Wohngebiet nicht vollständig, aber doch weitgehend entfernt. Die Sanierung der meisten angrenzenden Flächen steht noch aus. Insbesondere die Sicherung des Sodabuckels gilt es noch in Angriff zu nehmen.
- Die Fortführung der Grundwassersanierung ist aktuell offen, obwohl das Grundwasser weiterhin mit Schadstoffen belastet ist.
- Die Wohnqualität wurde nicht nur gewährleistet, sondern gesteigert: Der Stadtteil blüht neu auf.

### **3 Hat sich der Rahmenvertrag bewährt?**

#### **HMUELV**

Aus der Sicht eines strategischen Planers der Sanierung von Altlasten bewährt sich ein Rahmenvertrag immer. Auch wenn ein Rahmenvertrag nur die wesentlichen Eckpunkte einer Sanierung regeln kann, so führt er bei den Betroffenen doch zu einer grundsätzlichen Akzeptanz der Sanierung. Der Rahmenvertrag bildet das Grundgerüst, das Fundament, auf dem im Verfahren alles aufbaut.

#### **Regierungspräsidium Darmstadt**

Ja, unbedingt! Allerdings kann man den Rahmenvertrag nicht isoliert betrachten, denn es handelt sich um ein Gesamtvertragswerk. Wesentlich für die Akzeptanz der Sanierung war die Regelung, dass der Anteil der Eigentümer an den Sanierungskosten durch diesen Vertrag auf 10 % an den Gesamtkosten, aber nicht mehr als 7 669,38 € begrenzt wurde. Auch das Konfliktpotential zwischen der Stadt Lampertheim und ihren Bürgern wurde reduziert, indem alle Ansprüche der Anwohner gegenüber der Stadt Lampertheim an das Land Hessen abgetreten wurden.

#### **Stadt Lampertheim**

Der Rahmenvertrag hat alle Sanierungsbeteiligten über viele Jahre begleitet. Auf seiner Basis wurden alle Modalitäten zur Abwicklung der Sanierungsarbeiten auf den Privatgrundstücken geregelt. Er bot und bietet somit allen Beteiligten und den Bürgern bereits vor Einleitung der eigentlichen Sanierungsmaßnahmen, aber auch über deren technischen und verfahrensrechtlichen Abschluss hinaus, Rechtssicherheit und Kenntnis über die bevorstehenden Abläufe. Der Vertrag regelt ferner die Nachsorge der getätigten Sanierungsmaßnahmen auch bei zukünftigen Grundstücksveräußerungen und sichert somit die Nachhaltigkeit der Sanierung. Dies trug auch wesentlich zur Befriedung der Gesamtsituation bei.

#### **HIM-ASG**

Ergänzend zu dem Sanierungsplan, gemäß Bundesbodenschutzgesetz, ist der zwischen dem Land Hessen und dem Verein Altlasten geschlossene Rahmenvertrag das beste Instrument gewesen, diese umfangreiche, komplizierte Sanierung nahezu problemlos

durchzuführen. Durch ihn waren bereits im Vorfeld die grundlegenden Pflichten beider Parteien geregelt, die insbesondere für die betroffenen Anwohner eine Sicherheit für die gesamte Sanierungszeit darstellten. Bei Problemen auf der Baustelle konnte in den meisten Fällen zur Klärung auf die Ausführungen des Rahmenvertrages und die auf Grundlage des Rahmenvertrages geschlossenen Einzelvereinbarungen zurückgegriffen werden. Nur wenige Einzelfälle mussten gesondert geklärt werden. Ohne Rahmenvertrag wären gewiss dutzende Einzelfallentscheidungen aufgetreten, die zu gravierenden Verzögerungen und zum Unmut aller Betroffenen geführt hätten.

#### **Bürgerbüro Neuschloß (BBN)**

Der zwischen dem Land Hessen und dem Altlastenverein Neuschloß abgeschlossene öffentlich-rechtliche Vertrag, dem alle betroffenen Eigentümer beitreten konnten, gibt zum einen den Eigentümern durch die Zusage der Sanierung und die Beschränkung des Eigenanteils der Grundstückseigentümer auf rd. 7 700 € Sicherheit. Zum anderen enthält er die Rechte und Pflichten der beiden Vertragsparteien, z. B. die Duldungs- und Mitwirkungspflicht der Betroffenen bei der Sanierung. Die mit den Eigentümern zusätzlich abgeschlossenen grundstücksbezogenen Einzelvereinbarungen regeln die Details der Wiederherstellung der jeweiligen Grundstücke.

Die beiden Verträge haben sich aus Sicht des BBN wie bei anderen Großprojekten auch bewährt, da durch sie im Vorfeld ein Konsens erreicht wurde. Somit konnten rechtliche Auseinandersetzungen und damit verbunden zeitliche Verzögerungen bei der Sanierung und Wiederherstellung der Grundstücke vermieden werden.

#### **Projektbeirat Altlasten Neuschloß (PAN)**

Das Prinzip, einen Rahmenvertrag zu schaffen, hat sich sehr bewährt. Er bewirkt, dass auch Bürger ohne juristisches Fachwissen guten Gewissens ihren Einzelvertrag abschließen können, und beschleunigt damit die Abschlüsse und das ganze Verfahren.

Probleme lagen im Detailbereich, z. B. des Schiedsverfahrens aber auch des sehr großen Verwaltungsapparates. Hier könnte über Vereinfachungen der Zuständigkeiten nachgedacht werden.

#### **4 Welche besonderen Anforderungen haben sich für Sie ergeben, weil es sich um eine „Bewohnte Altlast“ handelt?**

##### **HMUELV**

Schon die Bezeichnung „bewohnte Altlast“ löst sofort eine erhöhte Aufmerksamkeit aus. Bei der Sanierung von „bewohnten Altlasten“ ist auf der Baustelle alles auf dem Präsentierteller und alles wird beobachtet. Während der Sanierung ist nichts mehr wie es einmal war. Wir greifen massiv in den Lebensalltag ein. Daher ist eine permanente „Kommunikation“ mit allen Beteiligten unerlässlich. Damit diese „permanente Kommunikation“ auch institutionell sichergestellt wird, wurde im Auftrag des Ministeriums ein Bürgerbeteiligungsbüro eingerichtet. Dessen Mitarbeiter sind insbesondere für „vertrauensbildende Maßnahmen“ zuständig. Sie sind „Mädchen für alles“ zwischen behördlichem Handeln und individueller Betroffenheit. Dieses Bürgerbeteiligungsverfahren ist der Schlüssel zum Erfolg.

##### **Regierungspräsidium Darmstadt**

Die Bürger waren durch gute Öffentlichkeitsarbeit zu informieren und in die Entwicklungen einzubeziehen. Die Planunterlagen sowohl für die Bodensanierung als auch der Grundwassersanierung wurden in öffentlichen Veranstaltungen vorgestellt und in öffentlichen Verfahren für verbindlich erklärt. Viele der Nebenbestimmungen dieser Bescheide, insbesondere der Bescheide zum Staubschutz, zielen auf den Schutz der Bewohner, die schließlich innerhalb der Baustelle wohnen.

Auch das Bürgerbüro Neuschloß, eine Kontaktstelle zwischen Anwohnern, Behörden und Baufirmen, ist aufgrund der bewohnten Altlast eingerichtet worden. Nicht zu vergessen ist der Projektbeirat Altlasten Neuschloß, ein von den Bürgern gewähltes Gremium als repräsentative Bürgervertretung.

##### **Stadt Lampertheim**

Zu den bei Altlastensanierungen üblichen technischen, rechtlichen und finanziellen Anforderungen kam bei der

Sanierung der ca. 125 Privatgrundstücke in Neuschloß hinzu, dass die teils sehr unterschiedlichen persönlichen Belange und Interessen der fast 600 Bewohner zu berücksichtigen waren.

Es handelte sich hierbei um alte und junge, kranke und gesunde Menschen, Kinder, Jugendliche, Eltern, Großeltern, Berufstätige, Schichtarbeiter, Arbeitslose, Selbstständige, Rentner, Mieter, Untermieter und Grundstückseigentümer. Die Menschen standen den Sanierungsarbeiten teils kritisch, teils sehr positiv gegenüber. Sie waren ängstlich oder mutig, ruhig und eher passiv oder aufbrausend und offensiv, gleichgültig oder interessiert und aktiv sich einbringend.

##### **HIM-ASG**

Unter der Prämisse, der Ortsteil muss mit der Sanierung weiterleben, d. h. der Standort bleibt während der Sanierung bewohnt, erlangten die anwohnerspezifischen Anforderungen an die Sanierungs- und Wiederherstellungsausführung eine besondere Bedeutung. Insbesondere war es wichtig, bei laufender Sanierung auf die alltäglichen Lebensgewohnheiten der Anwohner einzugehen. Hierbei standen die Personenschutzmaßnahmen und -vorkehrungen an erster Stelle. Die alltäglichen und immer wiederkehrenden Dienste und Tätigkeiten, wie z. B. Postzustellung, Müllentsorgung, ärztliche Versorgung, die Fahrten zur Arbeit, Einkaufstätigkeiten, Parkmöglichkeiten, Haustierhaltung etc. mussten geregelt, vereinbart und festgelegt werden.



**Abb. 4:** Folienabhangung eines Wohnhauses.

## **Bürgerbüro Neuschloß (BBN)**

Die Sanierung einer bewohnten Altlast ist mit erheblichen Belastungen und Beeinträchtigungen der betroffenen Bewohnerinnen und Bewohner verbunden. Durch die kontinuierliche Präsenz der Mitarbeiter des BBN vor Ort haben die Betroffenen neben dem ehrenamtlich tätigen Altlastenverein/Projektbeirat einen weiteren Ansprechpartner, dem sie neben fachlichen Fragen auch ihre Ängste, Sorgen sowie ggfs. Widerstände gegenüber bestimmten Maßnahmen mitteilen können. Diese „soziale Komponente“ nimmt bei der Arbeit des Bürgerbüros einen hohen Stellenwert ein, und es soll nicht verschwiegen werden, dass sie dementsprechend zeitintensiv ist. Sie zeigt aber auch, dass eine Vertrauensbasis seitens der Betroffenen in das BBN besteht.

## **Projektbeirat Altlasten Neuschloß (PAN)**

Aus der Tatsache, dass die Altlast bewohnt ist, ergibt sich noch mehr die Notwendigkeit einer Bürgervertretung. Neben den sachlichen Aspekten, die für jede Altlastensanierung gelten, spielen bei einer bewohnten Altlast auch emotionale Motive eine entscheidende Rolle.

Die Sanierungsarbeiten müssen so ausgeführt werden, dass die vor Ort lebenden Anwohner nicht über Gebühr belastet werden (Lärm, Staub, Erschütterung, Dauer der Arbeiten).

Großes Gewicht muss auf die Wiederherstellung gelegt werden, weil sie die Bürger am meisten bewegt. Das verlangt fortwährende bindende Absprachen und **zügige** Ausführung der Arbeiten.

## **5 Welche besonderen Schwierigkeiten sind aufgetaucht und wie wurden sie gemeistert?**

### **HMUELV**

Die „besondere Schwierigkeit“ bei einer über acht Jahre laufenden und auf ca. 65 Mio. € geschätzten Maßnahme bestand darin,

- den Terminplan einzuhalten, und
- im Kostenrahmen zu bleiben.

Daher ließ sich diese Aufgabe nicht aus der Ferne steuern. Durch ständige Präsenz des Ministeriums an den Projektsitzungen wurde sichergestellt, dass am Ende der Sanierungsmaßnahme tatsächlich diese Ziele erreicht werden konnten. Um im Kostenrahmen zu bleiben, wurde regelmäßig um Optimierungsmöglichkeiten gerungen. Die Kosten der Maßnahme sind von 65 Mio. € (Kostenprognose 2002) auf rund 80 Mio. € gestiegen. Diese Kostensteigerung ist unter anderem auf Einführung der LKW-Maut im Jahr 2005, die Mehrwertsteuererhöhung im Jahr 2007 und Änderungen bei der Entsorgungsgesetzgebung zurückzuführen. Zum Zeitpunkt der Kostenprognose im Jahr 2002 waren diese nicht bekannt. Aber auch die Ausschreibungsergebnisse der einzelnen Bauabschnitte haben zu Kostenerhöhungen geführt. Es wird mit den Kostenerhöhungen bei der Entwicklungsmaßnahme „The Squire“ verglichen. Für das von dem Bonner Immobilienkonzern IVG und Fraport entwickelte und umgesetzte Projekt waren zunächst im Jahr 2006 rund 660 Millionen Euro vorgesehen, die Kosten explodierten auf über 1,1 Milliarden € im Jahr 2011. Auch bei der Hamburger Elbphilharmonie sind die Kosten von der Kostenprognose 2007 – rund 280 Mio. € –, auf aktuell rund 480 Mio. € gestiegen. Diese beiden Beispiele zeigen, dass die Kostenerhöhungen in unserem Fall sich sehr moderat entwickelt haben.

## **Regierungspräsidium Darmstadt**

Die Präsenz von Menschen mitten im Geschehen der Baustellen hat zu besonderen Schutzvorkehrungen geführt, wie z. B. die Folienabhängung der Wohnhäuser im ersten Sanierungsabschnitt oder die Tieferlegung der Grundwassersanierungsanlage zum Schutz vor Lärmbelastungen.

Vor allem im 3. Sanierungsabschnitt, in dem sich der Wall befindet, wurden die Baumaßnahmen von Erschütterungsmessungen begleitet, weil ein besonderer Schutz der Bausubstanz erforderlich war. Flächendeckend – und bei einzelnen Gebäuden besonders aufwendig – wurden die Häuser zum Schutz vor Bauschäden unterfangen.



Abb. 5: Sanierungsabschnitt 2.

### Stadt Lampertheim

Die oftmals bei Altlastensanierungen auftauchenden Unwägbarkeiten des Untergrundes sowie technischen Detailprobleme waren durch die Vielzahl der Beteiligten mit teils gegenläufigen Interessen von oftmals großer Tragweite für den Gesamttablauf. Dies konnte nur bewältigt werden durch das Suchen flexibler, pragmatischer und teils auch unkonventioneller Lösungswege im gemeinsamen Gespräch.

### HIM-ASG

Bereits im Vorfeld waren besondere technische Probleme im Bereich des 3. Sanierungsabschnittes zu ermitteln. „Worst-Case“-Betrachtungen über die gesamte Planungsphase zu diesem Abschnitt sowie spezielle Voruntersuchungen und Absicherungsmaßnahmen gaben zu Beginn der Sanierung zunächst ein Sicherheitsgefühl. Glücklicherweise ereignete sich kein einziges der Szenarien, die bei der Vorbetrachtung durchgespielt wurden und zu denen auch Lösungsansätze ausgearbeitet wurden. Die Sanierung dieses Abschnittes verlief sogar, im Vergleich zu den 4 anderen Abschnitten, problemlos. Ansonsten waren kaum erwähnenswerte Schwierigkeiten, die abweichend von den „normalen“ Bauablauf- und Kommunikationsproblemen waren, zu verzeichnen. Traten bau- oder ausführungstechnische Probleme auf, wurden diese im gemeinsamen, kompromissorientierten, manchmal auch etwas schleppenden Gespräch gelöst. Durch den Einsatz des Bürgerbüros wurden vorwiegend im Rahmen der Wiederherstel-

lung aufkommende Anwohnerprobleme bereits im Vorfeld und während der Maßnahmen zielorientiert ausgeräumt.

### Bürgerbüro Neuschloß (BBN)

Nicht immer vermeidbar waren zeitliche Verschiebungen oder Veränderungen in der Ausführung, die sich sehr kurzfristig ergaben und in manchen Fällen den vertraglichen Regelungen oder im Vorfeld erfolgten Ankündigungen entgegenstanden. In manchen Fällen ergingen Informationen nicht frühzeitig an das BBN.

Nur durch den intensiven persönlichen Kontakt mit den Betroffenen aber auch mit den beteiligten Akteuren konnten diese Situationen entschärft werden.

Hier spielte letztlich das erworbene persönliche Vertrauensverhältnis in die Mitarbeiter des BBN eine entscheidende Rolle.

### Projektbeirat Altlasten Neuschloß (PAN)

Zum Schutz der Bürger wurden in den ersten Sanierungsabschnitten die Häuser mit Folie abgehängt, was eine außerordentlich hohe Belastung darstellte. Aufgrund von Staubmessungen und deren Auswertung konnte in den späteren Abschnitten glücklicherweise darauf verzichtet werden.

In den Wiederherstellungsphasen kam es zu mehr oder weniger unvorhersehbaren Ereignissen, die wiederum zu deutlichen Zeitverzögerungen führten. Die Vielzahl der Beteiligten und der daraus resultierende große Verwaltungsapparat waren auf keinen Fall hilfreich.

Die Erwartungen der Eigentümer an die Ausführung der Wiederherstellung wurden nicht immer erfüllt.

## 6 Was ist gut gelaufen?

### HMUELV

Besonders gut gelaufen ist, dass die Sanierungsmaßnahmen im Einvernehmen mit den von der Sanierung Betroffenen durchgeführt werden konnten, und dass keine einzige Duldungsverfügung erlassen wer-

den musste. Dies ist der guten Vorbereitung und Kommunikation und daraus folgend der Akzeptanz der Maßnahmen zu verdanken. Auch die „Sanierungsvereinbarungen“ zwischen den Betroffenen und dem Land waren ein wichtiges Instrument zur Regelung von Rechten und Pflichten aller Beteiligten. Hervorzuheben ist auch die Vertragstreue von der Stadt Lampertheim und dem Land Hessen. Die solide Finanzierung der Maßnahmen durch das Land Hessen bildete die Grundlage für den termingerechten Abschluss der Sanierung. Besonders gut gelaufen ist auch, dass alle Beteiligten an einem Strick in die gleiche Richtung gezogen haben.

### **Regierungspräsidium Darmstadt**

Hervorzuheben ist bei einem solchen langjährigen Projekt die gesicherte Finanzierung durch das Land Hessen. Auch die Einhaltung der geschätzten Sanierungsdauer ist lobenswert.

Die Kontinuität bei der personellen Besetzung und die professionelle Durchführung und Projektleitung durch die HIM GmbH und ihre Präsenz vor Ort sind wesentlich für das gute Gelingen dieses Projektes. Besonders gut gelaufen ist, dass alle an der Sanierung Beteiligten in permanentem Dialog waren, für die gleiche Sache gestritten und dabei nicht das Ziel aus den Augen verloren haben.

### **Stadt Lampertheim**

Wenn wir ehrlich zurückblicken und die aufgetretenen vielfältigen Probleme nicht überbewerten: Es ist eigentlich alles gut gelaufen. Die Gefährdung wurde nachhaltig beseitigt, es gab weder schwerwiegende Unfälle noch – mit Ausnahme des Gasleitungsschadens im Jahre 2003 – größere Schadensfälle und die Bewohner haben die zweifellos großen psychologischen Belastungen bewältigen können.

### **HIM-ASG**

8 Jahre wurde der Ortsteil mit LKW-Verkehr, Bau- lärm und Einschränkungen jeglicher Art konfrontiert – außer wenigen Unmutsäußerungen wurden die gesamten Bautätigkeiten von allen indirekt und unmittelbar Betroffenen toleriert. Manche Lösungsfindungen waren zwar etwas „holperig“ und langwierig, aber Kompromisse wurden immer gefunden. Dadurch, dass alle Beteiligten über jede auszuführende Maßnahme informiert wurden, und dass alle bei entstandenen Problemen geschäftsbereit waren, waren

Verzögerungen im Bauablauf sowie Missstimmungen untereinander selten nachhaltig. Auf der Baustelle vor Ort waren weder gehäufte Arbeitsunfälle noch irgendwelche ausführungstechnischen Unfälle zu verzeichnen. Während der gesamten Bauzeit ereigneten sich lediglich ein Arbeitsunfall sowie ein negatives bautechnisches Ereignis (Gasschaden).

Zusammenfassend gesehen ist das gesamte Projekt in allen seinen Ausführungsbereichen, bis auf wenige Ausnahmen, rundum gut gelaufen.

### **Bürgerbüro Neuschloß (BBN)**

Die öffentlichen Veranstaltungen der Behörde und der HIM-ASG zur Vorstellung der jeweiligen Sanierungspläne je Sanierungsabschnitt haben für eine gute und breite Einbindung der Öffentlichkeit gesorgt. Auch das jährliche Sommerfest für die Bürger förderte die vertrauensvolle Stimmung.

Die Kontinuität beim Personal sowie deren Freundlichkeit und Hilfsbereitschaft sorgte während der Bodensanierung für eine positive Grundeinstellung bei den Bürgern.

Ebenfalls ist hervorzuheben, dass die Baufirma frühzeitig vor Beginn der Wiederherstellungsarbeiten auf dem jeweiligen Grundstück im Beisein der Eigentümer und der Bauleitung die Wiederherstellungsdetails besprochen hat. Hierbei waren ggf. Unklarheiten zu beseitigen und die Arbeiten konnten ohne größere Probleme und mit Akzeptanz der Eigentümer ausgeführt werden.



**Abb. 6:** Sommerfest 2010.

### **Projektbeirat Altlasten Neuschloß (PAN)**

Im Wesentlichen ist die Sanierung im engeren Sinne erfolgreich verlaufen. Die Staubmessungen bestätigten geringe Belastungen durch die Bauarbeiten, weshalb in den späten Sanierungsabschnitten die Abhängung der Häuser entfallen konnte. Die Behörden akzeptierten den Projektbeirat im Laufe der Jahre zunehmend, was konstruktive Gespräche ermöglichte – und damit eine Vermittlung zwischen Eigentümern und Behörden.

## **7 Was sollte man anders machen?**

### **HMUELV**

Die Zeit zwischen Erstellung eines Sanierungskonzeptes und der tatsächlichen Ausführung der Maßnahme sollte so kurz wie möglich sein. Bei der Zuschlagserteilung der einzelnen Bauabschnitte sollte die Fach-, Sach- und Sozialkompetenz der beauftragten Firmen noch stärker hinterfragt werden. Diese Kenntnisse sind für eine reibungslose Abwicklung der Maßnahme von größter Bedeutung.

### **Regierungspräsidium Darmstadt**

Zwischen dem Erkennen des Sanierungsbedarfs und dem Beginn der tatsächlichen Sanierung sollte nicht so viel Zeit verstreichen.

Wenn das eigentliche Bodenschutzverfahren, nämlich der Bodenaustausch, von den Wiederherstellungsmaßnahmen entkoppelt worden wäre, hätte es für das Regierungspräsidium Darmstadt deutlich weniger Aufwand bedeutet. Aber im Sinn eines versöhnlichen Vorgehens und um die Anwohner weniger zu belasten, hat man im Vorfeld der Sanierung gemeinsam entschieden, die Bodensanierung und die Wiederherstellung der Außenanlagen in einer Baumaßnahme durchzuführen.

### **Stadt Lampertheim**

Da zwischen Planungsphase und eigentlichen Sanierungs- und Wiederherstellungsarbeiten teils mehrere Jahre vergingen, waren Planungsdetails, aber auch die Bestandserhebungen der Grundstücke nicht immer aktuell. Es sollte vorab ein geeignetes Instrument gefunden werden, das die erforderliche oder auch wünschenswerte Änderung von Planungsansätzen

auch bei bestehenden langjährigen vertraglichen Regelungen möglich und für alle Beteiligten im Bauablauf praktikabel macht.

### **HIM-ASG**

8 Jahre Sanierung an einem Stück waren für die betroffenen Anwohner, wie auch für das sanierungsausführende Personal, zeitweise physisch und auch psychisch stark belastend. Insbesondere bei älteren Anwohnern waren vereinzelt Überschreitungen der psychischen Belastbarkeit beobachtbar. Daher wäre es bei Sanierungen in dieser Größenordnung, Komplexität und Dauer angebracht bzw. überlegenswert, nach einem angemessenen Zeitraum, vielleicht zur Hälfte der Bearbeitung, einen Pausenschnitt einzuplanen. Zur Akzeptanz sollte der Pausenschnitt bereits in der Planungsphase mit allen Beteiligten kommuniziert werden.

### **Bürgerbüro Neuschloß (BBN)**

Teilweise hat die Abarbeitung von „Restmängeln“ zu lange gedauert. Ursache war zum einen ein erheblicher formaler Aufwand und zum anderen waren die verantwortlichen Unternehmen (Nachunternehmer der Baufirma als Generalunternehmer) nicht immer zeitnah greifbar.

Weil die Eigentümer in den Einzelverträgen u. a. die Wahloption „Herstellung mit Änderung“ hatten, ergaben sich dadurch Mehr-/Minderkosten gegenüber der Bestandherstellung. Vor Erstellung einer Mehr-/Minderkostenübersicht musste zunächst die Schlussrechnung der Baufirma erstellt und durch das Ingenieurbüro geprüft werden. Dies war enorm arbeits- und zeitaufwendig. Somit konnte die Erstellung der Kostenübersicht durch das BBN und die Gespräche mit den Eigentümern über die Mehr-/Minderkosten nur mit einer erheblichen zeitlichen Verzögerung nach der Fertigstellung durchgeführt werden.

### **Projektbeirat Altlasten Neuschloß (PAN)**

- Die Behörden sollten ein größeres Gewicht auf die Vorstellungen der Anwohner und Eigentümer bei der Planung der Sanierung legen.
- Der Abschluss der Einzelvereinbarung sollte in kürzerem Zeitrahmen vor der Wiederherstellung geschehen.
- Von Seiten der Behörden sollten entscheidungsbefugte, direkte Ansprechpartner für die Bürger

eingesetzt werden.

- Die Wiederherstellung sollte zeitnah nach der Sanierung stattfinden.
- Auf Mängelmeldungen in der Wiederherstellung sollte eine zügige, lösungsorientierte Reaktion erfolgen.
- Bei vom Urzustand abweichender Wiederherstellung sollten vor der Ausführung die Mehrkosten beziffert werden.

## **8 Was würden Sie anderen empfehlen, die eine Sanierung beginnen?**

### **HMUELV**

Sanierungsmaßnahmen in dieser Größenordnung lassen sich nur durch eine offene, faire und vertrauensvolle Zusammenarbeit umsetzen. Die Beteiligten dürfen zu keiner Zeit das Ziel einschließlich Termin- und Kostenrahmen aus dem Auge verlieren. Flexibilität und pragmatisches Denken und Handeln muss genauso gelebt werden wie permanente Kommunikation mit allen im Projekt beteiligten Firmen, Personen, Einrichtungen und Institutionen. Ohne eine institutionelle Bürgerbeteiligung lässt sich ein Projekt, bei dem 113 Grundstücke zu sanieren sind, nicht vernünftig umsetzen.

### **Regierungspräsidium Darmstadt**

Die Rolle des Regierungspräsidiums Darmstadt im Verfahren ist genau richtig: Es sind weitreichende Entscheidungen zu treffen, und das Verwaltungsverfahren mit Verträgen und Genehmigungen sowie die eigentliche Baumaßnahme sind qualifiziert zu begleiten.

Empfehlenswert ist auf jeden Fall das Vertragswerk, auf das diese Sanierung gestützt ist, denn damit wurde Rechtssicherheit geschaffen und das Konfliktpotenzial erheblich gesenkt. Nicht wegzudenken sind die Brücken zwischen Verwaltung/Baufirmen und Anwohnern, die zum einen durch die Einrichtung des Bürgerbüros Neuschloß und zum anderen durch den Projektbeirat Altlasten Neuschloß gebaut wurden.

### **Stadt Lampertheim**

Nur eine vertrauensvolle Zusammenarbeit aller Beteiligter „auf Augenhöhe“ lässt ein Projekt dieser Größenordnung realisierbar erscheinen. Hierzu gehört einerseits ein vertraglicher Rahmen und die Verlässlichkeit der außerhalb dieses Rahmens getroffenen Abstimmungen, andererseits aber auch Flexibilität bei erforderlichen Abweichungen von bereits fixierten Regelungen. Und jeder der Beteiligten sollte sich bewusst sein, dass bei einem so lang andauernden, komplexen Projekt auch Fehler gemacht werden, die dann durch die o. g. Flexibilität wieder bereinigt werden können.

### **HIM-ASG**

Bei Sanierungsvorhaben mit dem Ausmaß dieses Projektes wäre Folgendes zu empfehlen:

- Alle Maßnahmen und Vorgehensweisen vor der Sanierung mit den Betroffenen vertraglich regeln.
- Alle Beteiligten (Planer, Bauüberwachung, Behörden, Ausführende, Betroffene) auf ein gemeinsames Ziel zusammenführen.
- Betroffene (eventuell über einen Projektbeirat) in Entscheidungsprozesse mit integrieren.
- Intensive Kommunikation aller Beteiligten untereinander.
- Kontinuierliche und regelmäßige Informationsweitergaben.
- Probleme durch pragmatische Vorgehensweisen lösen.
- In Einzelfällen auch mal „13“ für ein Dutzend akzeptieren.
- Bei Ausführungszeiten auch „Pausen“ einplanen und akzeptieren.

### **Bürgerbüro Neuschloß (BBN)**

- Deutlich vor Beginn der Sanierung einen öffentlich-rechtlichen Vertrag abschließen. Das schafft Rechtssicherheit auf allen Seiten.
- Bürgerbeteiligung und Öffentlichkeitsarbeit von Anfang an in die Planung, Umsetzung und ins Projektmanagement der Sanierung einer bewohnten Altlast integrieren.
- Enge kooperative Abstimmung zwischen Planer/Bauüberwachung und Bürgerbüro.
- Frühzeitige, umfassende und transparente Information und Beteiligung der Betroffenen sowie der Öffentlichkeit.
- Konsens und Kooperation fördern.
- Vertrauensbildung durch intensive Kommunikation.



### **Projektbeirat Altlasten Neuschloß (PAN)**

- Die Gründung eines Projektbeirates und ggf. eines Vereins zur Anwohnervertretung.
- Sehr wichtig ist der Erfahrungsaustausch mit Vertretern anderer Projektbeiräte.
- Die Organisation eines Rechtsbeistandes für die Eigentümer ist bei dieser vielfältigen Thematik unbedingt notwendig, schon alleine zur Prüfung der Fakten im Sanierungsvertrag.
- Das Einrichten eines Bürgerbüros mit Entscheidungsbefugnissen, nicht nur als Vermittler.

### **Stimmen von Sanierungs- betroffenen**

Vom BBN wurde ein kleiner Fragebogen entwickelt und zufällig ausgewählten Anwohnern ausgehändigt. Die Antworten sind wörtlich wiedergegeben.

#### **1. Welche besonderen Schwierigkeiten sind aufgetaucht und wie wurden sie gemeistert?**

Bei der Sanierung gab es auf unserem Grundstück keine besonderen Schwierigkeiten. Bei der Wiederherstellung gab es zu viele unterschiedliche Aussagen der einzelnen Gremien, so dass sich die Freigabe der Grundstücke zu lange hinauszögerte.

Unser Grundstück hat keine Besonderheiten aufgewiesen, trotzdem wurde eine nicht unterkellerte Außentreppe stehen gelassen, die wahrscheinlich nicht schadstofffrei ist – Wahnsinn!

Bei der Wiederherstellung von Terrassen, Wegen usw. wurden bei Veränderungen keine Preise wegen Datenschutz offengelegt. Kellerisolierung wegen zu hoher Preise und in Eigenregie nicht möglich.

Probleme gab es ständig, gemeistert wurden sie mit viel Aufregung.

Nur weil wir uns während der monatelangen Sanierung mit den Gegebenheiten arrangierten, konnten wir – die unmittelbar Betroffenen – diese doch sehr schwierige Zeit einigermaßen überstehen. Meiner Meinung nach begannen die Schwierigkeiten erst bei der Wiederherstellung der Grundstücke, die auch nach längerer Zeit nicht vollständig behoben wurden.

Aufgetretene Probleme wurden zufriedenstellend gelöst.

Betongrenzmauer wurde fehlerhaft gebaut. Diese wurde auf nachdrücklichen Hinweis besehen, abgerissen und wieder neu aufgebaut. Beim Errichten der neuen Mauer wäre der Betonstahl wieder mit zu geringer Überdeckung ausgeführt worden, hätten wir dies nicht kontrolliert und die Höhe dann selbst angetragen.

Beim Kelleraufgang außen mussten mehrere Firmen beauftragt werden bis Fliesen hielten.

Kleinigkeiten wurden direkt mit den Mitarbeitern der Baufirma geregelt. Große Schwierigkeiten gab es bei uns nicht, da immer eine gute Zusammenarbeit mit dem BBN stattfand.

#### **2. Was ist gut gelaufen?**

Aus meiner Sicht ist die Sanierung in unserem Bereich gut gelaufen.

Die finanzielle Abwicklung hat gut funktioniert. Bauarbeiter waren freundlich.

Gute Zusammenarbeit und Betreuung von Bürgerbüro, Projektbeirat, Ingenieurbüro und Bauarbeitern. Die Arbeit und der Einsatz von Bürgerbüro und Altlastenverein haben enorm zum Erfolg der Sanierung beigetragen. Bürgernähe und Information.

Der Bodenaustausch lief problemlos, nur beim Wiederaufbau gab es Probleme. (Bis heute)

Besonders die Zusammenarbeit mit den Firmen, die die Sanierung auf den Grundstücken ausführten, funktionierte fast immer.

Allgemein guter Gesamtverlauf.

Die Mitarbeiter der ausführenden Firmen waren freundlich und hilfsbereit, soweit sie durften.

Die Information mit dem Bürgerbüro war zufriedenstellend.

Die Zusammenarbeit mit dem Bürgerbüro und uns als Betroffenen.

### 3. Was sollte man anders machen?

Die Mitteilungen an die Eigentümer sollten aus einer Hand kommen. Die Probleme sollten untereinander besprochen werden und die Entscheidungen von einer Institution mitgeteilt werden, so dass man als Eigentümer nicht von jeder Seite eine andere Aussage bekommt. Zu viele Köche verderben den Brei.

Eine zeitlich überschaubare Zeit für die Anwohner wäre sinnvoll. Es müssten schneller Entscheidungen getroffen werden, nach dem Motto „Viele Köche verderben den Brei“ wurde gearbeitet. Es wurde mehr beraten wie entschieden. Viele Steuergelder wurden verschwendet und nicht für den Steuerzahler zu greifen.

Die Betroffenen besser einbeziehen.

Für uns Betroffene war die Einhausung mit Folie ein schlimmer Zustand. Im Nachhinein hätte man uns das ersparen können.

Mehr Detailabsprachen direkt vor Baubeginn und während der Bauphase.

Die anzusprechenden Personen im Bedarfsfall (Bürgerbüro) verzögern die Handlungen bezüglich direkter Wege. Wäre manchmal bestimmt zügiger zu erledigen gewesen. Dies war allerdings nicht an den Personen festzumachen, aber am bürokratischen Ablauf.

Bei den meisten Häusern wurden die Fenster verklebt. Warum konnten die letzten Häuser frei bleiben? Das Gift ist doch das Gleiche.

Weniger Bürokratie – wird das Ingenieurbüro wirklich gebraucht? Ansonsten Reden – Reden – Reden.

### Resümee

Die verschiedenen Interessen und Sichtweisen unter einen Hut zu bekommen, war (und ist) keine einfache Aufgabe. Im Rückblick ist festzustellen, dass dies gut gelungen ist. Hierzu hat sich bewährt, dass von allen Beteiligten eine kommunikative Atmosphäre des guten Miteinanders gepflegt wurde. So konnten Schwierigkeiten, die bei einem solchen Großprojekt unweigerlich auftreten, stets gemeistert werden.

Zusammenfassend sind sich alle Projektbeteiligten in ihrem Resümee einig, dass Vertrag, PAN und BBN wichtige Bausteine sind, die Voraussetzung für das Gelingen eines solchen Projektes sind.

Personelle Kontinuität sowie offene Kommunikation und ausführliche, zeitnahe Information von Anfang an führen zum Erfolg.

Weiterhin sind sich die Projektbeteiligten einig, dass bei der Sanierung einer großen bewohnten Altlast das große Spannungsfeld in der Wiederherstellung der Grundstücke liegt.

---

#### Autorenkollektiv:

Mustafa Dönmez (HMUELV)

Berthold Meise, Elisabeth Schirra, Wolfgang Bernhard (RP Darmstadt)

Stephan Frech (Stadt Lampertheim)

Ulrich Urban (HIM-ASG)

Jochen Blecher, Jürgen Froch (BBN), Oliver Hamann

Carola Biehal (PAN)

Marie-Anne Feldmann (HLUG)



## Die Arbeitshilfe für die Bodenansprache im vor- und nachsorgenden Bodenschutz (KA5-kurz) - Grundlage für den Vollzug des BBodSchG, der BBodSchV und des HAltBodSchG

THOMAS VORDERBRÜGGE

Gemäß den Vorgaben der (immer noch gültigen) BBodSchV (1999) soll im Rahmen einer „orientierenden Untersuchung“ auf Verdachtsflächen, sofern nicht auf geeignete Bodeninformationen zurückgegriffen werden kann, eine bodenkundliche Kartierung oder Bodenansprache am Ort der Probennahme durchgeführt werden.

Die Ansprache ist gemäß BBodSchV auf Grundlage der Bodenkundlichen Kartieranleitung, 4. Auflage (KA4), berichtigter Nachdruck 1996, in einem für die Gefahrenbeurteilung erforderlichen Umfang durchzuführen.

Aber auch bei einer horizontweisen Beprobung (BBodSchV, Anhang 1; Abs. 2), der Ermittlung der Korngrößenverteilung, Fragen der Qualitätssicherung, der je nach Bodenart differenzierten Zuordnung der Vorsorgewerte, der Sickerwasserprognose, der sachgerechten Auf- und Einbringung von Boden und Materialien sowie der funktionalen Bewertung und Gefährdung der Böden ist die Bodenkundliche Kartieranleitung anzuwenden.

Obwohl die gesetzlichen Vorgaben also recht eindeutig eine **bodenkundliche** Ansprache von Verdachtsflächen fordern, spielt die KA4 vor allem im nachsorgenden Bodenschutz (insb. Altlastenbearbeitung) bisher „praktisch keine Rolle“ (LICHTFUSS, 2010). Aber auch im Vorsorgebereich finden sich immer wieder Gutachten, in denen die bodenkundliche

Grundlagenerhebung von den gesetzlichen Vorgaben abweicht.

Der häufig formulierte Vorwurf, die KA4 sei praxisuntauglich, ist wohl eher der Tatsache geschuldet, dass bodenkundliche Erhebungen nicht immer von entsprechend ausgebildeten Sachverständigen gemäß §18 BBodSchG durchgeführt wurden, als der Komplexität der zu erhebenden Parameter (GEHRT et al., 2011).

Um dennoch sicherzustellen, dass die bodenkundlichen Grundlagen entsprechend ihrer Bedeutung für den Bodenschutz mit ausreichender Qualität erhoben werden, beauftragte im Jahr 2005 der Direktorenkreis der Staatlichen Geologischen Dienste die Ad-hoc-AG Boden, unter Einbeziehung von Vertretern aus dem Bodenschutz, eine Kurzversion der 5. Auflage der Kartieranleitung speziell für den Vollzug des BBodSchG zu erarbeiten.

In enger Abstimmung mit den Ständigen Ausschüssen 2 „Vorsorgender Bodenschutz“ (BOVA) sowie 3 „Altlasten“ (ALA) der LABO beauftragte die Ad-hoc-AG Boden im Jahr 2006 ein Redaktionsteam mit acht Personen aus den Bereichen der SGD, der LABO, dem Fachbeirat Bodenuntersuchungen (FBU) sowie einem Ingenieurbüro mit der Erstellung der Arbeitshilfe. Damit war sichergestellt, dass von Anbeginn alle Betroffenen in die Arbeit eingebunden waren.

Die Vorgaben an das Redaktionsteam waren:

- alle für die unterschiedlichen Fragestellungen des Bodenschutzes notwendigen Parameter zu identifizieren und dafür „Sorge zu tragen“, dass Parameterdefinitionen und -symbole sowie deren Schlüssel Listen denen in der KA5 durchweg entsprechen.

Die Arbeitshilfe erschien nach intensiven Diskussionen im Jahr 2009. In der z. Zt. diskutierten Novelle der BBodSchV („Mantelverordnung“) ist die Arbeitshilfe als Grundlage für den Vollzug der gesetzlichen Vorgaben angeführt.

Die Arbeitshilfe gruppiert in ihrer Tabelle 1 zunächst die zu erhebenden Daten nach den vier häufig anzutreffenden Vollzugsaufgaben des Bodenschutzes:

- Orientierende und Detailuntersuchung nach § 3 BBodSchV
- Untersuchung nach § 12 BBodSchV (Aufbringen von Materialien)
- Untersuchung nach § 8 BBodSchV (Bodenerosion)
- Ermittlung und Bewertung von Bodenfunktionen nach § 2 BBodSchG.

Einen Auszug aus der Tabelle 1 zeigen die Übersichten in den Tab. 1 und 2.

In der ersten Spalte werden die „Datenfeldnummern“ gemäß der KA5 aufgelistet, in Spalte 2 der Name des Datenfeldes und in den Spalten 3–6 die Vollzugsaufgaben: angeführt werden jeweils die obligatorisch (O) bzw. fakultativ (F) zu erhebenden Daten. Bereits hier ist deutlich zu erkennen, dass der Umfang der obligatorisch zu erhebenden Daten sehr gering ist. Die Tabelle 2 zeigt die Parameter, die für eine Horizontbeschreibung zu erfassen sind.

**Tab. 1:** Auszug aus der Tabelle 1 der KA5-kurz.

Nr. in der KA5	Datenfeld	Orientierende Untersuchung / Detailuntersuchung nach § 3 BBodSchV	Untersuchung nach § 12 BBodSchV (Aufbringen von Materialien)	Untersuchung nach § 8 BBodSchV (Bodenerosion)	Ermittlung / Bewertung von Bodenfunktionen nach § 2 BBodSchG
Flächenbezogene Daten					
	Katasterangaben	F	F	F	F
	Versiegelungsart	F	F	F	F
	Versiegelungsgrad	F	F	F	F
	Nutzungsart	O	O	O	O
	Anteilsklasse der Nutzungsart	O	O	O	O
	Vegetation	F	F	O	O
	Anteilsklasse der Vegetation	F	F	O	F
Punktbezogene Daten: Titeldaten					
1	TK-Nr.				
2	Projektbezeichnung	O	O	O	O

**Tab. 2:** Zu erfassende Parameter für eine Horizontbeschreibung.

Nr.	Punktbezogene Daten: Horizontbezogene Daten				
25	Horizont-/obergrenze	O	O	O	O
26	Form, Schärfe u. Lage von Horizontgrenzen				
27	Horizontsymbol	F	F	F	O
28	Bodenfarbe	O	O	O	O
	Geruch	O	O		
29	Humusgehalt	O	O	O	O
30	Oxidative Hydromorphiemerkmale	F	O	F	O
31	Reduktive Hydromorphiemerkmale	F	O	F	O
32	Bodenfeuchte	F			F
33	Konsistenz	F			F
34	Sonstige pedogene Merkmale				F
35	Form und Größe des Bodengefüges			O	F
36	Lagerungsart des Bodengefüges			O	F
37	Risse	F			F
38	Poren	F			F
39	Röhren und Gänge	F			F

Im Vergleich zur KA5 wurde die Anzahl der zu erhebenden Datenfelder von 58 auf 24–28 deutlich reduziert.

Ergänzt wird die Arbeitshilfe durch Formblätter, die im Internet frei verfügbar sind (s. h.: Abb. 1): ([http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Aktuelles/KA5\\_Arbeitshilfe.html](http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Aktuelles/KA5_Arbeitshilfe.html) ).

Mit der Arbeitshilfe wurde eine Grundlage erstellt, mit der ein Mindestdatensatz an bodenkundlichen Informationen systematisch und vergleichbar erhoben werden kann. Künftig dürfte deshalb aus Sicht des Vorsorgenden Bodenschutzes sowohl in der Sachverständigenprüfung als auch in den Arbeiten der Gutachter dem Nachweis von bodenkundlichem Basiswissen ein deutlich größerer Stellenwert als bisher beizumessen sein.

## Literatur:

- Ad-Hoc-AG Boden, Hrsg., (2009): Arbeitshilfe für die Bodenansprache im vor- und nachsorgenden Bodenschutz. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 94 S.
- GEHRT, E., DÜWEL, O. & S. MELMS, (2011): Bericht zur Tagung „Freiberufliche Bodenkunde“. Bodenschutz, 3, S. 86 – 87.
- LICHTFUSS, R., (2010): Bodenansprache im vor und - nachsorgenden Bodenschutz – Arbeitshilfe KA5 kurz. Vortrag - 6. Marktredwitzer Bodenschutz-tage. [http://www.lfu.bayern.de/boden/bodenschutztag\\_mak/doc/0\\_mbt2010\\_tagungband.pdf](http://www.lfu.bayern.de/boden/bodenschutztag_mak/doc/0_mbt2010_tagungband.pdf)

Mindestdaten für Untersuchungen nach § 3 BBodSchV (Orientierende Untersuchung / Detailuntersuchung)																											
Flächenbezogene Daten																											
Katasterangaben			Versiegelungsart			Versiegelungsgrad / Anteilskl. (KA 5, Tab. 4, S. 53)			Nutzungsart			Anteilsklasse (KA 5, Tab. 4, S. 53)			Vegetation			Anteilsklasse (KA 5, Tab. 4, S. 53)									
Punktbezogene Daten																											
Titel daten																											
Projektbezeichn. 2		Profil-Nr. 3		Datum der Aufnahme Jahr Monat Tag 4		Bearbeiter 5		Rechtswert (in m) 6				Hochwert (in m) 7				Höhe ü. NN 8		Aufschlussart 9		Wasserstand unter GOF 53b		Bodenschätzung 56					
Aufnahmesituation																											
Neigung 11		Exposition 12		Reliefbeschreibung 14/17				Bodenabtrag /-auftrag 18				Nutzungsart 19				Vegetation 20		Witterung 21		anthropogene Veränderungen / bautechnische Maßnahmen 22							
Horizontbezogene Daten I und II																											
Lfd. Nr.	Unter-/Obergrenze 25	Horizontsymbol 27	Bodenfarbe / Substratfarbe 28	Geruch (Art und Intensität)	Humusgehalt 29	oxidative und reduktive Hydromorphie-merkmale 30/31	Bodenfeuchte 32	Konsistenz 33	Hohlräume 37-39	Tropflichte o. eff. Lag.dichte / Substanzvol. u. Zers.stufe 40	Grob-/ Feinwurzeln 41	Substratgenese 43	Feinboden / Tonart / Muddart 44a	Grobboden- Anteilsklasse 44b	Σ Grobböden (%) 44c	Stickstoffsgehalt 45	Carbonatgehalt 46	Bodenausgangsgestein 47a	Beimengungen Substanzteile (Substratmengenfraktionen) 47c	Proben-Nr.	Entnahmetiefe						
1			1. 2. 3.										1. 2. 3.					1. 2. 3.	1. 2. 3.								
2			1. 2. 3.										1. 2. 3.					1. 2. 3.	1. 2. 3.								
3			1. 2. 3.										1. 2. 3.					1. 2. 3.	1. 2. 3.								
4			1. 2. 3.										1. 2. 3.					1. 2. 3.	1. 2. 3.								
5			1. 2. 3.										1. 2. 3.					1. 2. 3.	1. 2. 3.								
6			1. 2. 3.										1. 2. 3.					1. 2. 3.	1. 2. 3.								
7			1. 2. 3.										1. 2. 3.					1. 2. 3.	1. 2. 3.								
Bemerkungen:																					© Ad-hoc-AG Boden						

Abb. 1: Formblatt mit Mindestdatensatz für Untersuchungen nach § 3 BBodSchV aus der KA5-kurz. [http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Netzwerke/Adhocag/Downloads/Gelaendeformblatt3\\_KA5.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Netzwerke/Adhocag/Downloads/Gelaendeformblatt3_KA5.pdf?__blob=publicationFile&v=2)



## Die Anerkennung von Untersuchungsstellen nach §18 des Bundes-Bodenschutzgesetzes - aktueller Stand zum Fachmodul Boden und Altlasten

JAN BRODSKY

Nach §18 des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG) müssen Untersuchungsstellen, die Aufgaben nach diesem Gesetz wahrnehmen, die für diese Aufgaben erforderliche Sachkunde und Zuverlässigkeit besitzen und über die erforderliche gerätetechnische Ausstattung verfügen. Die Einzelheiten der an die Untersuchungsstellen zu stellenden Anforderungen können durch die Länder geregelt werden [1]. Im Anhang 1 der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) wurden die Anforderungen hinsichtlich der Untersuchung detailliert aufgelistet [2].

Die im gesetzlich geregelten Umwelt-Bereich tätigen Untersuchungsstellen werden vor Aufnahme ihrer Tätigkeit durch die zuständigen Landesbehörden notifiziert, d. h. für die Durchführung der Tätigkeit offiziell zugelassen. Die fachlichen, personellen und materiellen Voraussetzungen für die **Notifizierung** (Bekanntgabe, Anerkennung) für den Umweltbereich Boden und Altlasten sind im Fachmodul Boden und Altlasten der Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) festgelegt [3]. Folgende Untersuchungsbereiche werden unterschieden:

- Untersuchungsbereich 1:  
Feststoffe, anorganische Parameter
- Untersuchungsbereich 2:  
Feststoffe, organische Parameter
- Untersuchungsbereich 3:  
Feststoffe, Dioxine und Furane
- Untersuchungsbereich 4:  
Grund-, Sicker-, Oberflächenwasser
- Untersuchungsbereich 5:  
Bodenluft und Deponiegas

- Untersuchungsbereich 6:  
Trockene und nasse Deposition
- Untersuchungsbereich 7:  
Waldbodenuntersuchungen
- Untersuchungsbereich 8:  
Untersuchungen zur Beurteilung der terrestrischen Ökotoxizität von Schadstoffen.

In einzelnen Bundesländern ist das Vorgehen bei der Notifizierung von Untersuchungsstellen entweder durch entsprechende Verordnungen geregelt oder es bestehen keine Regelungen wie z. B. in Hessen. In Hessen werden deshalb im Bereich der Boden- und Altlastenuntersuchung keine Notifizierungen ausgesprochen.

Das Notifizierungsverfahren beinhaltet einen schriftlichen Antrag bei der zuständigen Landesbehörde, eine Kompetenzüberprüfung sowie die Anerkennung durch Bescheid und Veröffentlichung im Recherche-system Messstellen und Sachverständige (ReSyMeSa) [4]. Die Anerkennung ist i. d. R. auf 5 Jahre befristet und kann auf Antrag verlängert werden.

Die Kompetenz wird auf Basis der DIN EN ISO/IEC 17025 [5] und der fachlichen Anforderungen des Fachmoduls überprüft entweder durch Akkreditierung oder durch das Land („dualer Weg“). In den meisten Fällen wird als Kompetenznachweis eine Akkreditierung durch die zuständigen Stellen gewählt. Bei der Notifizierung werden im Vergleich zur Akkreditierung zusätzlich Aspekte wie Zuverlässigkeit und Unabhängigkeit der Untersuchungsstelle überprüft sowie Qualitätssicherungsmaßnahmen,



wie die Teilnahme an länderübergreifenden Ringversuchen, gefordert.

Eine Untersuchungsstelle ist dann akkreditiert, wenn ihre Kompetenz durch eine unabhängige dritte Stelle bestätigt und formal bescheinigt wird. Die Kompetenzüberprüfung der Untersuchungsstellen durch **Akkreditierung** nach DIN EN ISO/IEC 17025 wurde in Deutschland in der Vergangenheit durch verschiedene private Akkreditierungsstellen, z. B. DAP oder DACH vorgenommen. Die Zusammenarbeit der Länder mit den Akkreditierungsstellen wurde im Rahmen des Notifizierungsverfahrens durch Vereinbarungen geregelt.

Die europäische Gesetzgebung verlangt neuerdings die Akkreditierung durch eine einzige Stelle. Daher wurde durch das Akkreditierungsstellengesetz (AkkStelleG) die Deutsche Akkreditierungsstelle (DAkKS) ins Leben gerufen, die am 1. Januar 2010 die Arbeit aufgenommen hat [6,7]. Auf der Internetseite der DAkKS können alle wichtigen Informationen zur Aufgabe und Arbeit der DAkKS sowie ein aktuelles Verzeichnis der akkreditierten Untersuchungsstellen gefunden werden.

Die DAkKS, an der neben dem Bund auch die Länder und private Wirtschaft beteiligt sind, ist nun die alleinige Akkreditierungsstelle in Deutschland. Aus der Umstellung und Vereinheitlichung der Akkreditierung ergeben sich Konsequenzen für die Notifizierung von Untersuchungsstellen im gesetzlich geregelten Umweltbereich und für die Akkreditierungsvereinbarung der Länder. Der Aufbauprozess der DAkKS im Umweltbereich wurde deshalb durch den Koordinierungsausschuss Umwelt (BKoA) und einen Ad-hoc-Arbeitskreis Akkreditierung begleitet. Der BKoA hat seinen Auftrag mittlerweile erfüllt und beendet die Arbeit zum Ende 2011.

Durch ihre Beteiligung an der DAkKS haben die Länder die Möglichkeit, in den einzelnen Gremien die eigenen Interessen zu vertreten und die Entwicklung des Akkreditierungswesens aktiv mitzugestalten. Die Bund/Länderarbeitsgemeinschaften entsenden Vertreterinnen und Vertreter in die entsprechenden DAkKS-Gremien, wie Akkreditierungsbeirat oder Sektorkomitee.

Gesetzliche Änderungen sowie technische Weiterentwicklungen auf dem Gebiet der Boden- und Altlastenuntersuchung ergaben die Notwendigkeit, das Fachmodul Boden und Altlasten zu aktualisieren. Der Altlastenausschuss (ALA) der LABO berief einen ad-hoc Unterausschuss Fachmodul Boden/Altlasten, der mit der Neufassung des Fachmoduls beauftragt wurde. Der Unterausschuss, in dem auch das HLUG vertreten ist, nahm im September 2010 die Arbeit auf.

Bei der Neufassung des Fachmoduls waren verschiedene Aspekte zu berücksichtigen:

- Das Fachmodul ist eng an die BBodSchV gekoppelt, so dass die aktuellen Entwicklungen der Umweltgesetzgebung, d. h. die Novellierung der BBodSchV im Rahmen der geplanten Mantelverordnung, direkt auf die Neufassung des Fachmoduls anzupassen sind. Zudem sind die im Anhang 1 der BBodSchV gelisteten Untersuchungsverfahren durch neue modernere Analysenverfahren zu ersetzen, so dass an dieser Stelle ein Instrument der **Dynamisierung** greifen muss. Eine Möglichkeit ist die Veröffentlichung einer laufend aktualisierten Liste mit den relevanten Untersuchungsverfahren nach Prüfung der Gleichwertigkeit. Der Fachbeirat Bodenuntersuchung (FBU) des Umweltbundesamtes veröffentlicht regelmäßig eine solche Liste mit Verfahren [8], die als gleichwertig mit den im Anhang 1 der BBodSchV genannten angesehen werden (Stand der Bodenanalytik).
- Bei der Überarbeitung sollten jeweils die Bereiche Probenahme und Laboranalytik getrennt werden, um eine unabhängige Anerkennung zu ermöglichen. Weiterhin sollten die Untersuchungsbereiche 6–8 auf ihre Relevanz im Fachmodul geprüft werden.
- Das Fachmodul sollte mit den weiteren Fachmodulen im Umweltbereich, wie FM Abfall, FM Wasser abgestimmt werden (**Harmonisierung**).
- Das LABO-Merkblatt für die Notifizierung von Untersuchungsstellen im Bereich Boden/Altlasten sollte berücksichtigt werden [9].
- Die Anforderungen sollten an die Dienstleistungsrichtlinie (EG-DLRL) [10] angepasst werden.

Der Unterausschuss hat die genannten Aspekte in die neue Fassung des Fachmoduls Boden und Altlasten integriert. Der Entwurf wird voraussichtlich bei der nächsten ALA-Sitzung vorgelegt und diskutiert werden.

Die Umsetzung der EU-Dienstleistungsrichtlinie in deutsches Recht hat zur Folge, dass die in einem Bundesland ausgesprochene Notifizierung von anderen Bundesländern anerkannt wird. Die Anerkennung erfolgt nach dem jeweiligen Landesrecht teilweise ohne Einschränkung oder teilweise durch Nachweis von Vergleichbarkeit oder Gleichwertigkeit. Eine Notifizierung von Untersuchungsstellen erfolgt zurzeit in sieben Bundesländern. Eine Untersuchungsstelle aus einem Bundesland, das keine eigene Notifizierung erteilt, kann grundsätzlich die Notifizierung in einem anderen Bundesland beantragen.

Die einzelnen Länder haben weiterhin die Möglichkeit, Notifizierungen inklusive eigener Kompetenzüberprüfung durchzuführen oder die Kompetenzüberprüfung durch die Akkreditierungsstelle vornehmen zu lassen. Zusätzlich besteht für die Länder die Möglichkeit, das gesamte Notifizierungsverfahren von der DAkkS durchführen zu lassen. In diesem Fall muss das Zusammenwirken durch eine Vereinbarung geregelt werden.

Als Instrument der Bekanntmachung und Information fällt dem Recherchesystem ReSyMeSa eine bedeutende Rolle zu.

## Literatur

- [1] Gesetz zum Schutz des Bodens (BBodSchG) vom 17. März 1998; Bundesgesetzblatt Jg. 1998, Teil I Nr. 16
- [2] Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12. Juli 1999; Bundesgesetzblatt Jg. 1999 Teil I Nr. 36
- [3] Fachmodul Boden und Altlasten - bereichsspezifische Anforderungen an die Kompetenz von Untersuchungsstellen im Bereich Boden und Altlasten, Bund- / Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO), 20.10.2000
- [4] <http://www.luis.brandenburg.de/resymesa/ResymesaStart.aspx?Cookies=Checked>
- [5] DIN EN ISO/IEC 17025:2005-08, Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien
- [6] Gesetz über die Akkreditierungsstelle (AkkStelleG) vom 31. Juli 2009, Bundesgesetzblatt Jg. 2009, Teil I Nr. 51
- [7] <http://www.dakks.de/>
- [8] <http://www.umweltbundesamt.de/boden-und-altlasten/fbu/publikationen.htm>
- [9] Arbeitshilfen zur Qualitätssicherung in der Altlastenbearbeitung, ad-hoc AG „Arbeitshilfen Qualitätssicherung“ des Altlastenausschusses (ALA), hrsg. vom Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG), März 2001
- [10] Richtlinie 2006/123/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Dezember 2006 über Dienstleistungen im Binnenmarkt, Amtsblatt der Europäischen Union, L 376/36, 27.12.2006



# Vorgehensweise bei der Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten (GFS-Werten) für chemische Substanzen

REGINE GIHR

Zur Beurteilung der **Schädlichkeit einer Grundwasserkontamination** mit einer oder mehreren chemischen Substanzen werden entsprechende Geringfügigkeitsschwellenwerte (GFS-Werte) herangezogen.

Liegen keine GFS-Werte oder rechtlich verbindliche Umweltqualitätsnormen (UQN) vor, können auf Antrag der Vollzugsbehörden im Altlastenzernat des HLUG für solche Stoffe eigene GFS-Werte abgeleitet werden.

Für folgende Substanzen wurden vom HLUG im Jahre 2011 GFS-Werte abgeleitet:

- Bleialkyle
- Formaldehyd
- 1,3,5-Trioxan
- Diacetonketogulonsäure (Dikegulac)
- Diaceton-L-sorbose (DAS)

Die Ableitungen sind als pdf-Dateien auf der Homepage des HLUG abgelegt und können dort eingesehen oder heruntergeladen werden.

Die nachfolgenden Informationen geben einen zusammenfassenden Überblick über die Vorgehensweise bei der Ableitung von GFS-Werten. Detailliertere Angaben finden sich in LAWA-Veröffentlichungen [LAWA 2004], den Technical Guidance Documents (TGD) für Umweltqualitätsnormen [TGD-EQS 2011] und der EU-Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG (WRRL) [EU 2001].

## 1 Was ist ein GFS-Wert?

Die Geringfügigkeitsschwelle bildet gemäß LAWA (2004) die Grenze zwischen einer geringfügigen Ver-

änderung der chemischen Beschaffenheit des Grundwassers und einer schädlichen Verunreinigung.

Die Geringfügigkeitsschwelle (GFS) ist die Konzentration, bei der

- trotz einer Erhöhung der Stoffgehalte gegenüber regionalen Hintergrundwerten
- keine relevanten ökotoxischen Wirkungen auftreten können und
- die Anforderungen der Trinkwasserverordnung oder entsprechend abgeleiteter Werte eingehalten werden [LAWA 2004].

**Ziel:** Damit soll das Grundwasser

- als Trinkwasser überall für den menschlichen Gebrauch nutzbar bleiben
- als Lebensraum intakt gehalten werden, u. a. weil Grundwasser Bestandteil des Naturhaushaltes ist und den Basisabfluss von Oberflächenwasser bildet oder den Charakter grundwasserabhängiger Feuchtgebiete beeinflusst [LAWA 2004].

## 2 Wie kommt eine GFS zustande?

Die Vorgehensweise bei der GFS-Ableitung orientiert sich an der Ableitung der UQN für das Oberflächenwasser nach WRRL Anhang V 1.2.6 sowie dem TGD-EQS (2011). Biota-Standards zum Schutz der menschlichen Gesundheit durch den Konsum von Fischereiprodukten und zum Schutz von fischfressenden Tierarten vor Sekundär-Vergiftung „secondary poisoning“ (TGD-EQS 2011, Kap. 4) sowie deren Übertragung auf die Wasserphase wurden bei der Ableitung nicht berücksichtigt.

Die Konzentrationswerte für die GFS eines Stoffes werden wirkungsorientiert, d.h. human- und ökotoxikologisch begründet, abgeleitet.

1. Werden bei der Ableitung im Hinblick auf die Trinkwasserqualität bzw. auf die Nutzung als Trinkwasser und im Hinblick auf die ökotoxikologischen Kriterien unterschiedliche Werte abgeleitet, entspricht der GFS-Wert dem niedrigeren Wert.
2. Liegen nur ökotoxikologische Daten vor, erfolgt hinsichtlich der humantoxikologischen Wirkung eine Plausibilitätsprüfung mithilfe des GOW-Konzeptes (GOW: gesundheitlicher Orientierungswert, siehe [UBA 2003]).

3. Liegen nur humantoxikologische Daten vor, erfolgt hinsichtlich der ökotoxikologischen Wirkung eine Plausibilitätsprüfung im Einzelfall, da noch kein systematisches Konzept vorliegt.
4. Da die abgeleiteten Werte in Einzelfällen in sehr niedrigen Konzentrationsbereichen liegen können, wurden sie nach unten begrenzt, sofern es sich nicht um rechtsverbindliche Werte oder um Werte handelt, bei denen eine Wirkung nachgewiesen ist [LAWA 2004].

In der Abbildung 1 ist der Ablauf einer GFS-Ableitung schematisch dargestellt (Vorlage nach LAWA (2004), bearbeitet).

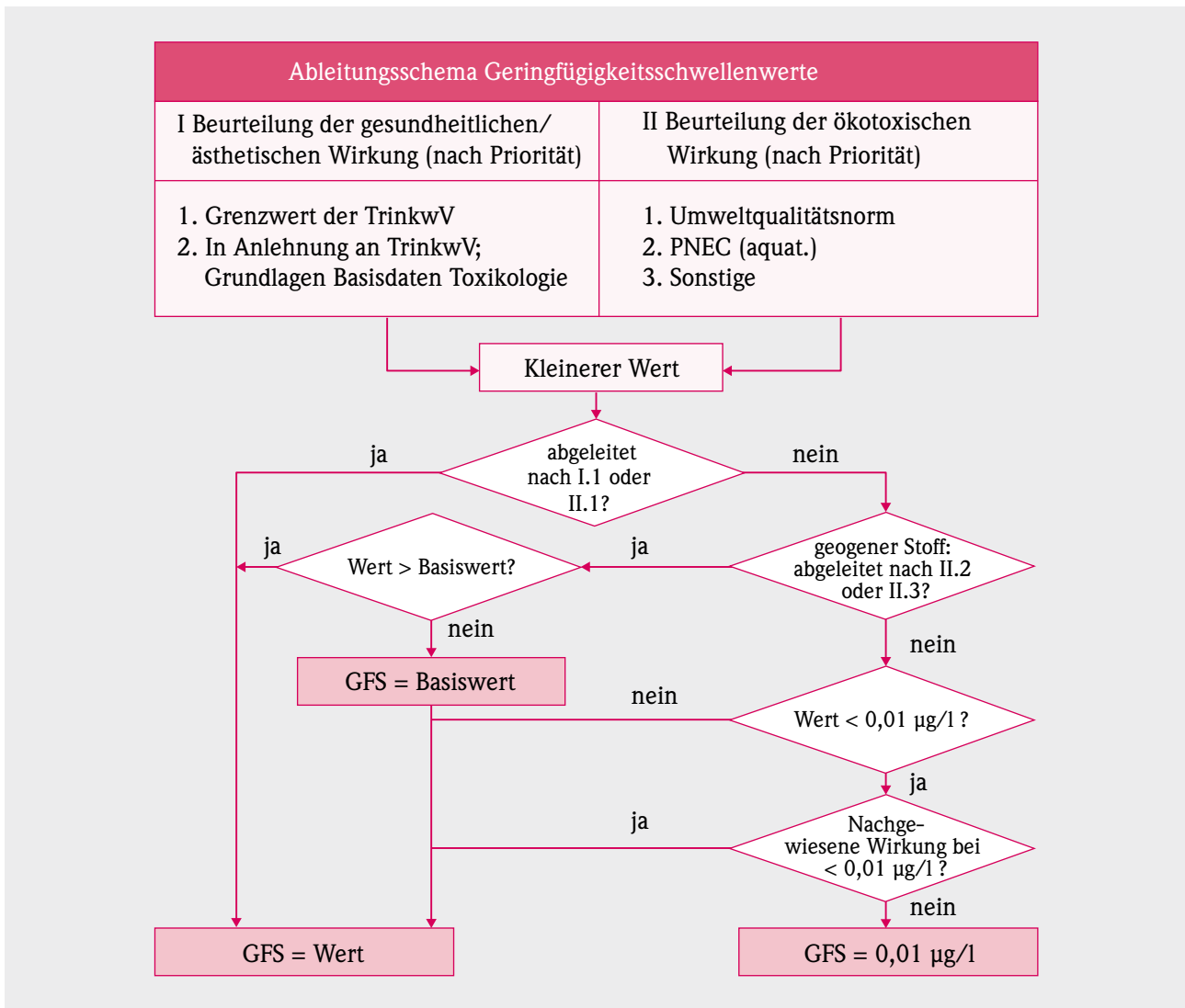


Abb. 1: Ablaufschema einer GFS-Ableitung.

### 3 Was wird bei der Ableitung berücksichtigt?

Nachfolgend wird kurz auf die humantoxikologische Bewertung und etwas ausführlicher auf die ökotoxikologische Beurteilung von Stoffdaten zur Ableitung einer GFS eingegangen.

#### Humantoxikologische Beurteilung einer Substanz

Entsprechen die in der Trinkwasserverordnung (TrinkwV 2001) genannten Werte für Einzelstoffe entweder der Begründungsoption

- „Unbedenklich für die menschliche Gesundheit“ oder der Option
- „Ästhetisch einwandfreie Qualität des Trinkwassers“,

sind also **weder aufbereitungs- noch verteilungstechnisch begründet**, werden diese bei der Festlegung der GFS vorrangig und unverändert übernommen [LAWA 2004].

Sind die Grenzwerte der TrinkwV (2001) aufbereitungs- oder verteilungstechnisch begründet oder fehlen Grenzwerte für relevante Parameter, wird eine gesundheitliche und ästhetische Bewertung im Einzelfall analog nach TrinkwV oder wie in LAWA (2004) beschrieben durchgeführt [LAWA 2004].

Dazu erfolgt zunächst die Durchführung einer Datenbankrecherche über Substanznamen/Trivialnamen und CAS-Nummer, dann die Zusammenstellung aller vorhandenen Toxizitätstests für die Verbindung. Nach einer Prüfung auf Plausibilität und Validität erfolgt die Zusammenstellung der relevanten Tests, die dann die Basis für die Ableitung der GFS bilden.

#### Datenbankrecherche für die Humantoxikologie:

- ESIS (European Chemical Substances Information System), European Commission – Joint Research Centre (<http://ecb.jrc.ec.europa.eu/esis/>) mit 10 Unterdatenbanken, u. a.
- IUCLID Chemical Data Sheets. <http://ecb.jrc.ec.europa.eu/IUCLID-DataSheets/>
- EHC (Environmental Health Criteria), World Health Organization (WHO) ([http://www.who.int/ipcs/publications/ehc/ehc\\_alphabetical/en/](http://www.who.int/ipcs/publications/ehc/ehc_alphabetical/en/))

- IARC (International Agency for Research on Cancer), WHO (<http://www.iarc.fr/>)
- Environment, Health and Safety Programme, Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (<http://www.inchem.org/documents/sids/>)
- IRIS (Integrated Risk Information System) der U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA) (<http://www.epa.gov/IRIS/index.html>),
- Toxicological Profile Information Sheets der U.S. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (US ATSDR) (<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/index.asp>)
- NTP (National Toxicology Program), (US Department of Health and Human Services) ([http://ntp-apps.niehs.nih.gov/ntp\\_tox/](http://ntp-apps.niehs.nih.gov/ntp_tox/))
- PubMed mit Literatur aus MEDLINE der United States National Library of Medicine (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>)
- DIMDI Datenbank des Deutschen Instituts für Medizinische Dokumentation und Information (<http://www.dimdi.de/static/de/db/index.htm>) mit 13 Unterdatenbanken, darunter MEDLINE und EMBASE
- EFSA (European Food Safety Authority) (<http://www.efsa.europa.eu/>)

Für die **menschliche Gesundheit** wird im Allgemeinen der abgeleitete **TRD-Wert** („Tolerable resorbierte Dosis“) für die langfristige orale Aufnahme herangezogen und mit den üblichen Annahmen zum Körpergewicht (70 kg für Erwachsene) und Trinkwasseraufnahme (2 l/d) auf eine **tolerable tägliche Trinkwasserkonzentration** umgerechnet. Weil Schadstoffe auch über andere Pfade aufgenommen werden, geht man von einer anteiligen Ausschöpfung über den Trinkwasserpfad von 10 % aus.

#### Ökotoxikologische Beurteilung einer Substanz

Für die Ableitung von GFS-Werten wird u. a. auf ökotoxikologische Daten aus Tests mit Oberflächenorganismen zurückgegriffen. Dies ist angemessen, weil es keine normierten Testverfahren mit Grundwasserorganismen gibt und angenommen werden kann, dass die Lebensgemeinschaft des Grundwassers durch das Empfindlichkeitsspektrum der Organismen in Oberflächengewässern in erster Näherung repräsentiert wird.

Die Schadwirkungen auf die Grundwasserorganismen dauern jedoch über wesentlich längere Zeiträume an, oder müssen ggfs. sogar als irreversibel angesehen werden. Dies wird bei der Übernahme von ökotoxikologischen Daten der Standardorganismen für die Ableitung der GFS jedoch nicht zusätzlich berücksichtigt [LAWA 2004].

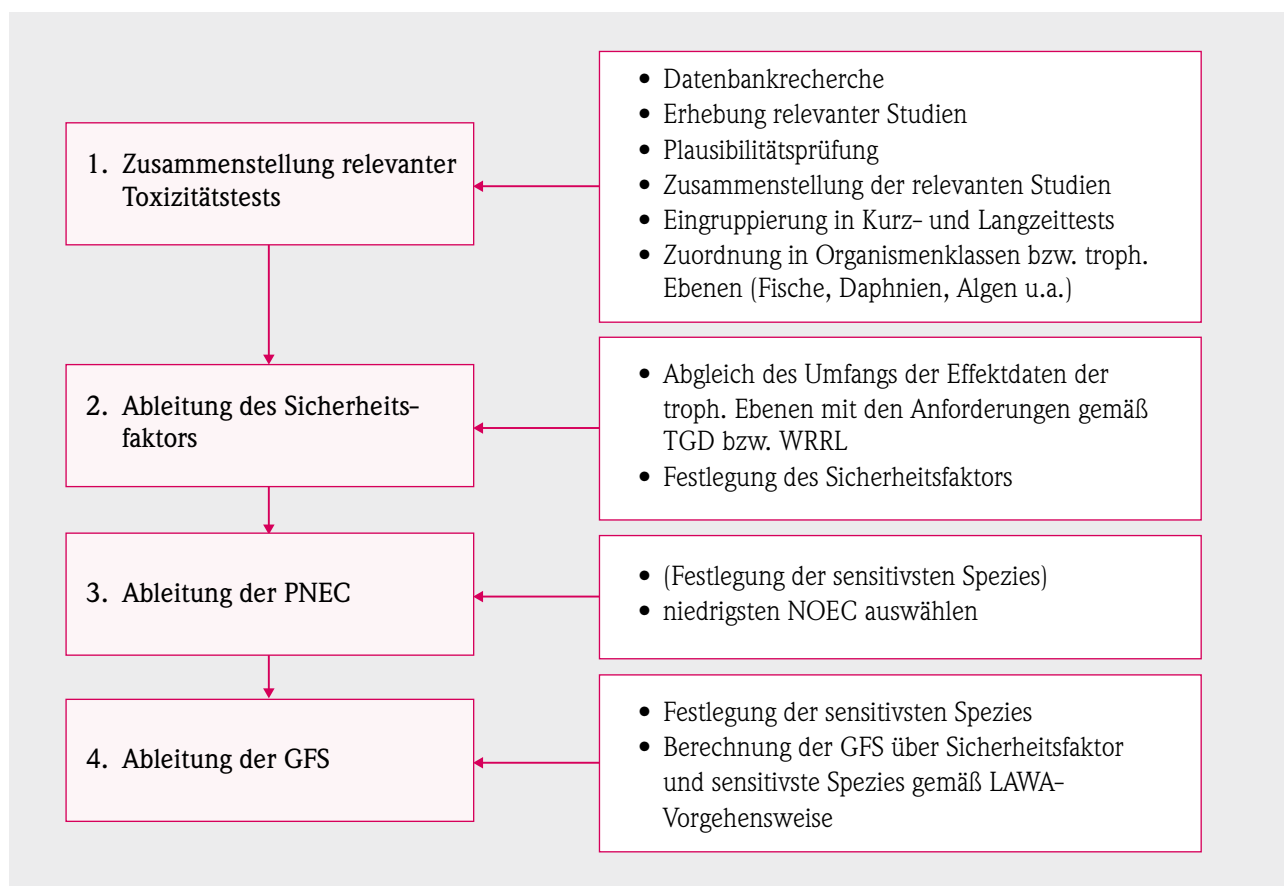
Im Einzelnen ergibt sich die in Abbildung 2 dargestellte detaillierte schematische Vorgehensweise.

Über eine **Datenbankrecherche** zur ökotoxikologischen Wirkung erfolgt zunächst die Zusammenstellung der relevanten Toxizitätstests:

- ECOTOX (Ecotoxicology), U.S. EPA ([http://cfpub.epa.gov/ecotox/quick\\_query.htm](http://cfpub.epa.gov/ecotox/quick_query.htm))
- ETOX (Informationssystem Ökotoxikologie und Umweltqualitätsziele), Umweltbundesamt (<http://webetox.uba.de/webETOX/index.do>)
- ESIS (European Chemical Substances Information

System), European Commission – Joint Research Centre (<http://ecb.jrc.it/esis/>)

- IUCLID Chemical Data Sheets
- HSDB (Hazardous Substances Data Bank) der National Library of Medicine als Unterdatenbank des Toxicology Data Network (TOXNET) (<http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB>)
- GSBL (Gemeinsamer Stoffdatenpool Bund/Länder) (<http://www.gsbl.de>)
- CICADs (Concise International Chemical Assessment Documents) der International Agency for Research on Cancer (<http://www.inchem.org/pages/cicads.html>)
- STN Easy der STN International, betrieben von Fachinformationszentrum Karlsruhe und Chemical Abstracts Service, Columbus, OH (<http://www.stn-international.de>) mit zahlreichen Unterdatenbanken wie insbesondere – Beilstein Datenbank



**Abb. 2:** Detaillierte Vorgehensweise einer GFS-Ableitung.

- CAplus (Toxicology focus) Datenbank
- HSDB Datenbank
- Registry of Toxic Effects of Chemical Substances (RTECS) Datenbank
- TOXCENTER Datenbank

Nach Überprüfung der erhobenen Ökotoxizitäts-Tests auf Plausibilität und Validität erfolgt ihre Einordnung in Langzeit- oder Kurzzeituntersuchungen.

Vom Umfang des Vorliegens von Langzeituntersuchungen bei der Ermittlung der No-observed-effect-Concentration (NOEC) hängt in hohem Maße die Höhe des Sicherheitsfaktors ab, durch den die Effektkonzentration der sensitivsten Spezies dividiert wird.

## Einteilung in Kurz- und Langzeit-Tests

Siehe hierzu auch RIVM Report (2007), Kap. 2.2ff.

### Aktuelle Vorgehensweise

In der nachfolgenden Tabelle 1 sind Mindestdauer und statistischer Endpunkt von ökotoxikologischen Tests zur Unterscheidung zwischen akuten und chronischen (verlängerten) Wirkungsdaten für verschiedene Organismenklassen nach JAHNEL et al. (2006) zusammengefasst.

**Tab. 1:** Unterscheidung von akuten und chronischer Wirkung nach JAHNEL et al. (2006).

Organismen	akut LC <sub>50</sub> /EC <sub>50</sub>	chronisch NOEC/EC <sub>10</sub>
Algen	3 d	3 d
Kleinkrebse	1 d	
<i>Daphnia magna</i>		21 d
<i>Ceriodaphnia dubia</i>		7 d
Fische	4 d	28 d

Bei der Zuordnung von Testergebnissen in akute bzw. chronische Tests finden sich für einzelne Organismen in Tabelle 3 detaillierte Angaben.

Eine Übersicht über die aquat. Tests findet sich in TGD-EQS (2011), S. 136 ff; weitere Infos zu dem Thema und in Kap. A 1.3 [TGD-EQS 2011] aufgeführt.

Im Vergleich zu Tabelle 1 ist in Tabelle 2 die veraltete Einteilung in Kurz- und Langzeit-Tests über die Test-

dauer aufgeführt, wie sie Ende der 80er und Anfang der 90er Jahre vorgenommen wurde.

**Tab. 2:** Nicht mehr verwendete, veraltete Einteilung in Kurz- und Langzeittests.

Organismen	akut LC <sub>50</sub> /EC <sub>50</sub> *	chronisch NOEC/EC <sub>10</sub>
Algen	≤ 4 d	≥ 4 d
Kleinkrebse	≤ 4 d	> 4 d
Fische	≤ 4 d	> 4 d
Bakterien	generell Kurzzeit-Test	generell Kurzzeit-Test

\*: Effekt-Konzentration (EC) Letale Konzentration (LC)

Der Grundbestand an Taxa umfasst bei der Herleitung von Umweltqualitätsnormen nach WRRL Anhang V 1.2.6 [EU 2001]

- Algen und/oder Makrophyten,
- Daphnien oder Organismen, die für salzhaltiges Wasser repräsentativ sind,
- Fische

Die Testergebnisse sollen eine Aussage über die jeweils höchste Konzentration zulassen, die bei längerer Exposition ohne Wirkung bleibt.

Für die aquatischen Organismen wird vorzugsweise mittels längerfristiger Monospezies tests an Vertretern unterschiedlicher Trophiestufen (Algen, Kleinkrebsen und Fischen) die **PNEC<sub>aquat.</sub>** (predicted no effect concentration) abgeleitet. Dafür werden im ersten Schritt die vorliegenden Ökotoxizitätsdaten zusammengestellt und folgenden Trophiestufen der aquatischen Nahrungskette zugeordnet:

- Trophiestufe der Primärproduzenten mit Algen und Mikroorganismen,
- Trophiestufe der Primärkonsumenten mit den Invertebraten wie Kleinkrebsen (Daphnien), Muscheln u. a. und
- Trophiestufe der Sekundärkonsumenten mit den Vertebraten (Fischen u. a.).

## Festsetzung von Sicherheitsfaktoren

Die PNEC<sub>aquat.</sub> (Predicted No Effect Concentration) ergibt sich aus dem niedrigsten Testergebnis (für die empfindlichste Art), dividiert durch einen Sicherheitsfaktor. Die Höhe des **Sicherheitsfaktors** ist von



**Tab. 3:** Zuordnung von Testergebnissen zur chronischen bzw. akuten Wirkung einzelner Organismen nach Schudoma (2011).

Taxonomische Gruppe / Testorganismus	Test	Testdauer in Tagen	Endpunkt	Einordnung des Testergebnisses für die Ableitung von UQN
<b>Algen</b>				
Algenarten		3	NOEC, EC <sub>10</sub> *	chronisch
Algenarten		3	EC <sub>50</sub>	akut
<b>Wasserpflanzen</b>				
<i>Lemna spec.</i>		7/14	NOEC, EC <sub>10</sub>	chronisch
<i>Lemna spec.</i>		7/14	EC <sub>50</sub>	akut
<b>Krebse</b>				
<i>Daphnia magna</i>		21	NOEC, EC <sub>10</sub>	chronisch
<i>Ceriodaphnia dubia</i>		7		chronisch
<i>Daphnien</i>		2	LC <sub>50</sub> /EC <sub>50</sub>	akut
<i>Ceriodaphnia dubia</i>		2	LC <sub>50</sub> /EC <sub>50</sub>	akut
<b>Fische</b>				
Fischarten		4	LC <sub>50</sub> /EC <sub>50</sub>	akut
Fischarten	ELS**			chronisch, wenn BCF < 1 000 und DT90 < x Tage
Fischarten		≥ 28		chronisch
<b>Weitere Arten/Gruppen</b>				
<b>Amphipoda</b> (Flohkrebse)				
<i>Corophium sp. (C. volutator oder C. arenarium)</i>		28		chronisch
<i>Leptocheirus plumulosus</i>		28		chronisch
<b>Polychaeta</b> (Vielborster)				
<i>Nereis/Neanthes sp Neanthes arenaceodentata</i> kultiviert		12–18		subakut/chronisch
<i>Arenicola marina</i>		28		chronisch
		10		subakut
<b>Echinodermata</b> (Stachelhäuter)				
<i>Echinocardium cordatum</i>		14		akut/subchronisch
<b>Mikroorganismen</b>				
Nematoden		60		chronisch

\*LC Letale Konzentration; EC Effekt-Konzentration

\*\*ELS Early-Life-Stage-Test

der Quantität und Qualität der Toxizitätsdaten abhängig. Je mehr Daten von verschiedenen Spezies aus verschiedenen trophischen Ebenen und längerer Expositionsdauer vorhanden sind, desto besser repräsentiert der Datensatz das Ökosystem und desto niedriger kann der Faktor ausfallen [TGD 2003]. Dieser Faktor ist bei Vorliegen aller erforderlichen Daten 10 und wird mit wachsender Datenlücke entsprechend größer [LAWA 2004].

Die im TGD (2003) festgelegten Prinzipien wurden für die Entwicklung von UQN (Umweltqualitätsnormen) für Prioritäre Stoffe nach WRRL einbezogen und sind in einem Methodendokument [LEPPER 2005] beschrieben. Das Leitdokument zur Ableitung von UQN [LEPPER 2005] wurde im TGD-EQS (2011) an den aktuellen wissenschaftlichen Stand angepasst und bildet zukünftig die Grundlage für das Erarbeiten von UQN. Neben der Verwendung von Sicherheits-

faktoren sind auch statistische Verfahren, die auf der Verteilung der Empfindlichkeit der Arten (SSD-Methode: „species sensitivity distribution“) beruhen, zulässig, wenn eine gute Datenbasis dies erlaubt (mindestens 10 NOEC für vorgegebene Artengruppen) [SCHUDOMA 2011].

Im Anhang IV 1.2.6 der EU-Wasserrahmenrichtlinie (2001) werden im Gegensatz zu den Angaben in den TGD-EQS (2011) bei der Ableitung von Sicherheitsfaktoren Organismen für salzhaltiges Wasser berücksichtigt. Die TGD-EQS (2011) ist die Basis für alle prioritären Stoffe und „flussgebietsrelevanten Stoffe“. Da die WRRL bisher nicht geändert wurde, ist sie gültig, auch wenn empfohlen wird, nach TGD-EQS zu arbeiten [Schudoma 2011]. Darüber ergeben sich, wie in Tabelle 4 dargestellt, folgende Voraussetzungen für die anzuwendenden Sicherheitsfaktoren bei der Ableitung eines  $PNEC_{\text{aquat.}}$  über aquatische Toxizitätsdaten:

## Unsere Vorgehensweise bei der Rundung der abgeleiteten Werte

Bei der Ableitung der GFS-Werte werden zunächst die Werte ohne Rundung abgeleitet und in einem abschließenden Schritt auf zwei signifikante Stellen nach folgendem Muster gerundet:

Dreistellige Werte:      XX0  
Zweistellige Werte:     XX  
Einstellige Werte:      X,X  
Werte < 0,1:            0,0XX  
Werte < 0,01:          0,00XX

Gemäß dem Ableitungsschema (s.o.) erfolgt im nächsten Schritt ein Vergleich der  $PNEC_{\text{aquat.}}$  mit dem auf humantoxikologischer Basis erhobenen Grenzwert. Das empfindlichere Schutzgut beim Vergleich der pfadspezifischen tolerablen Trinkwasserkonzentrationen mit der  $PNEC_{\text{aquat.}}$  wird als Basis für die Ableitung des GFS-Wertes ausgewählt.

**Tab. 4:** Sicherheitsfaktoren bei der GFS-Ableitung.

Effektdaten	Sicherheitsfaktor
Mind. jeweils eine akute $L(E)C_{50}$ (3 Kurzzeit-Tests) von den 3 trophischen Ebenen (Fisch, Invertebraten (bevorzugt Daphnie) und Alge (d.h. der Basisdatensatz)	1000
Eine chronische $EC_{10}$ oder NOEC (von Fischen oder Daphnien oder einem Organismus, der für salzhaltiges Wasser repräsentativ ist)	100*
2 chronische $EC_{10}$ oder NOEC für 2 trophische Ebenen (Fisch und/oder Daphnie oder ein Organismus, der für salzhaltiges Wasser repräsentativ ist, und/oder Algen)	50
Mind. 3 chronische $EC_{10}$ oder NOEC von mind. 3 trophischen Ebenen ( in der Regel Fische, Daphnie – oder einem Organismus, der für salzhaltiges Wasser repräsentativ ist – und Algen	10
Species sensitivity distribution (SSD) Methode	5–1 (Einzelfallbewertung)
Andere Fälle, einschließlich Felddaten oder Modell-Ökosystemen, die es erlauben, präzisere Sicherheitsfaktoren zu berechnen und zugrunde zu legen	Einzelfallbewertung

\* bei der trophischen Ebene des chronischen  $EC_{10}$ /NOEC-Wertes muss es sich um die gleiche trophische Ebene der empfindlichsten Spezies mit dem niedrigsten akuten  $L(E)C_{50}$ -Test handeln. Sollte dies nicht der Fall sein und die Spezies des einzig vorhandenen Langzeittests (beispielsweise  $EC_{10}$  oder NOECs) gehört der Spezies an (Standard- oder Nicht-Standard-Organismus) mit nicht dem niedrigsten  $L(E)C_{50}$  der Kurzzeittests, wird ein Sicherheitsfaktor von 1 000 angewendet.

## 4 Literatur

- EU 2001: Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23.10.2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (ABl. L 327 vom 22.12.2000, geändert durch: Entscheidung Nr. 2455/2001/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20.11.2001 (Amtsblatt L 331, Seite 1 vom 15.12.2001), 2000L0060-DE-16.12.2001-001.001-1, Kapitel 1.2.6
- JAHNEL et al. 2006: Jahnel, J.; Neamatu, M.; Schudoma, D.; Frimmel, F.H.: Bestimmung von Umweltqualitätsnormen für potenziell gewässerrelevante Stoffe. Acta hydrochim. Hydrobiol. 2006 (34) 389-397
- LAWA 2004: Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser. Hrsg. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA). Düsseldorf 12 (2004) 1-213
- LEPPER 2005: Lepper P.: Manual on the methodological framework to derive environmental quality standards for priority substances in accordance with Article 16 of the Water Framework Directive (2000/60/EC). Schmalleberg, Germany: Fraunhofer-Institute Molecular Biology and Applied Ecology. (2005) 1-47
- RIVM Report 2007: van Vlaardingen, P.L.A.; Verbruggen, E.M.J.: Guidance for the derivation of environmental risk limits within the framework of „International and national environmental quality standards for substances in the netherlands“ (INS) Revision 2007. RIVM report 601782001/2007. National Institute for Public Health and the Environment Bilthoven, Niederlande (2007) 1-146
- SCHUDOMA 2011: Mail von Herrn Schudoma an Fr. Gühr vom 17.11.2011 sowie seine Stellungnahme zu dem Artikel vom 14.12.2011, unveröffentlicht
- TGD 2003: European Chemicals Bureau, Institute for Health and Consumer Protection: Technical Guidance Document on Risk Assessment. Part II: Chapter 3 – Environmental Risk Assessment. 2003. 337 Seiten. <http://ecb.jrc.ec.europa.eu/tgd/>
- TGD-EQS 2011: Technical Guidance for Deriving Environmental Quality Standards. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Technical Report -2011-055, Guidance Document No. 27 (2011) 1-203
- TrinkwV 2001 : Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung – TrinkwV 2001). Bekanntmachung der Neufassung der Trinkwasserverordnung vom 28.11.2011. BGBl. Teil I, Nr. 61, S.2370-2396
- UBA 2003: Bewertung der Anwesenheit teil- oder nicht bewertbarer Stoffe im Trinkwasser aus gesundheitlicher Sicht. Empfehlung des Umweltbundesamtes nach Anhörung der Trinkwasserkommission beim Umweltbundesamt. Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz 3 (2003) 46: 249-251 DOI 10.1007/s00103-002-0576-7

# Innovative In-situ-Sanierungsverfahren - die ITVA-Arbeitshilfe zur Unterstützung bei der Altlasten- sanierung

HANS-PETER KOSCHITZKY

## 1 Veranlassung und Zielsetzung

Das Problem der Altlasten und Schadensfälle beschäftigt uns in Deutschland seit über zwanzig Jahren und wird uns noch lange beschäftigen. Auch wenn in der öffentlichen und politischen Diskussion andere Themen im Vordergrund stehen, gibt es nach wie vor zahlreiche schwierige Schadensfälle z. B. unter Gebäuden, in großen Tiefen, in stark heterogenen Untergrundstrukturen oder mit komplexen Belastungssituationen, für deren Sanierung Lösungen erforderlich sind. Andererseits gibt es bereits lang laufende Sanierungen, deren Sanierungserfolg zeitlich nicht absehbar ist oder aus ökonomischen wie auch ökologischen Gründen kritisch hinterfragt werden muss.

Zur Unterstützung der Altlastensanierung und zur Lösung einiger Problemfälle können spezielle – innovative – In-situ-Sanierungsverfahren einen wertvollen Beitrag leisten. Diese Sanierungsverfahren machen sich komplexe physikalische, chemische und biologische Vorgänge zu Nutze. Sie stellen einen hohen Anspruch an den Planer, an den Ausführenden aber auch an die Genehmigungsbehörden. Sie bieten – einen sorgfältigen und sachgerechten Einsatz vorausgesetzt – ein hohes und erfolgversprechendes Sanierungspotential. Sie stellen aber weder Patentlösungen dar noch gibt es ein „Universalverfahren“ zur Lösung der vielfältigen Probleme. Vielmehr müssen die Auswahl und der Einsatz in jedem Einzelfall sehr sorgfältig erfolgen. Dabei müssen insbesondere auch ihre Einsatzbereiche und Anwendungsgrenzen beachtet werden, denn ein falscher Einsatz kann durchaus Gefahren im Sinne einer Verschlechterung der Altlastensituation mit sich bringen.

In den letzten Jahren werden zunehmend, oft basierend auf „Erfahrungen“ in den USA, „innovative“ In-

situ-Sanierungsverfahren angeboten. Die Beurteilung der Einsatzfähigkeit eines Verfahrens ist häufig auf Grund der Firmenunterlagen der Anbieter und mangelnder nachvollziehbarer Referenzen nicht sachgerecht möglich. Die Anwendungsbereiche, Anwendungsvoraussetzungen und -grenzen der Verfahren sind nicht wertfrei und eindeutig beschrieben, eventuelle Risiken werden nicht erkannt oder genannt. Auch muss der Einsatz in Deutschland unter Berücksichtigung der rechtlichen Rahmenbedingungen erfolgen und abgewogen werden. Hierzu bedarf es einer genauen, bisher leider oft fehlenden Detailkenntnis der Verfahren und einer neutralen fachlichen Beurteilung. Im Vorfeld der Verfahrensauswahl bedarf es oft auch einer zusätzlichen Standort(nach) erkundung. Fallweise sind auch ergänzende Voruntersuchungen für den Einsatz eines Verfahrens und der jeweils speziellen Bedingungen eines Standorts erforderlich oder zu empfehlen, um einen optimalen und erfolgreichen Einsatz sicher zu stellen. Beides wird leider oft aus Kostengründen nicht durchgeführt, obwohl die Kosten einerseits nur einen Bruchteil der späteren Sanierung betragen und andererseits dies zu einem sowohl ökonomischen als auch effizienten Verfahrenseinsatz führen würde.

Der Arbeitskreis „Innovative In-situ-Sanierungsverfahren“ im ITVA-Fachausschuss H1 „Technologien und Verfahren“ hatte sich daher zum Ziel gesetzt, den Entwicklungsstand und die bisherigen „Praxiserfahrungen“ bei der Anwendung innovativer In-situ-Sanierungsverfahren und ihre Einsatzmöglichkeiten und -grenzen kritisch zu hinterfragen, aufzuzeigen und in systematischer Form darzustellen. Er will mit dieser Arbeitshilfe auch dazu beitragen, dass diese Verfahren bei der Altlastensanierung vermehrt eingesetzt werden.

## 2 Zielgruppe

Die Arbeitshilfe soll – ohne Anspruch auf Vollständigkeit – einen unabhängigen und ausgewogenen Überblick über eine Vielzahl unterschiedlicher Verfahren (Verfahrensprinzipien) vermitteln. Bei der Auswahl der Verfahren wurden vorrangig Verfahren berücksichtigt, die hinsichtlich ihres Entwicklungsstandes zumindest in einer Pilotanwendung im Feld getestet wurden und hinreichend dokumentiert sind.

Die Arbeitshilfe richtet sich an Fachleute und Sachverständige in Ingenieurbüros und Behörden sowie an Sanierungspflichtige. Sie soll dazu beitragen, über die Vielzahl der Verfahren zu informieren und die Prüfung der Eignung innovativer In-situ-Sanierungsverfahren im jeweiligen Einzelfall zu erleichtern, um eine qualifizierte Auswahl und Anwendung zu ermöglichen. Die Arbeitshilfe soll auch dazu beitragen, die Akzeptanz der In-situ-Sanierungsverfahren zu erhöhen und Gedankenanstöße für ihre zukünftige Anwendung zu liefern.

## 3 Aufbau und Gliederung

Ausgehend von einer Einführung in die Problematik werden die wesentlichen mit der Thematik verbundenen Fachbegriffe definiert. Auf die rechtlichen Grundlagen und Besonderheiten beim Einsatz wird verwiesen. Die grundsätzlichen Anwendungsvoraussetzungen bzw. Planungsgrundlagen werden erläutert.

Das zentrale Element der Arbeitshilfe bildet die Beschreibung und Bewertung der ausgewählten In-situ-Sanierungsverfahren mittels standardisierter Verfahrensblätter. Sie enthalten Angaben zu den wirksamen Prozessen, dem technischen Aufbau (Verfahrenskomponenten und besondere Verfahrenscharakteristika), spezifischen Planungsgrundlagen, Anwendungsbereichen und -grenzen, Besonderheiten, Risiken, Entwicklungsstand, Referenzen, relevanten Fundstellen aktueller Literatur sowie abschließend eine Bewertung durch den Arbeitskreis.

Im Schlusskapitel der Arbeitshilfe werden aus Sicht des Arbeitskreises die bisherigen Erfahrungen bei der Anwendung der vorgestellten In-situ-Sanierungsver-

fahren zusammengefasst sowie Defizite und der weitere Entwicklungsbedarf genannt.

## 4 Definitionen und Begriffe

Da sich im allgemeinen Sprachgebrauch der „Altlastenszene“ eine Vielzahl ähnlicher Begriffe und Formulierungen finden und diese oft unterschiedlich angewendet werden, werden in der Arbeitshilfe die wichtigsten bzw. häufig vorkommende Begriffe erläutert und so weit möglich definiert. Dies umfasst Begriffe wie Sanierungsmaßnahmen, Regel oder Stand der Technik, über praxisreif, Pilotversuch bis hin zu In-situ-Sanierungsverfahren.

Z. B. ist wichtig zu definieren, was versteht man unter „innovativen“ In-situ-Sanierungsverfahren. Dies sind nach dem Verständnis des Arbeitskreises Verfahren, die einen Entwicklungsstand erreicht haben, der eine praktische Eignung im Sinne einer umweltverträglichen, effizienten Anwendung gesichert erscheinen lässt, aber noch nicht den allgemein anerkannten Regeln der Technik und/oder dem Stand der Technik entspricht.

Zu innovativen Sanierungsverfahren werden auch Vorgehensweisen gezählt, bei denen eine Kombination mehrerer Verfahren angewandt wird, die neuartig ist. Innovative Verfahren sollten durch gezielte, gut dokumentierte Anwendungen zum Stand der Technik bzw. zu allgemein anerkannten Regeln geführt werden. Die Arbeitshilfe kann hierzu einen Beitrag leisten.

## 5 Rechtliche Rahmenbedingungen

Grundlage für die Bearbeitung von Altlasten sind das Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG) und die Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) in Verbindung mit den jeweiligen landesrechtlichen Regelungen.

Für die Durchführung von In-situ-Sanierungen kommt genehmigungsrechtlich in der Regel das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) zum Tragen. Gemäß § 8 Abs. 1 WHG bedarf die Benutzung eines Gewässers

der Erlaubnis oder der Bewilligung, soweit nicht durch das Gesetz oder auf Grund des Gesetzes erlassener Vorschriften etwas anderes bestimmt ist. Die Anwendung physikalischer, biologischer und chemischer Sanierungsverfahren sowie die Errichtung und der Betrieb von Reinigungswänden erfüllt die Benutzungstatbestände von § 9 Abs. 1 und 2 WHG. Gemäß § 10 Abs. 1 WHG gewährt die Erlaubnis die Befugnis, die Bewilligung das Recht, ein Gewässer zu einem bestimmten Zweck in einer nach Art und Maß bestimmten Weise zu benutzen. Zuständig für die Erteilung einer wasserrechtlichen Erlaubnis sind die Landkreise und Kreisfreien Städte als untere Wasserbehörde.

Je nach Art der durchgeführten Maßnahme können weitere Regelungsbereiche – vorrangig die Rechtsgebiete des Immissionsschutz-, des Bauordnungs-, des Abfall- und des Naturschutzrechts – berührt und eine Reihe der damit verbundenen behördlichen Genehmigungen erforderlich sein.

Darüber hinaus sind die gesetzlichen Anforderungen an den Gesundheits- und Arbeitsschutz einzuhalten. Zu letzterem finden sich ebenfalls im Anhang der Arbeitshilfe genauere Ausführungen.

Die zu erarbeitenden Planungsunterlagen müssen die Vorgaben und Genehmigungserfordernisse der einschlägigen Gesetze und Verordnungen des Bundes und der Länder, der Technischen Regelwerke, Unfallverhütungsvorschriften, Berufsgenossenschaftlichen Richtlinien, Sicherheitsregeln, Grundsätze, Merkblätter und DIN-Normen in der jeweils gültigen Fassung berücksichtigen. Auch muss der Sicherheit von Sanierungsanlagen unter Beachtung des Geräte- und Produktsicherheitsgesetzes GPSG in Zukunft mehr Bedeutung beigemessen werden, wie jüngste Fachbeiträge im „altlastenspektrum“ oder beim Altlastensymposium 2011 in Magdeburg deutlich machen.

Um die Arbeitshilfe im Textteil nicht zu überladen, wurde auf vertiefende Ausführungen zu den rechtlichen Rahmenbedingungen bei In-situ-Sanierungsmaßnahmen verzichtet, jedoch wurde ein Verzeichnis relevanter Rechtsnormen und Regelwerke als Anhang aufgenommen.

Die Genehmigungsvoraussetzungen und die Art der erforderlichen Genehmigungen sind jeweils im Einzelfall mit den zuständigen Behörden abzustimmen.

## **6 Verfahrenssystematik**

In-situ-Sanierungsverfahren können zur Sanierung in der ungesättigten Bodenzone, im Grundwasserschwankungsbereich und in der gesättigten Bodenzone (Grundwasserleiter bzw. Aquifer) eingesetzt werden. Sie beruhen sowohl auf physikalischen, chemischen als auch auf biologischen Prozessen.

Physikalische und chemische Prozesse führen zu einer Entfernung, Umwandlung (Oxidation, Reduktion) oder Immobilisierung (Fällung, Sorption) der Schadstoffe im Untergrund. Biologische Prozesse können nicht nur abbaubare Schadstoffe eliminieren, sondern auch physikalisch-chemische Prozesse initiieren oder unterstützen. Umgekehrt treten biologische Abbaureaktionen als „Sekundäreffekte“ beim Einsatz physikalischer oder chemischer Verfahren auf. Insofern handelt es sich bei biologischen In-situ-Verfahren z. T. eher um Verfahrenskombinationen, die zusammen mit konventionellen Techniken eingesetzt werden (können).

Unter dem Begriff „Innovative In-situ-Sanierungsverfahren“ sammeln sich Techniken und Technologien, die zum einen Methoden zur Leistungssteigerung klassischer Verfahren (z. B. Pump&Treat, P&T, Bodenluft-Absaugung, BLA) zum anderen aber auch weitgehend eigenständige Verfahren zur Herdsanierung (Quellensanierung) oder zur Abstromsicherung darstellen.

Zur Unterstützung hydraulischer und pneumatischer Verfahren wurden Techniken zur Erhöhung des Schadstoffaustrags und damit zur Verkürzung der Sanierungsdauer entwickelt, insbesondere mit der Zielsetzung, Schadensherde (Schadstoffquellen) gezielt beseitigen und nachhaltig sanieren zu können.

So stehen für die Bodenluftabsaugung – als konventionelle Grundtechnologie – insbesondere thermische Verfahren zur Steigerung des Schadstoffaustrags – wie zum Beispiel Dampf-Luft-Injektionen oder der Einsatz fester Wärmequellen zum Aufhe-

zen des Bodens – zur Verfügung. Für hydraulische Verfahren auf der Basis des klassischen Pump-and-Treat (P&T) wurden zur Steigerung der Austragsraten Verfahren zur Mobilisierung oder zur Erhöhung der Löslichkeit (Solubilisierung) entwickelt.

Allen diesen Verfahren ist gemein, dass mit ihrer Hilfe die Schadstoffe im Untergrund verstärkt freigesetzt werden und diese dann wie beim P&T noch mit einer geeigneten Technik aus dem entnommenen Grundwasser oder der Bodenluft entfernt (Abwasseraufbereitung, Abluftreinigung) und dann entsorgt werden müssen (z. T. Sonderabfälle).

Einen völlig anderen Ansatz verfolgen die chemischen und mikrobiologischen In-situ-Sanierungsverfahren, die auf der In-situ-Umwandlung der Schadstoffe in unschädliche Produkte beruhen und somit keine ergänzende/zusätzliche Reinigungstechnik benötigen. Allerdings sind die Einsatzmöglichkeiten biologischer Verfahren im Schadensherd (Quellensanierung) aufgrund der sehr hohen Schadstoffgehalte begrenzt. Diese Verfahren eignen sich vorwiegend zur so genannten Fahnnensanierung und werden heute oft als ENA-Maßnahme/Verfahren (ENA = Enhanced Natural Attenuation) bezeichnet. Als Verfahren zur Abstromsicherung und passiven Grundwassersanierung werden die verschiedenen Einsatzmöglichkeiten von durchlässigen Reinigungswänden (PRB, Permeable Reactive Barriers) beschrieben.

Die Arbeitshilfe umfasst im Einzelnen folgende Verfahren:

## 6.1 Physikalische Verfahren

Physikalische Vorgänge führen zu einer Änderung der Lage und der äußeren Form eines Stoffes. Dabei kann es sich um die Änderung des Aggregatzustandes (flüssig – gasförmig), die Mobilisierung (Veränderung des Strömungsverhaltens, in Bewegung bringen) oder die Solubilisierung (in Lösung gehen von Stoffen) handeln. Mit Hilfe von physikalischen In-situ-Sanierungsverfahren können organische Stoffe aus der ungesättigten und aus der gesättigten Bodenzone entfernt werden.

Im Gegensatz zu den biologischen und chemischen In-situ-Sanierungsverfahren, bei denen durch Um-

bau- oder Abbauprozesse bereits im Untergrund die Masse der Schadstoffe verringert wird, führt die Anwendung aller physikalischer In-situ-Sanierungsverfahren zu einer Erhöhung der Mobilität der Schadstoffe im Untergrund. Ziel ist es, die Schadstoffe besser austragen zu können. Im Gegensatz zu den biologischen und chemischen In-situ-Sanierungsverfahren findet die eigentliche Massenreduzierung der Schadstoffe aus der Umwelt dann on-site z. B. in der Wasseraufbereitungsanlage statt.

### 6.1.1 Physikalische Verfahren für die ungesättigte Bodenzone

Dies umfasst das zwischenzeitlich durch zahlreiche Pilotierungen und Anwendungen zur Praxistauglichkeit entwickelte Verfahren der „Thermisch Unterstützten Boden-Luft-Absaugung (mittels Dampf-Luft-Injektion DLI) – TUBA“, die „Thermische In-situ-Sanierung mit Festen Wärmequellen – THERIS“, die aus den USA bekannte „Multi-Phase-Extraction“ und „Dual Phase Extraction (Zwei- und Mehr-Phasen-Extraktion)“ und das Verfahren der „Elektrokinetik“.

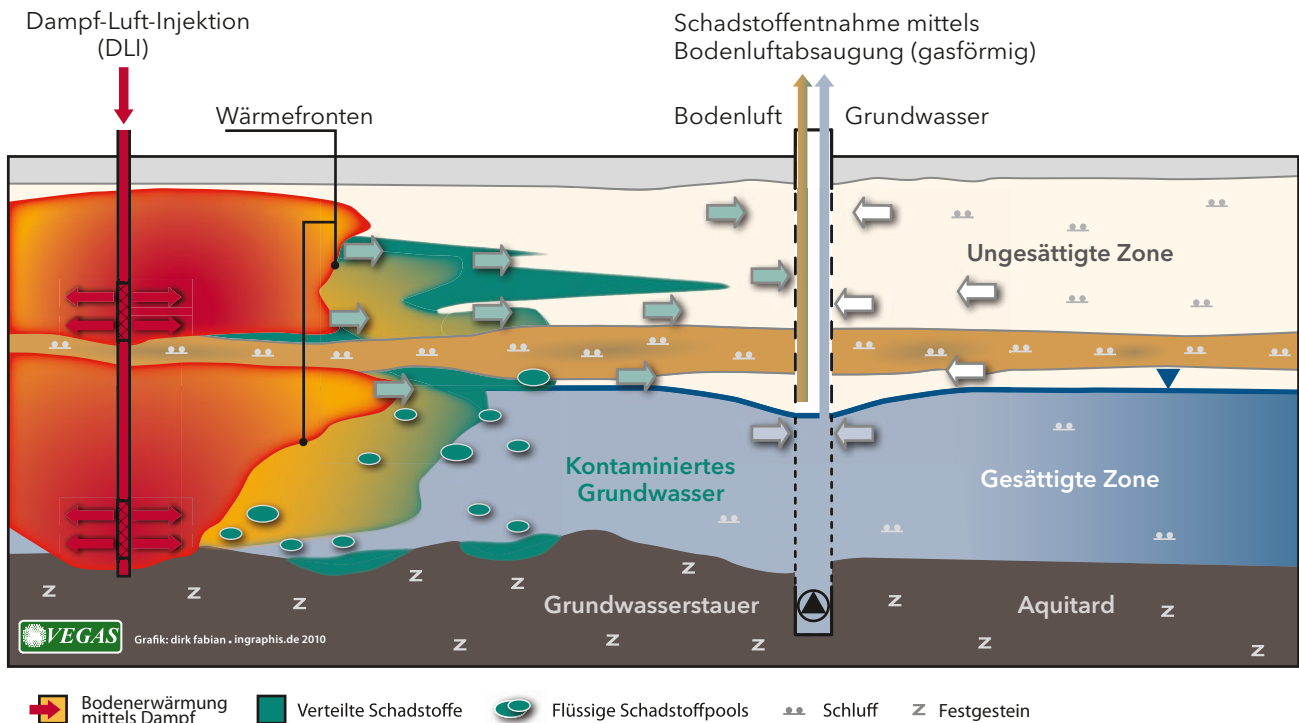
### 6.1.2 Physikalische Verfahren für die gesättigte Bodenzone

Hier befasst sich die Arbeitshilfe mit dem zwar seit langem bekannten, aber wenig oder oft unter ungünstigen (falschen) Randbedingungen und daher mit unbefriedigendem Erfolg angewendeten Airsparging und der analog zum TUBA-Verfahren praxisreifen Dampf-Luft-Injektion in die gesättigte Bodenzone (DLI), die insbesondere für die Sanierung von CKW-Schadstoffquellen ein hohes Potential hat. Jüngste positive Erfahrungen beim erstmaligen Einsatz der Dampf-Luft-Injektion in einem Kluftgesteinsaquifer im Rahmen eines Pilotprojektes bei einem CKW-Schadensfall zeigen neue Anwendungsgebiete dieses Verfahrens auf.

Auch das in Deutschland bisher noch nicht bei einer Sanierung angewendete neue Verfahren der Alkoholspülung (Alkoholcocktail) wurde mit in die Arbeitshilfe aufgenommen, da die Technologieentwicklung als abgeschlossen betrachtet werden kann.

Darüber hinaus werden die auch in Deutschland schon eingesetzte Tensidspülung, der Einsatz von

## Physikalische Verfahren



**Abb. 1:** Thermische Verfahren für die ungesättigte und gesättigte Bodenzone.

Huminstoffen als Bio-Sorptionssperre sowie das Geoschock- und Hydroschock-Verfahren dargestellt.

Mit Ausnahme von Airsparging, das klassischer Weise in der Schadstofffahne zur Anwendung kommt, sind fast alle genannten physikalischen Verfahren zur Anwendung im Quellbereich der gesättigten Zone vorgesehen.

### 6.2 Biologische Verfahren

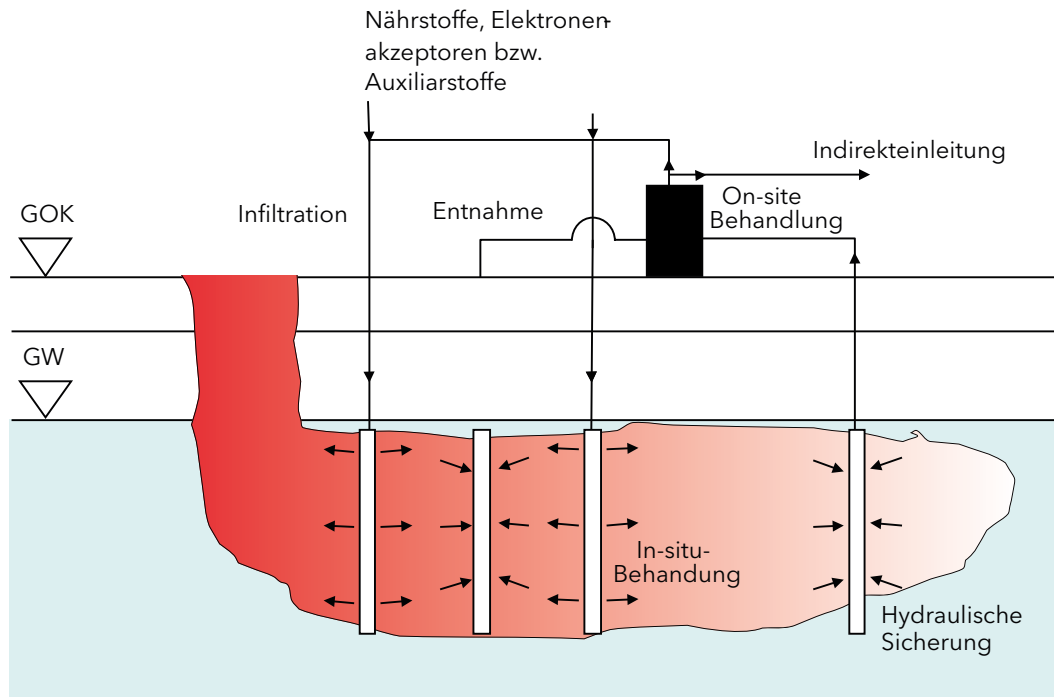
Mit Hilfe von biologischen In-situ-Sanierungsverfahren können organische Schadstoffe aus der gesättigten Bodenzone (Boden bzw. Grundwasser) entfernt werden. Es wird die Fähigkeit von im Boden vorkommenden Mikroorganismen (Bakterien, Pilze) genutzt, organische Substanzen als Kohlenstoff- und Energiequelle zu verwerten. Kennzeichen von biolo-

gischen In-situ-Sanierungsverfahren ist, dass die Schadstoffe durch die Mikroorganismen im Grundwasser abgebaut werden und daher nicht gefördert und on-site abgereinigt werden müssen.

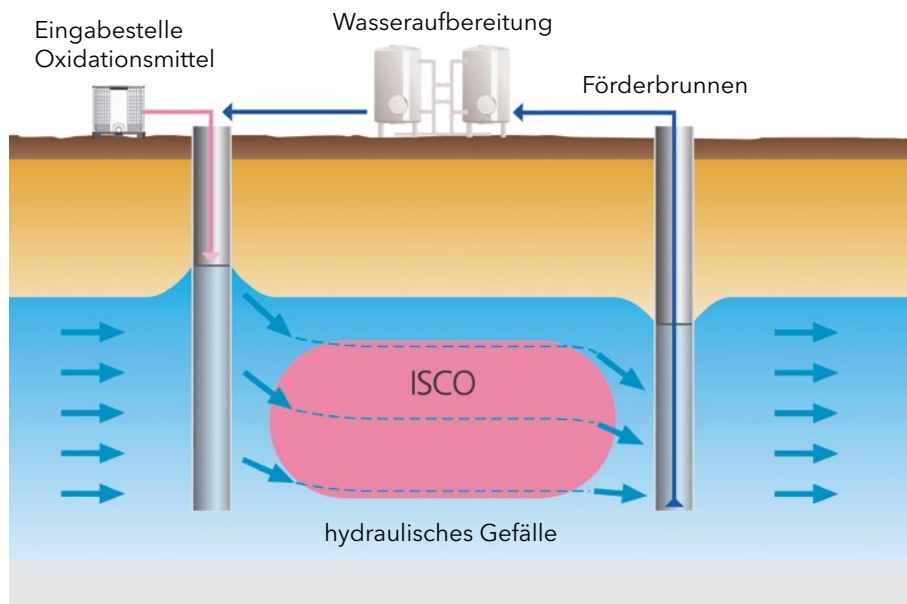
Es ist sinnvoll, den biologischen In-situ-Abbau mit anderen Verfahren, wie hydraulischen Maßnahmen zur Verbesserung der Verteilung der Zusatzstoffe oder mit physikalischen Wasserreinigungstechniken zu kombinieren. Dazu wird z. B. belastetes Grundwasser mit Pumpen gefördert, mit Hilfe physikalischer oder biologischer Reinigungsverfahren on-site von den Schadstoffen befreit, das gereinigte Wasser mit Nährstoffen, Elektronenakzeptoren bzw. Cosubstraten versetzt und über ein Infiltrationssystem in den Grundwasserleiter injiziert. Durch die zugesetzten Nährstoffe können sich die autochthonen (= am Standort vorhandenen) Mikroorganismen vermehren und somit den Schadstoffabbau beschleunigen. Im



## Biologische Verfahren



**Abb. 2:** Kombination aus hydraulischer Förderung mit physikalischer On-site-Wasserreinigung und biologischem In-situ-Sanierungsverfahren.



**Abb. 3:** Prinzipskizze ISCO-Verfahren (Züblin Umwelttechnik GmbH, 2010, textlich ergänzt).

Regelfall ist kein Zusatz von gezüchteten Mikroorganismen notwendig.

Daneben besteht die Möglichkeit, ohne Kombination mit hydraulischen Maßnahmen, Nährstoffe, Elektronenakzeptoren bzw. Cosubstrate über ein Infiltrationssystem ins Grundwasser zu injizieren.

### **6.2.1 Aerobe und anaerobe Verfahren**

Es werden aerobe und anaerobe Prozesse unterschieden. Zur Entfernung von BTEX-Aromaten, aliphatischen Kohlenwasserstoffen (Kraftstoffe, Diesel, Heizöl) und niedrig halogenierten Kohlenwasserstoffen (cis-Dichlorethen, Vinylchlorid, Dichlormethan) werden Verfahren eingesetzt, bei denen Sauerstoff (aerob) oder Nitrat als Elektronenakzeptoren dienen.

Anaerobe Verfahren oder Kombinationen aus anaeroben und aeroben Verfahren werden zur Entfernung von hoch halogenierten Kohlenwasserstoffen (Tetrachlorethen, Trichlorethen, 1,1,1-Trichlorethan, Tetrachlorkohlenstoff) eingesetzt. Zur Einstellung anaerober Bedingungen ist der Zusatz von Elektronendonatoren erforderlich.

Zum Aufbau ihrer Zellmasse benötigen die Mikroorganismen Nährstoffe (Stickstoff, Phosphor, Schwefel usw.). Beim biologischen Abbau von organischen Substraten dienen Nitrat, Sulfat sowie reduzierte Eisen- und Manganverbindungen als Elektronenakzeptoren. Aufgrund der unterschiedlichen Wirkweise lassen sich die Verfahren wie folgt einordnen:

### **6.2.2 Stimulierung des Abbaus von Kohlenwasserstoffen durch Zugabe von Elektronenakzeptoren**

Hierzu werden die Verfahren beschrieben: Biosparging und Wasserstoffperoxid ( $H_2O_2$ )-Zugabe zum aeroben Abbau organischer Schadstoffe, Nitratzugabe zum anaeroben Abbau organischer Schadstoffe, ORC®, iSOC™, Oxytec als Verfahren für den aeroben Abbau von Kohlenwasserstoffen und das Oxywall-Verfahren für den aeroben Abbau nicht chlorierter organischer Schadstoffe.

### **6.2.3 Stimulierung des Abbaus chlorierter Kohlenwasserstoffe durch Zugabe von Elektronenakzeptoren**

Die Arbeitshilfe enthält Verfahrensblätter zur Zugabe von Melasse, organischen Säuren, Alkoholen und HRC® für den anaeroben LCKW-Abbau (reduktive Dechlorierung) und ein Verfahren zur Stimulierung des Abbaus niedrig chlorierter Kohlenwasserstoffe (oxidative Dechlorierung) mit Sauerstoff als Elektronenakzeptor und Methan (Methan-Biostimulation).

## **6.3 Chemische Verfahren**

### **6.3.1 In-situ-chemische-Oxidation - ISCO**

Unter In-situ-chemischer-Oxidation (ISCO) versteht man Sanierungsverfahren, die in Nordamerika und in Europa in den letzten Jahren relativ große Aufmerksamkeit erfahren haben, u. a. weil die Verfahren für eine relativ große Anzahl von Schadstoffgruppen und Standortbedingungen einen viel versprechenden Ansatz darzustellen scheinen.

Bei der In-situ-chemischen-Oxidation werden Schadstoffe im Untergrund durch Einleitung eines chemischen Oxidationsmittels nach dem Prinzip einer „kalten Verbrennung“ abiotisch zerstört, wobei eine vollständige Umsetzung zu umweltneutralen Stoffen wie Kohlendioxid und Wasser sowie – bei chlorierten Verbindungen – Chlorid angestrebt wird (s. Abb. 3).

Prinzipiell können alle organischen Schadstoffe durch Oxidationsmittel zerstört werden. Jedoch sind nicht alle technisch geeigneten und handhabbaren Oxidationsmittel gleichermaßen für alle altlastentypischen organischen Schadstoffe geeignet, so dass der Erfolg einer Maßnahme u. a. von der Auswahl des am besten geeigneten Oxidationsmittels oder einer Kombination von Oxidationsmitteln abhängt.

Die Oxidations-Reaktion selbst erfolgt im Grundwasserleiter sehr schnell, sobald ein wirksamer Kontakt zwischen dem Oxidationsmittel und der organischen Verbindung hergestellt ist. Die Geschwindigkeit und Effektivität des Oxidationsprozesses im Grundwasserleiter wird daher maßgeblich vom Transport des

Oxidationsmittels zum Schadstoff und der möglichen Kontaktfläche zwischen Oxidationsmittel und Schadstoff limitiert.

Die technische Machbarkeit und Realisierbarkeit einer ISCO-Anwendung ist sehr sorgfältig und standortbezogen zu bewerten, wobei generell die Lithologie, der Chemismus der Matrix, das Schadstoffprofil, die spezifischen Eigenschaften des einzusetzenden Oxidationsmittels und die technische Realisierbarkeit des Infiltrationssystems am Standort in die Verfahrensbewertung eingehen müssen.

Die Grundlagen für die In-situ-chemische-Oxidation unterscheiden sich je nach einzusetzendem Oxidationsmittel und werden in den verschiedenen Verfahrensdatenblättern daher separat diskutiert. Sie umfassen den Einsatz von Kalium-/Natriumpermanganat, Fentons Reagenz, Persulfat und Ozon.

### 6.3.2 In-situ-chemische-Reduktion

In durchströmten Reinigungswänden (PRB Permeable Reactive Barriers) wird insbesondere in den USA seit vielen Jahren elementares Eisen (Fe<sup>0</sup>-Wände) zur chemischen In-situ-Reduktion z. B. von chlorierten Kohlenwasserstoffen eingesetzt. Metallisches Eisen ist ein wirksames Reduktionsmittel, das sowohl für organische als auch für anorganische Kontaminanten, wie beispielsweise Chrom und Arsen, geeignet ist.

Aus Übersee kommend wird seit wenigen Jahren der In-situ-Einsatz (Injektion einer Suspension) von Eisen-Partikeln zur In-situ-Grundwassersanierung von einigen Anbietern propagiert die dies weltweit bereits auf zahlreichen Standorten eingesetzt haben. In Deutschland und teilweise im europäischen Ausland wird unter dem Begriff Eisen-Partikel vor allem Nano-Eisen bzw. Mikro-Eisen verstanden. Der Einsatz als In-situ-Sanierungsverfahren wird z. T. noch kontrovers diskutiert. In Deutschland werden dazu zurzeit auch einige große nationale und europäische F&E Vorhaben durchgeführt, die sich u. a. mit der Entwicklung neuer und der Optimierung der injizierbaren Eisen-Partikel befassen (s. z. B.: <http://www.nanopartikel.info>, <http://www.napasan.de>, <http://www.aquarehab.vito.be>).

Als Vorteil der Nano-Eisenpartikel wird genannt, dass sie im Grundwasser als kolloidale Partikelsuspension transportiert würden und aufgrund der relativ großen spezifischen Oberfläche von  $\geq 10\text{m}^2/\text{g}$  eine hohe Reaktivität besitzen. In Deutschland wurde das Verfahren bisher in wenigen pilothaften Feldanwendungen eingesetzt. Eine erste großer Pilotsanierung (Nano- und Mikro-Eisen-Injektion) in Deutschland wurde in NRW durchgeführt.

## 6.4 Durchströmte Reinigungswände

Das Verfahrensprinzip der Durchströmten Reinigungswände beruht in der Schaffung reaktiver Zonen im Untergrund zur In-situ-Dekontamination des durchströmenden Grundwassers. Die reaktive Zone wird dabei passiv, d. h. unter Ausnutzung des natürlichen Grundwasserflusses durchströmt.

Im angelsächsischen Sprachraum werden durchströmte Reinigungswände als „Permeable Reactive Barriers (PRB)“ oder als „Treatment Walls“, „Treatment Curtains“ oder „Treatment Fences“ bezeichnet. Im deutschen Sprachraum ist neben der Bezeichnung „Durchströmte Reinigungswand“ der Oberbegriff „Reaktive Wand“ gebräuchlich. Die Bezeichnungen „Adsorberwände“, „In-situ-Sorptionssperren“, „Eisenwände“ bzw. „Funnel & Gate (F&G)“ und „Vollflächig Durchströmte Reinigungswand (Continuous Reactive Barrier – CRB)“ stellen dagegen verfahrenstechnische Varianten dar und sind unter den vorgenannten Oberbegriffen einzuordnen.

Allen PRB ist gemein, dass sie zur Sicherung des Grundwasserabstroms eingesetzt werden. Sie stellen somit eine Alternative zu aktiven hydraulischen Sicherungsmaßnahmen (Pump&Treat), die über Jahre bzw. Jahrzehnte betrieben werden müssten, dar.

Als Sicherungsmaßnahme sind durchströmte Reinigungswände daher insbesondere für Schadstoffquellen geeignet, bei denen eine Dekontamination innerhalb eines überschaubaren Zeitrahmens aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen nicht möglich ist und aufgrund der Schadstoffeigenschaften und/oder der hydrogeologischen/hydraulischen

## Durchströmte Reinigungswände

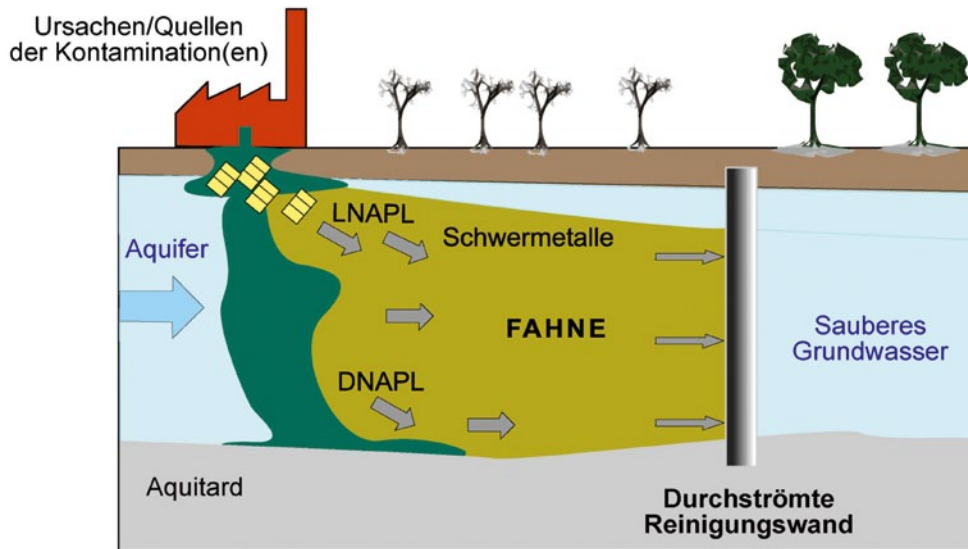


Abb. 4: Prinzip Permeable Reaktive Wand (PRB) (aus RUBIN-Handbuch).

Verhältnisse eine lang andauernde Grundwasserbeeinträchtigung zu erwarten ist.

Prinzipiell sind durchströmte Reinigungswände auch zur Sanierung von „abgerissenen“ Fahnen oder als prophylaktische Maßnahme zum Schutz von sensiblen Grundwassernutzungen geeignet.

Auf Grund der Vielfalt der Durchströmten Reinigungswände (PRB), wurde diese nicht in Tabellenform dargestellt, sondern als separates Kapitel, mit Bezug zum RUBIN-Handbuch, 2006 (Anwendung von durchströmten Reinigungswänden zur Sanierung

von Altlasten“, <http://www.rubin-online.de>). Dabei lassen sich mehrere „Wandtypen“ unterscheiden, deren Einsatzmöglichkeiten, Vor- und Nachteile und Charakteristika werden kurz dargestellt.

## 7 Zusammenfassende Informationen - die Verfahrensblätter

Alle Verfahren werden in standardisierten Verfahrensblättern (Tab. 1) auf maximal zwei DIN A4 Seiten dargestellt mit folgenden Unterpunkten und Inhalten:

Tab. 1: Typisiertes Verfahrensblatt.

<b>Verfahrensname</b>
<b>Prinzip</b> <i>Beschreibung der wirksamen Prozesse, verbale Beschreibung, Bild, Skizze</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Aufbau und Beschreibung</i></li> <li>• <i>Verbale technische Beschreibung des Verfahrens und</i></li> <li>• <i>ggf. Verfahrensschema mit vollständiger Quellenangabe</i></li> <li>• <i>Verfahrenskomponenten, besondere Verfahrenscharakteristik</i></li> <li>• <i>begleitende Komponenten wie Grundwassersicherung, BLA etc. als Module</i></li> </ul>
<b>Verfahrensspezifische Planungsgrundlagen</b> <i>Untersuchungsergebnisse (z.B. Erkundung, Voruntersuchungen), die über die im Kap. 5 genannten zwingend erforderliche Vorkenntnisse (OU, DU, Etc.) benötigt werden</i>
<b>Anwendungsbereich</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Quelle oder Fahne</i></li> <li>• <i>Bodenzone (ungesättigte Bodenzone, GW-Schwankungsbereich, gesättigte Zone)</i></li> <li>• <i>Geologie und Hydrogeologie des Standortes</i></li> <li>• <i>Geochemische und hydrochemische Standortbedingungen</i></li> <li>• <i>Art und Umfang der Kontamination - Schadstoffe (gut, bedingt, ungeeignet)</i></li> <li>• <i>Art des Aquifers Poren-GWL, Kluftaquifer, ....</i></li> </ul>
<b>Anwendungsgrenzen</b> <i>Grenzen mit Bezug auf den Anwendungsbereich, Einschränkungen des Anwendungsbereichs z.B. Leichtphasen, Schwerphasen, Einzelsubstanzen aus Stoffgruppe des Anwendungsbereichs, Kf-Werte, Grundwasserchemismus, Schluffschichten, starke Inhomogenitäten, etc.</i>
<b>Besonderheiten, Hinweise, Risiken</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Unkontrollierte Schadstoffmobilisierung</i></li> <li>• <i>Explosionsfähige Gemische</i></li> <li>• <i>Methabolitenbildung</i></li> <li>• <i>Besonderer Arbeitsschutz</i></li> <li>• <i>etc.</i></li> </ul>
<b>Entwicklungsstand</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Pilotphase, Entwicklungsphase,</i></li> <li>• <i>Stand der Technik etc. in Deutschland / Europa (?) / USA (??)</i></li> </ul>
<b>Rechtliche Hinweise</b> <i>Besonderheiten die über Kap. 4 hinaus gehen.</i>  <i>Hinweis: Die Genehmigungsvoraussetzungen und die Art der erforderlichen Genehmigungen sind im Einzelfall mit den zuständigen Behörden abzustimmen.</i>
<b>Referenzprojekte / zuständige Behörde</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Konkrete Referenzbeispiele</i></li> <li>• <i>ggf. Kontaktpersonen (Sanierungspflichtiger oder zuständige Behörde)</i></li> </ul>
<b>Ausgewählte Literatur</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>bis max. 5 aktuelle Stellen der letzten 3 Jahre</i></li> <li>• <i>konkrete, vollständige Literaturzitate, nicht nur Hinweis auf Internet</i></li> <li>• <i>keine Firmenwerbung</i></li> </ul>
<b>Bewertung durch den Arbeitskreis</b> <i>Aspekte u.a. Wirtschaftlichkeit, Genehmigungsfähigkeit, Sanierungsdauer, Risiken, Entwicklungsstand</i>

## 8 Fazit und Ausblick

Am Ende der Arbeitshilfe wird zu den innovativen In-situ-Verfahren ein kritisches Fazit gezogen und eine zusammenfassende Bewertung gegeben. Nach Auffassung des AK bieten die innovativen In-situ-Sanierungsverfahren Möglichkeiten, die über die Grenzen konventioneller Techniken hinausgehen. Sie können mit Blick auf künftige Anforderungen an die Kosteneffizienz und Nachhaltigkeit von Sanierungsmaßnahmen eine Alternative sowohl bei der Sanierung der Schadstofffahne als auch der Sanierung der Schadstoffquelle sein oder zur Unterstützung bzw. zur Optimierung konventioneller Verfahren beitragen. Mehr noch, in vielen Fällen können sie dazu beitragen, als „nicht sanierbar“ geltende Altlasten „sanierbar“ zu machen.

Die in der Arbeitshilfe vorgestellten Verfahren entsprechen überwiegend noch nicht dem Stand der Technik. Eine Zusammenfassung aller Einzelbewertungen der vorgestellten Verfahren durch den Arbeitskreis wird nochmals separat in Tabellenform als Anhang in der Arbeitshilfe gegeben. Eine umfangreiche Literaturzusammenstellung, ein Glossar, ein Verzeichnis relevanter Rechtsnormen und Regelwerke sowie Ausführungen zum Arbeitsschutz bei Arbeiten in kontaminierten Bereichen runden die Arbeitshilfe ab.

## Danksagung und Informationen zum Bezug

Dank gebührt allen Mitgliedern des Arbeitskreises für die Ausarbeitung der verschiedenen Verfahrensblätter und einzelner Textpassagen der Arbeitshilfe sowie die konstruktiven und kritischen Diskussionen. Besonderer Dank gilt Frau Sabine Gier, die neben ihrer Tätigkeit als Geschäftsführerin des ITVA viele Details recherchiert, zusammengetragen und textlich ausgearbeitet hat. Dank auch an alle Fachleute, die uns im Rahmen des Gelbdruckverfahrens noch wertvolle Hinweise und Anregungen gegeben haben, die in die Endversion der Arbeitshilfe aufgenommen wurden.

Die Arbeitshilfe kann bezogen werden über die Geschäftsstelle des ITVA: Ingenieurtechnischer Verband für Altlastenmanagement und Flächenrecycling e.V. Invalidenstraße 34, 10115 Berlin,  
E-Mail: [info@itv-altlasten.de](mailto:info@itv-altlasten.de), [www.itv-altlasten.de](http://www.itv-altlasten.de).

## Literaturhinweis

ITVA-Arbeitshilfe-H1-13 (2010): „Innovative In-situ-Sanierungsverfahren“. Erarbeitet vom Arbeitskreis „Innovative In-situ-Sanierungsverfahren“ im Fachausschuss H1 „Technologien und Verfahren“. Herausgeber: Ingenieurtechnischer Verband für Altlastenmanagement und Flächenrecycling e.V. (ITVA), Berlin, Juni 2010.



# In-situ chemische Oxidation mit Permanganat - ein Fallbeispiel

THERESIA TRAMPE & DIETER BOHLEN

## 1 Schadensfall und Erkundung

Auf dem Grundstück der Mainstraße 5 in Bürstadt wurde von 1973 bis 1995 eine chemische Reinigung betrieben. Im Februar 1995 wurden bei Raumluftmessungen hohe LHKW-Konzentrationen von  $2 \text{ mg/m}^3$  gemessen. Anschließend wurden in den Kellerräumen zwei stationäre Bodenluftmessstellen errichtet. Bodenluftuntersuchungen an diesen Messstellen wiesen Schadstoffkonzentrationen bis zu  $2400 \text{ mg/m}^3$  auf. Hauptkontaminant war Tetrachlorethen. 1998 wurde eine Grundwassermessstelle (DN 125, Tiefe 6m) im Hinterhofbereich ausgebaut. Hier wurden bei einem mehrstündigen Pumpversuch LHKW-Gehalte bis  $15000 \text{ µg/l}$  festgestellt.

Im Jahr 2003 wurde der Fall der HIM-ASG übertragen. Von 2004 bis 2006 wurde in mehreren Kampagnen mittels Drucksondierungen (direct-push) der Schaden weiter erkundet. Dazu wurden jeweils mehrere Kontrollebenen von Sondierpunkten festgelegt, wobei je nach Ergebnissen der Drucksondierungen der ersten Kontrollebene die darauf folgenden Drucksondierpunkte flexibel ausgewählt werden konnten.

Damit konnte die Fahne abgegrenzt werden. Daraufhin wurden zur kontinuierlichen Beobachtung der Schadstofffahne 9 Grundwassermessstellen bis zum Stauer in ca. 20 m Tiefe sowie eine Tiefenmessstelle unterhalb des Stauers errichtet. Weiterhin wurde ein dreistufiger dreiwöchiger Pumpversuch zur Ermittlung der hydraulischen Parameter durchgeführt.

Außerdem wurden die vorhandenen Bodenluftmessstellen beprobt und zwei Bodenluftabsaugtests durchgeführt.

Die Schadenssituation stellte sich vor Sanierungsbeginn wie folgt dar (siehe auch Abb. 1):

max. Grundwasserbelastung mit LHKW liegt bei ca.  $55000 \text{ µg/l}$

- In der Bodenluft konnten keine relevanten Belastungen mehr festgestellt werden
- Die Hauptschadstoffbelastung hat sich ca. 40 m abstromig zum Altlastgrundstück verlagert
- Die Fahnenlänge beträgt max. 350 m, die Fahnenbreite max. 250 m
- Es liegt ein quartärer Porengrundwasserleiter (vorwiegend Sande und Kiese) vor
- Grundwasserflurabstand liegt bei 3–4 muGOK; das Gefälle bei ca. 0,01 %
- Der Durchlässigkeitsbeiwert beträgt ca.  $5 \cdot 10^{-4}$  m/s
- Schadstoffbelastungen  $> 1000 \text{ µg/l}$ : ca.  $12500 \text{ m}^2$
- Gesamtschadstoffinventar : 1500 kg

## 2 Variantenauswahl und Sanierungsplanung

Für den vorliegenden Schadensfall wurden folgende Verfahren einer eingehenden Betrachtung unterzogen:

- Physikalische Verfahren
  - Pump & treat
  - Grundwasserzirkulationsbrunnen
  - Air – Sparging
- Physikalisch – Chemische Verfahren
  - Oxidationsverfahren (ISCO)
  - Reduktionsverfahren (nano-Eisen)
- Biologische Verfahren

In enger Abstimmung zwischen Behörde, HIM-ASG und dem Gutachter wurde die in-situ-chemische Oxidation mittels Einbringung von Natriumpermanganat in Kombination mit einer Abpumpmaßnahme zur Erzeugung eines hydraulischen Gefälles ausgewählt.



ISCO mittels Natriumpermanganat:

- Vorteile:
  - stabiles Oxidationsmittel
  - neutraler pH-Bereich, von pH 3-12 wirksam
  - Rascher oxidativer Abbau der Schadstoffe
  - Kostenvorteil – vertragliche Zusicherung
- Mögliche Nachteile / Einschränkungen:
  - $\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{MnO}_2^- \rightarrow \downarrow \text{Mn}^{2+}$
  - 1. Schritt schnell, 2. Schritt langsam

Einschränkungen für andere Verfahren:

- Nano – Eisen
  - Eng begrenzter Reaktionsradius
  - Durchlässigkeit des Aquifers wird verringert
  - Kosten
- Mikrobiologische Verfahren (Melasse/Laktat):
  - hydrochemische Standortbedingungen
  - ggf. Anreicherung von Vinylchlorid
  - sehr hohe Schadstoffbelastungen

### 3 Sanierungsausführung

Die Sanierung soll in zwei Phasen durchgeführt werden:

#### Phase I:

Pumpbetrieb mit 5 m<sup>3</sup>/h und Eingabe von Permanganat in den zentralen, hoch belasteten Bereich

- Ziel: Dauerhafte Unterschreitung von 2000 µg/l LHKW innerhalb 3 Jahre (bis 30.06.2012)
- Vertraglich geregelt ist, dass ansonsten die Permanganatinjektionen auf Kosten der ausführenden Firma weiter betrieben werden.

Anmerkung: wenn nach 3 Jahren das Ziel erreicht ist, erfolgt Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, ob weitere Eingabe auf Kosten der HIM-ASG sinnvoll ist

#### Phase II:

Weiterbetrieb des Pumpbetriebs mit 10 m<sup>3</sup>/h ohne Eingabe von Permanganat

- Sanierungsziel: noch nicht festgelegt

In der Phase I soll im Schadenszentrum zunächst Oxidationsmittel in einen zentralen Brunnen eingegeben werden und durch Nachspülung von Frisch-

wasser verteilt werden. Nach einer Reaktionszeit, in der alles Oxidationsmittel reagiert hat und die Schadstoffkonzentrationen schon deutlich gesenkt werden können, soll aus diesem Brunnen Grundwasser gefördert werden, um ein hydraulisches Gefälle zu erzeugen. In die um diesen Abpumpbrunnen angeordneten Injektionspegel wird nacheinander in mehreren Kampagnen Oxidationsmittel eingegeben.

Da der Abpumpbrunnen im beengten Innenstadtbereich gelegen ist, erfolgt die Reinigung des geförderten Grundwassers in einer Wasseraufbereitungsanlage im Randbereich von Bürstadt. Dort befindet sich auch die Möglichkeit zur Ableitung des gereinigten Wassers in einen Regenentlastungskanal. Dieser mündet in ein Grabensystem, in dem das Wasser versickern kann und somit wieder dem Grundwasser zugeführt wird.

Die Wasseraufbereitungsanlage besteht aus einem Kompaktstripper (Bürstenstripper), der aus Lärmschutzgründen und zum Schutz vor Vandalismuschäden komplett in einer Doppelgarage untergebracht ist.

### 4 Ergebnisse

Nach Eingabe von Oxidationsmittel in den Brunnen im Schadenszentrum konnten dort die Schadstoffgehalte von knapp 30 000 µg/l zunächst auf unter 2000 µg/l gesenkt werden. Nach Beginn der Grundwasserförderung aus diesem Pegel stiegen sie auf 14 000 µg/l Summe-LHKW an, um im Anschluss daran nach Beginn der Permanganatinjektionen in die umliegenden Pegel auf unter 5 000 µg/l zu fallen.

Auch in den umliegenden Pegeln konnte eine deutliche Reduzierung der Schadstoffgehalte festgestellt werden.

Die Bilanz (Stand 30.04.2011) stellt sich wie folgt dar:

- Injizierte Menge Permanganat: 2 800 kg
- Schadstoffabbau in-situ: 700 kg (berechnet; es werden ca. 4 kg Permanganat für den Abbau von 1 kg LHKW benötigt)
- Schadstoffaustrag Wasseraufbereitungsanlage: 350 kg

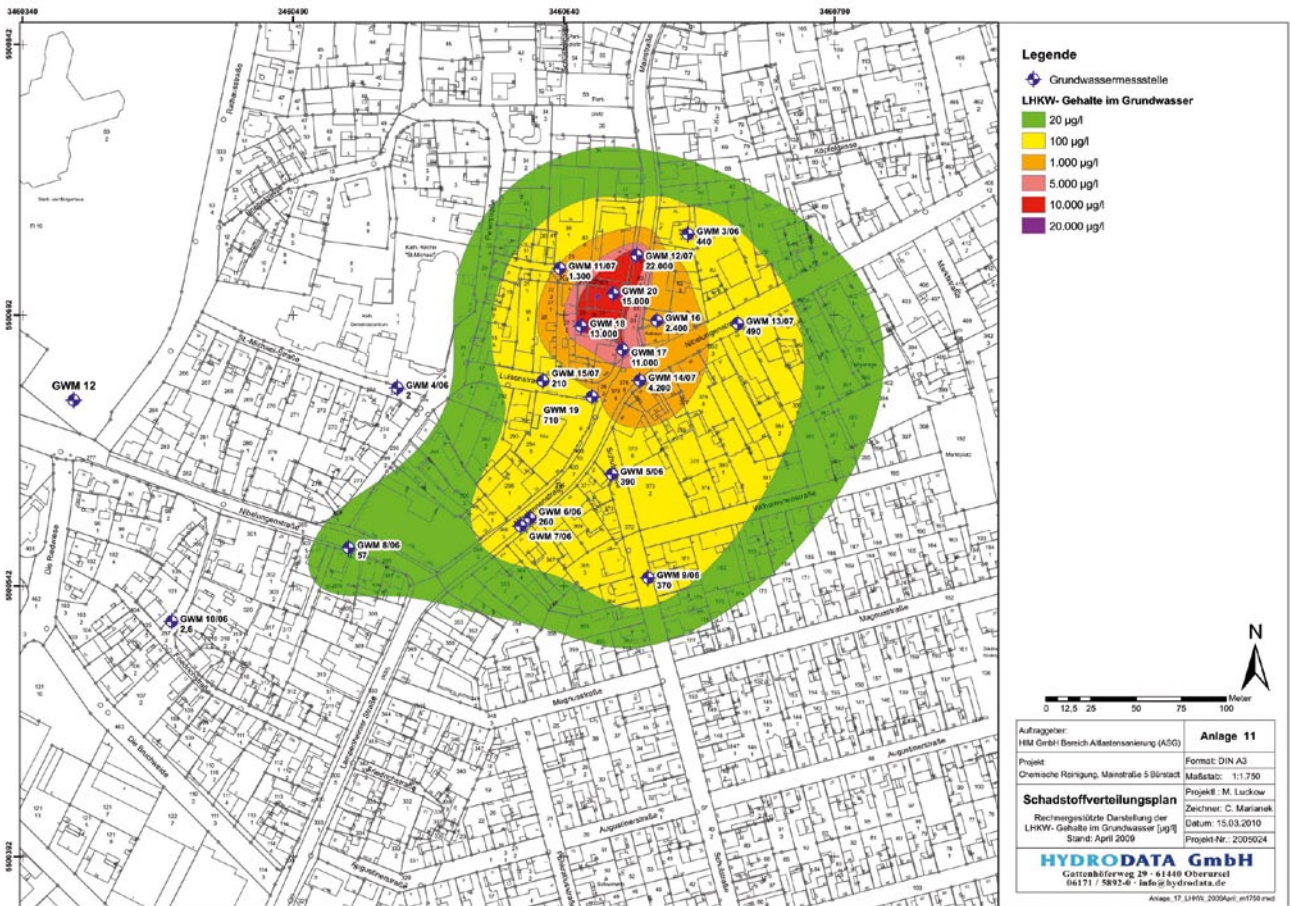


Abb. 1: Schadstoffverteilungskarte vor Sanierungsbeginn.

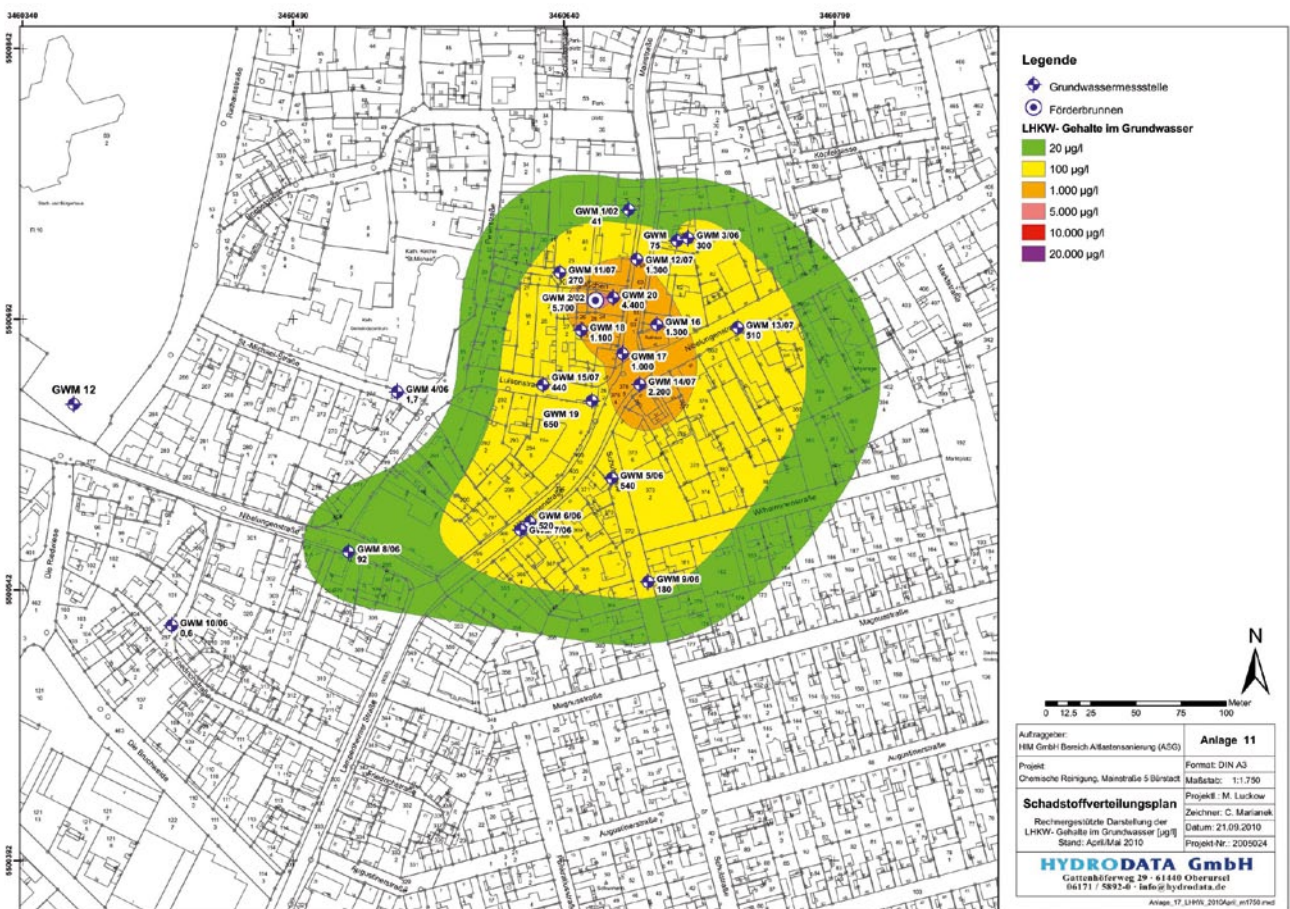


Abb. 2: Schadstoffverteilungskarte Stand April 2011.



# Handlungskonzepte für den Rüstungsaltsstandort Stadtallendorf

AUTORENKOLLEKTIV (SIEHE S. 63)

## 1 Handlungskonzepte für die Sanierung eines Rüstungsalts- standortes auf der Grundlage der Ergebnisse des KORA - Vorhabens MONASTA in Stadt- allendorf

### Der Standort

Der Standort Stadtallendorf der ehem. Sprengstofffabrik der Dynamit AG (DAG) hat eine Größe von ca. 4 km<sup>2</sup>. Hier wurden in den Jahren 1940 bis 1945 ca. 130 000 t Sprengstoff (TNT) produziert. Der Standort wird heute für Wohnen genutzt und ist Standort für Industriebetriebe.

Die Wassergewinnung der Sprengstoffwerke wird seit 1945 für die Wasserversorgung im mittelhessischen Raum genutzt, ihr Schutz ist eines der wesentlichen Ziele der Sanierung. Der Standort liegt im Buntsandstein mit Flurabständen von 2 m bis zu mehr als 50 m. Seit 1984 läuft eine lokale hydraulische Sicherung des Bereichs der so genannten TRI-Halde. 1995 wurde die Hydraulische Sicherung des Gesamtgebietes in Betrieb genommen. Die Trinkwassergewinnung ist mit einer modernen Aufbereitungsanlage ausgerüstet.

Nach Abschluss der Bodensanierung verblieben einige Flächen mit Handlungsbedarf, die sich außerhalb der Hydraulischen Sicherung befinden und deren konventionelle Sanierung (Bodenaushub) einen nicht verhältnismäßigen Aufwand verursacht hätte. Im gesamten Bereich des Standortes gibt es diffus verteilte Restkontaminationen in der ungesättigten Zone und im Grundwasserleiter, deren Sanierung ebenfalls nur mit unverhältnismäßigem Aufwand möglich wäre. Die verbliebenen Belastungen bestehen überwiegend

aus MNT. Das gesamte verbliebene Schadstoffpotential wird auf ca. 30 bis 40 t abgeschätzt.

### Fragestellungen MONASTA

Für die Entwicklung von Handlungskonzepten für den Umgang mit den Belastungen in den genannten Bereichen, die neben konventionellen Sanierungsstrategien und -techniken (Bodenaushub, Hydraulische Sicherung) auch den natürlichen Rückhalt und Abbau von Schadstoffen berücksichtigten, fehlten ebenso die Grundlagen wie für eine verlässliche Abschätzung der erforderlichen Laufzeit der Hydraulischen Sicherung.

Diese offenen Fragen wurden von 2005 bis 2008 im Rahmen des F+E-Vorhabens MONASTA im Forschungsverbund KORA bearbeitet und geklärt.

Das Arbeitsprogramm umfasste die Auswertung vorhandener Feststoffanalysen (650 000 Datensätze) und Grundwasseruntersuchungen (110 000 Datensätze), Transformations-/Sorptionsuntersuchungen (Batchversuche, Säulenversuche), Diffusionszellenversuche, zwei Tracerversuche sowie die Erstellung eines Grundwassermodells und die Kopplung an ein reaktives Stofftransportmodell.

Die Ergebnisse des Vorhabens können wie folgt zusammengefasst werden:

- Die Kenntnisse über die Geologie, über den Aufbau des Untergrunds, darüber, wo und wie das Grundwasser fließt, wurden verbessert, das vorhandene Messstellennetz wurde ergänzt.
- Die Kenntnisse über das Schadstoffspektrum, den Verbleib der Schadstoffe im Untergrund, wie und unter welchen Bedingungen sie abgebaut werden, in welchem Umfang unter welchen Bedingungen sie zurückgehalten werden, wurden er-

heblich verbessert. Das gilt auch für die sehr mobilen Transformationsprodukte und polaren und sprengstofftypische Stoffe.

- Mit dem aufgestellten Grundwassermodell können Prognosen zur Entwicklung der Schadstoffverteilung im Untergrund bei unterschiedlichen Randbedingungen gemacht werden.
- Die Schadstoffe werden die Qualität des Grundwassers im DAG-Gebiet noch über einen sehr langen Zeitraum (>> 100 Jahre) beeinflussen.

## Handlungskonzepte

Die Ergebnisse des Vorhabens liefern die Grundlagen für die Quantifizierung und Prognose natürlicher Schadstoffminderungsprozesse und für Handlungskonzepte, die diese natürlichen Schadstoffminderungskonzepte berücksichtigen, für den Gesamtstandort (diffuse Belastungen) sowie für die Belastungsschwerpunkte im Außenbereich (Kleinniederung, Münchbach/TRI-Graben) außerhalb der Hydraulischen Sicherung.

der Bodensanierung wurden 125 000 kg Schadstoffe entfernt, die durch die Sanierung erfolgte Mobilisierung der Schadstoffe wird kurzfristig abklingen. Damit werden weniger Schadstoffe nachgeliefert, aber weiter über einen langen Zeitraum Schadstoffe freigesetzt, die in den Poren und Klüften vorliegen, die Konzentrationen im Grundwasser werden weiter zurückgehen.

Die Strecke zwischen den Brunnen der Hydraulischen Sicherung und Trinkwasserbrunnen reicht unter diesen Bedingungen aus, um durch natürliche Schadstoffminderungsprozesse die Schadstoffe so weit zurückzuhalten oder abzubauen, dass negative Einflüsse auf die Qualität des Trinkwassers nicht zu erwarten sind. Der Betrieb der Hydraulischen Sicherung kann daher schrittweise an den tatsächlichen Bedarf angepasst werden. Es können Kosten für den Betrieb und die Überwachung eingespart, CO<sub>2</sub>-Emissionen vermieden sowie der Eingriff in den Wasserhaushalt minimiert werden. Eine vollständige Einstellung der Förderung der Hydraulischen Sicherung ist auf absehbare Zeit nicht geplant.

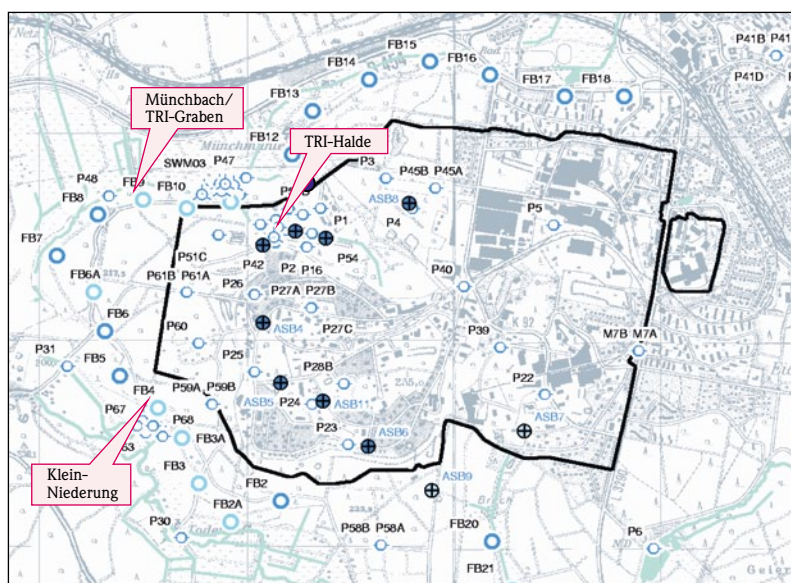


Abb. 1: Belastungsschwerpunkte.

## Gesamtstandort

Die erzielten Fortschritte der Bodensanierung einerseits und die neuen Erkenntnisse aus dem Forschungsvorhaben andererseits sind die Grundlage für das Handlungskonzept für den Gesamtstandort. Mit

Die den Prognoserechnungen zugrunde liegenden *Worst-Case*-Annahmen werden durch den Vergleich mit den gemessenen Frachten überprüft. Zur Prognose der Schadstoffausbreitung wurde ein numerisches Stofftransportmodell umgesetzt. Die Übertragung der im Labor ermittelten Transportparameter in das Stofftransportmodell ergab sehr große Abweichungen bei der Kalibrierung. Das Modell sollte daher nur für die qualitative Betrachtung der Auswirkungen angedachter Szenarien Anwendung finden. Ein sorgfältiges Monitoring ermöglicht es, zu einem frühen Zeitpunkt Abweichungen von der Prognose zu erkennen. Als **Rückfallkonzept** ist vorgesehen, die einzelnen Elemente der hydraulischen Sicherung wieder in Betrieb zu nehmen und dafür die vorhandene Infrastruktur für einen genügend langen Zeitraum vorzuhalten.

Die Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen kann nur im **Konsens** der beteiligten Institutionen über die Ziele und Grundlagen (insbesondere das

Modell) erfolgen. Voraussetzung für die **Akzeptanz** des Konzeptes bei den unterschiedlichen Akteuren (Behörden, Wasserversorger, Öffentlichkeit) sind hinreichende **Kenntnisse** über die Prozesse, die der Schadstoffminderung zugrunde liegen sowie Prognosen über die Entwicklung der Grundwasserqualität in den relevanten Zeiträumen.

Während des Umsetzungsprozesses stehen den beteiligten Akteuren und Institutionen die aktuellen Daten sowie deren Auswertung zur Verfügung. Es erfolgt regelmäßig eine Berichterstattung der Ergebnisse, die Erörterung in einem fachlichen Beirat (RP, HLUG, ZMW, Stadt, HIM) sowie eine Information der anderen Akteure.

## **Münchbach/TRI-Graben**

Die Ergebnisse des F+E-Vorhabens sind die Voraussetzung für die Entwicklung und die behördliche Akzeptanz des mit Bescheid vom 03.07.2008 für verbindlich erklärten Sanierungsplans. Dabei wird der Umfang der Herdsanierung eines MNT-Schadens durch die Restfracht bestimmt, die durch das ermittelte Schadstoffminderungspotential beherrscht werden kann. Die Umsetzung der Maßnahme erfolgte in den Jahren 2008 und 2009.

Die Einbeziehung der Ergebnisse aus dem F+E-Vorhaben ermöglichte eine deutliche Reduzierung der auszuhebenden und zu entsorgenden Bodenmassen um mehrere tausend m<sup>3</sup> mit einer entsprechenden Einsparung für die Kosten der bautechnischen Maßnahmen und der Entsorgung.

## **Kleinniederung**

Für die Sanierung eines MNT-Grundwasserschadens in der Schutzzone einer Trinkwassergewinnung wird ein neuer Ansatz vorgeschlagen: die Schadstoffe werden mittels Ethanol (in-situ) mobilisiert, das mobilisierte Schadstoff/Alkoholgemisch gefasst und abgereinigt. Damit werden umfangreiche Eingriffe (Bodenaushub bis ca. 7 m unter GOK) vermieden. Mit den Ergebnissen des Vorhabens wurden die Voraussetzungen für die behördliche Genehmigungsfähigkeit der vorgeschlagenen Maßnahmen geschaffen.

Im Rahmen des Vorhabens konnte die grundsätzliche Geeignetheit und Wirksamkeit des Verfahrens im Labormaßstab nachgewiesen werden. Der Klärung der Frage, ob das Lösemittel Ethanol die residualen und sorbierten Schadstoffe in der ungesättigten und gesättigten Bodenzone erreichen kann, wurde in einem Feldversuch nachgegangen.

## **2 Pilotversuch eines in-situ Waschverfahrens zur Quellen-sanierung**

Ein Ergebnis der Forschungsarbeiten im Rahmen des KORA-Teilvorhabens Rüstungsaltslasten „MONASTA“ (TV5.2) war, dass sprengstofftypische Verbindungen als Schadstoffphase im Boden vorliegen können (insbesondere 2-MNT). In Herd-Bereichen mit sehr hohen Konzentrationen und bei Anwesenheit nicht abbaubarer Schadstoffe (z. B. Sulfonsäuren) reichen natürliche Prozesse nicht aus, um die Schadstoffmasse ausreichend zu verringern. Deshalb wurde nach Möglichkeiten gesucht, wie vor allem Quellbereiche der Rüstungsaltslasten kostensparend und schnell sanierbar wären.

Am Beispiel eines relativ kleinräumigen Schadensfalles in der Kleinniederung/Stadtallendorf wurden systematische Untersuchungen der natürlichen Prozesse, deren gezielten Beeinflussung sowie zum Schadstoffaustrag durchgeführt. Das Ziel dieser Arbeiten bestand in der Ermittlung einer kostengünstigen aber effektiven Sanierungsstrategie. Weiterhin wurde eine gestufte Vorgehensweise bei der Sanierungsplanung unter Einbeziehung der natürlichen Prozesse entwickelt und mit einem Pilotversuch getestet.

Der Pilotversuch wurde ausgehend von den im Labormaßstab gewonnenen Erkenntnissen und unter Anwendung der bisher erfolgten Standortuntersuchungen genehmigungsreif geplant.

Bei der Durchführung des Pilotversuches mit Ethanol zeigte sich, dass vor allem die sehr kleinräumigen Fließbedingungen in der ungesättigten Zone am Standort stärker in die Versuchsplanung einbezogen werden müssen. So wurden mit einem hydraulischen Modell die Bedingungen im Grundwasser gut abge-

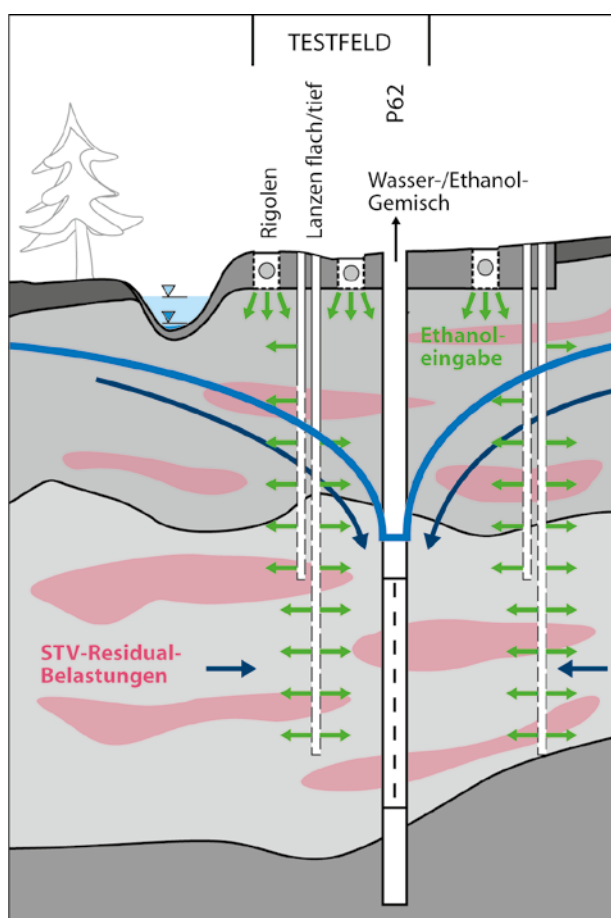


Abb. 2: Schematisches Profil der Versuchsanordnung.

bildet und auch während des Versuches sicher beherrscht. Als wenig vorhersehbar erwies sich die Wasserströmung bei Starkniederschlägen im ungesättigten Bereich. Hier wurden durch den Pilotversuch die bei Starkniederschlägen bestehenden Wegsamkeiten mit umliegenden Bereichen nachgewiesen. Nach Auswertung der Felddaten konnten sehr schnell Sicherungsmaßnahmen etabliert werden.

Nach ca. 10 Monaten wurden etwa 60 % des eingesetzten Waschmittels wieder gewonnen bzw. als im Grundwasser gelöst nachgewiesen. Abgebaut wurden ca. 30 % des Ethanols. In dieser Zeit konnten 340 kg Schadstoffe aus dem Untergrund entfernt werden. Bezogen auf die Hauptschadstoffe wurden etwa 90 % der berechneten Gesamtsumme in dem mit der Waschung erreichten Areal entfernt. Der Versuch befindet sich derzeit in der Abschlussphase.

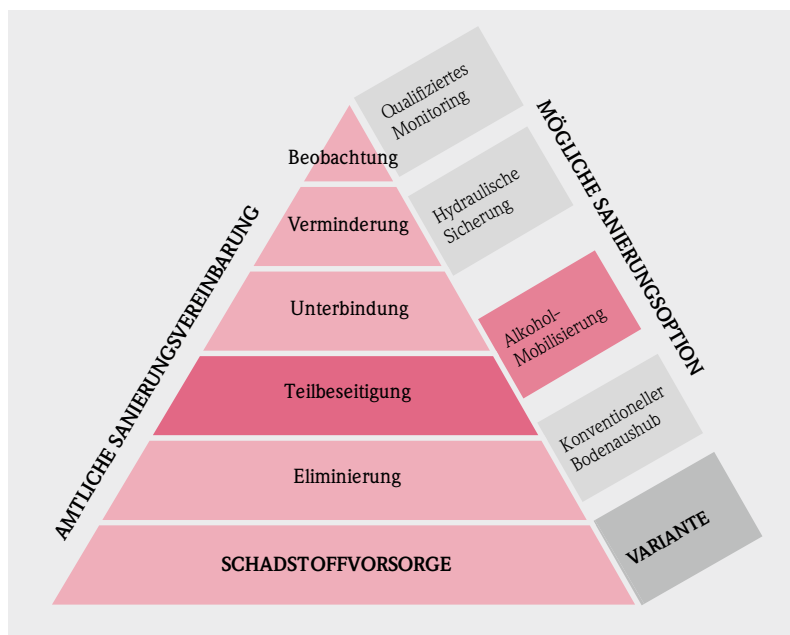
### 3 Infiltration von Alkohol im Schutzgebiet - eine (genehmigungsrechtliche) Lösung?

Bisher zog sich die Standortsanierung der ehemaligen Rüstungsfabrik Dynamit Nobel AG in Stadtallendorf mit dem hohen finanziellen Volumen von 165 Mio € schon über einen langen Zeitraum von fast 30 Jahren. Für die ergänzende Bodensanierung im Außenbereich des ehemaligen Werksgeländes und notwendige, vermutlich noch viele Jahrzehnte zukünftig andauernde Grundwassersicherung wurde demnach auf Ressourcen sparende Technologien größter Wert gelegt.

Natürliche Verminderungsprozesse von (restlichen) Schadstoffen im Untergrund des Standorts erschienen als vielversprechende Sanierungsoption nach dem Forschungsstand. Denn nicht nur materiell waren metabolische Stoffumsätze von sprengstofftypischen Verbindungen dort nachgewiesen. Auch finanzielle Erleichterungen und die Eindämmung der langen Zeiträume für die Sicherung wurden postuliert. Zuletzt boten sich ökologische Gleichgewichte nützlich an, die sich nach der Demontage des Rüstungsbetriebs seit über 60 Jahren vor Ort eingestellt haben. Allerdings war parallel zu dem genehmigungsrechtlichen Novum der wasserwirtschaftliche Schutzschirm eines Trinkwasserschutzgebiets am Standort zu berücksichtigen. Entsprechende Prüfkriterien für MNA- und ENA-Prozesse fanden sich nach dem Wasser- und Bodenschutzrecht.

### Genehmigung nach dem Stand der Wissenschaft und Technik

In dem erprobten Spektrum der Schadstoffvorsorge am Standort, die vom Monitoring der Schadsituation über die Unterbindung/Verminderung des Stoffstroms bis zur Eliminierung der sprengstofftypischen Verbindungen reicht, nehmen NA-Prozesse die Mittelstellung einer Teilbeseitigung ein. Nach heutiger Auffassung stellt der durchgeführte Versuch der Alkoholauswaschung in der Kleinniederung einen ENA-Prozess, also ein bodenschutzrechtlich zulässiges in situ-Sanierungsverfahren mit Ethanol dar.



**Abb. 3:** Stellung der ENA-Maßnahme zwischen amtlicher Sanierungsvereinbarung und technischer Sanierungsvariante.

Der Umgang mit diesem wassergefährdenden Stoff auf dem Sanierungsareal kann zu explosionsfähigen Ethanol-/Luftgemischen führen. In infrastrukturell unterbemittelten Waldgebieten mag dieser Umstand zu heiklen Umweltsituationen führen. Die Auswirkung des Löseprozesses auf und der Sanierungserfolg für den ungesättigten Bereich galt als schwer fassbar. Fragen nach dem maximalen Lösegrad von hot spots wie auch der Sanierungsbilanz traten auf. Dem bewussten Einbringen eines wassergefährdenden Stoffs in das Grundwasser widersprach der Wasserschutzgebiedsgedanke. Denn die Maßnahme kalkuliert definitiv eine schlechtere Grundwasserqualität – zumindest vorübergehend – mit ein. Sanierungserfahrungen gab es keine, die zu einem Vergleich hätten einbezogen werden können. Insofern sprachen de iure die mögliche Grundwassergefährdung sowie der dann notwendige Umfang zur Schadensbehebung gegen eine Zulassung der ENA-Sanierungsmethode.

Erst die wissenschaftliche Absicherung der Standortgrundlagen im MONASTA-Forschungsprojekt, die stetige Kenntniserweiterung mittels Modellrechen-

operationen und die multilaterale Bewusstseinsbildung der Beteiligten führten zur Genehmigungsfähigkeit der Alkoholmobilisierung. Meilensteine mussten gesetzt werden auf dem Weg zu einer schrittweise akzeptierten Risikobegrenzung. Die Einschränkung des Experiments auf ein kleines Testfeld machte den 21 m<sup>3</sup>-Alkoholeinsatz hydraulisch überschaubar. Die Belastung des Boden-/Grundwasserkörpers mit dem Hochleistungs-Lösemittel wurde auf zwei zeitlich, örtlich und technisch unterschiedliche Phasen aufgeteilt. Die chemische Gleichgewichtsdynamik in der natürlichen Talaue konnte ohne Tiefbaumaßnahmen weitgehend erhalten werden.

Die Sanierungsoption Alkoholmobilisierung von sprengstofftypischen Verbindungen in der Kleinniederung wurde jahrelang vorbereitet und unter großer Beteiligung offengelegt. Trotz dieses umfangreichen Verfahrensvorlaufs kam es noch während der bodenschutzrechtlichen Beantragung zur intensiven Diskussion im 2½-fachen Seitenumfang des eigentlichen Antragsvolumens unter 13 Trägern öffentlicher Belange. Diese musste letztlich bis zu Bundesbehörden geführt werden. Schließlich wurde die Sanierungsvariante unter 54 Auflagen zugelassen.

Eine Zulassung nach dem Stand der Wissenschaft und Technik setzt partnerschaftliche Ergebnisoffenheit, fachliche Unabhängigkeit und auch ausreichende Sachmittelfreiheit voraus.

#### **Autorenkollektiv:**

Ulrich Lieser, Axel Meßling, Simone Tränckner, Uli Uhlig, Anne Weber, Christian Weingran, Michael Weis





## Green and Sustainable Remediation - eine Perspektive bei der Altlastenbearbeitung?

THOMAS HELD

In Art. 20 a Grundgesetz ist der Umweltschutz als Staatsziel verankert. Dort heißt es: „Der Staat schützt auch in Verantwortung für die künftigen Generationen die natürlichen Lebensgrundlagen im Rahmen der verfassungsmäßigen Ordnung durch die Gesetzgebung und nach Maßgabe von Gesetz und Recht durch die vollziehende Gewalt und die Rechtsprechung“. Die Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen ist nicht nur eine wichtige Zielsetzung der Umweltpolitik, sondern gesamtpolitische Querschnittsaufgabe zur Sicherstellung einer nachhaltigen Entwicklung (1, 2, 3). Die Bedeutung dieses Themas wird auch durch die Schaffung einer Internetplattform Umweltdialog zur deutschen Nachhaltigkeitsstrategie ([www.Mitreden-U.de](http://www.Mitreden-U.de)) im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit unterstrichen.

Nachhaltigkeit ist aber keine Erfindung der Neuzeit. Bereits 1560 forderte die Kursächsische Forstordnung, Wäldern nur so viel Holz zu entnehmen, wie nachwachsen kann. Im Jahr 1972 formulierte der Club of Rome in seiner Veröffentlichung „Die Grenzen des Wachstums“: *We are searching for a model output that represents a world system that is sustainable without sudden and uncontrollable collapse...* eine Beschreibung nachhaltiger Wirtschaftssysteme. Mit der Definition der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung (UN) (Brundtland-Kommission) in 1983: *Entwicklung zukunftsfähig zu machen, heißt, dass die gegenwärtige Generation ihre Bedürfnisse befriedigt, ohne die Fähigkeit der zukünftigen Generation zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse befriedigen zu können*, wurde der Gedanke der Generationengerechtigkeit, der globalen Gerechtigkeit und der gemeinsamen Behandlung getrennter Politikfelder in das Thema Nachhaltigkeit aufgenommen. Nach Brundtland ist eine Entwicklung erst dann nachhaltig, wenn sie in ausgewo-



Abb. 1: Die drei Säulen der Nachhaltigkeit.

genem Maße den drei Politikfeldern Gesellschaft, Umwelt und Ökonomie gerecht wird (Abbildung 1).

Bei Nachhaltigkeitsüberlegungen spielt in Deutschland der Bereich des nachsorgenden Umweltschutzes, d. h. der Sanierung von Boden und Grundwasser bisher keine Rolle. Deutlich anders ist dies in den Vereinigten Staaten und auch im europäischen Ausland. Hier haben sich einige Organisationen wie NICOLE (network for industrially contaminated land in Europe), SuRF UK, SuRF US (sustainable remediation forum), CL:AIRE UK (contaminated land: applications in real environments), US Environmental Protection Agency, SAGTA (soil and groundwater technology association, UK) oder Eurodemo+ dieses Themas angenommen. Auch wenn die Überlegungen zur Nachhaltigkeit bei der Sanierung erst begonnen haben und Verfahren zur Berechnung der Nachhaltigkeit noch nicht sehr weit über eine Ökobilanzierung von Sanierungsverfahren hinausgehen, so sind

doch damit die ersten Grundsteine für eine Nachhaltigkeitsbetrachtung bei Sanierungen gelegt.

Dies schlägt sich derzeit insbesondere in den USA im Begriff Green Remediation nieder. Darunter wird die

- Verminderung, Wiederverwendung und Recycling von Materialien und Abfällen,
- Maximierung des Einsatzes erneuerbarer Energien,
- Minimierung des Energie- und Wasserverbrauchs,
- Minimierung der Emission von Schadstoffen und Treibhausgasen (CO<sub>2</sub>),
- Minimierung der Flächeninanspruchnahme und
- Nutzung von Synergieeffekten

verstanden. Übertragen auf das Beispiel einer einfachen Bodenluftabsaugung ergeben sich unmittelbar erste Ansätze, ein Verfahren „grüner“ zu machen. Die Verwendung gebrauchter Anlagen, die den vorgesehenen Zweck weitgehend erfüllen, greift direkt in die Verminderung, Wiederverwendung und das Recycling von Materialien ein. Gängige Praxis ist es, für Bodenluftabsaugungen neue Anlagen zu errichten und diese exakt auf die im Rahmen von Vorversuchen ermittelten Startbedingungen auszulegen. Mit gebrauchten Anlagen lässt sich das Sanierungsziel meist auch erreichen und auch der Aspekt der Gewährleistung lässt sich meist vertraglich beherrschbar machen.

Einen wesentlichen Beitrag zur Abfallentstehung leistet die Sorption der mit der Bodenluft abgesaugten Schadstoffe auf Aktivkohle. Die beladene Aktivkohle wird entweder thermisch entsorgt oder unter Einsatz hoher Energiemengen regeneriert. Seit vielen Jahren beschäftigt sich die biologische Abluftreinigung mit dem Einsatz von Biofiltern und Biowäschern. Prinzipiell ist dies auch bei der Bodenluftabsaugung von nicht-chlorierten Schadstoffen möglich. Diese Technik wurde zu diesem Zweck in der Vergangenheit durchaus schon in Erwägung gezogen, aber bisher nicht weiterverfolgt.

Einen wichtigen Anteil zur Entstehung von Abfällen stellt auch die chemische Analytik dar. Viele der im Rahmen einer Sanierung erzeugten Messwerte sind zudem (erwartet oder unerwartet) Nullwerte. Neben dem Energieaufwand für den Probentransport entstehen bei jeder Analyse chemische Abfälle, die zu entsorgen sind. Hier ist uns noch deutlich die frühere Verwendung von Freon (FCKW) für die Analyse der

MKW nach dem nicht mehr angewendeten H-18-Verfahren in Erinnerung. Der Einsatz von direktanzeigenden Messgeräten zur Messung der Schadstoffkonzentrationen und eine Reduzierung der chemischen Analysen auf einen angemessenen Umfang könnte hier leicht Abhilfe schaffen. Sicherlich bedarf es noch einer Diskussion und Klärung der jeweiligen Bestimmungsgrenzen, der Messung von summarischen Größen versus Einzelstoffen sowie der behördliche Akzeptanz der Vorgehensweise.

Es besteht zudem bei Bodenluftabsauganlagen die Möglichkeit, regenerative Energien, wie z. B. Photovoltaik zur Stromversorgung zu nutzen. Um einen kontinuierlichen Betrieb sicherzustellen, wie dies im Rahmen von Gefahrenabwehren erforderlich ist, können im Bedarfsfall konventionelle Energien zuge speist werden. Bislang wird im Falle eines Neubaus auch noch nicht konsequent geprüft, ob bestimmte Anlagenkomponenten mit höherer Energieeffizienz verfügbar sind.

Diese ersten Überlegungen zeigen, dass es durchaus möglich ist, „grüne“ Elemente in ein Sanierungsverfahren aufzunehmen. Die Entscheidung, ob ein Sanierungsverfahren grüner ist als ein anderes, lässt sich in der Theorie ebenfalls vergleichsweise leicht bewerkstelligen. Hierzu gibt es eine Reihe von Rechenprogrammen, sei es als Excel-Tabelle (SiteWise™) oder als eigenständige Programme (BalancE<sup>3</sup>), die bei entsprechender (in der Regel sehr umfangreicher) Dateneingabe berechnen, welches Verfahren günstiger ist, meist in Form von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten. In der Realität sind die Freiheitsgrade hinsichtlich der Verfahrensauswahl jedoch oft gering. Meist stellt der Standort von seinen hydrogeologischen Gegebenheiten, seiner Belastungssituation sowie den weiteren Rahmenbedingungen so hoch spezifische Anforderungen, dass oft nur ein einziges Verfahren anwendbar ist. Aber auch wenn nur ein Verfahren anwendbar ist, so kann man es jedoch grüner als bisher üblich gestalten, wie das Beispiel der Bodenluftabsaugung zeigt.

Zurzeit gehen aber die Überlegungen über diesen Ansatz der *Green Remediation* hinaus und es wird nach Lösungen und Möglichkeiten für eine Quantifizierung einer ganzheitlichen (holistischen) Betrachtung von (Sanierungs)vorhaben gesucht. Dies wird sicherlich auch Änderungen in den aktuellen recht-

lich verankerten Methoden und Maßstäben zur Bewertung erfordern. So wurde zum Beispiel in den Niederlanden das generelle Verbot einer Vermischung und Verbreitung von mehreren einzelnen Grundwasserkontaminationen abgelöst von den funktionellen Anforderungen, dass innerhalb einer so genannten Grundwassermanagement-Zone die Schadstoffe „fixiert“ sein müssen. Dies erlaubt eine Nutzung des kontaminierten Grundwassers zur Energiegewinnung (Aquifer Thermal Energy Storage), d.h. der Förderung und Reinfiltration großer Mengen an kontaminierten Grundwasser ohne Reinigung. Dieses Verfahren wird als Sanergy<sup>TM</sup> bezeichnet (4). Da es im Kern der Schadensherde oft aufgrund von intensiven Zehrungen der für einen natürlichen Schadstoffabbau notwendigen Hilfsstoffe kommt, kann eine Vermischung einzelner Kontaminationsbereiche zu einer Verbesserung der Bedingungen für einen natürlichen mikrobiellen Abbau führen. Um zu einem besseren Verständnis dieser Prozesse zu gelangen, laufen derzeit intensive Forschungstätigkeiten. So kann letztlich eine energetische Nutzung von Grundwasser in kontaminierten Bereichen gleichzeitig den Schadstoffabbau beschleunigen.

Bei allen ökologischen Vorzügen ist letztlich jedoch nicht zu verkennen, dass die Umsetzung des Nachhaltigkeitsgedankens im ursprünglichen Sinne der Brundtland Commission entsprechende wirtschaftliche Anreize oder Ausgleichs benötigt. Möglicherweise wird es in Zukunft Fördermittel hierfür geben oder einen Nachhaltigkeitsfond ähnlich dem Atlas-

tenfond in Baden-Württemberg. Voraussetzung für eine weitere Verankerung der Nachhaltigkeit beim nachsorgenden Umweltschutz ist ein gesellschaftlicher Konsens sowie politische und rechtliche Rahmenbedingungen, nicht zuletzt möglicherweise ein Zertifizierungssystem „Green Remediation“.

## Literatur

- (1) Statistisches Bundesamt, Wiesbaden (2010): Nachhaltige Entwicklung in Deutschland. Indikatorenbericht 2010 und Daten zum Indikatorenbericht 2010.
- (2) Statistisches Bundesamt, Wiesbaden (2010): Nachhaltige Umweltökonomische Gesamtrechnungen. Nachhaltige Entwicklung in Deutschland: Indikatoren der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie zu Umwelt und Ökonomie.
- (3) [http://www.bmu.de/nachhaltige\\_entwicklung/strategie\\_und\\_umsetzung/doc/37656.php](http://www.bmu.de/nachhaltige_entwicklung/strategie_und_umsetzung/doc/37656.php)
- (4) Held, T., Slenders, H., Dols, P., Verburg, R., De Vries, A, Schreurs, J. (2010): Nachhaltigkeit bei der Grundwassersanierung – Synergie von Sanierung und Energiegewinnung. In: Handbuch Altlastensanierung, C.F. Müller Verlag, Heidelberg, 60. Aktualisierung, 3. Aufl. Januar 2010, 5916.



# Hintergrundwerte von Spurenstoffen in hessischen Böden

KLAUS FRIEDRICH, KATRIN LÜGGER & JANINA SEHR

## 1 Einleitung

Nach Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) ist der Boden vor schädlichen Veränderungen zu schützen (BMU 1998). In der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) werden dazu Vorsorgewerte definiert, bei deren Überschreiten die Besorgnis einer schädlichen Bodenveränderung besteht (BMU 1999). Berücksichtigt werden dabei Böden mit geogen und großflächig siedlungsbedingt erhöhten Hintergrundgehalten. Im Hinblick auf regionale Fragestellungen im stofflichen Bodenschutz ist daher die Kenntnis des natürlichen stofflichen Ist-Zustandes der Böden die Voraussetzung. Zu diesem Zweck sind länderspezifische Hintergrundwerte zu ermitteln.

Seit dem Erscheinen der Karte „Hintergrundgehalte umweltrelevanter Schwermetalle in Gesteinen und oberflächennahem Untergrund“ (ROSENBERG & SABEL 1996) und der bisherigen Ausweisung von Hintergrundwerten hessischer Böden, veröffentlicht im Bericht „Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe in Böden“ der LABO (2003), haben sich die Datengrundlagen in Hessen weiter verbessert. Deshalb erfolgte jetzt eine Neubewertung auf dem aktuell verfügbaren Datenbestand. Das Ergebnis ist der Bericht „Hintergrundwerte von Spurenstoffen in hessischen Böden“ (HLUG 2011a), der sich von den bisherigen Veröffentlichungen durch eine neue, abweichende Substratklassifizierung, die einheitlich für Ober-, Unterböden und Untergrund durchgeführt wird, unterscheidet. Die Ergebnisse werden als umfangreiches Tabellenwerk mit Hintergrundwerten von 14 anorganischen Spurenstoffen und mittels einer Karte der „Substratgruppen zur Kennzeichnung der Hintergrundwerte in hessischen Oberböden“ (HLUG 2011b) in ihrer räumlichen Verbreitung präsentiert. Der Bericht ist als Blattsammlung konzipiert, wodurch er zukünftig erweitert und aktualisiert werden kann. Bisher beschränkt er sich auf die Darstellung anorganischer Spurenstoffe; die sich aktuell in

der Bearbeitung befindliche Auswertung von Hintergrundwerten organischer Spurenstoffe wird die Sammlung zeitnah ergänzen. Der Bericht wird im pdf-Format zum kostenlosen Download zur Verfügung gestellt (<http://www.hlug.de/start/boden/hintergrundwerte.html>).

Außerdem werden die Ergebnisse über die Substratgruppenkarte auch im BodenViewer Hessen eingebunden (<http://bodenviewer.hessen.de>). Die Karte kann dort im Maßstabsbereich 1:35 000 bis kleiner 250 000 visualisiert werden und mittels räumlicher Abfragen können die Hintergrundwerte der Spurenstoffe für die jeweiligen Substrate direkt eingesehen werden.

## 2 Definitionen

Nach LABO (2003) sind **Hintergrundwerte** „repräsentative Werte für allgemein verbreitete Hintergrundgehalte eines Stoffes oder einer Stoffgruppe in Böden“. Sie beschreiben den stofflichen Ist-Zustand und bilden somit Vergleichswerte für verschiedene Fragestellungen des Bodenschutzes. Der **Hintergrundgehalt** ist gemäß § 2 Absatz 9 der BBodSchV (BMU 1999) definiert als „Schadstoffgehalt eines Bodens, der sich aus dem geogenen (natürlichen) Grundgehalt eines Bodens und der ubiquitären Stoffverteilung als Folge diffuser Einträge in den Boden zusammensetzt“. Der **geogene Grundgehalt** umfasst den natürlichen Stoffbestand eines Bodens, der sich aus dem Ausgangsgestein (lithogener Anteil) und der durch bodenbildende Prozesse beeinflussten sekundären Umverteilung von Stoffen im Boden ergibt (pedogener Anteil) (HINDEL et al. 1998). Diffus sind Einträge, die sich nicht auf eine lokalisierbare Quelle (z. B. punktueller Emittenteneinfluss, Altlasten) zurückführen lassen, sondern ubiquitär und über längere Zeiträume erfolgt sind (z. B. durch Kraftfahrzeugverkehr, landwirtschaftliche Emissionen).

**Vorsorgewerte** sind definiert als „Bodenwerte, bei deren Überschreiten unter Berücksichtigung von geogenen oder großflächig siedlungsbedingten Schadstoffgehalten in der Regel davon auszugehen ist, dass die Besorgnis einer schädlichen Bodenveränderung besteht“ (BMU 1998). Die in der BBodSchV (BMU 1999) aufgeführten Vorsorgewerte für anorganische Spurenstoffe sind nutzungs- und schutzgutunabhängig. Sie werden nach den Hauptbodenarten unterschieden, gelten für Böden mit einem Humusgehalt von  $\leq 8\%$  und berücksichtigen elementspezifisch die Bodenreaktion. Prinzipiell beruht ihre Ableitung auf ökotoxikologischen Kriterien, sie wurden jedoch auch mit Hintergrundwerten abgeglichen (BACHMANN et al. 1998).

### 3 Datengrundlagen und Methoden

Die Datenbasis zur Ableitung der Hintergrundwerte bildet das Bodenzustandskataster Hessen, welches im Bodenformenarchiv (BoFA) des HLUg verwaltet wird. BoFA repräsentiert das Datenbanksystem zur Erfassung, Pflege und Auswertung der Daten des Bodenzustandskatasters. Hier werden sowohl umfassende Profilbeschreibungen als auch Labordaten verwaltet. Die Bodendaten wurden im Rahmen diverser Projekte über einen langen Zeitraum erhoben, neben aktuellen, wie beispielsweise der Bodeninventur oder der Bodendauerbeobachtung, flossen auch Datensätze abgeschlossener Projekte (sog. Altdaten) mit ein. Vor der statistischen Auswertung hat deshalb eine umfassende Qualitätsprüfung der Daten stattgefunden. Besonderes Augenmerk wurde auf die Vergleichbarkeit der Extraktionsmittel und Analyseverfahren gelegt. Hintergrundwerte wurden für königswasser- und ammoniumnitratextrahierbare Gehalte (KW- und  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ -Gehalte) berechnet, vorhandene Totalgehalte wurden mittels Regressionsfunktionen (Ad-hoc-AG Boden 2005, UTERMANN et al. 2000) in königswasserextrahierbare Gehalte umgerechnet. Insgesamt wurden für die Berechnung der Hintergrundwerte anorganischer Spurenstoffe 2855 untersuchte Bodenformen mit über 150 000 Laboranalysen ausgewertet.

Die Auswertungen erfolgten nach den Kriterien der LABO (2003). Im Fokus steht dabei die Bildung von Auswertungsgruppen nach Substratzusammenset-

zung, Horizontansprache und Tiefenstufe, Bodennutzung und Gebietstyp. Die wichtigste Einflussgröße für die Gehalte anorganischer Stoffe in Böden bildet das Ausgangssubstrat, da es – mit Ausnahme der Auflagehorizonte – das gesamte Bodenprofil prägt. Für Hessen werden 9 lithogenetisch übergeordnete Substrathauptgruppen und 29 Substratgruppen differenziert, die den vorliegenden Bericht als Hauptgliederungsmerkmal strukturieren. Die Substrathauptgruppen orientieren sich an der Liste „Prioritäre Gruppen der Bodenausgangsgesteine“ der LABO (2003), die an hessische Gesteinsvorkommen angepasst wurde. Der Anteil einer eingemischten oder überlagernden äolischen Fremdkomponente (v. a. Löss), der je nach bodenbildendem Ausgangsgestein zu einer Minderung (Verdünnung) oder Erhöhung des Gehaltes führen kann, dient der weiteren Gliederung. Eine Übersicht der ausgewerteten Substrathauptgruppen und -gruppen sowie deren Häufigkeiten (Anzahl der Schichten) ist in Tabelle 1 dargestellt.

Durch pedogene Prozesse findet teilweise eine weitere Überprägung der Substrate statt. Dies wird unter anderem durch die Differenzierung von Horizontgruppen berücksichtigt, die nach den Vorgaben der LABO (2003) horizont- und tiefenbezogen erfolgt. Dabei werden die Horizontsymbole nach Ad-hoc-AG Boden (1994) unter Einbeziehung der Tiefenstufen nach BBodSchV, Anhang 1 (BMU 1999) verwendet. Unterschieden werden die Horizontgruppen Auflage-, Oberboden- und Unterbodenhorizonte sowie Untergrund. Für die Auflagehorizonte werden neben der substratdifferenzierten Auswertung in einem Extrakapitel die Ergebnisse einer substratübergreifenden, hessenweiten Auswertung dargestellt.

Da die Oberboden- und Auflagehorizonte durch Bodennutzung und diffuse atmogene Einträge beeinflusst sind, werden diese bei ausreichender Datengrundlage weiter nach Nutzungsklassen und Gebietstypen untergliedert. Die Nutzung nimmt einen unmittelbaren Einfluss auf die Stoffverteilung, nutzungsspezifische Stoffeinträge sind möglich. Unterschieden werden die drei Hauptnutzungsarten Acker, Grünland und Forst. Bei Ackerböden treten i. d. R. geringere Stoffgehalte auf, da die regelmäßige Bodenbearbeitung eine Verdünnung zur Folge hat. Dagegen reichern sich Stoffe in den oberen Horizonten der Böden unter Dauergrünlandnutzung häufig

**Tab. 1:** Übersicht über die Substratgruppen, die Anzahl der Schichten und die Auswertungstabellen.  
 (dunkelgrau = Hintergrundwerte vorhanden, hellgrau = Hintergrundwerte konnten nicht ausgewertet werden)

Substratgliederung			Auswertungsgruppen							
Subst.- haupt- gruppe	Substratgruppe	An- zahl	Boden- kenn- werte	KW-Gehalte				NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> -Gehalte		
				Horizont	Nutzung	Gebiets- typ	Auflage- hor.	Horizont	Nutzung	Gebiets- typ
<b>Organogene Substrate</b>										
Fluviatile Substrate	Auensandsubstrate	154								
	Auenschluffsubstrate	366								
	Auentonssubstrate	140								
	Flusssedimentsubstrate	382								
	Hochflutsubstrate	359								
Äolische Substrate	Lösssubstrate	1143								
	Sandlöss- und Lösssandsubstrate	45								
	Flugsandsubstrate	386								
	Tephrastrubstrate	13								
Kollu- viale Substr.	Kolluvialsubstrate heterogener Zusammensetzung	385								
	Kolluvialsubstrate aus Lössderivaten	310								
<b>Bodensubstrate mit periglazialer Überprägung</b>										
Carbo- natische Substr.	Substrate aus Carbonaten	17								
	lössarme Substrate aus Carbonaten	67								
	lössreiche Substrate mit Carbonaten	39								
Psammitische und psephitische Substrate	Substrate aus Psammiten und Psephiten	62								
	lössarme Substrate aus Psammiten und Psephiten	898								
	lössreiche Substrate mit Psammiten und Psephiten (überwiegend Sand)	260								
	lössreiche Substrate mit Psammiten und Psephiten (überwiegend Schluff)	81								
Pelitische Substrate	Substrate aus Peliten	74								
	lössarme Substrate aus Peliten	716								
	lössarme Substrate aus Peliten (überwiegend Schutte)	82								
	lössreiche Substrate mit Peliten	523								
Vulka- nogene Substr.	Substrate aus Vulkaniten	54								
	lössarme Substrate aus Vulkaniten	592								
	lössreiche Substrate mit Vulkaniten	338								
Plutoni- tische Substr.	Substrate aus Plutoniten	13								
	lössarme Substrate aus Plutoniten	46								
	lössreiche Substrate mit Plutoniten	37								



an, Waldböden können durch den Filtereffekt („Auskämmeffekt“) der Vegetation höhere Gehalte aufweisen. Um neben der Nutzung die gebietsspezifische Immissionssituation zu berücksichtigen, empfiehlt die LABO (2003) weiterhin eine Gruppierung nach Gebietstypen, bei der die Differenzierung auf Gemeindeebene erfolgt (BBR 2008). Es werden vorwiegend ländlich geprägte Räume (Typ A) und Verdichtungsräume (Typ B) unterschieden.

#### 4 Auswertungen und Ergebnisse

Als statistische Kennwerte zur Charakterisierung von Hintergrundwerten werden nach LABO (2003) das 50. und das 90. Perzentil herangezogen. Um statistisch abgesicherte Aussagen treffen zu können, muss der Stichprobenumfang  $n \geq 20$  sein (LABO 2003). Bei einem geringeren Stichprobenumfang von  $10 \leq n < 20$  werden die Ergebnisse in dem Bericht kursiv dargestellt und haben nur einen orientierenden Charakter. Vor den Berechnungen der Perzentile wurden die Datenkollektive überprüft und auffällige Datensätze eliminiert. Als Ausreißer wurden Werte definiert, die das 75. bzw. das 25. Perzentil um mehr als den dreifachen Interquartilabstand über- bzw. unterschreiten.

Im Bericht wird jede Substrathauptgruppe in einem Kapitel gesondert erläutert. Nach einer kurzen Be-

schreibung der zugehörigen Substratgruppen und ihrem regionalen Vorkommen sowie einer Karte ihrer räumlichen Verbreitung erfolgt die tabellarische und graphische (Bodenartendiagramm, Boxplot) Dokumentation der statistischen Kennwerte. Hintergrundwerte der Horizontgruppen, die die Vorsorgewerte der BBodSchV (BMU 1999) überschreiten, sind durch Fettdruck gekennzeichnet. Zur Einordnung der Bodenartenhauptgruppe und des pH-Wertes wurden die statistischen Auswertungen der Bodenkennwerte herangezogen.

Exemplarisch wird dies in der Karte für die Substrathauptgruppe „Äolische Substrate“ (Abb. 1) und in den Tabellen 2 bis 9 und Abbildungen 2 und 3 für die Auswertungen der Substratgruppe „Löss“ gezeigt. Für Lösssubstrate liegen die Gehalte der Spurenelemente im Vergleich zu anderen Substratgruppen auf mittlerem Niveau. Deshalb verringern oder erhöhen sich die geogenen Gehalte je nach betroffenem Untergrundgestein mit steigendem Lössanteil. Bei der Bewertung von Bodenmaterial muss daher immer eine Abschätzung der Komponentenanteile erfolgen. Durch die Bildung von löss(lehm)freien, -armen und -reichen Substratgruppen und reinen Lösssubstraten wurde diesem wichtigen Zusammenhang Rechnung getragen. Die Vorsorgewerte für die Bodenart Lehm/Schluff werden von den 90. P.-Werten der Lösssubstrate für Nickel in Ober- und Unterboden und für Blei im Oberboden überschritten.

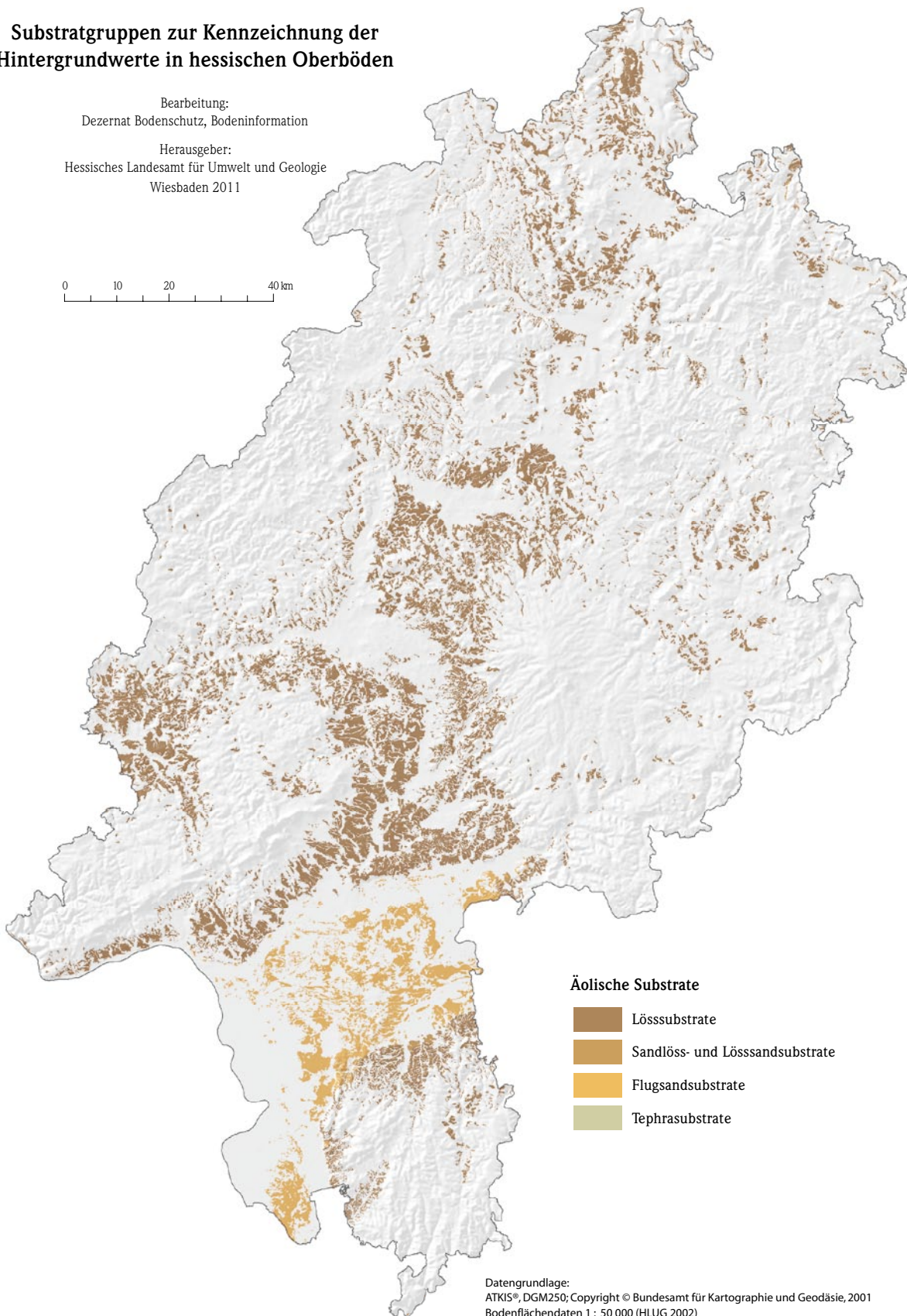
**Tab. 2:** Bodenkennwerte für Lösssubstrate nach Horizontgruppen.

Horizontgruppe		CaCO <sub>3</sub> [%]	C <sub>org</sub> [%]	pH (CaCl <sub>2</sub> ) [-]	KAK <sub>pot</sub> [mmol IÄ/100g]
Oberboden	n	94	91	191	94
	50. Perzentil	0,0	1,30	6,10	15,25
	90. Perzentil	0,1	2,20	7,10	21,79
Unterboden	n	116	117	207	120
	50. Perzentil	0,0	0,35	6,07	15,65
	90. Perzentil	0,1	0,85	7,11	20,62
Untergrund	n	65	54	64	55
	50. Perzentil	12,5	0,30	7,60	14,02
	90. Perzentil	20,1	0,61	7,74	17,72

## Substratgruppen zur Kennzeichnung der Hintergrundwerte in hessischen Oberböden

Bearbeitung:  
Dezernat Bodenschutz, Bodeninformation  
Herausgeber:  
Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie  
Wiesbaden 2011

0 10 20 40 km



### Äolische Substrate

- Lösssubstrate
- Sandlöss- und Lösssandsubstrate
- Flugsandsubstrate
- Tephrastrubstrate

Datengrundlage:  
ATKIS®, DGM250; Copyright © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2001  
Bodenflächendaten 1 : 50 000 (HLUG 2002)

**Abb. 1:** Räumliche Verbreitung der äolischen Substratgruppen.

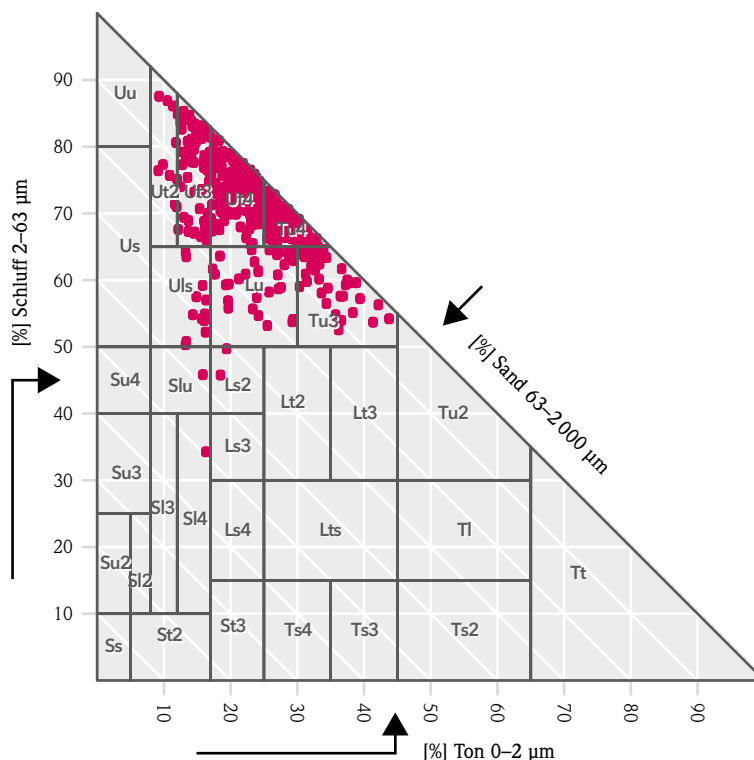


Abb. 2: Bodenartendiagramm für Lösssubstrate (n=411).

Tab. 3: KW-Gehalte für Lösssubstrate nach Horizontgruppen [mg/kg].

Horizontgruppe		Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Sb	Tl	V	Zn
Oberboden	n	73	210	518	328	254	542	469	386	526	535	46	34	77	561
	50. Perzentil	20303	9	0,29	11	23	15	0,07	770	28	42	0,65	0,21	51	66
	90. Perzentil	27714	12	0,66	23	48	23	0,21	1364	<b>53</b>	<b>80</b>	1,10	0,24	75	104
Unterboden	n	92	167	588	378	260	599	505	465	578	601	53	47	81	619
	50. Perzentil	24458	9	0,11	13	24	15	0,03	644	35	26	0,53	0,20	54	61
	90. Perzentil	33362	13	0,50	24	51	22	0,08	1279	<b>63</b>	41	0,84	0,25	79	89
Untergrund	n	39	76	89	40	75	98	67	71	95	93	25	24	19	95
	50. Perzentil	20013	8	0,07	7	34	12	0,02	517	27	19	0,40	0,16	46	43
	90. Perzentil	24326	11	0,21	13	43	17	0,03	721	36	31	0,97	0,22	69	57

Tab. 4: KW-Gehalte für Lösssubstrate im Oberboden nach Nutzung [mg/kg].

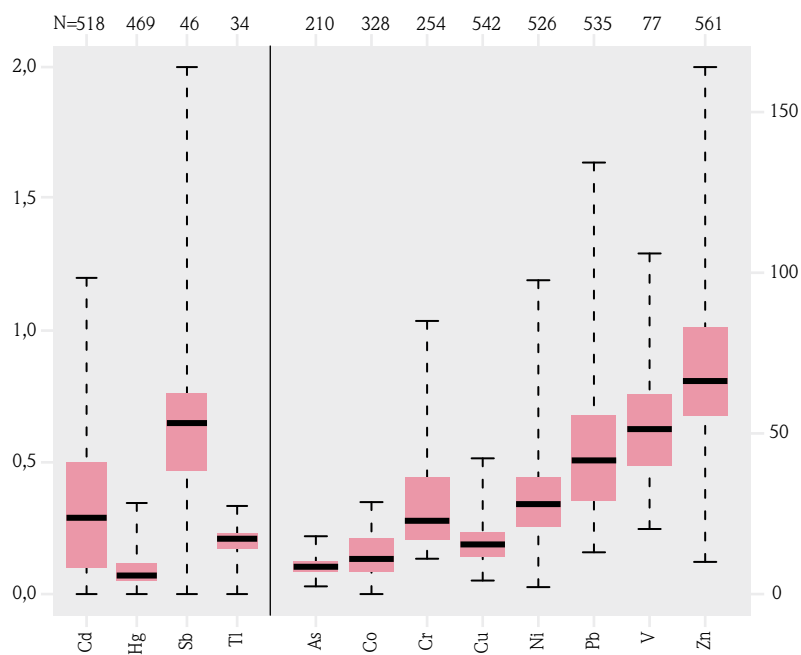
Nutzung		Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Sb	Tl	V	Zn
Acker	n	56	174	278	112	203	281	232	153	276	276	37	23	35	293
	50. Perzentil	21600	9	0,29	10	21	16	0,06	759	26	31	0,65	0,21	56	64
	90. Perzentil	28100	12	0,60	18	47	24	0,10	1169	37	48	1,05	0,24	95	100
Grünland	n	7	19	113	103	32	124	116	113	121	125	4	2	15	127
	50. Perzentil	-	9	0,34	18	35	16	0,08	945	45	46	-	-	61	84
	90. Perzentil	-	13	0,60	24	50	23	0,12	1443	66	64	-	-	78	107
Wald	n	10	17	127	113	19	133	131	114	128	130	6	7	27	139
	50. Perzentil	13603	7	0,21	8	22	12	0,17	488	24	66	-	-	40	59
	90. Perzentil	18444	11	0,66	19	48	19	0,34	1395	43	105	-	-	46	102

**Tab. 5:** KW-Gehalte für Lösssubstrate im Oberboden nach Gebietstyp [mg/kg].

Gebietstyp		Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Sb	Tl	V	Zn
Typ A	n	63	70	348	318	88	374	380	370	362	367	39	28	75	391
	50. Perzentil	20881	8	0,23	11	30	15	0,08	774	32	47	0,65	0,20	51	71
	90. Perzentil	27714	11	0,59	23	51	24	0,23	1374	61	90	1,11	0,26	74	105
Typ B	n	10	140	170	10	164	169	89	16	172	164	7	5	2	165
	50. Perzentil	18444	9	0,30	7	19	16	0,04	719	24	29	-	-	-	63
	90. Perzentil	24302	13	0,70	9	38	24	0,12	1094	32	48	-	-	-	80

**Tab. 6:** KW-Gehalte der Auflagehorizonte über Lösssubstraten [mg/kg].

		Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Sb	Tl	V	Zn
L	n	-	12	16	7	9	15	2	5	15	16	7	-	1	16
	50. Perzentil	-	3	0,33	-	-	12	-	-	15	27	-	-	-	65
	90. Perzentil	-	9	0,95	-	-	20	-	-	28	62	-	-	-	144
Of	n	-	4	35	53	5	57	41	29	57	49	2	-	23	58
	50. Perzentil	-	-	0,44	7	-	16	0,47	714	20	75	-	-	21	67
	90. Perzentil	-	-	0,66	17	-	25	0,73	1498	52	117	-	-	32	93



**Abb. 3:** Boxplot – KW-Gehalte von Lösssubstraten im Oberboden [mg/kg].

**Tab. 7:** NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>-Gehalte von Lösssubstraten nach Horizontgruppen [mg/kg].

Horizontgruppen		Al	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Tl	Zn
Oberboden	n	35	61	71	37	78	71	70	39	75
	50. Perzentil	< BG	< BG	0,002	< BG	0,12	0,02	< BG	< BG	0,02
	90. Perzentil	1,2	< BG	0,016	< BG	0,20	0,12	< BG	0,01	0,64
Unterboden	n	48	87	98	52	99	101	84	56	96
	50. Perzentil	< BG	< BG	0,001	< BG	0,03	0,06	< BG	< BG	0,03
	90. Perzentil	0,9	< BG	0,009	< BG	0,19	0,27	< BG	0,01	0,30
Untergrund	n	26	37	36	29	46	44	38	30	38
	50. Perzentil	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG
	90. Perzentil	0,3	< BG	< BG	< BG	0,15	0,05	< BG	< BG	< BG

**Tab. 8:** NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>-Gehalte von Lösssubstraten im Oberboden nach Nutzung [mg/kg].

Nutzung		Al	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Tl	Zn
Acker	n	33	54	64	35	67	64	64	37	62
	50. Perzentil	< BG	< BG	0,002	< BG	0,11	0,02	< BG	< BG	< BG
	90. Perzentil	1,0	< BG	0,011	< BG	0,19	0,11	< BG	0,01	0,51

**Tab. 9:** NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>-Gehalte von Lösssubstraten im Oberboden nach Gebietstyp [mg/kg].

Gebietstyp		Al	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Tl	Zn
Typ A	n	31	54	65	33	70	64	63	35	67
	50. Perzentil	< BG	< BG	0,003	< BG	0,11	0,02	< BG	< BG	0,02
	90. Perzentil	1,2	< BG	0,017	< BG	0,18	0,13	< BG	0,01	0,64

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Der neue Bericht stellt aktualisierte Hintergrundwerte für bis zu 14 anorganische Spurenstoffe zur Verfügung. Tabelle 1 gibt einen Überblick, für welche Substrat- und Auswertungsgruppen auf Grundlage der bestehenden Datenbasis Hintergrundwerte berechnet werden konnten. Neben der Bereitstellung der Werte war ein weiteres Ziel der Auswertungen, vorhandene Datendefizite aufzuzeigen. So ist bei vier Substratgruppen eine Angabe von Hintergrundwerten bisher nicht möglich, weiterhin können häufig nutzungs- und gebietstypdifferenzierte Auswertungen aufgrund zu geringer Fallzahlen nicht durchgeführt werden. Um die Datenlücken zu schließen, sollen in den kommenden Jahren diese Substratgruppen verstärkt untersucht werden. Generell auszubauen sind auch die Datenkollektive einzel-

ner Spurenelemente (z. B. Arsen, Thallium) und der NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>-Gehalte, die nur bei rund der Hälfte der Substratgruppen ausgewertet werden konnten. Da inzwischen beides im Standardmessprogramm des HLUG enthalten ist, wird sich die Datensituation in den nächsten Jahren verbessern.

Vergleicht man die Hintergrundwerte der Hauptnutzungsarten, so weisen die Grünland- und Waldstandorte erwartungsgemäß oft höhere Spurenelementgehalte auf als die Ackerstandorte. Bei vielen Substratgruppen ist die Reihenfolge jedoch auch uneinheitlich bzw. spurenelementspezifisch unterschiedlich. So besitzen typischerweise die Auflage- und Oberbodenhorizonte der Waldstandorte die höchsten Blei-Gehalte: ein Spurenelement, welches in erster Linie durch luftbürtige Immissionen in den Boden gelangt. Unter Ackernutzung sind teilweise erhöhte Kupfer- und Zink-Gehalte zu finden. Im

Hinblick auf die Auswertung nach Gebietstypen können valide Hintergrundwerte für beide Gebietstypen, die einen direkten Vergleich der Gehalte erlauben, nur für wenige Substratgruppen ermittelt werden. Ein einheitlicher Trend kann dabei nicht ausgemacht werden, vielmehr sind die Unterschiede zwischen den Gebietstypen wiederum elementspezifisch zu betrachten. So sind insbesondere die Blei- und Arsen-Gehalte in den Verdichtungsräumen höher. Um, wie von der LABO (2003) vorgeschlagen, spezifische Hintergrundwerte für die einzelnen Verdichtungs-räume ausweisen zu können, müssten weitere Stand-orte des Gebietstyps B untersucht werden.

Beim Vergleich mit den Vorsorgewerten zeigen die Hintergrundwerte für Nickel mit Abstand die häufigsten und höchsten Überschreitungen sowohl für die 50. als auch für die 90. P.-Werte. Auch die Hinter-groundwerte für Zink, Chrom, Kupfer und Blei übertreffen den Vorsorgewert in einigen Fällen für das 50. und 90. Perzentil. Die insgesamt geringste Anzahl an Überschreitungen ist für Quecksilber zu beobachten. Cadmium ist das einzige Spurenelement, bei dem die 50. P.-Werte in keiner Substratgruppe die Vorsorgewerte überschreiten. Die 90. P.-Werte überschreiten diese allerdings ähnlich häufig wie bei Blei. Die Hintergrundwerte der  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ -Gehalte können mit den Prüfwerten für Ackerbauflächen für den Wirkungspfad Boden – Nutzpflanze verglichen werden (BMU 1999). Einmalig wird für das 90. Perzentil der lössarmen Substrate aus Psammiten und Psephiten bei Ackernutzung der Zink-Prüfwert von 2 mg/kg erreicht.

Abschließend muss für stoffliche Bodenschutzfragestellungen der Hinweis gegeben werden, dass die in dem Bericht präsentierten regionalisierten Hinter-groundwerte Übersichtscharakter besitzen. Es handelt sich um eine Beschreibung des regionalen stofflichen Bodenzustandes mit Angabe von prognostizierten Wertebereichen. Lokal können die Hintergrund-gehalte durchaus abweichen. Für konkrete Fragestel-lungen des Vollzugs der Bodenschutzgesetze sind eine differenzierte Ermittlung der lokalen Substrate und eine Analyse von Bodenproben erforderlich.

Eine aktuelle Auswertung von Hintergrundwerten organischer Spurenstoffe wird den Bericht zeitnah ergänzen und weitere Grundlagen zur Bewertung von Stoffgehalten bieten. Bisher wurden für Hessen

nutzungs- und gebietstypdifferenzierte Hintergrund-werte für PAK, PCB, CKW und PCDD/F veröffent-licht (LABO 2003). Ergänzt werden sollen nun erst-malig auch Auswertungen dioxinähnlicher PCB (dl-PCB).

## 6 Literaturverzeichnis

- Ad-hoc-AG Boden (1994): Bodenkundliche Kartier-anleitung, 4. Aufl., 392 S.; Hannover.
- Ad-hoc-AG Boden (2005): Leitfaden zum Umrech-nungsprogramm „Methodenvergleich Gesamt-gehalte Haupt- und Spurenelemente“. – 18 S.; Hannover. [[http://www.bgr.de/app/FISBoB-GR\\_Stoffhaushalt/pdf/Leitfaden\\_Methodenvergleich.pdf](http://www.bgr.de/app/FISBoB-GR_Stoffhaushalt/pdf/Leitfaden_Methodenvergleich.pdf), Stand: 08.11.2010]
- BACHMANN, G., BANNICK, C. G., GIESE, E., GLANTE, F., KEINE, A., KONIETZKA, R. RÜCK, F., SCHMIDT, S., TERYTZE, K. & D. V. BORRIES (1998): Fachliche Eckpunkte zur Ableitung von Bodenwerten im Rahmen des Bundes-Bodenschutzgesetzes. In: Rosenkranz, D., Einsele, G., Harreß, H.-M. & G. Bachmann (Hrsg.): Handbuch Bodenschutz, Kennziffer 9006, BoS 39. Lfg. XII/03.; Berlin. (Erich Schmidt Verlag)
- BBR – Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (Hrsg.) (2008): Referenz Gemeinden - Verdich-tungsräume, Stichtag 31.12.2008. [[http://www.bbsr.bund.de/c1n\\_015/nn\\_499850/BBSR/DE/Raumb Beobachtung/Werkzeuge/Raumabgrenzungen/Verdichtungs-raeume/downloadangebot.html](http://www.bbsr.bund.de/c1n_015/nn_499850/BBSR/DE/Raumb Beobachtung/Werkzeuge/Raumabgrenzungen/Verdichtungs-raeume/downloadangebot.html)]
- BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (1998): Gesetz zum Schutz des Bodens (Bundes-Bodenschutzge-setz), BGBl. Teil I, Nr. 16; Bonn.
- BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (1999): Bundes-Boden-schutz- und Altlastenverordnung, BGBl. Teil I, Nr. 36; Bonn.
- HINDEL, R., GEHRT, E., KANTOR, W. & E. WEID-NER (1998): Spurenelementgehalte in Böden Deutschlands: Geowissenschaftliche Grund-lagen und Daten. – In: ROSENKRANZ, D., BACH-MANN, G., KÖNIG, W. & G. EINSELE (Hrsg.): Bodenschutz.– Ergänzbare Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz,

- Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser. Kapitel 1520: 41 S.; Berlin. (Erich Schmidt Verlag)
- HLUG – Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Hrsg.) (2002): Bodenflächen 1 : 50 000 von Hessen. – 1. Aufl.; Wiesbaden.
- HLUG – Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Hrsg.) (2011a): Hintergrundwerte von Spurenstoffen in hessischen Böden. – 1. Aufl., 141 S.; Wiesbaden.
- HLUG – Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Hrsg.) (2011b): Karte der Substratgruppen zur Kennzeichnung der Hintergrundwerte in hessischen Oberböden; Wiesbaden.
- LABO – Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (2003): Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe in Böden. – 3. Aufl.: 169 S., Berlin.
- [<http://www.labo-deutschland.de/pdf/LABO-HGW-Text.pdf>, Stand: 23.01.2011]
- ROSENBERG, F. & K.-J. SABEL (1996): Hintergrundgehalte umweltrelevanter Schwermetalle in Gesteinen und oberflächennahem Untergrund Hessens. Übersichtskarte 1 : 300 000. Hessisches Landesamt für Bodenforschung; Wiesbaden.
- UTERMANN, J., DÜWEL, O., GÄBLER, H.-E. & R. HINDEL (2000): Beziehungen zwischen Totalgehalten und königswasserextrahierbaren Gehalten von Schwermetallen in Böden. – In: ROSENKRANZ, D., BACHMANN, G., KÖNIG, W. & G. EINSELE (Hrsg.): Bodenschutz – Ergänzbare Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser, Kapitel 1600, 36 S.; Berlin. (Erich Schmidt Verlag)

## Erdwärmennutzung in Hessen - aktuelle Entwicklungen in Zahlen

SVEN RUMOHR

Die Erschließung und Nutzung von Erdwärme (syn. geothermische Energie) hat Eingang in die Zielsetzungen von Politik und Gesetzgebung gefunden. Erdwärme gilt als eine der erneuerbaren Energien im Sinne des am 1. Januar 2009 in Kraft getretenen EEWärmeG [1], dass das Ziel aufgestellt hat, bis zum Jahr 2020 mindestens 14 % des Wärme- und Kälteenergiebedarfs von Gebäuden durch erneuerbare Energien zu decken. Die Erschließung und Nutzung geothermischer Energie soll auch einen Beitrag leisten, um das Ziel des Landes Hessen, bis zum Jahr 2020 20% des Endenergiebedarfs (ohne Verkehr) aus erneuerbaren Energien zu decken, zu erreichen [2].

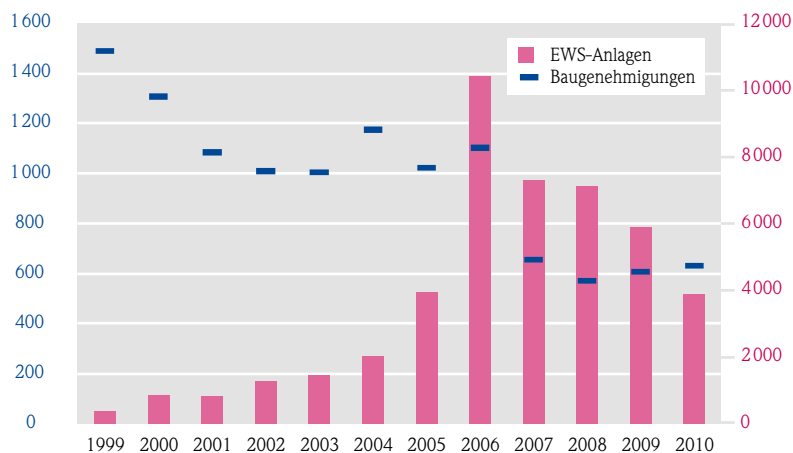
Derzeit erfolgt in Hessen ausschließlich eine Nutzung oberflächennaher Erdwärme, deren Grenze definitionsgemäß bei 400 m Tiefe liegt. Noch in 2011 sollen die Bohrarbeiten für die erste „mitteltiefe“ Erdwärmesonde (EWS) Hessens in Groß-Umstadt, OT Heubau mit einer Tiefe von 700–900 m begonnen werden [3]. Tiefengeothermische Nutzungen, die i. d. R. der Stromproduktion dienen, sind in Hessen bisher nur in Planung.

Die Nutzung der oberflächennahen Erdwärme erfolgt in Hessen überwiegend mittels EWS-gekoppelten Wärmepumpen-Anlagen, auf die sich die nachfolgenden Ausführungen daher beschränken. Weitere eingesetzte Systeme sind geothermische Brunnenanlagen und Erdwärmekollektoren. Die Zahl der erlaubnisfreien Erdwärmekollektoren kann nur geschätzt werden (Tab. 1).

**Tab. 1:** Bilanz der mit dem Bodenaushub entfernten Schadstoffe.

Anlagentyp	Anzahl
Erdwärmesonde	6 100
Geotherm. Brunnen	150
Erdwärmekollektor	500*
* Anzahl geschätzt	

Zum Stichtag 31.12.2010 ist die Gesamtzahl der in Hessen genehmigten EWS-Anlagen auf rd. 6 100 Anlagen angestiegen, wobei die Zahl der jährlich erteilten Genehmigungen seit 2007 deutlich rückläufig ist (Abb. 1). Ursächlich sind hierfür der Abwärtstrend im Eigenheimbau nach 2006 (RUMOHR 2009) sowie eine Zunahme des Marktanteils der Luft/Wasser-Wärmepumpe zu Lasten der EWS-gekoppelten Sole/Wasser-Wärmepumpe ab 2006 auf mittlerweile rd. 50 %. Gründe sind nach [3] u. a. die relativ hohen Kosten für Sondenbohrungen und der Trend zu



**Abb. 1:** Anzahl der jährlich erteilten Baugenehmigungen für Ein- und Zweifamilienhäuser und der jährlich erteilten Genehmigungen für Erdwärmesondenanlagen in Hessen.



immer effizienteren Luft/Wasser-Wärmepumpen. Für höhere Erstellungskosten der Erdwärmesondenanlagen sind in Hessen auch die im August 2011 in Kraft getretenen *Anforderungen des Gewässerschutzes an Erdwärmesonden* [4] verantwortlich. Diese geben für Anlagen in Wasserschutzgebieten einen frostfreien Betrieb vor, der entweder einen zweiten Wärmeerzeuger im bivalenten Betrieb oder die Erhöhung der Gesamtlänge der EWS einer Anlage erfordert.

Beim überwiegenden Anteil der bisher genehmigten EWS-Anlagen handelt es sich um sog. „kleine Anlagen“ mit einer Heizleistung bis 30 kW, wobei der Anteil der „großen Anlagen“ (Heizleistung über 30 kW) von rd. 5 % im Betrachtungszeitraum bis 2008 auf rd. 8 % im Betrachtungszeitraum 2009/2010 deutlich angestiegen ist [5]. Gleichzeitig ist bei den kleinen Anlagen eine Verschiebung zu kleineren Heizleistungen und Gesamtbohrmetern erkennbar – eine Folge verbesserter Gebäudedämmung gemäß der 2009 in Kraft getretenen Energieeinsparverordnung EnEV 2009.

## Anforderungen des Gewässerschutzes an Erdwärmesonden

In Hessen wird das für Erdwärmesonden erforderliche Erlaubnisverfahren durch den Erlass *Anforderungen des Gewässerschutzes an Erdwärmesonden* vom 25. August 2011 [4] geregelt<sup>1</sup>. Dieser fasst die sich aus bestehenden gesetzlichen Regelungen, z. B. zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen ergebenden Anforderungen an die Errichtung und den Betrieb von Erdwärmesonden zusammen und regelt den Ablauf des Genehmigungsverfahrens. Änderungen gegenüber der bisherigen Regelung vom 8. Juni 2004 beruhen auf Änderungen der gesetzlichen Vorgaben, z. B. des WHG, aber auch auf Erfahrungen zu Risiken und Qualitätsmängeln.

Eine wesentliche Änderung der Anforderungen besteht in der Forderung eines frostfreien Betriebs von EWS in bestimmten Gebieten, z. B. in den Zonen IIIA von Wasserschutzgebieten. Hiermit reagiert das Land

Hessen auf die Feststellung, dass die Frost-Tau-Wechsel-Beständigkeit der Abdichtung von EWS-Bohrungen bisher nicht zweifelsfrei nachgewiesen werden kann [6]. Bei einer nicht ausreichenden Beständigkeit verliert die Bohrlochabdichtung ihre zum Schutz tieferer Grundwasservorkommen erforderliche Funktion.

## Wie geht es weiter?

Die Entwicklung der vergangenen Jahre spricht für eine Stabilisierung der jährlich genehmigten EWS-Anlagen < 30 kW auf dem derzeitigen Niveau von rd. 400–500 EWS-Anlagen, so fern die Bautätigkeit auf dem aktuellen Niveau verbleibt.

Ein weiterer Rückgang der Genehmigungszahlen ist möglich, wenn die im Entwurf vorliegende *Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (VAUwS)* [7] umgesetzt wird. Dieser sieht vor, dass in Wasserschutzgebieten keine Erdwärmesonden mehr eingebaut werden dürfen.

Da in Hessen die Errichtung von EWS derzeit auch in den Zonen IIIA von Wasserschutzgebieten, in denen sich immerhin 20 % der Ortslagen befinden, grundsätzlich möglich ist, würde diese Regelung Hessen besonders treffen.

## Quellen

- [1] Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG); Download: [http://www.bmu.de/erneuerbare\\_energien/downloads/doc/40556.php](http://www.bmu.de/erneuerbare_energien/downloads/doc/40556.php)
- [2] Bericht des Energie-Forums Hessen 2020; Download: [http://www.hessen-nachhaltig.de/c/document\\_library/get\\_file?uuid=a523ead3-cac2-431f-9f8a-021d12046217&groupId=11217](http://www.hessen-nachhaltig.de/c/document_library/get_file?uuid=a523ead3-cac2-431f-9f8a-021d12046217&groupId=11217)
- [3] BWP-Branchenstudie 2009; Download: <http://www.waermepumpe.de/presse/faktenargumente/studien.html>

<sup>1</sup> auch als Download unter: [www.hmuelv.hessen.de](http://www.hmuelv.hessen.de) > Umwelt > Gewässerschutz > Anlagen- und stoffbezogener Gewässerschutz > Erdwärmesonden oder [www.hlug.de](http://www.hlug.de) > Geologie > Erdwärme

- [4] Anforderungen des Gewässerschutzes an Erdwärmesonden (StAnz. 40/2011, S. 1228); Download: [www.hmuelv.hessen.de](http://www.hmuelv.hessen.de) > Umwelt > Gewässerschutz > Anlagen- und stoffbezogener Gewässerschutz > Erdwärmesonden
- [5] RUMOHR, S. (2009): Nutzung der oberflächennahen Geothermie in Hessen – Zahlen und Kenngrößen – bbr 03/2009; Download: [www.hlug.de](http://www.hlug.de)
- [6] RUMOHR, S. (2011): Verfüllbaustoffe für Erdwärmesondenbohrungen: eine kritische Betrachtung bestehender Nachweise der Frost-Tau-Wechsel-Beständigkeit – bbr 03/2011
- [7] Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (VAUwS); Download: [http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/vauws\\_entwurf.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/vauws_entwurf.pdf)



## Spurenorganika im Wasserkreislauf - neue Perspektiven in der Umweltforensik

AUTORENKOLLEKTIV (SIEHE S. 85)

Organische Verbindungen anthropogenen Ursprungs können praktisch überall in der aquatischen Umwelt nachgewiesen werden [1,2,3]. Hinsichtlich ihrer chemischen Eigenschaften und damit auch ihres Umweltverhaltens ist das Spektrum dieser Verbindungen äußerst breit gefächert, was in einem sehr spezifischen Umweltverhalten resultiert. Es bietet sich daher die Möglichkeit, diese Verbindungen z. B. als multifunktionale Indikatoren für die Charakterisierung von Grundwasserleitern, Grundwasserchemie und Grundwasserhydraulik zu verwenden. Dies soll als ergänzende Information genutzt werden, um zum Beispiel Fließpfade im Untergrund und Eintrags-szenarien besser zu beschreiben. So können Spurenorganika, im Gegensatz zur bisherigen Praxis der Massenbilanzierung, als Indikatoren für den natürlichen Abbau und Rückhalt in Schadstoffbahnen verwendet werden.

Eine wesentliche Indikatorfunktionalität der Verbindungen im Grundwasserleiter ergibt sich aus der simultanen Bestimmung der zeitlichen und räumlichen Verteilung von Substanzen mit einem möglichst breiten  $\log K_{OW}$ -Spektrum, den Säure/Base-Funktionen von Molekülen sowie einem unterschiedlichen Abbauverhalten.

Wie diese Stoffe genutzt werden können, wird beispielhaft an verschiedenen Untersuchungen demonstriert.

### Übersichtsanalytik/Non Target Screening

Non Target Screening ist ein chemisch analytisches Verfahren, mit dessen Hilfe halbquantitative Aussagen über die Verteilung von wesentlichen orga-

nischen Substanzen in einer Probe möglich sind. Daraus ergibt sich der so genannte organische Fingerabdruck von Wasserproben. Stimmen die Fingerabdrücke örtlich oder zeitlich überein, lassen sich Aussagen zur Verbindung von Brunnen oder zur Grundwasserdynamik ableiten. Als Beispiel wird hier eine Industriefläche mit multiplen Verschmutzungsszenarien angebracht. Mit Hilfe der Non Target-Analytik konnte zunächst festgestellt werden, ob es sich um Altlasten oder rezente Verschmutzungen handelt. Ferner wurde die Integrität der Regenwasserkanäle als auch der Deponieabdichtung geprüft.

### Übersichtsanalytik / Target Screening

Für die Target-Analytik wurden am GZG Göttingen zwei leistungsstarke Verfahren entwickelt. Im ersten Verfahren (GC-MS) sind alle gemeinsam vorkommenden Phenolhomologen zusammengefasst. Im zweiten Verfahren (SPE-HPLC-MS/MS) sind Spurenorganika mit breitem Einsatzspektrum sowie einige ihrer Metaboliten enthalten. Die Nachweisstärke für die Spurenorganika entspricht etwa zwei Zuckerwürfeln in der Edertalsperre [4].

### Nutzung der zeitlichen und räumlichen Stoffverteilung am Beispiel von Homologen (Phenole)

Die Nutzung einer Stoffgruppe mit chemisch sehr ähnlichen Verbindungen, die sich lediglich um verschiedene Kohlenstoffkettenlängen unterscheiden (= Homologe), ist besonders interessant. Am Beispiel der Phenole wird dies verdeutlicht. Die kurzkettigen

Alkylphenole mit 36 Einzelverbindungen besitzen alle eine gemeinsame Quelle, z. B. Teer, Erdöl, Benzin oder Schmelzwasser. Das Verhältnis der Stoffe wird durch die Eigenschaften der Quelle festgelegt. Bedingt durch die leicht unterschiedlichen Eigenschaften der einzelnen Phenole kommt es zu ihrer räumlichen und zeitlichen Separation. Damit enthalten diese Stoffverhältnisse zeitlich sowie räumlich integrierende Aussagen über die Transporteigenschaften des Grundwasserleiters. Beispielhaft sei hier genannt, dass viele Phenolschadensfälle 60 Jahre und älter sind. Man kann daher, basierend auf dem Phenolverteilungsmuster an den verschiedenen Grundwassermessstellen, Transportprognosen für stärker retardierende Stoffe (KW, BTEX, PAK) ableiten.

### **Trennung von behandeltem und unbehandeltem Abwasser (Spurenorganika)**

Derzeit wird am GZG das Vorkommen und Verhalten von 54 Spurenorganika mit breitem Einsatz- und Eigenschaftsspektrum untersucht. Die Trennung einer potentiellen Verschmutzungsquelle kann leicht nach behandeltem und unbehandeltem Abwasser klassifiziert werden. Hierzu dienen Leitsubstanzen wie Methylxanthine (z. B. Koffein) und Paracetamol, die üblicherweise meist vollständig durch eine konventionelle Abwasserbehandlung entfernt werden können. Werden signifikante Konzentrationen dieser Stoffe detektiert, ist es ein Indiz für den Einfluss unbehandelten Abwassers.

### **Quellzuordnung und Schadstoffanfälligkeit von Karstsystemen**

Der Grundwasserabfluss in Karstgebieten ist aufgrund ausgedehnter Röhrennetzwerke häufig auf eine einzelne Quelle gerichtet. Diese Besonderheit erlaubt es, Rückschlüsse [1] über Eintragsquellen und [2] die zeitliche Variation von Stoffeinträgen in Quelleinzugsgebieten aus dem Monitoring von Spurenorganika an einer einzelnen Karstquelle zu ziehen. Mögliche Anwendungen sind z. B. die Bewertung der Ausdehnung von Quelleinzugsgebieten und der Schadstoffanfälligkeit von Karstgrundwasserleitern.

#### **a) Quellzuordnung**

Die Ausweisung von Quelleinzugsgebieten in Karstgebieten ist eine große Herausforderung, denn die Entwässerungsrichtung des Grundwasserleiters wird in erster Linie durch großskalige Heterogenitäten (Karströhren, Kluftzonen) im Untergrund bestimmt. Eine traditionelle Methode zur Bestimmung der Einzugsgebietsgrenze einer Karstquelle sind künstliche Markierungsversuche. Der Nachteil der Methode ist der große logistische Aufwand zur Durchführung der Versuche und die Voraussetzung einer geeigneten Eingabestelle.

Das Analysieren von Spurenorganika (organischer Fingerabdruck) an einer Karstquelle liefert Informationen über das Vorhandensein spezifischer Eintragsquellen (z. B. städtische Abwässer) im Einzugsgebiet der Quelle. Das Auftreten von Spurenorganika an verschiedenen Quellen in einem Karstgebiet liefert deshalb Informationen über die Ausdehnung der Einzugsgebiete einzelner Quellen. Die Ergebnisse sind ebenfalls für die Dimensionierung künstlicher Markierungsversuche, z. B. Festlegung von sinnvollen Beobachtungspunkten, von Bedeutung.

#### **b) Identifizierung von Transportprozessen**

Sporadisch auftretende Substanzen, die vorwiegend partikelgetragen sind, wie z. B. Makrolid Antibiotika und Antihistaminika, können die Ankunft von Ereigniswasser (i. d. R. Schmelzwasser) an einer Karstquelle indizieren. Die Wiederfindung von inzwischen verbotenen Substanzen (z. B. Pestizide) und deren Metabolite im Quellwasser lässt auf lange Verweilzeiten der Stoffe im Grundwasserleiter schließen. Die Anwesenheit redox-spezifischer Metaboliten zeigt die Existenz von z. B. lokal existierenden denitrifizierenden Bereichen im Karstsystem an.

Die Verknüpfung von Stoffauftreten und Strömungsdynamik besitzt somit das Potential, neue Ansätze zur Identifizierung von Eintragsort und Eintragszenarien zu entwickeln und bestehende Ansätze zur Beschreibung der Schadstoffanfälligkeit von Karstsystemen prozessorientiert zu verbessern.

### c) Ermittlung des Abwassereintrages in einen Karstgrundwasserleiter

Mithilfe von Koffein kann der Anteil des direkt versickernden und unbehandelten Abwassers in einem Karsteinzugsgebiet quantifiziert werden. Erste Arbeiten zeigen, dass Koffeinträge ereignis- und quellschüttungsabhängig auftreten und im einstelligen Promillebereich des gesamt anfallenden Abwassers liegen. Das Monitoring von Koffein an einer Quelle im Spurenkonzentrationsbereich kann deshalb als wichtiges Werkzeug für die Risikobewertung von Stoffeinträgen in einen Grundwasserleiter genutzt werden [5].

### Lokation und Identifikation von Abwassereinleitungen in Küstengebieten

Die Beprobung küstennaher Bereiche von Ostsee, Mittelmeer und Pazifik lässt eine flächendeckende Präsenz einiger anthropogener organischer Spurenstoffe vermuten. Dabei unterscheiden sich die Stoffspektren nur unwesentlich voneinander.

Die höchsten Konzentrationen wurden in der Bucht von San Francisco und in Mittelmeerbuchten (Thermaikos & Venedig) nachgewiesen. Speziell in der Bucht von San Francisco ist der südliche Teil höher belastet. Eine Erklärung könnte sein, dass hier der Wasseraustausch mit dem Pazifik nur ungenügend ist. Überraschend ist dennoch das Verhältnis von Koffein zu Benzoyllecgonin (Kokainmetabolit) von etwa 1:1 an der südlichsten Probenahmestelle der Bucht. Die Benzoyllecgonin-Konzentration betrug dort mit  $54 \text{ ng L}^{-1}$  einen Wert, der eher in einem Fluss als in Meerwasser zu erwarten gewesen wäre. Es lässt sich vermuten, dass die Probenahmestelle nah an der Eintragsquelle lag. Die Konzentration nahm nach Norden hin sukzessive ab, was die Zuordnung der Eintragsquelle erhärtet.

Die Analysenergebnisse einer örtlich sehr hoch aufgelösten Probenahme (100 m) in Griechenland (Bucht von Thermaikos) liefert deutliche Hinweise auf den Einfluss undichter Abwassersysteme und

erlaubt die Lokalisierung verschiedener Punkteintragsquellen. Das Röntgenkontrastmittel Iopromid, welches ausschließlich in radiologischen Praxen und Krankenhäusern verabreicht wird, wurde nur an einer Probenahmestelle nachgewiesen. Damit konnte der Einfluss des in unmittelbarer Nähe befindlichen Krankenhauses gezeigt werden. Weiterhin zeigte sich in der Bucht von Thessaloniki ein antiproportionaler Zusammenhang von elektrischer Leitfähigkeit und Spurenstoffkonzentration. Diese sehr lokalen Leitfähigkeitsunterschiede kündigten bereits während der Probenahme einen Süßwasserzustrom an. Die Anwesenheit der Spurenstoffe konnte dies bestätigen und das zuströmende Wasser darüber hinaus als unbehandeltes Abwasser identifizieren.

### Literatur

- [1] T. TERNES, *Water Science and Technology* 2007, 55 (12), 327.
- [2] R.P. SCHWARZENBACH, B.I. ESCHER, K. FENNER, T.B. HOFSTETTER, C.A. JOHNSON, U. VON GUNTEN, B. WEHRLI, *Science* 313 (2006) 1072.
- [3] D.W. KOLPIN, E.T. FURLONG, M.T. MEYER, E.M. THURMAN, S.D. ZAUGG, L.B. BARBER, H.T. BUXTON, *Environ. Sci. Technol.* 36 (2002) 1202.
- [4] NÖDLER K, LICHA T, BESTER K, SAUTER M (2010): Development of a multi-residue analytical method, based on liquid chromatography–tandem mass spectrometry, for the simultaneous determination of 46 micro-contaminants in aqueous samples. *Journal of Chromatography A* 1217, 6511–6521
- [5] HILLEBRAND O, NÖDLER K, LICHA T, SAUTER M, GEYER T (2011): Caffeine as an indicator for the quantification of untreated wastewater in karst systems. *Water Research*, doi:10.1016/j.watres.2011.11.003

---

### Autorenkollektiv:

Tobias Licha, Karsten Nödler, Olav Hillebrand, Roland Reh, Tobias Geyer



## Kluftgrundwasserleiter - Matrixeffekte, Rückdiffusion

KLAUS SCHNELL & UWE DANNWOLF

Kluftgrundwasserleiter sind sehr schwer und aufwändig zu charakterisierende geologische bzw. hydrogeologische Körper. Obwohl weltweit gesehen, zahlreiche Kluftgrundwasserleiter mit DNAPL (dense non-aqueous phase liquids) kontaminiert sind und viele Arbeitsgruppen an der Entwicklung von innovativen Erkundungsmethoden arbeiten, gibt es bislang keine allgemein anerkannte oder standardisierte Vorgehensweise für eine zielgerichtete Erkundung und Sanierung derartiger Medien. Zugegebenermaßen stellt die Ableitung einer soliden konzeptionellen Modellvorstellung in Festgesteinen erheblich höhere Ansprüche an die Erkundung (konzeptionell, methodisch und auch finanziell), als es für poröse Medien der Fall ist. Im praktischen Umgang mit kontaminierten Kluftgrundwasserleitern wird daher häufig die Bedeutung des Zusammenspiels der wesentlichen Charakteristika wie **Matrixporosität, Rückdiffusion** und **Kluftnetzwerk** für das Ausbreitungsverhalten der Schadstoffe unterschätzt. Als Folge davon wird oftmals der langwierigen und kaum erfolgversprechenden hydraulischen Sicherung der Vorzug gegeben.

Der vorliegende Beitrag beschreibt anhand eines Praxisbeispiels den Weg von der Erkundung bis hin zur Auswahl und Umsetzung der Sanierung. Der Standort ist ein mit chlorierten Kohlenwasserstoffen (CKW) kontaminierter Kluftgrundwasserleiter (Triassischer Sandstein). Ziel der Untersuchungen war die Ableitung eines soliden und validierten hydrogeologischen konzeptionellen Standortmodells (CSM = site conceptual model) inkl. Massenbilanzen und Stoffstromanalysen als Entscheidungsgrundlage zur Auswahl eines favorisierten Sanierungsverfahrens.

Die Vorgehensweise beruht maßgeblich auf der Nutzung von Methoden zur **hochauflösenden Erkundung** (HRSC, High Resolution Site Characterization).

Als „traditionelle“ Methoden wurden u. a. eingesetzt: Pumpversuche, Bohrlochgeophysik und Tracerversuche. Als HRSC Methoden kamen u. a. zum Einsatz: Packer-Pumpversuche (straddle packer tests) und Bohrkernanalysen (z. B. Permeameter-Tests, Porenwasseranalysen). Erstmals in Deutschland kam auch der FLUTE – Hydraulic Conductivity Profiler® der Firma Flexible Liner Underground Technologies FLUTE™, Arizona, USA zum Einsatz. Der entscheidende Vorteil des FLUTE-Profilers ist seine Fähigkeit zur Aufzeichnung von kontinuierlichen Profilen der Transmissivität/Durchlässigkeit in Bohrlöchern. Die traditionellen Methoden erfassen diese Eigenschaften entweder nur qualitativ oder integral über gewisse Abstände. Die hoch aufgelösten und kontinuierlichen Profile in Kombination mit Porenwasseranalysen erlaubten im konkreten Fall ein signifikant verbessertes Verständnis des Schadstoffverhaltens und der relevanten geologischen Strukturelemente. Die vergleichende Anwendung mehrerer Erkundungsmethoden demonstrierte eindrucksvoll die Unzulänglichkeiten und möglichen Fehlinterpretationen für den Fall, dass ausschließlich auf eine Methode gesetzt wird.

Im konkreten Fall wurden als wesentliche Ergebnisse festgestellt: Die Matrixporosität des Sandsteins liegt im Bereich von 18–28 %. Die Permeabilität der Porenmatrix beträgt zwischen  $10E-7$  und  $10E-6$  m/s. Die CKW zeigen ein ausgeprägtes vertikales Profil. Der Großteil des Schadstofftransportes erfolgt i. d. R. entlang von sehr eng begrenzten und diskreten Zonen (Schichtfugen). In dem 50 m mächtigen Aquifer war es bei einigen Bohrungen jeweils nur eine einzige Schichtfuge, die die Schadstofffracht dominiert. Die Kenntnis derartiger Strukturen erwies sich für die Auswahl des Sanierungsverfahrens als entscheidend. Sämtliche erhaltenen Daten wurden zu einem konzeptionellen Standortmodell zusammengeführt.



Dieses ergab u. a., dass ca. 98 % der Schadstoffe in der Porenmatrix vorliegen und nur etwa 2 % in den Klüften. Die Rückdiffusion hat das Potenzial, die Sanierungsdauer auf Jahrhunderte zu verlängern, wenn ausschließlich das Kluftgrundwasser hydraulisch adressiert wird (Sanierungsziel im Grundwasser 10 µg/l).

Insgesamt demonstriert dieser Standort, warum für die Auswahl eines erfolgversprechenden Sanierungs-

verfahrens das quantitative Verständnis der Wechselwirkungen zwischen Matrix und Klüften unerlässlich ist und wie diese Kenntnis mit vertretbarem Aufwand zu erlangen ist.

Im vorliegenden Fall konnte schlussendlich eine Entscheidungsmatrix erarbeitet werden, welche zur Auswahl von in-situ chemischer Oxidation (ISCO) mit Permanganat geführt hat.

# Thermische In-Situ-Sanierung (Pilotversuch) am Beispiel „ehemalige Lederfabrik Berninger“ in Idstein

MICHAEL WOISNITZA, ANSELM REUTER & UWE HIESTER

## 1 Einleitung

Auf dem Gelände der ehemaligen Lederfabrik Berninger in Idstein sind über einen Zeitraum von mehr als 20 Jahren umfangreiche Bodenluft- und Grundwasseranierungsmaßnahmen von Verunreinigungen durch leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe (LCKW) durchgeführt worden. Die aktiven Sanierungsmaßnahmen der Bodenluft wurden im Jahre 2001 auf Grund geringer Effektivität und des Grundwassers 2004 auf Grund deutlich zurückgegangener LCKW-Gehalte, insbesondere im früher hoch mit LCKW belasteten ehemaligen Betriebsbrunnen BR III, eingestellt.

Auf Grundlage der gegenwärtigen Schadenssituation besteht für das Grundwasser eine geringe Gefährdung. Diese erfordert allerdings weiterhin eine längerfristige Monitoring-Überwachung der Schadstoffentwicklung. Die Möglichkeiten für MNA/ENA am Standort sind aus hydrogeologischen Gründen als kritisch zu beurteilen.

Für eine Sanierung der wasserungesättigten Bodenzone im Innenhofbereich der ehem. Lederfabrik Berninger bietet sich, aufgrund der spezifischen Standortverhältnisse, eine Thermische In-Situ-Sanierung sog. „THERIS-Verfahren“ als innovative Alternative an. Dieses Verfahren ist bei den vorliegenden Untergrundverhältnissen zur Entfernung der LCKW aus der wasserungesättigten Bodenzone geeignet.

Die Wirksamkeit des sog. „THERIS-Verfahrens“ am Standort sollte daher im Rahmen eines entsprechenden Pilotfeldversuches überprüft werden.

Die Umsetzung des innovativen Konzeptes „Pilotfeldversuch zur thermischen In-Situ-Sanierung“ der wasserungesättigten Bodenzone im Innenhof der ehem. Lederfabrik Berninger erfolgte im Zeitraum Mai 2010 bis März 2011. Die Durchführung des „THERIS-Pilotfeldversuches“ am Standort selbst erfolgte von Ende Oktober 2010 bis Mitte Januar 2011.

## 2 Nutzung und Historie

Die ehemalige Lederfabrik Berninger & Co. hat sich auf der Parzelle 37 (unterteilt in 37/1, 37/2, 37/3) befunden. Die Teilparzelle 37/3 mit dem LCKW-Haupteintrag befindet sich im Besitz der Berninger i. L. . Dieses ca. 1 000 m<sup>2</sup> große Flurstück ist zu etwa dreiviertel im Norden mit dem mehrgeschossigen Produktionsgebäude der ehemaligen Lederfabrik und im Süden mit eingeschossigen Werkstattgebäuden bebaut. Dazwischen befindet sich der Innenhof.



Abb. 1: Bild der ehem. Lederfabrik Berninger in Idstein.

Bei der Produktion von Lederwaren wurde von 1937 bis 1985 eine Lederentfettungsanlage betrieben. Die Entfettung erfolgte unter Anwendung von Trichlorethen (TRI) und umfasste den Betrieb einer Rückdestillationsanlage und die Lagerung von zusammen ca. 10 m<sup>3</sup> TRI in zwei oberirdischen Tanks.

Aus unsachgemäßer Anwendung bzw. Lagerung stammt die Verunreinigung der Bodenluft, des Bodens und des Grundwassers mit Schwermetallbelastung auf der aus der Teilung des Gesamtgrundstückes hervorgegangenen Teilparzelle 37/3, auf der die Entfettungsanlage stand.

### 3 Schadenscharakteristik

Auf dem Berninger-Gelände waren in der wasserungesättigten Bodenzone, vorwiegend im Löß/Lößlehm, LCKW vorhanden. Insbesondere bei hohen Grundwasserständen ist ein Kontakt zwischen LCKW-belasteten Bodenschichten und dem Grundwasser gegeben, so dass weiterhin ein Schadstoffeintrag in das 1. Grundwasserstockwerk stattfindet.

Zur Überprüfung der aktuellen Belastungssituation im Boden erfolgten im Frühjahr 2010 nachfolgende Arbeiten:

- Räumung der künftigen Sanierungszone im Innenhof (Entsorgung von hausmüllartigen Abfällen)
- Status – Quo – Untersuchung der bekannten Belastungsbereiche (Innenhof/angrenzende Flächen)

Die „Status – Quo Untersuchung“ im Innenhofbereich hat ergeben, dass auf dem Flurstück 37/3 immer noch hohe LCKW-Gehalte (mit bis zu 180 mg/kg) bis in eine Tiefe von ca. 5,0 m angetroffen werden. In allen Bohrungen wurde Stau-/Schichtenwasser festgestellt, das auch in größere Tiefen eindringt.

### 4 Klassische Bodenluftabsaugung (1996-2001) und Grundwassersanierung (1989-2004)

Als Sofortmaßnahme wurde mit Mitteln der Wasser- und Bodenluftabsaugung und Grundwasserber-

handlung (Stripanlage) mit Reinigung der Abluft in Aktivkohlefiltern in Betrieb genommen. Das Abwasser wurde über eine Druckleitung in den Wörsbach abgeschlagen.

Ab Oktober 1996 bis April 2001 erfolgte eine Bodenluftsanierung.

Im Bereich des Schadenszentrums (Flurstück 37/3) befanden sich in einem Tiefenbereich von ca. 1,0 m bis 5,0 m unter Gelände, wie Untersuchungen vom September 2002 belegten, weiterhin erhöhte Schadstoffbelastungen durch LCKW (Bodenluft/Feststoff). Aufgrund der Bindigkeit der betroffenen Bodenschichten und des geringen Grundwasserflurabstandes sind weitere Sanierungsmaßnahmen mittels „kalter“ Bodenluftabsaugung jedoch nicht effizient.

In Abstimmung mit dem Regierungspräsidium Darmstadt wurde im Juni 2004 die Grundwassersanierungsmaßnahme eingestellt, die Sanierung in eine Monitoring-Phase überführt und die Sanierungsanlage rückgebaut.

Anhand der seit Juli 2004 durchgeführten Monitoring-Untersuchungen wurde im August 2005 eine Gefährdungsabschätzung für das Grundwasser vorgenommen. Demnach geht gegenwärtig von im Boden verbliebenen LCKW-Belastungen nur eine geringe Gefährdung für das Grundwasser aus. Eine Fortführung der hydraulischen Sanierungsmaßnahmen wurde als nicht sinnvoll und unverhältnismäßig beurteilt.

Der Schadstoffaustrag betrug bisher ca. 700 kg LCKW über die Bodenluft und ca. 250 kg über den Grundwasserpfad.

### 5 Pilotfeldversuch mit THERIS-Verfahren

Im LCKW-Eintragsbereich im Hof der ehemaligen Lederfabrik wurde der Pilotfeldversuch zu einer Thermischen In-Situ-Sanierung (THERIS-Verfahren) vorgeschlagen, um das Schadstoffpotenzial zu verringern.

Der wesentliche Vorteil dieses Verfahrens gegenüber einem möglichen Bodenaushub besteht darin, dass eine Reduzierung des Gefährdungspotentials für das

Grundwasser durch die Dekontamination auch tiefer liegender Bodenschichten unter Beibehaltung der bestehenden Bebauung erreicht werden kann. Gleichzeitig wird das kontaminierte Stau-/Schichtwasser erfasst. Bei diesem Verfahren erfolgt mittels Heizsonden eine Aufheizung des Bodens, wodurch die LCKW in die Gasphase überführt und anschließend abgesaugt werden.

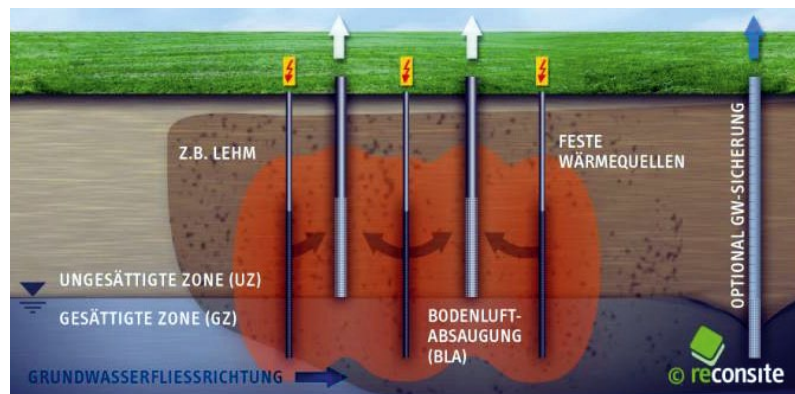


Abb. 2: Prinzipskizze THERIS-Verfahren.

Die im Rahmen der „Status Quo“-Untersuchung festgestellten standortspezifischen Verhältnisse bieten gute Voraussetzungen für den Einsatz des Thermischen THERIS-Verfahrens.

## 5.1 Verfahrensprinzip (thermische In-situ-Sanierung als innovatives Verfahren)

Üblicherweise werden Bodenluftabsaugungen bei „natürlichen“ Untergrundtemperaturen von ca. 10 °C betrieben. Dieses Verfahren wird im Folgenden „kalte“ Bodenluftabsaugung genannt. Thermische In-situ-Sanierungen machen sich zu Nutze, dass der Dampfdruck und der Henry-Koeffizient exponentiell mit der Temperatur ansteigen. Dadurch kommt es mit der Erwärmung des Untergrundes zu einer beschleunigten Überführung der Schadstoffe in die Gasphase. Liegen zwei nicht mischbare Flüssigkeiten vor, kommt es zum Gemischsieden bzw. zur Wasserdampfdestillation. Hierbei addieren sich die Dampfdrücke der Einzelkomponenten, so dass die eutektische Temperatur beim Sieden des Gemisches unter der Siedetemperatur der Einzelkomponenten liegt. Die extrahierte, erwärmte Bodenluft muss bei Bedarf abgekühlt werden und kann anschließend konventionell gereinigt werden.

Die Art des Energieeintrags hängt maßgeblich von der Durchlässigkeit des Bodens ab. In Böden mit geringer Durchlässigkeit kann der Energieeintrag konduktiv mittels elektrisch betriebener Wärmequellen erfolgen (THERIS-Verfahren). Hierbei werden die Wärmequellen für eine optimierte Energiezufuhr einzeln geregelt.

Die schadstoffbelastete Bodenluft wird aus den Einzelbrunnen abgesaugt und in Sammelsträngen zur

Bodenluftabsaugung geleitet. Sowohl der Durchfluss in den Einzelpegeln als auch im Sammelstrang ist regelbar. Vor der Reinigung der Bodenluft wird die Wasserphase aus dieser abgeschieden und separat gereinigt (z. B. Wasseraktivkohle oder Stripper). Die Überwachung des Schadstoffaustrags kann manuell über eine stichprobenartige Kontrolle oder kontinuierlich über eine automatisierte Überwachung erfolgen.

## 5.2 Versuchsaufbau

Auf einer Fläche von ca. 20 m<sup>2</sup> wurde (unter Berücksichtigung des Bestandes an Leitungen, Kanal, ehemaliger unterirdischer Tank) im Oktober 2010 der THERIS-Pilotversuch eingerichtet. Für den Versuch wurden zum Einbau der Heizelemente HE1 bis HE7 sowie der vier Temperaturprofile T1 bis T4 Kleinrammbohrungen mit einem Durchmesser von 80 mm bzw. 60 mm erstellt. Außerdem wurde im Bohrdurchmesser 80 mm der Bodenabsaugpegel BL1 und später der Pegel BL2 (Bohrdurchmesser 220 mm) errichtet. Anschließend wurden die Heizelemente und die Temperatursensoren eingebaut.

Zur Überwachung der Bodentemperatur wurden insgesamt 21 Temperatursensoren in den vier Temperaturprofilen T1 bis T4 in einem Tiefenbereich von 1 bis 4 m unter GOK in einem Abstand von 0,75 m eingebaut.

Die Heizelemente und der BL1/BL2 wurden im Bereich der höchsten LCKW-Konzentration platziert.

Auf dem Lageplan Abbildung 3 sind die Heizelemente HE1 bis HE7, die Temperaturprofile T1 bis T4, die neu errichteten Bodenluftabsaugpegel BL1 und

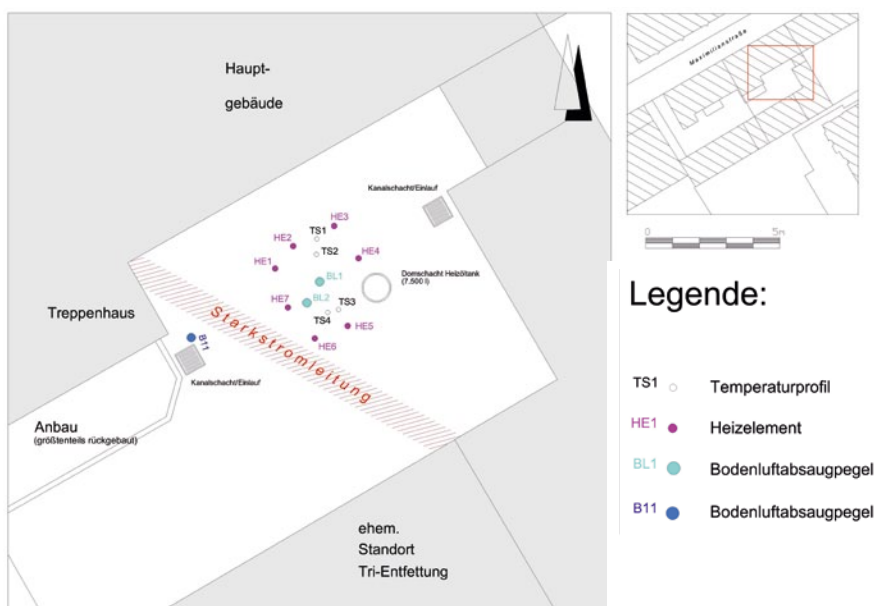


Abb. 3: Lageplan mit der Konfiguration des THERIS-Versuchs Lederfabrik Berninger (© HPC).

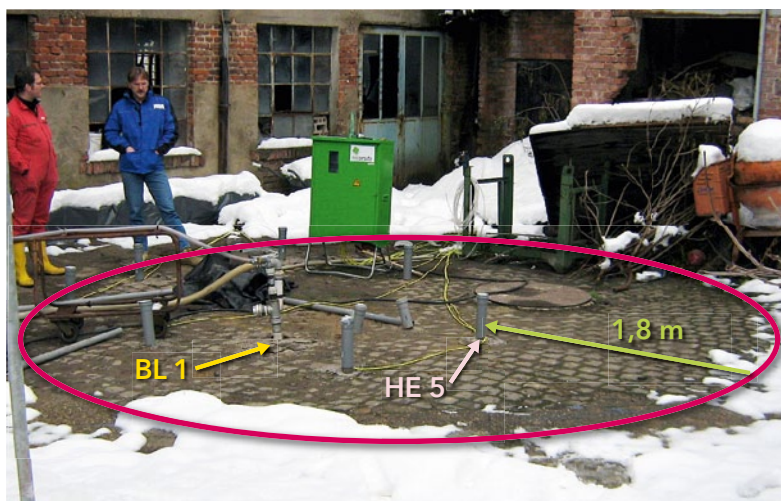


Abb. 4: THERIS-Pilotfeldversuch in Betrieb, geschmolzener Schnee im aufgeheizten Bereich (© HIM-ASG).

BL2 sowie ein bereits im Jahre 1999 gebauter Absaugpegel B11 dargestellt. Außerdem ist dem Plan die Lage des 7500 l-Heizölkugeltanks sowie zweier Kanalschächte zu entnehmen, wobei ein verbindender Kanal zwischen beiden Einläufen anzunehmen ist.

### 5.3 Versuchsdurchführung

Vor Beginn des Versuchs wurde bereits im Mai 2010 eine „Status-Quo“-Erkundung zur Eingrenzung der Belastungen und Verifizierung der nach der klassischen „kalten“ Bodenluftabsaugung verbliebenen LCKW im Hofbereich nach Räumung der Flächen (ca. 22 t Abfälle wurden fachgerecht entsorgt) durch-

**Tab. 1:** Phasen und LCKW-Austrag THERIS-Pilotfeldversuch.

Phase	Sanierungsbetrieb	Zeitraum	Austrag [kg]
0	„kalte“ Bodenluftabsaugung, Einsatz Pegel BL1	28.10.2010 bis 04.11.2010, 7 Tage	< 0,1
1	THERIS-Verfahren, Einsatz Pegel BL1	04.11.2010 bis 18.11.2010, 14 Tage	ca. 0,2
2a	THERIS-Verfahren, Einsatz Pegel BL2	18.11.2010 bis 10.12.2010, 22 Tage	ca. 14,3
2b	THERIS-Verfahren, Einsatz Pegel BL2+B11	10.12.2010 bis 17.12.2010, 7 Tage	ca. 1,6
3	Nachlaufende „warme“ Bodenluftabsaugung, Einsatz Pegel BL2+B11	17.12.2010 bis 17.01.2011, 31 Tage	ca. 3,0
<b>Summe</b>			<b>ca. 19,2</b>

geführt. Ein vorhandener Heizöltank im Innenhof wurde fachgerecht entleert, gesäubert und stillgelegt, um ex-fähige Luftmischungen im Einflussbereich der thermischen Aufheizung zu vermeiden.

In der Tabelle 1 sind die Phasen 0 bis 3 des THERIS-Pilotversuches mit Dauer dargestellt.

Die Versuchsphasen wurden messtechnisch, analytisch bzw. gutachterlich begleitet und dokumentiert.

Zur Absaugung der Bodenluft wurde eine Vakuumpumpe mit einem Saugvermögen von 140 m<sup>3</sup>/h und einer Motorleistung von 3 kW eingesetzt. Zur Abluftreinigung wurden zwei in Reihe geschaltete Luftaktivkohlefilter (je 200 l) verwendet. Aufgrund des hohen Wasserandrangs im Pegel BL1 wurde ab Mitte November 2010 ein „Schlürfersystem“ zur Absaugung des angetroffenen Stau- und Schichtwassers installiert. Das anfallende Schichtenwasser wurde über einen Wasseraktivkohlefilter (50 l) gereinigt.

In der Phase 0 für wurde für eine Zeitdauer von 7 Tagen eine klassische „kalte“ Bodenluftabsaugung am Pegel BL1 durchgeführt. Anschließend folgte eine 14-tägige Sanierung mit Einsatz des THERIS-Verfahrens (Phase 1) mit dem Betrieb des Pegels BL1. Auf Grund eines pneumatischen Kurzschlusses am BL1 wurde der BL2 neu errichtet und die Bodenluftabsaugung aus diesem zur Steigerung des Austrags für eine Dauer von 3 Wochen bei aufgeheizten Bodenverhältnissen fortgesetzt.

Um während des THERIS-Pilotversuches möglichst viele Schadstoffe aus dem Untergrund zu entfernen, wurde für eine Dauer von 7 Tagen neben dem Pegel BL2 auch der 1999 errichtete Pegel B11 in die Sanierung einbezogen (Phase 2b). Um die weiterhin im Untergrund vorhandene Restwärme zu nutzen, wurde in der Phase 3 für eine Dauer von ca. 1 Monat eine nachlaufende „warme“ Bodenluftabsaugung ebenfalls über die Pegel BL2 und B11 nachgeschaltet.

Mittels einer kontinuierlich laufenden gaschromatographischen Bestimmung der LCKW-Gehalte (Online-Messung alle 15 Minuten) wurde die Schadstoffentwicklung während der Sanierung überwacht. Durch die Entnahme von Rohluftproben und anschließender gaschromatographischer Untersuchung im Labor wurde ein Abgleich der Online-Messungen durchgeführt.

Im Anschluss an den Pilotversuch erfolgte eine Erfolgskontrolle mit Bestimmung der LCKW-Restkonzentrationen mittels Rammkernsondierungen mit entsprechender Analytik auf LCKW.

## 6 Ergebnisse und Bewertung

### 6.1 Temperaturentwicklung

Auf der Abbildung 5 sind die natürlichen Temperaturen im Boden vor Beginn der Aufheizung dargestellt (siehe Abbildung 5).

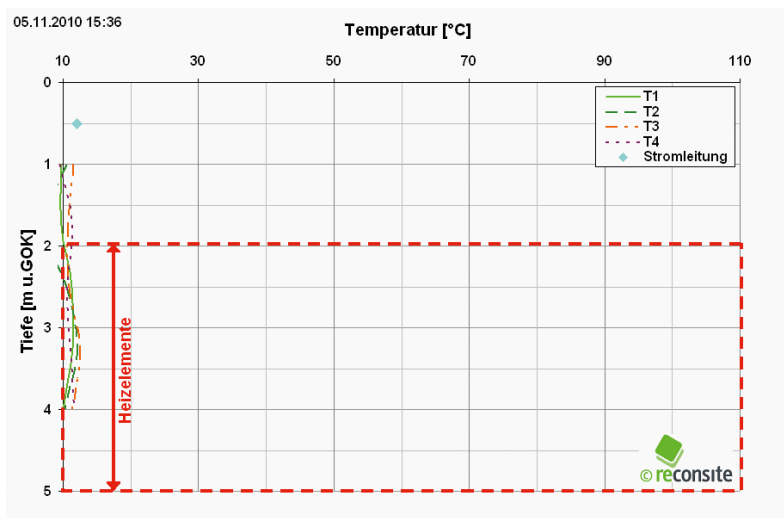


Abb. 5: Tiefentemperaturprofile T1 bis T4 (vor Beginn der Aufheizung).

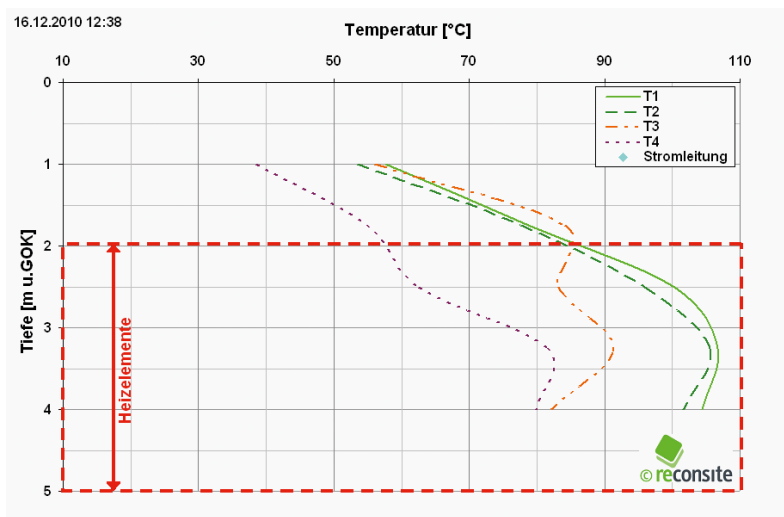


Abb. 6: Tiefentemperaturprofile T1 bis T4 (nach 6 Wochen THERIS-Betrieb).

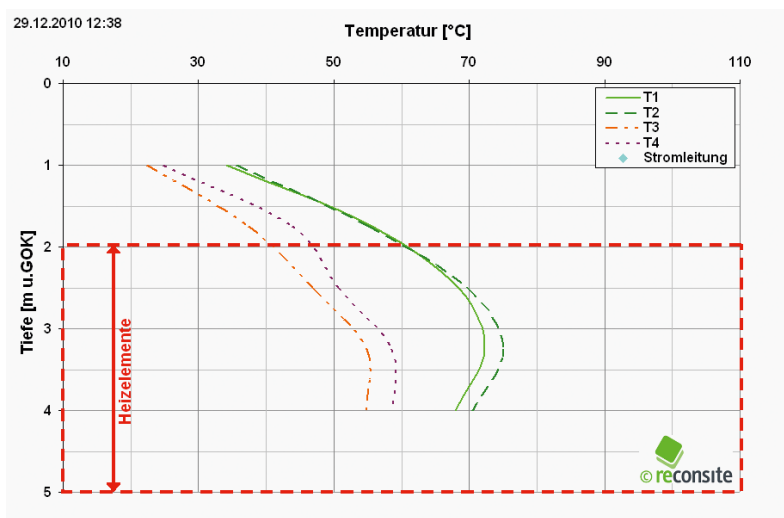


Abb. 7: Tiefentemperaturprofile T1 bis T4 (ca. 14 Tage nach Abschaltung Aufheizung).

Nach ca. 6-wöchigem Aufheizen des Bodens lagen Temperaturen in einer Spanne zwischen 58 und maximal 107 °C vor (siehe Abbildung 6). Das Temperaturmaximum lag dabei in der Tiefenzone von 3–4 m unter Gelände.

Entsprechend des Abstandes der Temperaturprofile zu den Heizelementen wurden in den Profilen T1 und T2 (Nähe Heizsonden HE2 und HE3) die höchsten Temperaturen gemessen. Das Profil T4, das sich am weitesten entfernt von Heizelementen befand, wies dementsprechend eine geringere Aufheizung auf. 14 Tage (siehe Abbildung 7) nach Einstellung des Aufheizbetriebs wurde weiterhin eine deutlich erhöhte Temperatur des Bodens festgestellt, so dass in den Temperaturprofilen T1 und T2 in einer Tiefe von 3–4 m unter Gelände noch eine Temperatur von über 70 °C gemessen wurde.

## 6.2 Schadstoffentwicklung

Zu Beginn der Pilotierung wurde in der abgesaugten Bodenluft des Pegels BL1 während der Phasen 0 und 1 auf Grund eines pneumatischen Kurzschlusses nur LCKW-Konzentrationen von wenigen mg/m<sup>3</sup> festgestellt (siehe Abbildung 8).

Mit der Fortsetzung der Absaugung (Phasen 2a und 2b) über den neu errichteten Pegel BL2 wurden jedoch in der Rohluft wesentlich höhere Schadstoffgehalte festgestellt. Zu Beginn wurden hier fast 2 000 mg/m<sup>3</sup> an LCKW, davon größtenteils Trichlorethen mit fast 1 800 mg/m<sup>3</sup> und an cis-Dichlorethen mit ca. 200 mg/m<sup>3</sup> ermittelt. Im weiteren Verlauf der „warmen“ Absaugung wurden, wie der Abbildung 8 zu entnehmen ist, Schwankungen von einigen 100 mg/m<sup>3</sup> ermittelt. Am 29.11.2010 wurde eine Spitzenkonzentration mit 2 560 mg/m<sup>3</sup> gemessen.

### 6.3 Schadstoffaustrag

Mit dem Anschluss des zusätzlichen Pegels B11 wurde zwischenzeitlich wieder eine Erhöhung der LCKW-Gehalte erzielt. In Phase 3 der nachlaufenden warmen Bodenluftabsaugung wurden noch LCKW-Gehalte in der Rohluft bis zu einigen 100 mg/m<sup>3</sup> festgestellt. Allerdings war ca. 5 Tage vor Ende der Absaugung eine Abnahme der Konzentration auf unter 25 mg/m<sup>3</sup> zu verzeichnen.

Im Rahmen der THERIS-Pilotierung wurden rund 19,2 kg LCKW über die Bodenluft entfernt. Davon entfielen ca. <0,1 kg auf die „kalte“ Bodenluftabsaugung“ (Phase 0), ca. 0,2 kg auf Phase 1, ca. 15,9 kg auf die Phasen 2a und 2b und etwa 3 kg auf die nachlaufende „warme“ Bodenluftabsaugung. In der Tabelle 1 (Kapitel 5.3) ist der LCKW-Austrag während des THERIS-Pilotversuches dargestellt.

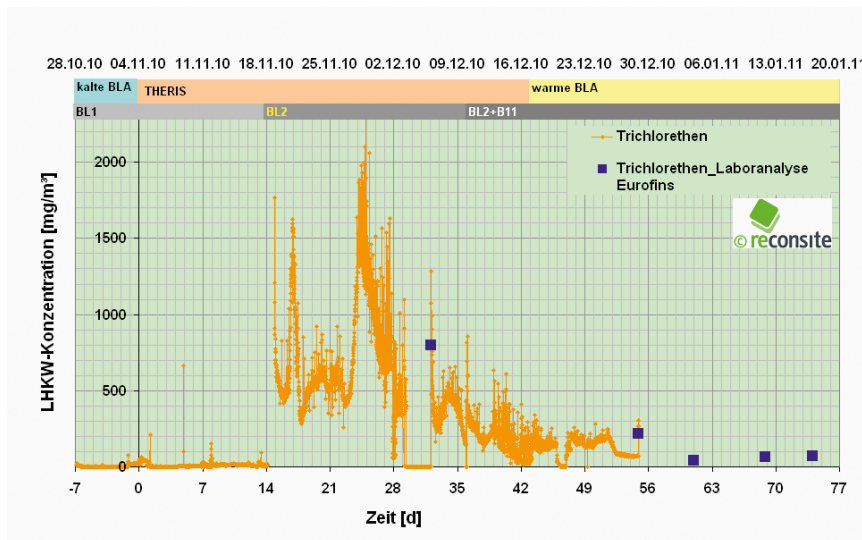


Abb. 8: LCKW-Schadstoffentwicklung (Hauptschadstoff Trichlorethen).

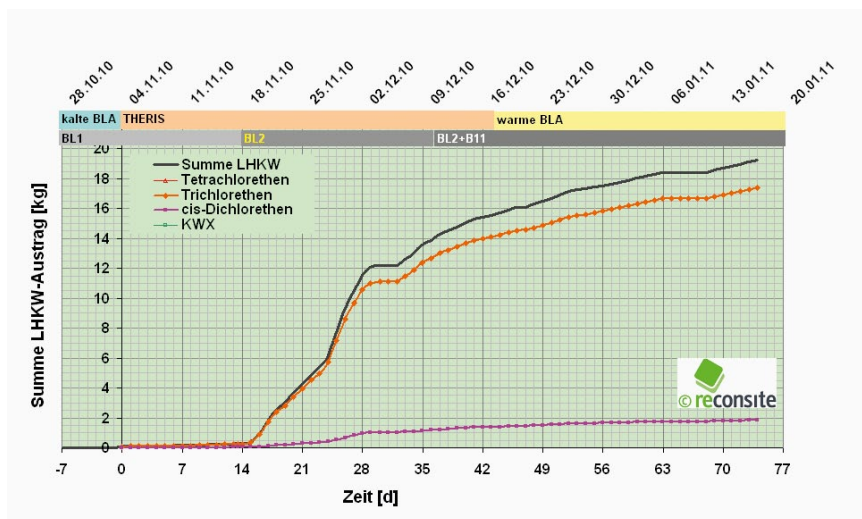


Abb. 9: LCKW-Schadstoffaustrag.



## 6.4 Ergebnisse der Erfolgskontrolle Februar/März 2011

Die nach Ende des Pilotfeldversuchs durchgeführte Erfolgskontrolle vom Februar/März 2011 mittels Kleinrammbohrungen (Lage siehe Abbildung 10) zeigte eine erhebliche Schadstoffreduzierung im Boden.

In der nachfolgenden Abbildung 11 ist die Schadstoffsituation vor dem Einsatz des THERIS-Verfahrens und in Abbildung 12 der Zustand *nach* Ende der Maßnahme dargestellt.

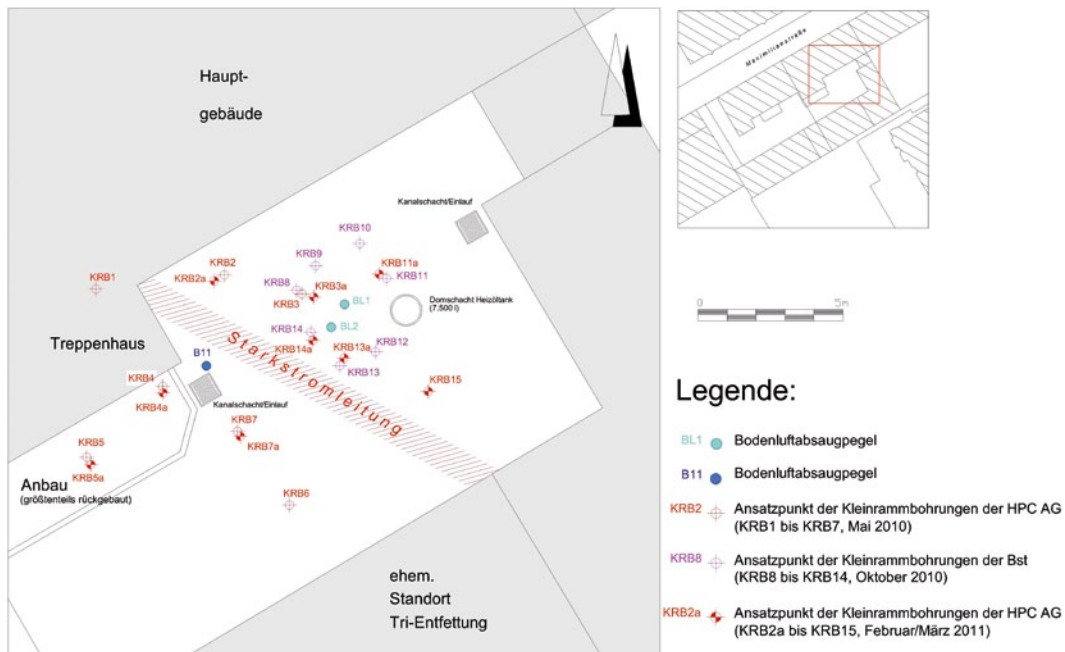


Abb. 10: Lage der Kleinrammbohrungen der Kontrolluntersuchungen (© HPC).

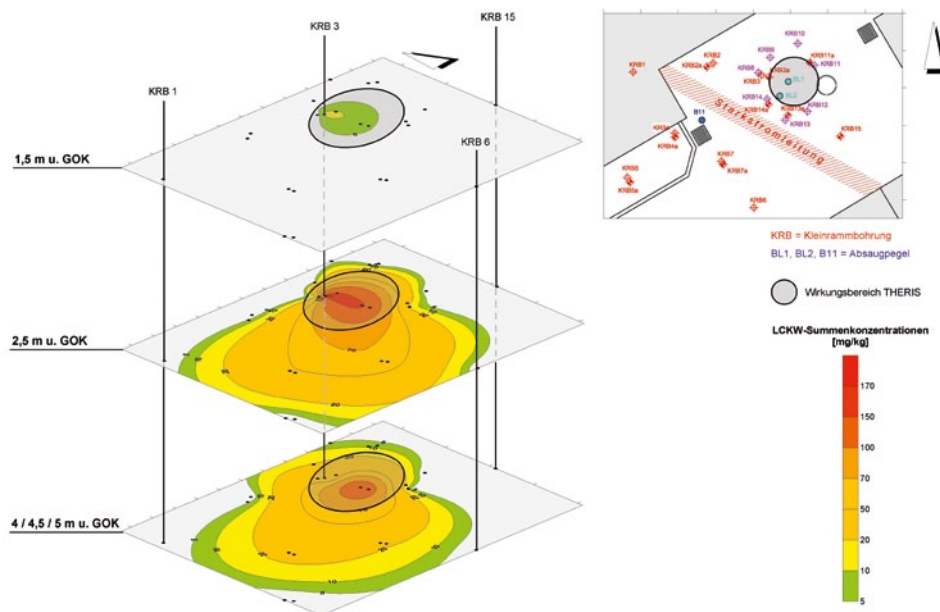


Abb. 11: LCKW-Verteilung im Boden vor Einsatz des THERIS-Verfahrens (© HPC).

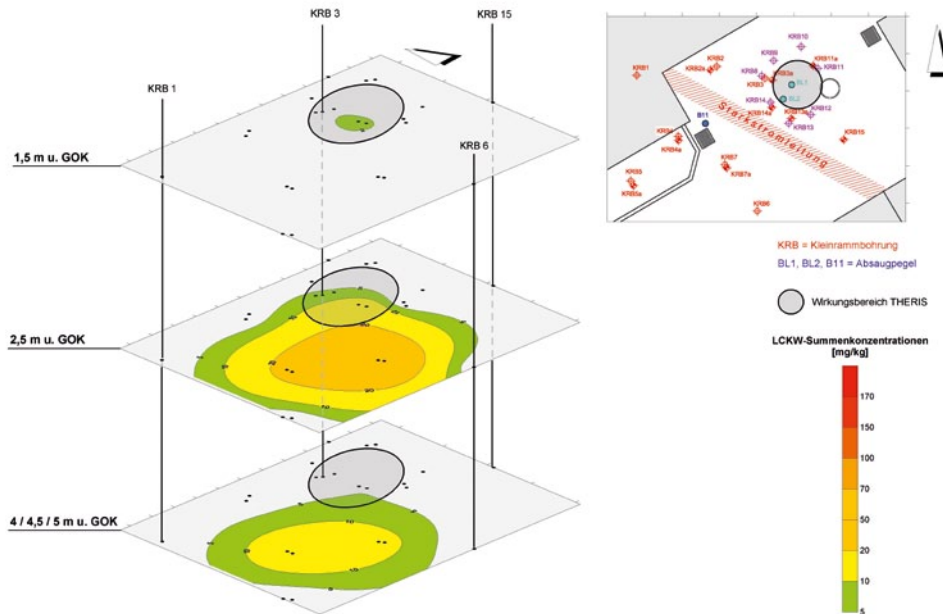


Abb. 12: LCKW-Verteilung im Boden nach Einsatz des THERIS-Verfahrens (© HPC).

Deutlich ist zu erkennen, dass auf der Sanierungsfläche von 20 m<sup>2</sup> eine weitgehende Bodenreinigung erreicht wurde. Während der zweimonatigen Pilotierung gingen im Pilotierungsbereich die maximalen Bodenbelastungen bei 2,5 m u. GOK von anfänglich ca. 180 mg/kg auf ca. 5 mg/kg nach der THERIS-Pilotierung zurück. Aktuell liegen die LCKW-Gehalte zum Teil deutlich unter 1 mg/kg. Wie der Abbildung 12 zu entnehmen ist, ist insbesondere im Bereich 2,5 m unter GOK die höchste Schadstoffreduzierung festzustellen.

das Aufheizen des Bodens 2/3 und 1/3 für den Betrieb des Aggregats verwendet. Der schadstoffspezifische Energieverbrauch lag für die thermische In-situ-Sanierung zwischen rund 1100 kWh/kg LCKW (THERIS-Betrieb) und 860 kWh/kg LCKW (nachlaufende „warme“ Bodenluftabsaugung)

In der Abbildung 13 sind die Anteile des Energieverbrauchs grafisch dargestellt.

Wie die Kontrolluntersuchungen in den Kleinrammbohrungen vom Februar/März 2011 ergeben haben, wurde durch den Pilotfeldversuch keine Verlagerung von Schadstoffen im Umfeld des Pilotversuchs festgestellt.

## 6.5 Energiebilanz

Im Verlauf der Pilotierung wurden insgesamt ca. 21 000 kW/h an Energie für die Absaugung über einen Zeitraum von 81 Tagen und für das Aufheizen von 42 Tagen verbraucht. Davon wurden für

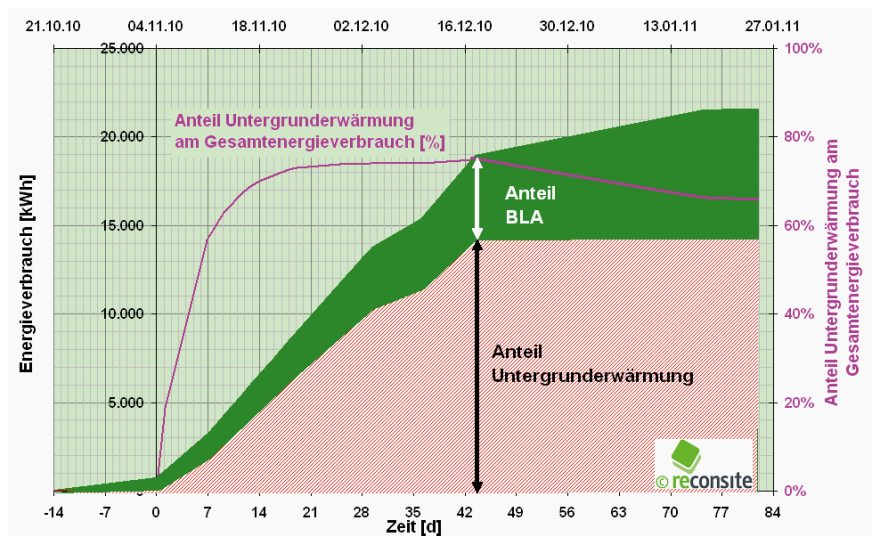


Abb. 13: Energiebilanz.

## 7 Zusammenfassung

Im folgenden werden die wichtigsten Erkenntnisse der THERIS-Pilotierung dargestellt:

- THERIS-Verfahren hat innerhalb von kurzer Zeit zu erheblichen Schadstoffreduzierungen geführt.
- THERIS-Verfahren ist geeignet für den Standort (Verfahren berücksichtigt den Gebäudebestand).
- THERIS-Verfahren ist als energieeffizient im Vergleich zur „kalten“ Bodenluftabsaugung zu bezeichnen.
- Eine Kostenreduzierung ist durch Optimierung des Energieverbrauches erreichbar.
- Die Sanierungsbegleitung und -überwachung ist vergleichsweise aufwändig.
- Die geförderte Rohluft muss zur optimalen Beladung der Aktivkohle abgekühlt werden.
- Eine ständige Überwachung der Sanierung durch gaschromatographische Vor-Ort-Analytik hat sich bewährt.

## 8 Ausblick

Die Entscheidung, ob eine Sanierung mit In-situ- oder On-site/Off-site-Verfahren durchgeführt wird, ist von vielen Randbedingungen wie z. B. Schadstoffen, Untergrundverhältnissen, Lage der Kontamination im Untergrund, Gebäudebestand abhängig. Es muss – wie meist bei der Altlastensanierung – eine Einzelfallentscheidung unter Berücksichtigung der Aspekte Sanierungsdauer, Verhältnismäßigkeit und Wirtschaftlichkeit erfolgen. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist auf Grund der unklaren zukünftigen Nutzung des Berninger-Grundstücks nicht vorgesehen, eine vollständige Sanierung der Untergrundkontamination durch LCKW durchzuführen.

Im folgenden wird jedoch diskutiert, welche Varianten für eine Sanierung in Frage kommen. Als In-situ-Sanierung bietet sich das THERIS-Verfahren, was

erfolgreich in einem Pilotfeldversuch aktuell durchgeführt wurde, an. Durch die Fortsetzung der bis 2001 erfolgten klassischen Bodenluftsanierung ist aufgrund der bindigen Bodenstruktur und des Schichtwassers keine vollständige Sanierung in einem vertretbaren Zeitraum erreichbar. Neben dem o. g. In-Situ-Verfahren könnte auch durch Bodenaushub bzw. durch Großbohrungen die Kontamination entfernt werden. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass im Untergrund Leitungen vorhanden sind und die Standsicherheit der Gebäude gewährleistet sein muss. Auch bestehen im Hofbereich der ehemaligen Lederfabrik beschränkte Platzverhältnisse, da zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht vorgesehen ist, die Gebäude rückzubauen.

In der Tabelle 2 sind die Sanierungsverfahren für die wasserungesättigte Bodenzone, die auf dem Berninger-Gelände durchführbar wären, mit ihren Vor- und Nachteilen zusammengestellt.

Möglich wäre auch eine häufig eingesetzte Kombination von innovativen Verfahren mit herkömmlichen Verfahren, z. B. Aushub des Eintragsbereiches in Kombination mit In-situ-Verfahren.

In der Tabelle 3 werden die Kosten für eine vollständige Sanierung mittels einem klassischen Bodenaushub, Großbohrungen und dem THERIS-Verfahrens (Varianten A bis C) abgeschätzt. Kosten für die Herstellung der Oberflächenversiegelung werden nicht berücksichtigt.

Die Kosten des THERIS-Verfahrens liegen am Beispiel des Falles „Idstein, Lederfabrik Berninger“ in vergleichbarer Größenordnung einer Aushubsanierung.

Das THERIS-Verfahren ist für die Sanierung der LCKW-Belastungen im Innenhof der ehemaligen Lederfabrik prinzipiell geeignet.

**Tab. 2:** Sanierungsverfahren der wasserungesättigten Bodenzone Berninger-Gelände Idstein.

	Verfahren	Vorteile	Nachteile
A	<b>Auskoffierung (mit Baugrubenverbau)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vollständige Sanierung auch bindiger Bodenbereiche</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Kosten für Entsorgung/Wiederverfüllung und Bauarbeiten, Sicherungsmaßnahmen Gebäude</li> <li>• Beeinträchtigungen durch Erschütterungen beim Errichten des Verbaus</li> <li>• Erhöhter Arbeitsschutz</li> <li>• Behandlung anfallendes Stau-/Schichtwasser</li> <li>• Baustellenverkehr und -lärm</li> </ul>
B	<b>Sanierung mittels Bodenaustausch (Großbohrungen)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vollständige Sanierung auch bindiger Bodenbereiche</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Kosten für Baustelleneinrichtung und Bohrarbeiten</li> <li>• Hohe Kosten für Entsorgung/Wiederverfüllung</li> <li>• Behandlung anfallendes Stau-/Schichtwasser</li> <li>• Baustellenverkehr und -lärm</li> </ul>
C	<b>Thermische In-Situ Sanierung (THERIS)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sanierung unter Beibehaltung der bestehenden Bebauung</li> <li>• Kurzer Sanierungszeitraum und geringerer Energieverbrauch gegenüber Verfahren D</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hoher Energieaufwand,</li> <li>• Geringe Reichweite in bindigen Bodenschichten</li> <li>• Hoher Planungs- und Überwachungsaufwand</li> <li>• Aufwendige Technik</li> <li>• Geringe Reichweite des Verfahrens</li> <li>• Lärm durch Bohrarbeiten und BLA-Betrieb</li> </ul>
D	<b>Klassische „kalte“ Bodenluftabsaugung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Absaugung unter Beibehaltung der bestehenden Bebauung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sehr hoher Energie- und Überwachungsaufwand, hoher Zeitaufwand</li> <li>• Geringe Reichweite in bindigen Bodenschichten</li> <li>• Geringer Austrag bei Zufluss von Stau- und Schichtwasser</li> <li>• Lärm durch Bohrarbeiten und BLA-Betrieb</li> <li>• <b>Keine vollständige Sanierung möglich</b></li> </ul>

**Tab. 3:** Kostenschätzung über die Sanierung der wasserungesättigten Bodenzone im Hofbereich (max. Fläche: ca. 100 m<sup>2</sup>, Tiefe: ca. 5 m).

		ca. T€
A	<b>Aushub mit Baugrubenverbau (Durchführung Baugrubenstatik)</b> 1. Baustelleneinrichtung/Umlegung Stromleitung/Kanal im Hofbereich wiederherstellen/Arbeitsschutz 2. Baugrubenverbau, Wasserhaltung, Bodenaushub und Wiederverfüllung Baugrube; Entsorgung Bodenaushub 3. Überwachung/Dokumentation	140
B	<b>Sanierung mittels Großbohrungen</b> 1. Baustelleneinrichtung/Umlegung Stromleitung/Kanal im Hofbereich wiederherstellen/Arbeitsschutz 2. Großbohrungen (Æ 1000 mm), Wasserhaltung, Wiederverfüllung Bohrlöcher, Entsorgung Bodenaushub 3. Überwachung/Dokumentation	180
C	<b>Thermische „In situ“-Sanierung (THERIS)</b> (30 Heizelemente, 6 Bodenluftabsaugepgel, Abreinigung Boden bis max. 1 mg/kg) 1. Baustelleneinrichtung, Bohrarbeiten, Umlegung Stromleitung/Kanal Hofbereich wiederherstellen/Arbeitsschutz 2. Betriebskosten, Baustellenräumung, Stromkosten (aktuelle Preise) 3. Planung, Überwachung/Dokumentation	135



# Energieeffizienz bei der Altlastensanierung - Ein Rechenbeispiel

MICHAEL WOLF

## 1 Einleitung

Die Sanierung eines kontaminierten Bodens geht einher mit dem Verbrauch von Energie, z. B. Bagger- und LKW-Joule für den Aushub oder der elektrische Betrieb eines Seitenkanalverdichters bei der Bodenluftabsaugung.

Beim THERIS-Verfahren (Thermische in-situ Sanierung) wird der Untergrund mit elektrisch betriebenen Heizelementen erwärmt, um so leichtflüchtige Stoffe beschleunigt zu verdampfen und mit der Gasphase (Bodenluft) abzusaugen. Folglich wird an zwei Stellen Energie verbraucht: Zur Untergrunderwärmung und zur Erzeugung eines Unterdruckes für die Bodenluftabsaugung.

In diesem Aufsatz soll der Frage nachgegangen werden, ob durch die Anwendung des THERIS-Verfahrens die Dauer der Absaugung maßgeblich reduziert werden kann und ob es energieeffizienter ist als die „kalte Absaugung“.

## 2 Fallbeschreibung Lederfabrik Berninger

Im Taunusstädtchen Idstein produzierte die Lederwarenfabrik Berninger in den Jahren 1937–85. Die Lederentfettung erfolgte mit Trichlorethen bzw. Tetrachlorethen auf der heutigen Parzelle 37/3 (Abb. 1). Hierbei kam es zu einer Grundwasserunreinigung mit leichtflüchtigen chlorierten Kohlenwasserstoffen (LCKW). Seit 1985 befindet sich die Firma in Liquidation. Umwelttechnische Untersu-

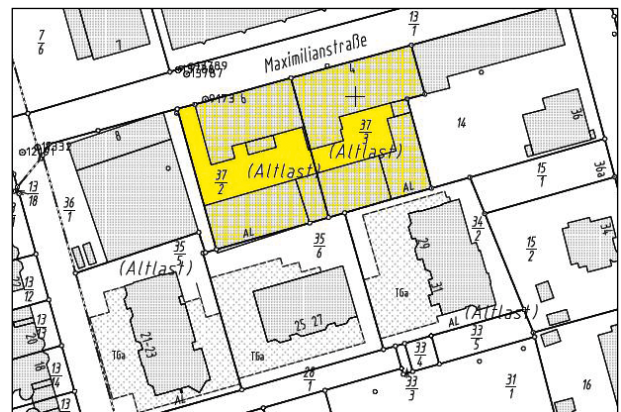


Abb. 1: Altlastengrundstücke der Fa. Berninger (Datengrundlage: Autom. Liegenschaftskarte – Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation).

chungen nach 1985 ergaben hohe Belastungen mit LCKW in Grundwasser und Bodenluft. Daher wurde das Grundstück am 6.5.1991 als Altlast festgestellt. Ab 1989 wurde die Sanierung von Bodenluft und Grundwasser eingeleitet. Am 11.8.1992 wurde der Fall auf die HIM-ASG übertragen. Die Bodenluftsanierung wurde bis April 2001 fortgeführt. Ein LCKW-Belastungsherd im Hofbereich verblieb in rd. 1–6 m Tiefe wegen des bindigen Bodens (quartärer Lößlehm). Die Grundwassersanierung wurde bis Juni 2004 weitergeführt und mündete in einem Grundwassermonitoring mehrerer Brunnen (um 100 µg/l LCKW im zentralen Brunnen III).

2010 wurde dann der THERIS-Pilotversuch in dem LCKW-Belastungsherd von der Fa. RECONSIT GmbH (Fellbach) durchgeführt. Die Voruntersuchungen erfolgten durch das Ingenieurbüro HPC Harres Pickel Consult AG (Kriftel).

### 3 Prinzip der Bodenluftabsaugung

Zur Bodenluftabsaugung werden perforierte Rohre, Dränagerohre o. ä. in den Untergrund eingebracht und an Seitenkanalverdichter oder Vakuumpumpen angeschlossen.

Seitenkanalverdichter sind ähnlich den Kreiselpumpen aufgebaut und erzeugen einen Unterdruck. Durch den Unterdruck werden flüchtige Schadstoffe wie LCKW, BTEX-Aromaten und niedrigsiedende Aliphaten mobilisiert. Diese werden nachgeliefert, solange leichtflüchtige Stoffe im Boden vorliegen. Auch Wasserdampf wird extrahiert.

## 4 THERIS-Pilotversuch

### 4.1 Grundlagen

Die Reichweiten der Bodenluftabsaugung in bindigen, schluffigen Böden sind sehr gering, so wie im Fall Berninger. Eine „kalte Bodenluftabsaugung“ hat oft geringe Aussichten auf Erfolg, da der Austrag über die Gasphase durch die Diffusion limitiert ist. Der Druckgradient steigt mit zunehmender Entfernung zum Bodenluftpegel sehr stark an. Das THERIS-Verfahren bietet die Möglichkeit, mittels elektrisch betriebener, einzeln regelbarer Wärmequellen, den Untergrund auf über 80 °C zu erwärmen.

Beim THERIS-Verfahren wird das thermodynamische Gleichgewicht zwischen flüssigem Schadstoff und Dampfphase durch Einwirkung von Wärme und Unterdruck (ca. 900 hPa abs.) zugunsten der Dampfphase verschoben. Durch die Erwärmung steigt der Partialdruck der LCKW exponentiell an. Der Austrag der Schadstoffe über die Gasphase wird beschleunigt. Das Phasengleichgewicht zwischen Wasser und LCKW verschiebt sich zudem zu Gunsten der LCKW (s. Abb. 3).

Kurzum: Wegen der Wärme und durch den Unterdruck wird der Austrag von LCKW auch in bindigen Böden erheblich verbessert.

### 4.2 Versuchsdurchführung

Der THERIS Versuch umfasst 7 Heizelemente (5 m), die im Abstand von rd. 2 m um Pegel BL 1 gruppiert sind (s. Abb. 2). Ca. 4 m westlich der Versuchsanordnung befindet sich BL 11. Der Versuch umfasste 5 Phasen.

In **Phase 0** erfolgte die „kalte Bodenluftabsaugung“ an BL 1 (28.10.–4.11.2010).

In **Phase 1** wurde BL 1 abgesaugt unter langsamer Erwärmung des Bodens (4.11.–18.11.).

In **Phase 2a** wurde BL 1 wegen eines pneumatischen Kurzschlusses aufgegeben, dafür BL 2 gebohrt und angeschlossen (18.11.–10.12.).

Zur **Phase 2b** wurde der BL 11 in die Absaugung mit einbezogen (10.12.–17.12.).

Mit **Phase 3** wurden die Heizelemente abgeschaltet; es folgte die „nachlaufende warme Bodenluftabsaugung“, bei der noch die Restwärme im Boden genutzt wurde (17.12.2010–17.01.2011).



**Abb. 2:** Die THERIS-Versuchsanlage im Hof der Fa. Berninger, in der Mitte BL 1 (Foto: M. Wolf).

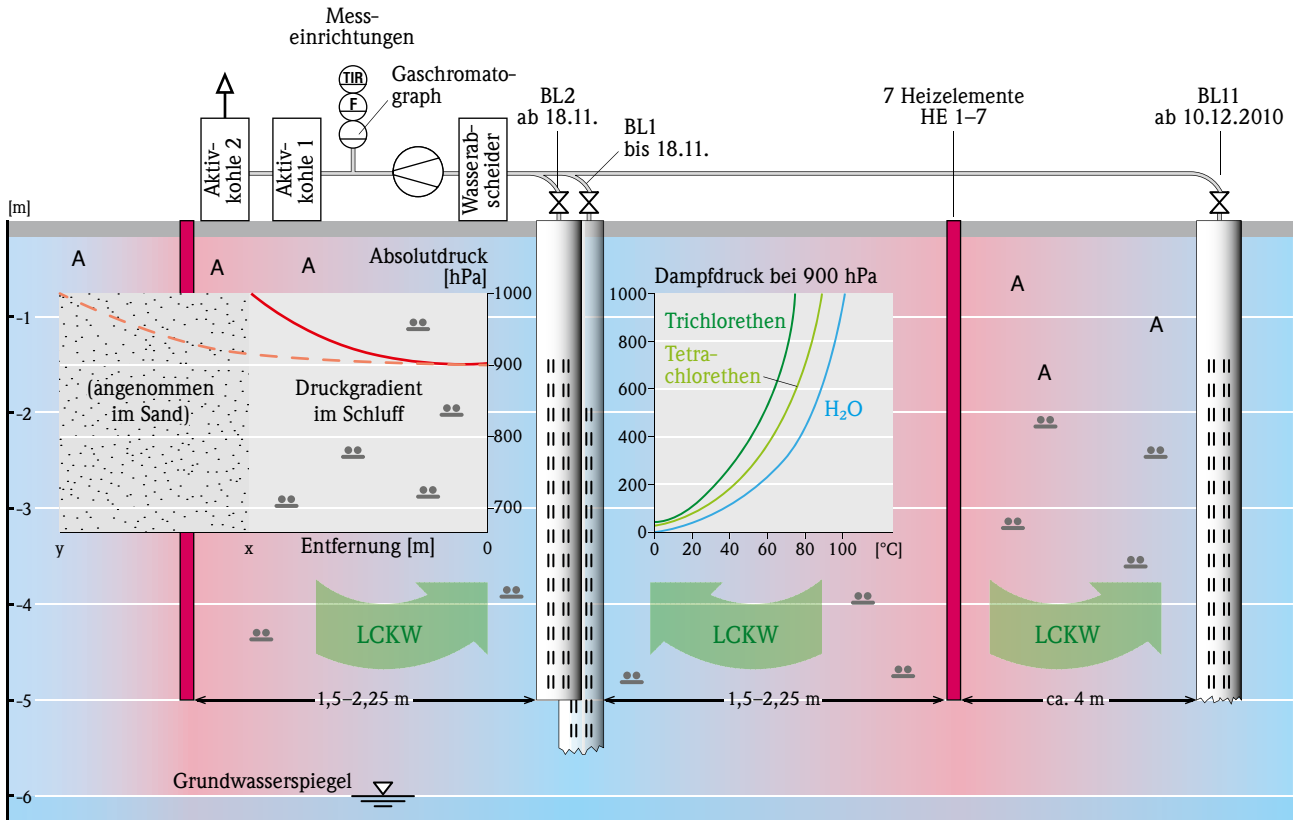


Abb. 3: Schnitt durch den Untergrund der THERIS-Pilotanlage in Idstein (Skizze: M. Wolf).

Phase		0 kalte BLA	0 THERIS	2a THERIS	2b THERIS	3(1) warme BLA	3(2) warme BLA
Pegel		BL1	BL1	BL2	BL2 + BL11	BL2 + BL11	BL2 + BL11
Energieverbrauch gesamt	kWh	689	6517	15310	18673*	19763*	21489
Energieverbrauch/Phase	kWh	689	5828	8793	3363*	1090*	1726*
Heizenergie	kWh	–	4561	6765	2728	–	–
Pumpen, Instrumente etc.	kWh	689	1267	2028	635*	1090*	1726*
Bodentemperatur	°C	10–15	60–90		80–105	55–75	
Ø LCKW-Konzentration BL	mg/m <sup>3</sup>	6,39	12,2	696	218	150	48,7
LCKW-Austrag/Phase	kg	0,055	0,22	14,3	1,62	2,07	0,98 (19,2 gesamt)
spez. Energieverbrauch	kWh/kg	12527	26491	615	2076	527	1761

\* interpoliert

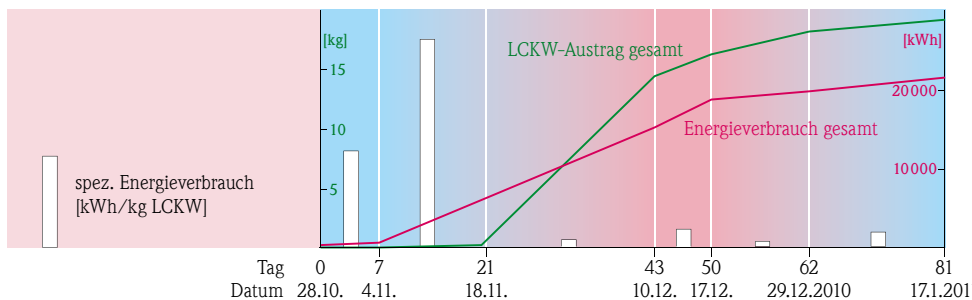


Abb. 4: Ergebnisse des THERIS Pilotversuchs, Tabellendiagramm. (Darstellung: M. Wolf; Daten: RECONSITE, 17.3.2011 – Abschlussbericht Pilotversuch THERIS Lederfabrik Berninger; Excel-Tabelle Rohdaten THERIS-Versuch.)



### 4.3 Ergebnisse

Die wichtigsten Ergebnisse sind in Abb. 4 dargestellt. Der Stromverbrauch in den einzelnen Phasen wurde zum Teil interpoliert. Der Austrag an LCKW wurde mit Hilfe einer von RECONSITe zur Verfügung gestellten Excel-Tabelle aus Luftdurchfluss und LCKW-Konzentration berechnet.

### 4.4 Schlussfolgerungen

- In **Phase 0** liegt der spezifische Energieverbrauch (SE) mit über 12 500 kWh/(kg LCKW) enorm hoch, obwohl nur Pumpen und Messinstrumente in Betrieb sind. Dies liegt daran, dass der bindige Boden trotz Unterdruck kaum LCKW freigeben kann, aber auch an einem vermuteten pneumatischen Kurzschluss.
- In **Phase 1** verdoppelt sich der SE auf fast 26 500 kWh/(kg LCKW), was an der Zuschaltung der Heizelemente, als auch am pneumatischen Kurzschluss in BL 1 liegt.
- In **Phase 2a** erreicht der THERIS-Versuch sein Energie-Optimum mit rd. 615 kWh/(kg LCKW) an BL2. Die Durchschnitts-Konzentration liegt bei fast 700 mg/m<sup>3</sup> LCKW.
- **Phase 2b** geht einher mit einer vermeintlichen Verschlechterung des SE auf 2 076 kWh/(kg LCKW). Ursache ist der in Phase 2a erzielte Sanierungserfolg. 2a endete mit einer Konzentration von rd. 170 mg/m<sup>3</sup> LCKW. Mit Zuschaltung von BL 11 in 2b stieg die Konzentration auf zunächst rd. 450 mg/m<sup>3</sup> LCKW an, um am Ende auf ca. 100 mg/m<sup>3</sup> abzufallen. Die insgesamt nun niedrigeren Konzentrationen gegenüber 2a bei gleichbleibendem Energieverbrauch führen zu einer Erhöhung des SE.
- In den **Phasen 1 bis 2b** liegt der mittlere SE bei rd. 1 114 kWh/(kg LCKW)
- Im ersten Teil der **Phase 3 (bis 29.12.)** zeigt sich, dass große Kapazitäten gespeicherte Restwärme LCKW mobilisieren – der SE fällt auf 527 kWh/(kg LCKW) wegen des auf Pumpen und Instrumente reduzierten Energieverbrauchs.
- Erst im zweiten Teil **Phase 3 (bis 17.1.2011)** macht sich die zunehmende Abkühlung des Untergrundes bemerkbar. Der SE steigt auf 1 761 kWh/(kg LCKW). Zudem ist ein Großteil der

LCKW beseitigt worden, weshalb die Konzentrationen im Bodengas immer weiter absinken.

Wegen der enormen Schadstoffausträge mit fast 700 mg/m<sup>3</sup> LCKW in Phase 2a gegenüber 6,39 mg/m<sup>3</sup> in Phase 0 kann davon ausgegangen werden, dass **das THERIS-Verfahren die Sanierungsdauer erheblich verkürzt.**

Auch fallen die Konzentrationen in dieser Phase innerhalb von 21 Tagen von eingangs über 1 000 mg/m<sup>3</sup> auf rd. 170 mg/m<sup>3</sup> mit einem Zwischenpeak von über 2 000 mg/m<sup>3</sup> LCKW. Also wird durch die Wärme ein erhebliches Schadstoffquantum mobilisiert.

Mit Blick auf die optimale Phase 2a mit einem spezifischen Energieverbrauch von 615 kWh/kg **kann man das THERIS-Verfahren gegenüber der kalten BLA als durchaus energieeffizient bezeichnen.** Allerdings ist dieses Verfahren nur für bindige Böden geeignet. Zur Frage der Energieeffizienz sei eine Passage aus der LUA-NRW Arbeitshilfe Bodenluftsanierung zitiert.

„Bis zu einem spezifischen Energieverbrauch von etwa 1 000 kWh/kg LCKW kann eine Bodenluftsanierung als effizient bezeichnet werden. Oberhalb eines spezifischen Energieverbrauches von 1 000 kWh/kg LCKW sollte das Konzept überprüft werden, ab einem spezifischen Energiebedarf von etwa 2 000 kWh/kg LCKW ist der (Weiter-)Betrieb einer Bodenluftsanierungsmaßnahme mit einem so hohen Energieaufwand verbunden, dass je nach Einzelfall der Betrieb nicht mehr als empfehlenswert angesehen werden kann.“

(LUA-NRW 2001 – Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz, Bd. 13 – Arbeitshilfe Bodenluftsanierung)

## 5 Modellrechnung Bodenaushub

In einer Modellrechnung soll der Frage nachgegangen werden, ob ein Bodenaushub energieeffizienter sein kann.

Verbraucht wurden im THERIS-Pilotversuch rd. **21 500 kWh Strom.** Nach (UBA 2007) beträgt der Nutzungsgrad der deutschen Stromerzeugung

41,7 %. Für 2010 wird ein Nutzungsgrad von 43 % angenommen.

Also wurden rd.  $21\,500 \text{ kWh} / 0,43 = 50\,000 \text{ kWh}$  Primärenergie verbraucht. Dies entspricht etwa **5000 l Diesel** (Energiedichte rd.  $10 \text{ kWh/l}$ ).

Ein Kipplaster verbraucht rd. **40 l Diesel / 100 km**, kann also mit 5000 l **etwa 12500 km** zurücklegen. Die nächste Deponie ist 25 km entfernt, mit Rückfahrt sind das **50 km**. Hierbei müsste er mit geringem Umweg unbelastetes Erdreich wieder aufnehmen.

Somit könnte der LKW etwa **250 Fahren** zurücklegen. Da aber auch der Bagger vor Ort Diesel verbraucht und auch auf der Deponie das mit LKW verunreinigte Erdreich entgast, umgelagert und eingebaut, und unbelastetes Erdreich mitgenommen werden muss, wird überschlägig die Hälfte des Kraftstoffverbrauchs vorweggenommen.

Somit kann der LKW **125 Fahren à 25 t = 3125 t** abfahren.

Boden hat eine Dichte von rd. **1,8 g/cm<sup>3</sup>**.

Es sind also rd. **1700 m<sup>3</sup> Boden**, die im konkreten Beispiel mit der verbrauchten Primärenergie des THERIS-Versuches abgefahren und auch wieder eingebaut werden könnten.

Der Pilotierungsbereich des THERIS-Versuches umfasst  $20 \text{ m}^2$  Fläche x 5 m Tiefe = **100 m<sup>3</sup>**.

Der tatsächliche Wirkbereich muss jedoch viel größer sein, da auch der 4 m von nächsten Heizelement entfernte BL 11 zum Schadstoffaustrag beisteuert. Bei einem Wirkradius von 5–6 m um BL 1 kann der Wirkbereich des THERIS-Versuches mit **500 m<sup>3</sup>** abgeschätzt werden.

Somit wäre im konkreten Beispiel der **Bodenaushub 3–4 x energieeffizienter** als der THERIS-Pilotversuch.

Allerdings ist das THERIS-Verfahren für Projekte gedacht, bei denen ein Bodenaushub aufgrund der örtlichen Gegebenheiten nicht möglich ist. Dies trifft auch für das Gelände Berninger zu.

## **6 Optimierungsvorschlag: Abschaltbare Stromverbraucher**

Vor dem Hintergrund, dass es sich bei dem THERIS-Verfahren um eine energieintensive Sanierungsvariante handelt, werden folgende Überlegungen zwecks Kostenreduktion angeführt.

Im elektrischen Stromnetz unterscheidet man zwischen Schwachlast-, Normallast- und Spitzenlastzeiten. Die Netzeinspeisung an el. Strom wird auch aufgrund der Zunahme regenerativer Energiequellen ungleichmäßiger (Solarstrom fließt nur bei Sonne, Wind flaut über Nacht ab).

Die Energieversorgungsunternehmen (EVU) haben ein Interesse daran, große Strommengen zu Schwachlastzeiten abzustößen, weil sie dann weniger Kraftwerke herunter fahren müssen. Dies macht sich auch in Form eines günstigeren Preises bemerkbar. Für Großverbraucher, wie z. B. Betreiber von Wärmepumpen, halten die EVU spezielle Tarife bereit, die oft 20 % unter dem Normaltarif des Grundversorgers liegen.

Der Stromversorger behält sich vor, zu bestimmten Spitzenlastzeiten den Strom zur Versorgung der Großverbraucher per Rundsteuerempfänger abzuschalten. Dies setzte einen separaten Zähler und einen Rundsteuerempfänger voraus. Die Dauer der Abschaltzeiten ist in den Verträgen geregelt, i. d. R. nicht über 2 Stunden, max. 3 x am Tag.

Auch der preisgünstige Nachtstrom stellt eine denkbare Alternative dar (20.00–8.00 Uhr + WE, 0,02 €/kWh günstiger).

Dieses Versorgungsmodell wäre auch für Bodenluftabsaugungen, kombiniert mit den THERIS-Verfahren, überlegenswert. Die kurzfristige Abschaltung führt zu keinen Wärmeverlusten im Untergrund. Aufgrund der wärmespeichernden Eigenschaften des Bodens verbleibt die Wärmeenergie im Sanierungsbereich (wie in Phase 3(1)). Zudem ist der sog. intermittierende Absaugbetrieb, der hier zwangsläufig generiert würde, ein probates Mittel, die Sanierungseffizienz zu erhöhen. Mitunter muss sich dadurch nicht einmal die Sanierungsdauer verlängern.

## 7 Zusammenfassung

Die LCKW-Schäden der insolventen Lederfabrik Berninger sind weitgehend saniert. Es verbleibt ein LCKW-Nest im schluffigen Boden des bebauten Bereiches. Hier hat eine kalte Bodenluftabsaugung wenige Chancen. Die Erwärmung des Bodens könnte den Austrag von LCKW deutlich erhöhen. Ein THERIS-Pilotversuch sollte an einem LCKW-Nest die Machbarkeit des Verfahrens am Standort ermitteln. Hierzu wurde der Boden mit 7 Heizelementen für 43 Tage auf über 80 °C erwärmt und Bodenluft abgesaugt. Es wurden insgesamt 19 kg LCKW beseitigt,

dabei 21 500 kWh Strom verbraucht. In seiner optimalen Phase lag der spezifische Stromverbrauch bei 615 kWh/(kg LCKW). Das Verfahren ist somit als energieeffizient zu bezeichnen und verkürzt die Sanierungsdauer erheblich. Es ist geeignet für Standorte mit bindigen Böden, besonders dann, wenn aufgrund der örtlichen Gegebenheiten ein Bodenaushub nicht praktikabel ist. Bei solch energieintensiven Sanierungen kann es überlegenswert sein, nur Strom zu Schwachlastzeiten zu beziehen. Dies führt zu einer deutlichen Kostenreduktion und einer optimaleren Stromnetzauslastung in einer Zeit, in der regenerative Energien am Kommen sind.

# Geophysik in der Altlastenbearbeitung

PAUL J. BRINKMANN, FRANZ-JOSEF HUND & MATTHIAS KRACHT

## Teil 1: Untersuchungen zur Ertüchtigung der hydraulischen Sicherung am Rüstungsalstandort Hirschhagen

Die Bodensanierung am Rüstungsalstandort Hirschhagen wurde im Jahre 2009 mit der Sanierung des Brandplatzes und des Deponiebereichs für Neutralisationsschlamm (Schleifschlammhalde) abgeschlossen.

Die Hydraulische Sicherung des Altstandortes war aber weitgehend unverändert auf dem Stand des Jahres 1992 geblieben.

### Entwicklung des Kenntnisstandes zur Hydrogeologie

Die grundlegenden Kenntnisse zur Hydrogeologie des Standortes wurden durch das HLfB mit einem dreistufigen Bohrprogramm in den 1980er Jahren erworben. Daraus resultierte die erste und zum Teil die zweite Ausbaustufe der hydraulischen Sicherung 1989 und 1992.

Weitere Kenntnisse folgten Schritt für Schritt fast ausschließlich durch Erkundungsbedarf im Hinblick auf geplante Bodensanierungen.

2003 wurde auf Grundlage der abgeschlossenen Bodenerkundung und der Kenntnisse aus der regelmäßigen Grundwasserüberwachung ein zusammenfassender Bericht zur Geologie und Hydrogeologie des Standortes vorgelegt.

Die später abgeteufte Bohrungen zur weitere Erkundung der Bodenbelastung und zur Grundwasser-

modellierung im Bereich der Schleifschlammhalde bestätigten die bisherigen Kenntnisse. Es konnten aber – meist wegen der unzureichenden Ergiebigkeiten – keine geeigneten Standorte für zusätzliche Sicherungsbrunnen gefunden werden.

### Charakterisierung des hydrogeologischen Systems

Folgende Eigenschaften bestimmen die Hydrogeologie in Hirschhagen

- Das für die hydraulische Sicherung leicht zugängliche oberflächennahe Grundwasser ist gebunden an die in einem tektonischen Graben erhaltene Solling-Folge und einen Teil der oberen Hardeggen-Folge.
- Die Wasserspiegellagen dort differieren in einem zum Teil sehr kleinteiligen Schollenmosaik.
- Es gelten die für Kluftgrundwasserleiter typischen, lateral stark differierenden Durchlässigkeiten.
- Der engständige Schichtwechsel bedingt mit der Tiefe engständig wechselnde Potentiale (Grundwasserspiegellagen).
- Diese Heterogenität erlaubte weder die Scheinrealität eines Grundwassergleichenplanes noch die Bezeichnung „Oberes Grundwasserstockwerk“. Wir einigten uns auf „obere Zone der Grundwasserleiter“ bzw. Hirschhagenzone.
- Zwischen der Hirschhagenzone und der „Mittleren Zone“ liegt eine ungesättigte Zone von 30 bis 40 m Mächtigkeit.

### Anlass für die abschließende Grundwassererkundung

Ein Zufall machte klar, dass vor der geplanten baulichen Neuordnung der hydraulischen Sicherung

eine abschließende Grundwassererkundung geboten war:

Zur Fassung des vermuteten Abstroms eines bautechnisch nicht weiter sanierbaren Schadensherdes wurde in Abstimmung mit dem Eigentümer eine Bohrung niedergebracht, die eine bis dahin ungewohnt hohe Förderrate erlaubte und vermutlich eine Schadstofffracht liefern würde, die mehr als 50 % der Schadstofffrachten aller Brunnen der gesamten bisherigen hydraulischen Sicherung erreichen würde.

Das führte zu der Frage, ob und wie man vergleichbare Treffer im Verbreitungsgebiet der Hirschhagenzone erzielen könnte, d. h. ob es möglich wäre, Kluftbereiche mit guter Wasserdurchlässigkeit gezielt zu erkennen.

### Kann man Wasser führende Bereiche gezielt erkunden?

Ich erinnerte mich dunkel an eine Fortbildung Anfang der 90er Jahre, in der wir mittels Geoelektrik die Schichtenfolge einer Talmulde erkundeten. Man konnte damit Lockergestein und Festgestein unterscheiden und auch die wassergesättigte Zone erkennen. – Würde das auch in einem Kluftgestein funktionieren, wo die Grundwasseroberfläche wie in diesem Teil Hirschhagens nicht allzu tief liegt?

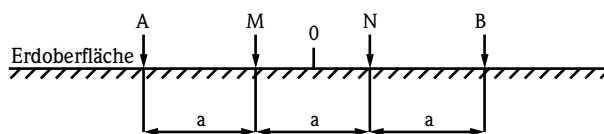
Nun da fragen wir doch mal im HLUg an. „Am besten Dr. Kracht“ meinte dessen Kollege Dr. Leßmann.

### Wie funktioniert das?

Die Geoelektrik gehört zur Angewandten Geophysik und beinhaltet Verfahren, welche die Erdkruste durch Messung von elektrischer Spannung und Stromstärke an der Erdoberfläche erforschen. Zu diesen Verfahren zählen auch Wechselstrom-Verfahren, bei denen Elektroden dem Boden künstliche Ströme zuführen.

Das hier eingesetzte Wenner-Verfahren (Anordnung der Elektroden in einer Linie, alle Elektroden haben den gleichen Abstand zueinander) eignet sich zur Kartierung von Leitfähigkeitsänderungen über größere Flächen und erkennt Störungszonen daran, dass

sich dort bedingt durch das Wasser die Leitfähigkeit ändert.



**Abb. 1:** Der Messwert in der Geoelektrik ist der scheinbare spezifische Widerstand  $\rho_s$  in  $\Omega \cdot m$ .

## Ergebnisse

Aufwand und Ergebnisse dieser Untersuchungen wird Ihnen Herr Dr. Brinkmann anschließend vorstellen.

Er wird darüber hinaus auf die Messungen im Bohrloch eingehen, mit deren Hilfe der Ausbau von Grundwassermessstellen und Brunnen im Hinblick auf die gewünschten Erkundungsergebnisse oder Leistungsfähigkeit ermittelt werden kann.

## Teil 2: Fallbeispiele geophysikalischer Messungen zur Ertüchtigung der hydraulischen Sicherung am Rüstungsaltsstandort Hirschhagen

Auf dem Standort Hirschhagen wurden geophysikalische Methoden im offenen Bohrloch und in ausgebauten Messstellen eingesetzt. Weiter kamen geophysikalische Erkundungen von der Oberfläche aus zum Einsatz. Alle Verfahren hatten das Ziel, die geologischen und hydrogeologischen Informationen über die Verhältnisse im Untergrund zu verbessern.

### a) Oberflächengeophysik

Die geophysikalischen Erkundungen von der Geländeoberfläche aus sollten Bereiche mit hohem Grundwasseranteil bei hoher Schadstoffbelastung als potentielle Standorte von Sicherungsbrunnen identifizieren. Angewendet wurden in 2-dimensionalen Messstrecken bis 30 m Tiefe neben der **2D-geoelektrischen Tomographie** zur Identifizierung von Wasser führenden Zonen auch Messungen mit **Induzierter**

**Polarisation** (IP) als Indikator für die Schadstoffverteilung im Untergrund.

Die Verfahren wurden zunächst im Rahmen einer Voruntersuchung auf 2 Profilen mit insgesamt 800 m Länge getestet. Im Bereich dieser Profile lagen eine Reihe von Bohrungen mit Besonderheiten hinsichtlich Schadstoffverteilung und Ergiebigkeit von Messstellen, die aus früheren Untersuchungen bekannt waren. Die geophysikalische Interpretation der kombinierten Ergebnisse beider Messverfahren ließ bei der Auswertung eine Vielzahl von Details im Untergrund erkennen, die aus der hydrogeologischen Erkundung bekannt waren.

Daraufhin wurde das Verfahren im Rahmen einer geophysikalischen Erkundungsphase an 6 weiteren Profilen mit insgesamt 3000 m Länge angewandt. Bei dieser nahezu flächendeckenden Erkundung wurden 21 Anomalien identifiziert, die eine Kombination von hohen Schadstoffgehalten bei hoher Wasserverfügbarkeit erwarten ließen. An 9 der 21 Anomalien wurden daraufhin Erkundungsbohrungen niedergebracht, zu Grundwassermessstellen ausgebaut und in Pumpversuchen im Hinblick auf ihre dauerhafte Ergiebigkeit und Schadstofffracht erkundet.

Fünf der neun Bohrungen lieferten aufgrund der Ergebnisse der Pumpversuche eine so hohe Schadstofffracht, dass entschieden wurde, sie im Rahmen der hydraulischen Sicherung des Standortes als Sanierungsbrunnen dauerhaft zu betreiben.

Die mit oberflächengeophysikalischen Methoden gefundenen Anomalien waren nicht in jedem Fall Hinweise auf geeignete Standorte für leistungsfähige Sicherungsbrunnen. Die Erfolgsquote von über 50 % liegt allerdings deutlich höher als bei früher abgeteufelten Bohrungen, die nur aufgrund der Schadstoffverteilung im Boden sowie allgemeiner geologischer Informationen ausgewählt wurden.

## **b) Bohrlochgeophysik**

Mit geophysikalischen Verfahren im offenen Bohrloch sollten ergänzend zur Bohrkernansprache Informationen zur Beschaffenheit der Bohrung, zum Aufbau des Gebirges und seiner Schichtenfolge sowie zu den Grundwasserverhältnissen gewonnen werden.

Der Einsatz dieser Verfahren in der ausgebauten Grundwassermessstelle diente der Ausbaukontrolle. Es wurden folgende Verfahren angewandt:

### **Im offenen Bohrloch:**

**Kaliberlog** zur Ermittlung der Bohrlochkontur sowie von Ausbruchszonen in der Bohrlochwand d.h. Entfestigung im Zusammenhang mit Klüften oder Schichtgrenzen. Die unregelmäßig über die gesamte Bohrtiefe beobachteten Ausbrüche belegen zahlreiche Schichtwechsel von Sand- Schluff- und Tonsteinlagen. Einen ergänzenden visuellen Eindruck liefert eine **Kamerabefahrung**.

**Gamma-Ray-Log, Widerstands-Log** zur Ermittlung des Schichtenaufbaus in der Bohrung. Anhand der Unterschiede in der natürlichen Gamma Strahlung sowie des elektrischen Widerstandes wurden die Abfolgen von Sand- und Tonsteinlagen mit hoher Auflösung differenziert.

**Salinitäts-Log, Temperatur-Log** bestimmten die Verteilung physikalischer Kenngrößen wie Leitfähigkeit und Temperatur und ermöglichten Rückschlüsse auf Unterschiede im Grundwasser. Unterschiedliche Typen von Grundwasser oder Wässer unterschiedlicher Zusammensetzung konnten so erkannt werden.

**Tracer Fluid logging** zur Untersuchung der hydrogeologischen Verhältnisse diente der Abgrenzung von Wasserzu- und -austrittsbereichen sowie der Bestimmung ihrer Volumenströme. Bei allen Bohrungen wurde eine nach unten gerichtete Strömung festgestellt. Deren Intensität ist abhängig von der zeitabhängigen Potentialdifferenz der von der Bohrung angeschnittenen, grundwasserführenden Horizonte.

Anhand aller oben genannten Ergebnisse wurde der Ausbau der Messstellen festgelegt und z. B. eine Vollrohrstrecke im Bereich eines stockwerkstrennenden Schichtkomplexes angeordnet.

### **In der ausgebauten Messstelle:**

**TV-Befahrung** zur visuellen Kontrolle der Rohrverbindungen, Lage von Filter und Vollrohrstrecken sowie Zustand der Filterstrecken und Auflandungen an der Basis der Messstelle ergänzt durch **Widerstands-Log**, welches ebenfalls eine deutliche Unter-

scheidung von Filter- und Vollrohrstrecken erlaubt, ermöglichte die Überprüfung der korrekten Teufenlage der Ausbauverrohrung.

**Gamma-Ray-Log, Neutron-Neutron-Log und Gamma-Gamma-Dichte-Log** ermöglichen Aussagen zum Feinkornanteil (mit radioaktiven Bestandteilen) hinter der Verrohrung und dienen insbesondere im Vergleich mit den Messungen im offenen Bohrloch der Kontrolle der Ringraumverfüllung. Abdichtende Materialien und Filterkies konnten so sicher unterschieden werden.

### Teil 3: Wie und womit können geophysikalische Methoden bei der Altlastenbearbeitung helfen?

#### Einleitung: Was kann die Geophysik und was nicht?

Im Vortrag wird auf das Verhältnis von Geophysiker und Ingenieur und die Grenzen der Geophysik eingegangen. Losgelöst von dem „Einsatz geophysika-

lischer Verfahren am Beispiel des Rüstungsaltsstandort Hirschhagen“ werden die prinzipiellen Einsatzgebiete der Geophysik bei der Bearbeitung von Altlasten (siehe Tabelle 1) beschrieben. Dabei unterscheidet man aktive und passive Methoden, die in der Geophysik im Allgemeinen zerstörungsfrei sind. Die Ausnahme bildet hier die Bohrlochgeophysik (siehe auch Altlasten annual 2006: „Geophysikalische Untersuchungen von Bohrungen und Messstellen, Seite 141–147).

### Wie kann die Geophysik bei der Altlastenbearbeitung helfen?

#### Fachliteratur und Bücher:

Auf einem älteren Stand ist das folgende Link (allerdings auch das einzig hilfreiche): <http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/10012/geo0096.html?COMMAND=DisplayBericht&FIS=161&OBJECT=10012&MODE=BER&RIGHTMENU=null>

Hier sind unter A.2: Leitlinien zur Geophysik an Altlasten Tabellen zusammengestellt, die die wichtigsten Aussagen zur Aufstellung und Durchführung eines

**Tab. 1:** Einsatzbereiche der Ingenieurgeophysik in der Erkundung von Altlast-Verdachtsflächen.

Einsatzbereiche				
Lokalisierung	Struktur, Volumen	Deponieinhalt	Schadstoffaustrag	Bodenparameter
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suche</li> <li>• Abgrenzung</li> <li>• Kartierung</li> <li>• Ortung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiefenangaben</li> <li>• Schichtaufbau</li> <li>• Mächtigkeiten</li> <li>• Böschungs- und Sohlenstruktur</li> <li>• Hydrogeologie im Deponiegut</li> <li>• Hydrogeologie Sohlenbereich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eisenschrott</li> <li>• andere Metalle</li> <li>• Grenze zwischen Schutt und Hausmüll</li> <li>□ Galvanik- u. a. Schlämme</li> <li>• Elektrolytquellen</li> <li>• thermische Herde</li> <li>□ Radioaktivität</li> <li>• Salinität <sup>x)</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hydrogeologie des Umlandes</li> <li>• lithologische Identifizierung der Schichten</li> <li>• elektrolyt. Abströmfahne</li> <li>□ thermische Abströmfahne</li> <li>□ biochemische Zonierung im Abstrom</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• dynamische Elastizitätszahlen</li> <li>• Klüftigkeitskoeffizient</li> <li>• elektrische Leitfähigkeit</li> <li>• Dielektrizitätskonstante</li> <li>• Korrosivität</li> <li>• Anisotropiekennzahlen</li> <li>• Raumdichte <sup>x)</sup></li> <li>• Porosität <sup>x)</sup></li> <li>• Wassersätt. <sup>x)</sup></li> </ul>

• praktisch erprobt    □ nach Literatur oder postuliert

<sup>x)</sup> nach Bohrlochmessungen

Die Tabelle ist aus: H. J. Mauritsch & G. Wallach: Konzepte, Methoden und Beispiele zur Umweltgeophysik in Österreich, DGG-Kolloquium Umweltgeophysik – Leoben, 23. April 1990

geophysikalischen Erkundungsprogramms an Atlanten zusammenfassen. Einiges ist davon heute noch gültig, aber längst nicht mehr alles!

Es werden einige ältere und neuere **Bücher** vorgestellt. Das aktuellste Buch zu diesem Thema ist das Handbuch zur Erkundung des Untergrundes von Deponien und Altlasten; Bd.3 Geophysik von Knödel, Krummel, Lange bei Springer in 2005 erschienen (ISBN 3-540-22275-8)

### **Experten:**

Bei der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft (DGG) findet man einen Expertenpool (hier unter Ingenieur-, Hydro- und Umweltgeophysik) unter: <http://www.dgg-online.de/experten.php>. Dabei handelt es sich hauptsächlich um Hochschul-lehrer bzw. um Ansprechpartner bei den entsprechenden Landes- und Bundesbehörden.

### **Firmen:**

Berufsverband Deutsche Geowissenschaftler (BDG)  
Hier stellen sich die vom BDG geprüften und zertifizierten Geophysik-Firmen mit ihren Dienstleistungsangeboten vor. Der BDG empfiehlt die Beauftragung geprüfter Geophysik-Firmen: <http://www.geobe>

[www.geobe.de/index.php?option=com\\_content&view=category&id=100&Itemid=77](http://www.geobe.de/index.php?option=com_content&view=category&id=100&Itemid=77)

Der BDG hat ein neues Qualitätssiegel für Geophysikfirmen eingeführt. Mess- und Beratungsunternehmen, die eine Prüfung bestehen, erhalten den Titel „Qualitätsgeprüfte Firma im BDG“. Ziel ist es, die Qualität und die Akzeptanz geophysikalischer Leistungen am Geomarkt zu verbessern: [http://www.geoberuf.de/index.php?option=com\\_content&view=article&id=58%3Azertifizierungen&catid=66%3Azertifizierungen&Itemid=65&limitstart=4](http://www.geoberuf.de/index.php?option=com_content&view=article&id=58%3Azertifizierungen&catid=66%3Azertifizierungen&Itemid=65&limitstart=4)

### **Womit kann die Geophysik bei der Altlastenerkundung helfen?**

Es wird ein Überblick über die gängigen geophysikalischen Verfahren gegeben (siehe auch Tabelle 1). Außerdem werden Beispiele für neuere geophysikalische Verfahren bei der Altlastenerkundung wie

- TEM (Transientelektromagnetik)
  - SNMR (Oberflächen-Nuklear-Magnetische-Resonanz)
  - Bodenradar (Das Frankfurter Testfeld)
- ausführlicher vorgestellt.





## Altlasten im Internet: <http://www.hlug.de>

Das Fachgebiet Altlasten bietet auf der Homepage des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie Informationen rund um die Altlastenbearbeitung in Hessen an. Auf der Startseite stehen Materialien zu folgenden Themen zur Verfügung:

- Aktuelle Informationen
- Altflächendatei
- Altlastenanalytik
- Altlastenbearbeitung
- Arbeitshilfen
- Archiv
- DATUS
- Rechtsgrundlagen und Fachdokumente
- Sachverständige

### Aktuelle Informationen

Hier werden die aktuellen Informationen zu Altlastenseminaren, Fachgesprächen, Neuerscheinungen der Handbuchreihe Altlasten und anderen Aktivitäten auf dem Gebiet der Altlastenbearbeitung bekanntgemacht.

### Altflächendatei

In einem zentralen Informationssystem, der Altflächendatei, erfasst die Hessische Landesverwaltung Daten über folgende Flächenarten:

- Altablagerungen,
- Altstandorte,
- Sonstige schädliche Bodenveränderungen,
- Grundwasserschadensfälle,

bei denen es sich um

- Altlastverdächtige Flächen,
- Verdachtsflächen oder
- Altlasten

handeln kann.

Die Altflächendatei besteht aus zwei Programmen, welche im Fachinformationssystem Altflächen und Grundwasserschadensfälle (FIS AG) miteinander verknüpft sind:

- Im Altflächen-Informationssystem Hessen (ALTIS) werden die Altflächen erfasst und deren Daten verwaltet.
- In der Analysendatei Altlasten und Grundwasserschadensfälle (ANAG) werden die Daten zu Messstellen, Probennahmen und Analysenergebnissen von untersuchten Altflächen geführt.
- Mit der Anbindung an ein Geographisches Informationssystem (GIS-Viewer) bietet das FIS AG die Möglichkeit, Kartendarstellungen mit Informationen aus der Altflächendatei zu Altflächen und Messstellen aufzurufen.

Die Behörden benötigen die erfassten Daten, um

- die von diesen Flächen ausgehenden Gefahren zu bewerten,
- Maßnahmen zur Gefahrenabwehr und zur Überwachung anzuordnen,
- den Umfang von Sanierungsmaßnahmen zu ermitteln und zu bewerten.

Das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie führt die Altflächendatei zusammen mit den Bodenschutzbehörden der Regierungspräsidien und der Landkreise und kreisfreien Städte.

Auskünfte über Altflächen und sonstige schädliche Bodenveränderungen können beim Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie sowie bei den jeweiligen Regierungspräsidien eingeholt werden.

### Altlastenanalytik

Die hier vorgestellten Verfahren wurden vom Fachgremium Altlastenanalytik für den täglichen Vollzug

der Altlastenbearbeitung konzipiert und werden daher zum Teil auch in der Bundesbodenschutzverordnung (PAK; BBodSchV, Tab. 5) bzw. in landesspezifischen Gesetzen (BTX/LHKW in NRW, § 25 LabfG) berücksichtigt. Mit diesem Verfahren soll der Zeitraum bis zum Erscheinen von genormten Verfahren überbrückt und der Vollzug inzwischen auf eine sichere Basis gestellt werden. Alle hier beschriebenen Verfahren sind durch mehrere Ringversuche (arbeitskreisintern und -extern) validiert.

## Altlastenbearbeitung

Unter „Grundlagen“ werden die Ziele und der Ablauf der Altlastenbearbeitung in Hessen detailliert dargestellt. Desweiteren werden aktuelle Beiträge des HLUg zur Untersuchung von Altlasten, zur Grundwassersanierung, zu Schadstofffrachten im Grund- und Sickerwasser sowie zu den natürlichen Abbau- und Rückhalteprozessen im Grundwasser veröffentlicht.

## Arbeitshilfen

Hier stehen Kurzinformationen zu den Bänden der Reihe Handbuch Altlasten, zu Arbeitshilfen und zur Sanierungsbilanz. Die meisten Bände sind als Volltext verfügbar. Darüberhinaus werden das Altlasten-annual und der Zahlenspiegel „Zahlen und Fakten“ vorgestellt.

## Archiv

Im Archiv finden Sie die Programme der Fachgespräche und Fortbildungsveranstaltungen des Dezernats Altlasten und die Seminarprogramme der Altlasten-Seminare der letzten drei Jahre. Die Vorträge stehen zum Teil auch als Download zur Verfügung.

## DATUS

Das HLUg führt in Zusammenarbeit mit den Bodenschutzbehörden der Regierungspräsidien und der Landkreise und kreisfreien Städte die Altflächendatei als Fachinformationssystem Altflächen und Grundwasserschadensfälle (FIS AG).

Nach § 8 Abs. 4 HAltBodSchG sind Gemeinden und öffentlich-rechtliche Entsorgungspflichtige verpflichtet, die ihnen vorliegenden Erkenntnisse zu Altflächen dem HLUg so zu übermitteln, dass die Daten im

Bodeninformationssystem nach § 7 erfasst werden können. Dies hat in elektronischer Form zu erfolgen.

Künftig werden auch die Untersuchungspflichtigen und Sanierungsverantwortlichen verpflichtet, die von ihnen vorzulegenden Daten aus der Untersuchung und Sanierung der verfahrensführenden Behörde in elektronischer Form zu übermitteln.

Dazu bietet das HLUg das Datenübertragungssystem DATUS an. Zwei alternative Instrumente stehen zur Verfügung:

1. eine offene xml-Schnittstelle zu FIS AG,
2. die Anwendung DATUS mobile.

Auf dieser Seite können Sie sich als Benutzer anmelden. Nach erfolgter Anmeldung gelangen Sie auf die DATUS-Downloadseite, wo dann die benötigten Daten und Anwendungen für die Altflächenbearbeitung durch Externe heruntergeladen werden können.

## Rechtsgrundlagen und Fachdokumente

Es stehen Dokumente zu den Themen:

- Altlasten
- Bodenschutz
- Finanzierungsregelungen
- Bodenschutz- und Altlastenrecht
- Anerkennung von Untersuchungsstellen und Sachverständigen

zur Verfügung. Die Dokumente werden ständig aktualisiert. Anregungen und Verbesserungsvorschläge werden vom Dezernat gerne entgegengenommen.

## Sachverständige

Nach dem Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) kann die zuständige Behörde verlangen, dass bestimmte Aufgaben der Erfassung, Erkundung, Beurteilung und Sanierung von Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen durch Sachverständige erfüllt werden, die nach § 18 BBodSchG zugelassen sind.

Auf dieser Seite steht das Verzeichnis der in Hessen zugelassenen Sachverständigen im Bereich des Bodenschutzes zum Herunterladen zur Verfügung. Außerdem kann auf das bundesweite Verzeichnis der zugelassenen Sachverständigen (ReSyMeSa) zugegriffen werden.

## Handbuchreihe Altlasten

### Handbuch Altlasten, Band 1 Altlastenbearbeitung in Hessen

(1999) € 7,50

Gefährliche Stoffe auf ehemaligen Industriestandorten oder in Abfallablagerungen haben vielfach zu Verunreinigungen in Grundwasser und Boden geführt. Es gilt deshalb gezielt jene Flächen herauszufinden, die saniert werden müssen. Das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie hat den gesetzlichen Auftrag, für Hessen gültige und sinnvolle Regeln und Verfahren der Altlastenbearbeitung zu erarbeiten und zu veröffentlichen.

Die verschiedenen Bände des Handbuchs Altlasten informieren Fach- und Vollzugsbehörden, öffentliche Gebietskörperschaften, Sachverständige und Untersuchungsstellen sowie die interessierte Öffentlichkeit über die technischen und rechtlichen Aspekte der Altlastenbearbeitung; insbesondere angesprochen sind auch Betroffene und Verursacher von Altlasten. Das Handbuch Altlasten dokumentiert den Stand der Technik, ist Arbeitshilfe, Regelwerk und Entscheidungshilfe. Es kann und soll jedoch nicht die individuelle Betrachtung des Einzelfalls ersetzen.

Der Band 1 gibt einen programmatischen Überblick über die Ziele und Konzepte des Landes Hessen bei der Altlastenbearbeitung und informiert über rechtliche, finanz- und datenverarbeitungstechnische Grundlagen. Die Darlegungen beruhen auf dem Hessischen Altlastengesetz. Sobald hessische Regelungen zum Bundes-Bodenschutz-Gesetz und zur Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung getroffen sind, werden sie in einer Neuauflage dieses Handbuchs berücksichtigt.

### Handbuch Altlasten, Band 2 Erfassung von Altflächen

**Teil 2** € 7,50  
**Erfassung von Altstandorten (2003)**

Volltext verfügbar \*

Das Handbuch Erfassung von Altstandorten wurde in Zusammenarbeit mit dem Planungsverband Ballungsraum Frankfurt/Rhein-Main verfasst. Es richtet sich an die Kommunen und an von diesen mit der Erfassung von Altstandorten beauftragte Dritte.

Die hessischen Kommunen sind nach dem Gesetz verpflichtet, dem HLUG ihre Kenntnisse über die in ihrem räumlichen Zuständigkeitsbereich liegenden Altstandorte mitzuteilen. Diese Daten werden für Planungen, Berichtspflichten und Auskünfte an Betroffene benötigt. Mit Hilfe des in diesem Leitfaden beschriebenen Vorgehens kann der Aufwand für die Altstandortenerfassung minimiert werden.

**Teil 4** € 7,50  
**Branchenkatalog zur Erfassung von Altstandorten (2008)**

Volltext verfügbar \*

Für die systematische Erfassung von Altstandorten (Stillgelegte Anlagen) werden in Hessen die kommunalen Gewerberegister herangezogen. Der Branchenkatalog dient der Ermittlung der altlastenrelevanten Betriebe und deren Zuordnung zu Branchen und Branchenklassen. Der Branchenkatalog basiert auf der Klassifikation der Wirtschaftszweige 2003 des Statistischen Bundesamtes und ersetzt das bisherige Handbuch „Codierung und Einstufung von Altstandorten“ von 1996.

\* <http://www.hlug.de/start/altlasten> unter Arbeitshilfen

**Teil 5** nur im Internet\*  
**PC-Programm AltPro (Version 4.1.6)**  
 (2009)

Die Altflächendatei ist durch das „Fachinformationssystem Altflächen und Grundwasserschadensfälle in Hessen – FIS AG“, bestehend aus dem „Altflächen-Informationssystem Hessen“ (ALTIS), der „Analyse-datei Altlasten und Grundwasserschadensfälle“ (ANAG) und einer Anbindung an ein Geographisches Informationssystem, realisiert.

An diese zentrale Datenbank sind neben dem HLUG die Umweltabteilungen der Regierungspräsidien (RPU) angeschlossen. Die Landkreise und kreisfreien Städte können ebenfalls – beschränkt auf ihren örtlichen Zuständigkeitsbereich – auf diese Daten zugreifen, soweit sie über einen ekom21-Anschluss verfügen.

Deshalb wurde mit AltPro ein Programm geschaffen, welches über spezielle Transferdateien, die auf Diskette oder per E-Mail verschickt werden, mit ALTIS im wechselseitigen Datenaustausch steht.

Hierbei spielt die Erfassung der Altstandorte aus dem örtlichen Gewerbeverzeichnis eine zentrale Rolle. AltPro wurde in erster Linie als Hilfsmittel für die Gemeinden geschaffen.

Das Anliegen des PC-Programms AltPro lässt sich folgendermaßen charakterisieren:

1. Hilfe für die Behörden bei der Erfassung der Altstandorte und bei der Fortschreibung von Altstandortdaten.
2. Vereinfachung des Datenaustausches der Kommunen und Kreise mit dem HLUG unter besonderer Berücksichtigung des Datenschutzes.
3. Hilfe bei der Recherche vorhandener Altflächeninformationen in der Umweltplanung, Bauleitplanung oder bei der Bearbeitung von Bauanträgen.

**Handbuch Altlasten, Band 3**  
**Erkundung von Altflächen**

**Teil 1** zur Zeit vergriffen  
**Einzelfallrecherche (1998)**

Nach der Erfassung der Altflächen wird die 2. Stufe der Altlastbearbeitung als Einzelfallrecherche und Orientierende Untersuchung bezeichnet. Die Einzelfallrecherche ist die beprobungslose Erkundung einzelner Altflächen mit Hilfe von Akten und Kartenauswertungen sowie Ortsbesichtigungen.

Die Orientierende Untersuchung schließt eine gezielte technische Erkundung mit Probenahme und Analytik ein, um einen konkreten Verdacht ermitteln oder ausschließen zu können. Der Einzelfallrecherche kommt deshalb besondere Bedeutung zu.

Der Band Einzelfallrecherche ist das Ergebnis eines intensiven Diskussionsprozesses einer Arbeitsgruppe, in der Landesbehörden, Kreise, Kommunen, der Umlandverband Frankfurt, die HLT Ges. für Forschung, Planung und Entwicklung mbH sowie ein erfahrenes Ingenieurbüro vertreten waren. Es wurde ein Handlungsmodell entwickelt, das einen praktikablen Weg beschreibt, um mit einem vertretbaren Arbeits- und Kostenaufwand Grundlagen für Beurteilungen und Entscheidungen zu legen und zu verknüpfen:

- Zusammenführung verschiedener Rechtsbereiche,
- Darstellung fachlich und wirtschaftlich optimierter Verfahren und Methoden zur Ermittlung des Altlasten-Anfangsverdachts,
- Handlungsgrundlagen für private Betroffene und Behörden durch angemessene Interpretation der gewonnenen Ergebnisse.

Die einzelnen Arbeitsschritte werden genau beschrieben. Vorgangsbezogene Formulare, Zusammenstellung von Informationsquellen für Daten, Karten und Luftbilder, Anschriften, Ablaufschemata etc. erleichtern die Bearbeitung. Die strukturierte Vorgehensweise dieses Bandes dient insgesamt dem Ziel, Arbeitsabläufe und Entscheidungen klar und eindeutig durchzuführen. Ein erhöhter Arbeitsaufwand und zusätzliche Kosten, die durch umständ-

---

\* <http://www.hlug.de/start/altlasten> unter Arbeitshilfen

liche Nachrecherchen entstehen können, lassen sich auf diese Weise vermeiden.

**Teil 2** € 20,-  
**Untersuchung von altlastverdächtigen Flächen und Schadensfällen (2002)**

Volltext verfügbar \*

Die Untersuchung von altlastverdächtigen Flächen und Schadensfällen nimmt bei der Bearbeitung von Verdachtsflächen eine Schlüsselposition ein, weil auf den Ergebnissen von orientierenden Untersuchungen und Detailuntersuchungen weitreichende Entscheidungen getroffen werden. Der Altlastenverdacht wird entweder bestätigt oder ausgeräumt.

Das Handbuch besteht aus den Hauptteilen

- Wassererkundung
- Bodenerkundung
- Bodenlufterkundung

Aufgabe des Handbuchs ist es, geeignete und in der Praxis angewandte Untersuchungsmethoden vorzustellen. Unter Berücksichtigung der Vorgaben der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) werden die Einsatzgebiete, Vor- und Nachteile der Untersuchungsmethoden beschrieben. Das Handbuch gibt einen Untersuchungsstandart vor, der im Einzelfall an die Standortgegebenheiten angepasst und ggf. erweitert werden kann. Die dargestellte Vorgehensweise zur zielorientierten, optimierten Untersuchung ermöglicht eine effiziente Projektbearbeitung.

**Teil 3** € 15,-  
**Untersuchung und Beurteilung des Wirkungspfades Boden Grundwasser - Sickerwasserprognose - (2. überarbeitete Aufl. 2002)**

Volltext verfügbar \*

Mit dem Instrument der Sickerwasserprognose soll die von verunreinigtem Boden ausgehende Gefährdung des Grundwassers abschätzt werden. Die Sickerwasserprognose ist anwendbar, wenn der Schadensherd in der ungesättigten Bodenzone liegt und

der Transport von Schadstoffen aus dem Schadensherd in das Grundwasser über das Sickerwasser stattfindet. Ziel der Sickerwasserprognose ist die Abschätzung der Schadstoffkonzentration und -fracht im Sickerwasser am sogenannten Ort der Beurteilung. Dieser befindet sich etwa im Bereich des Grundwasserhöchststandes. In der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) werden drei Möglichkeiten aufgezählt, wie die Sickerwasserprognose durchgeführt werden kann:

Bodenuntersuchungen im Labor, Untersuchungen im Grundwasser und In-situ-Untersuchungen. Bis zum Erscheinen des vorliegenden Handbuches fehlten jedoch praktikable Instrumente zur Umsetzung der Sickerwasserprognose. Insbesondere die Ermittlung der Schadstofffreisetzung aus Böden, z. B. mittels Elutionsverfahren, sowie die Beurteilung des Rückhalte- und Abbauvermögens der ungesättigten Bodenzone lassen einen breiten Interpretationsspielraum zu. Computergestützte Stofftransportmodelle, die prinzipiell zur Beschreibung der Vorgänge in der ungesättigten Bodenzone geeignet sein könnten, sind nur in wenigen Fällen praktikabel. Daher hat das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) in Zusammenarbeit mit einem Arbeitskreis aus Fachleuten der Umweltverwaltung das vorliegende Handbuch als praxistaugliche Arbeitshilfe zur Sickerwasserprognose entwickelt. Das Handbuch ist insbesondere für orientierende Untersuchungen nach § 9 Abs. 1 BBodSchG geeignet und richtet sich an die Mitarbeiter in Behörden und Ingenieurbüros.

Wesentliche Bestandteile des Handbuches sind

- Datenblätter mit Angaben zu den chem.-physik. Eigenschaften organischer Stoffgruppen sowie zu deren Mobilität und Abbaubarkeit
- Kurzbeschreibung der wichtigsten Elutionsverfahren mit Hinweisen zum Anwendungsbereich und zu Vor- und Nachteilen
- Tabellen, mit denen der Schadstoffrückhalt und -abbau im Untergrund und die Grundwassergefährdung abgeschätzt werden können
- Bearbeitungshinweise für den Fall, dass Bodenverunreinigungen in der gesättigten Zone liegen.

\* <http://www.hlug.de/start/altlasten> unter Arbeitshilfen

**Teil 4** € 5,-  
**Chemische analytische Untersuchungen von Altlasten - Laborverfahren - Stoffsammlung**  
 (2. Aufl. 2003)

Volltext verfügbar \*

Auf der 42. Umweltministerkonferenz wurde die Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) beauftragt, Vorschläge für eine länderübergreifende Einrichtung und Vereinheitlichung eines Qualitätssystems für Altlastenleistungen zu erarbeiten.

Im Jahre 1995/96 und 2000 wurden die vorhandenen Unterlagen, die in den einzelnen Ländern vorhanden waren, gesammelt, geordnet und bewertet. Dies erfolgte durch das Institut Fresenius im Auftrag des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (HLUG). Als Bewertungskriterium wurde herangezogen, ob die einzelnen Analysenverfahren für eine länderübergreifende Anwendung geeignet sind. Die Auswertung erfolgte für die verschiedenen Umweltkompartimente Wasser, Boden, Bodenluft und Elutionsverfahren für eine Liste altlastenrelevanter Parameter. In einem abschließenden Kapitel wurden Vorschläge für Qualitätssicherungsmaßnahmen für das Gebiet der Umweitanalytik zusammengestellt.

Für die Darstellung wurden die Methodenbeschreibung, die Verfahrenskenngrößen und die Bewertung der einzelnen Methoden in einer Tabelle aufgeführt.

Diese Zusammenstellung wurde im Jahr 2000 vom HLUG in der Schriftenreihe Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz Heft 217 „Laboranalytik bei Altlasten“ veröffentlicht.

Zielsetzung der vorliegenden Arbeit ist es, diese Veröffentlichung zu aktualisieren, um die in den letzten zwei Jahren erarbeiteten Analysenverfahren zu berücksichtigen. Im Bereich Wasser und Boden wurden zahlreiche Verfahren aus der europäischen sowie internationalen Normungsarbeit übernommen, so dass heute immer mehr ISO-Normen für die Untersuchungen zur Verfügung stehen.

Im Jahre 1999 wurde auch die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) verabschiedet.

Die dort aufgeführten Methoden wurden in dieser Aufstellung berücksichtigt, soweit diese altlastenrelevant sind. Die BBodSchV befasst sich auch mit dem Schutz von Kulturböden. Dort sind zum Teil Analysenverfahren aufgeführt, die für belastete Materialien nicht einsetzbar sind. Ferner sind in der BBodSchV für die Analytik von leichtflüchtigen Kohlenwasserstoffen keine Verfahren genannt.

Diese Aufstellung der Analysenverfahren gibt den derzeitigen Stand für die Untersuchung von Schadstoffen wieder und kann nicht ohne Rückfrage mit dem Labor zur Festlegung des Analysenverfahrens für einen bestimmten Parameter herangezogen werden, da das Analysenverfahren auch durch die Fragestellung bestimmt sein kann. Ferner werden in den kommenden Jahren neue Analysenverfahren entwickelt werden, die für die jeweilige Fragestellung besser geeignet sein können. Die Laborverfahren bei der Altlastenuntersuchung unterliegen einer stetigen Fortentwicklung und müssen daher fortgeschrieben und aktualisiert werden.

Diese Aufstellung der Analysenverfahren gibt den derzeitigen Stand für die Untersuchung von Schadstoffen wieder und kann nicht ohne Rückfrage mit dem Labor zur Festlegung des Analysenverfahrens für einen bestimmten Parameter herangezogen werden, da das Analysenverfahren auch durch die Fragestellung bestimmt sein kann. Ferner werden in den kommenden Jahren neue Analysenverfahren entwickelt werden, die für die jeweilige Fragestellung besser geeignet sein können. Die Laborverfahren bei der Altlastenuntersuchung unterliegen einer stetigen Fortentwicklung und müssen daher fortgeschrieben und aktualisiert werden.

**Teil 5** € 7,50  
**Auswertung von Mineralöl-Gaschromatogrammen (2005)**

Volltext verfügbar \*

Boden- und Grundwasserverunreinigungen mit Mineralölprodukten (Benzin, Kerosin, Diesel, Heizöl, Hydrauliköl) treten häufig auf. Das bisher angewendete Analysenverfahren „H 18“ darf nicht mehr angewendet werden, da dieses Verfahren auf der Ver-

\* <http://www.hlug.de/start/altlasten> unter Arbeitshilfen

wendung eines vollhallegonierten Frigens beruht. Die Verwendung dieser ozonschädigenden Frigene ist jedoch mittlerweile verboten.

Als Alternative zu dem „H 18-Verfahren“ stehen gaschromatographische Verfahren für Wasser-, Boden- und Abfalluntersuchungen zur Verfügung. Diese Verfahren sind zwar aufwändiger, haben aber einen wichtigen Vorzug: Bei der Auswertung von MKW-Gaschromatogrammen sind Rückschlüsse über die Art, die Zusammensetzung und den Abbaugrad der Mineralölprodukte in einer Probe möglich.

Im vorliegenden Handbuch wird erläutert, wie MKW-Gaschromatogramme qualitativ ausgewertet werden können. Anhand typischer Beispielchromatogramme können Vergleiche mit Chromatogrammen aus konkreten Schadensfällen gezogen werden.

Bei konkreten MKW-Schadensfällen ist das HLUG gerne zur Unterstützung bei der Auswertung von MKW-Gaschromatogrammen bereit. Ansprechpartner ist Hr. Zeisberger (0611 6939-748).

**Teil 6** € 7,50  
**„Ermittlung von Schadstofffrachten im Grund- und Sickerwasser“ (2008)**

Volltext verfügbar \*

Die Abschätzung von Schadstoff-Frachten sowohl im Sickerwasser als auch im Grundwasser gewinnt bei der Altlastenbearbeitung an Bedeutung. In diesem Handbuch werden u.a. folgende Themen behandelt:

- Neue Entwicklungen zu Elutionsverfahren
- (Sickerwasserprognose)
- Ermittlung der Sickerwasserrate
- Ermittlung von Schadstoff-Frachten im Sickerwasser
- Zuflussgewichtete Probennahme
- Stromröhrenmodell, Immissionspumpversuch,
- Transekten-Methode

**Zum Handbuch gehörende EXCEL-Dateien:**

Anhang 3, Berechnung der Sickerwasserrate

Anhang 4, Rückrechnung aus Grundwasseruntersuchungen

Anhang 5, Stromröhrenmodell

Die **Bewertung** von Schadstoff-Frachten im Grundwasser wird im Handbuch Altlasten Band 3 Teil 7 „Arbeitshilfe zur Sanierung von Grundwasserverunreinigungen“ beschrieben.

**Teil 7** € 7,50  
**Arbeitshilfe zur Sanierung von Grundwasserverunreinigungen (2008)**

Volltext verfügbar \*

Wenn durch den unsachgemäßen Umgang mit wassergefährdenden Stoffen eine Grundwasserverunreinigung eingetreten ist, gelten für die Entscheidung über eine Grundwassersanierung die Vorgaben der Verwaltungsvorschrift zur Erfassung, Bewertung und Sanierung von Grundwasserverunreinigungen (GWS-VwV). Ziel der vorliegenden Arbeitshilfe ist die Erläuterung und fachliche Konkretisierung der in der GWS-VwV genannten Ausführungen zu schädlichen Grundwasserverunreinigungen und Sanierungen bei Altlasten, schädlichen Bodenveränderungen und Grundwasserschadensfällen.

Der Schwerpunkt der Arbeitshilfe liegt bei den Fragestellungen

- Liegt eine schädliche Grundwasserverunreinigung vor?
- Ist die Sanierung eines Grundwasserschadens erforderlich?

Weiterhin werden in der Arbeitshilfe folgende Themen kurz behandelt:

- Sanierungsziele
- Optimierung und Beendigung von Sanierungen
- Stand der Technik
- Einleitung von Hilfsstoffen in das Grundwasser bei In-situ-Sanierungen
- Einleitung von Grundwasser in Abwasseranlagen und oberirdische Gewässer.

Bei der Prüfung, ob bei einer Altlast, einer schädlichen Bodenveränderung oder einem Grundwasserschaden ein Sanierungsbedarf besteht, sind vor allem die im Grundwasser gelöste Schadstoffmenge und die mit dem Grundwasser transportierte Schadstofffracht relevant. Die in der Arbeitshilfe beschriebenen Bewertungsmaßstäbe für die Schadstoffmenge und

\* <http://www.hlug.de/start/altlasten> unter Arbeitshilfen



-fracht wurden anhand von 35 hessischen Schadensfällen auf Plausibilität geprüft. Die endgültige Entscheidung über den Handlungsbedarf bleibt stets eine Einzelfallentscheidung.

Die Arbeitshilfe richtet sich an die Mitarbeiter in Behörden und Ingenieurbüros, die bei der Sanierung von Grundwasserschäden beteiligt sind. Sie wurde von einer Arbeitsgruppe mit Vertretern des Umweltministeriums, der Regierungspräsidien und Unteren Wasserbehörden sowie des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (Federführung) erarbeitet.

## **Handbuch Altlasten, Band 4** **Rüstungsaltsstandorte**

**Teil 1** € 7,50  
**Historisch-deskriptive Erkundung**  
(1998)

Im Handbuch Rüstungsaltsstandorte Teil 1 wird das methodische Vorgehen bei der historischen Erkundung altlastenverdächtiger Flächen aus der Zeit der ehemaligen Kriegs- bzw. Rüstungsproduktion sowie der Nutzung für Zwecke der militärischen Infrastruktur im Kriege beschrieben. Quellen zur Informationsbeschaffung werden genannt und ein Konzept zur Dokumentation der Recherche-Ergebnisse vorgestellt.

**Teil 2** € 17,50  
**Materialien über ehemalige Anlagen und Produktionsverfahren auf Rüstungsaltsstandorten** (1996)

Im Handbuch Rüstungsaltsstandorte Teil 2 sind Materialien über ehemalige Anlagen und Produktionsverfahren auf Rüstungsaltsstandorten zusammengestellt, die oftmals eine detaillierte Rekonstruktion altlastenrelevanter Nutzungen und auch singulärer Ereignisse auf den Altstandorten und ihrer näheren Umgebung ermöglichen. Die Fachinformationen reichen von der Beschreibung der Produktionsverfahren zur Herstellung von rüstungsspezifischen chemischen Stoffen über die Darstellung von Anlagen zur Herstellung von Kampfmitteln und von Anlagen auf Standorten der militärischen Infrastruktur bis zur Schilderung der Munitionsvernichtung nach Kriegsende in Hessen.

## **Handbuch Altlasten, Band 5** **Bewertung von Altflächen**

**Teil 1** € 7,50  
**Einzelfallbewertung (1998)**

Die Einzelfallbewertung ist ein Verfahren zur Bewertung von Altstandorten und Altablagerungen im Rahmen der Einzelfallrecherche. Dabei handelt es sich um eine beprobungslose Erkundung mittels Aktenrecherche und Ortsbesichtigung.

Die Einzelfallbewertung unterstützt die Entscheidung, ob ein Altlasten-Anfangsverdacht oder sogar ein Altlastenverdacht vorliegt. Spezielle Bewertungsfomulare erleichtern die Bearbeitung. Sie können per Hand oder mittels EXCEL bearbeitet werden.

An Beispielen wird gezeigt, wie Wahrscheinlichkeit und Umfang von Umweltgefährdungen durch Altflächen abgeschätzt werden können. Beeinträchtigungen von Wasser, Boden und Luft werden mit Hilfe eines Punktesystems bewertet. Aus der Summe der erreichten Punkte ist ersichtlich, ob und welche weiteren Maßnahmen erforderlich sind.

Mit dem Band Einzelfallbewertung steht ein wirkungsvolles Instrument zur Verfügung, um gewonnene Daten zu strukturieren, nachvollziehbar zu interpretieren sowie weiteren Handlungsbedarf abzuleiten.

## **Handbuch Altlasten, Band 6** **Sanierung von Altlasten**

**Teil 1** € 7,50  
**Arbeitshilfe zur Verfüllung bei der Sanierung von schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten** (2007)

Volltext verfügbar \*

Sanierungen von schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten („Bodensanierung“) erfolgen in Hessen häufig durch Aushub des kontaminierten Materials mit anschließender Verfüllung der Baugruben. Verfüllt werden im Sanierungsgebiet anfallende oder von außerhalb kommende Bodenmaterialien.

\* <http://www.hlug.de/start/altlasten> unter Arbeitshilfen

Dafür werden jährlich zigtausende Tonnen von Bodenmaterial verwendet. Bei der Verfüllung sollen nicht nur die Schadstoffbelastungen, sondern auch die Bodenfunktionen berücksichtigt werden. Das BBodSchG nennt in § 2 (2) natürliche Funktionen, Funktionen als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte sowie Nutzungsfunktionen.

Es sollten also weitgehend schadstoffarme Materialien verwendet werden, die sich für die vorgesehene Folgenutzung eignen.

Das heißt, diese Arbeitshilfe soll

- die allgemeinen Vorgaben, insbesondere des Bodenschutzrechtes, bei Verfüllungen in Sanierungsbereichen fachlich und rechtlich konkretisieren,
- zuständigen Behörden eine allgemein gültige Grundlage für Beratungen und Entscheidungen liefern,
- erhebliche Unterschiede in der Sanierungspraxis vermeiden helfen und dazu beitragen, die Verfüllungsentscheidung nachvollziehbar zu gestalten.

**Teil 3** nur im Internet\*  
**Sanierungstechniken und -verfahren (2010)**  
 (Dichtwände, Reaktive Wände, Biologische in-situ-Sanierungen)

Die Inhalte dieses Handbuchs sind erstmals 2005 im Band 8 Teil 2 erschienen. Sie wurden unverändert übernommen und als Band 6 Teil 3 neu herausgegeben. Diese Fassung ist nur als Download verfügbar. Der Band 8 Teil 2 ist weiterhin als Druckfassung erhältlich.

**Teil 4** € 10,-  
**Altablagerungen in der Flächennutzung (1996)**

Mit der vorliegenden Schrift soll gezeigt werden, wie die mit der Raumplanung und Altlastenbearbeitung befassten Stellen, aber auch die Baugenehmigungsbehörden und planenden Ingenieure rechtzeitig und gemeinsam die Probleme angehen können. Beispiele zeigen, wie durch eine differenzierte Nutzung Altablagerungen durchaus in eine Flächenbewirtschaftung integriert werden können.

## **Handbuch Altlasten, Band 7** **Analysenverfahren**

**Teil 1** € 5,-  
**Bestimmung von Polycyclischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) in Feststoffen aus dem Altlastenbereich (1998)**

Volltext verfügbar \*

Das hier beschriebene Verfahren mündet sowohl in die Bestimmung der PAK mittels GC-MS als auch mittels HPLC-UV/FLD. Im GC-Teil berücksichtigt es bereits die Entwicklungen einer künftigen ISONorm (Norm-Entwurf ISO/DIS 18287, Ausgabe: 2003-10: Bodenbeschaffenheit - Bestimmung der polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) - Gaschromatographisches Verfahren mit Nachweis durch Massenspektrometrie (GC-MS)), die sich allerdings nur mit GC-MS befasst. Der entscheidendere Schritt ist die Extraktion, die auf eine bewährte Vorgehensweise aus dem Bereich der landwirtschaftlichen Untersuchungen zurückgeht. Dieses Verfahren bildet auch einen wichtigen Baustein für die künftige ISO-Norm.

**Teil 3** € 5,-  
**Bestimmung von Mineralöl-Kohlenwasserstoffen (MKW) mittels Kapillargaschromatographie in Feststoffen aus dem Altlastenbereich (2001)**

Volltext verfügbar \*

Die Extraktion der MKW mit 1,1,2-TRICHLORTRIFLUORETHAN wurde durch ACETON, PETROL ETHER, KOCHSALZ und WASSER abgelöst, die Detektion erfolgt mit GC-FID. Hier handelt es sich um denselben Extrakt, wie er in Band 7 Teil 1 für die PAK beschrieben ist. Somit können aus einem einzigen, jedoch geteilten Extrakt gleich zwei eng zueinander gehörige Zielgruppen analysiert werden. Die Randbedingungen der Identifizierung und Quantifizierung sind deckungsgleich mit dem Konzept der für Böden im ISO TC 190 (ISO/DIS 16703:2002) bereits seit vielen Jahren festgelegten Konzeption (C10 bis C40). Beide Verfahren, die FGAA-Methode und das des ISO/DIS, werden derzeit überarbeitet. So hat sich herausgestellt, daß der bei FGAA formu-

\* <http://www.hlug.de/start/altlasten> unter Arbeitshilfen

lierte Umlösungsschritt durch zweimaliges Waschen mit Wasser ersetzt werden kann.

Beim Einengen des Extraktes besteht die Gefahr, daß bei hohen PAK-Konzentrationen diese im Petrol - ether ausfallen und vor der Extraktreinigung - ohne die Elutropie des Extraktes zu verändern - nicht wieder in Lösung gebracht werden können. Dagegen hat sich inzwischen beim ISO/DIS das Verhältnis von Extraktionsmittel zur Einwaage als zu gering herausgestellt.

**Teil 4** € 5,-  
**Bestimmung von BTEX/LHKW in Feststoffen aus dem Altlasten bereich (2000)**

Volltext verfügbar \*

Das Verfahren beruht auf der sofortigen Konservierung des Bodenmaterials im Feld, indem der Boden - am besten durch einen geeigneten Kernstecher - in eine vorgelegte Masse eines geeigneten Lösungsmittels gegeben wird. Die Einwaage wird dann im Labor durch Rückwiegen ermittelt. Von diesem Extrakt wird ein kleines Volumen abgenommen und in Wasser gegeben. Die analytische Bestimmung der BTEX/LHKW kann dann mit allen Verfahren der Wasseraanalytik durchgeführt werden. Aus diesem Verfahren wird demnächst eine ISONorm hervorgehen:

ISO/CD 22155:2002, die allerdings nur die statische Dampfdruckanalysemethode des Wassers zum Gegenstand hat. Das FGAA-Verfahren wird in einem staatlichen Labor in hohem Maße auch für Klärschlämme eingesetzt und hat sich bestens bewährt. Allerdings muß dann dem erhöhten Wasseranteil des Schlammes bei der Berechnung des Endergebnisses Rechnung getragen werden.

**Teil 5** nur im Internet \*  
**Bestimmung von ausgewählten sprengstofftypischen Verbindungen in Feststoffen aus dem Altlasten bereich mit Gaschromatographie (2004/2005)**

Volltext verfügbar \*

Zur analytischen Untersuchung von Feststoffproben auf sprengstofftypische Verbindungen an Rüstungs-

altstandorten gibt es keine genormten oder standardisierten Analysenverfahren. Auch wird es in absehbarer Zeit weder bei DIN noch bei ISO (TC 190; Bodenbeschaffenheit) Normierungsarbeiten für die analytischen Bestimmung von sprengstofftypischen Verbindungen in Böden geben.

Da aber an zwei großen ehemaligen Rüstungsaltstandorten in Hessen schon langjährig flächenhafte Erkundungen stattfinden, war es erforderlich, eine einheitliche Vorgehensweise vorzugeben.

Das jetzt hier allgemein beschriebene Verfahren wurde 1999 zusammen mit einer ganzen Reihe von vertraglich festgelegten Qualitätsanforderungen im Rahmen von Ausschreibungen in verschiedenen Laboratorien etabliert und seither in der Routine angewandt und weiter verbessert.

**Teil 6**  
**Arbeitshilfe - Angabe der Messunsicherheit bei Feststoffuntersuchungen aus dem Altlastbereich (2003)**

Volltext verfügbar \*

In der BBodSchV wird die Angabe der Messunsicherheit gemäß der Normen DIN 1319 Teil 3 und DIN 1319 Teil 4 verlangt. Diese beiden Normen sind jedoch schwer verständlich und daher für den Laboralltag nicht geeignet. Ebenso ist nach DIN EN ISO/IEC 17025 : 2000-04 für Prüf- und Kalibrierlaboratorien erforderlich, die Messunsicherheit ihrer Analysenverfahren im Prüfbericht anzugeben. Für die Laboratorien, die die Messunsicherheit angeben müssen, wurde eine Arbeitshilfe zum Thema „Unsicherheit von Messergebnissen“ erstellt. Diese enthält sowohl theoretische Grundlagen: Kapitel 3 und 4, als auch praktische Anwendungen: Anlagen. Sie wendet sich auch an Behörden, die bei der Bewertung von Analyseenergebnissen zukünftig die Messunsicherheit berücksichtigen müssen (Kapitel 7). Die Arbeitshilfe behandelt neben einfachen Grundlagen nur die Bestimmung und Bewertung der Messunsicherheit bei der analytischen Untersuchung von Feststoffen, speziell von Altlastenproben. Die Unsicherheitsproblematik der Probennahme ist nicht Gegenstand dieser Abhandlung. Die Arbeitshilfe ist möglichst einfach

\* <http://www.hlug.de/start/altlasten> unter Arbeitshilfen

gehalten und ohne größeren experimentellen bzw. mathematischen Aufwand durchführbar. Anwendern, die sich nicht für die theoretischen Grundlagen interessieren, wird empfohlen, nur die Kapitel 6 und 7 sowie die Anlagen 2 bis 4 zu lesen. Zusätzlich sind Vorschläge zur Vereinheitlichung der Angabe der Messunsicherheit sowie der Darstellung im Bericht gemacht worden.

## Handbuch Altlasten, Band 8 Überwachung

**Teil 1** € 7,50  
**Arbeitshilfe zu überwachten natürlichen Abbau- und Rückhalteprozessen im Grundwasser (Monitored Natural Attenuation MNA)**  
(2. Aufl. 2005)

Volltext verfügbar \*

Bei Grundwasserverunreinigungen, die durch aktive Sanierungsmaßnahmen schon weitgehend reduziert wurden, können unter bestimmten Voraussetzungen natürliche Abbauvorgänge im Grundwasser anstelle weiterer, möglicherweise langwieriger aktiver Sanierungsmaßnahmen genutzt werden. Die Arbeitshilfe enthält Grundsätze und Kriterien für die behördliche Beurteilung, in welchen Fällen auf eine aktive Grundwassersanierung zugunsten von natürlichen Schadstoffminderungsprozessen verzichtet werden kann.

Der Geltungsbereich der Arbeitshilfe umfasst die natürlichen Abbau- und Rückhaltevorgänge im Grundwasser. Relevante Schadstoffe sind die organischen Schadstoffgruppen MKW, BTEX, LCKW und PAK. Diese werden im Hinblick auf ihr Ausbreitungsverhalten und ihre Abbau- und Rückhalteigenschaften dargestellt. Die maßgeblichen Parameter zur Beurteilung und Überwachung der natürlichen Schadstoffminderungsprozesse werden aufgeführt.

In den Grundlagen für die Akzeptanz werden die wesentlichen Kriterien benannt, die bei der behördlichen Entscheidung über die Eignung eines Standortes für MNA zu prüfen sind.

Die notwendigen Verfahrensschritte bei der Anwendung von MNA werden beschrieben und die Anforderungen an die Antragsunterlagen, die vom Sanierungspflichtigen vorzulegen sind, werden definiert.

Die Arbeitshilfe liefert damit die Grundlage für ein einheitliches Verwaltungshandeln im Umgang mit MNA in Hessen.

## Teil 2 €12,- Arbeitshilfen zur Überwachung und Nachsorge von altlastverdächtigen Flächen und Altlasten (2005)

Volltext verfügbar \*

Das Handbuch enthält vier Arbeitshilfen, welche sich jeweils mit einem speziellen Bereich der Altlastenüberwachung befassen:

1. Langzeitüberwachung und Funktionskontrolle von Dichtwandumschließungen
2. Langzeitüberwachung von Reaktiven Wänden
3. Überwachung von biologischen in-situ-Sanierungen
4. Kriterien für die Beendigung von Grundwasser und Bodenluftüberwachungen.

In den ersten drei Arbeitshilfen, welche jeweils die Überwachung von bestimmten Sanierungsverfahren zum Thema haben, werden die Schwachstellen und Risikopotentiale der einzelnen Verfahren ausführlich dargestellt und Empfehlungen für spezifische Überwachungsprogramme gegeben.

Die vierte Arbeitshilfe beschäftigt sich mit verfahrensübergreifenden Kriterien, die bei einer Entscheidung über die Fortsetzung oder Beendigung von Überwachungsmaßnahmen herangezogen werden können.

Die Arbeitshilfen wurden anlässlich von mehreren Fachgesprächen, die das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie im Jahr 2004 veranstaltet hat, erarbeitet und sind jetzt in einem Band zusammengefasst erschienen.

\* [http://www.hlug.de/start/altlasten unter Arbeitshilfen](http://www.hlug.de/start/altlasten%20unter%20Arbeitshilfen)

## Sonstige Veröffentlichungen

### Neuerscheinung

**Sanierungsbilanz** 7,50 €

**Altlastensanierung in Hessen (2011)**

**Übersicht über den Einsatz von Sanierungsmaßnahmen 2002–2008**

Die Sanierungsbilanz gibt einen Überblick über die im Zeitraum 2002–2008 bearbeiteten Sanierungsfälle in Hessen. Die dabei eingesetzten Sanierungstechniken werden nach ihrer regionalen Verteilung sowie ihrem Einsatz auf Altablagerungen und Altstandorten und in den verschiedenen Umweltmedien dargestellt. Desweiteren wird die Entwicklung im Vergleich zur vorherigen Bilanz aufgezeigt.

aufgeteilt, welche jeweils von einzelnen Bundesländern oder dem Umweltbundesamt erarbeitet wurden. Dementsprechend setzen sich die „Arbeitshilfen“ aus diesen Beiträgen zusammen.

Folgende Themengebiete werden in den Arbeitshilfen behandelt:

- Untersuchungsstrategie
- Probennahme
- Probenbehandlung
- Vor-Ort-Analytik
- Chemische analytische Untersuchungen – Laborverfahren
- Biologische Verfahren in der Laboranalytik
- Interpretation der Untersuchungsergebnisse
- Strömungs- und Transportmodelle

### Arbeitshilfen zur Qualitätssicherung

**in der Altlastenbehandlung (2001)** Ringordner € 20,-

Um einen bundesweit einheitlichen Qualitätsstandard in der Altlastenbearbeitung festlegen zu können, fehlte es bisher an gemeinsamen Anforderungen durch die Bundesländer. Mit den im Mai 2001 veröffentlichten „Arbeitshilfen zur Qualitätssicherung in der Altlastenbehandlung“ steht den Altlastenbehörden sowie den beteiligten Sachverständigen und Untersuchungsstellen gleichermaßen ein länderübergreifendes Regelwerk zur Verfügung, welches Vorgaben für die technische Erkundung und Bewertung von Altlasten und altlastverdächtigen Flächen enthält.

Diese „Arbeitshilfen“ sind das Ergebnis einer Bundesländer-Arbeitsgruppe, deren Aufgabe es war, Anforderungen zur Qualitätssicherung für alle Untersuchungsschritte von der Probennahme über die Analytik bis zur Ergebnisbewertung zu formulieren. Diese recht umfangreiche Aufgabenstellung wurde von der Arbeitsgruppe in acht einzelne Teilthemen

Da es sich bei den „Arbeitshilfen“ vorerst noch um einen, allerdings bundesweit abgestimmten Entwurf handelt, bleibt die Veröffentlichung den einzelnen Bundesländern überlassen. In Hessen wird das Werk vom Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie als Ringordner herausgegeben. Nach einer Erprobungsphase ist die endgültige Bearbeitung unter Berücksichtigung der bis dahin gesammelten Erfahrungen mit der Anwendung der „Arbeitshilfen“ vorgesehen.

Parallel zu den dargestellten acht Teilthemen wurden bundesweit die fachlichen und materiellen Anforderungen an Sachverständige und Untersuchungsstellen erarbeitet, welche Eingang in die beiden folgenden Merkblätter fanden:

- Merkblatt über die Anforderungen an Sachverständige
- nach § 18 BBodSchG,
- Merkblatt für die Notifizierung von Untersuchungsstellen im Bereich Boden und Altlasten.

Diese beiden Merkblätter sind ebenfalls in der hessischen Ausgabe der „Arbeitshilfen“ zur weiteren Information enthalten.

**Sanierungsbilanz** € 20,-

**Stand der Altlastensanierung in Hessen -  
Übersicht über den Einsatz von Sanierungs-  
verfahren und -techniken (2003)**

ISBN 3-89026-806-4

Mit der vorliegenden Sanierungsbilanz steht ein aktueller Überblick über den Einsatz von Sanierungstechniken in Hessen für den Zeitraum von 1996–2001 zur Verfügung.

Es werden Branche, betroffene Medien, das Schadstoffspektrum, angewandte Verfahren und der zeitliche Verlauf der Sanierung mit der jeweiligen Verfahrensdauer erfasst und ausgewertet.

## Ihre Bestellung

richten Sie bitte schriftlich an das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie  
 – Vertriebsstelle –  
 Postfach 3209, 65022 Wiesbaden,  
 Fax: 0611 – 69 39 113 oder E-Mail: [vertrieb@hlug.hessen.de](mailto:vertrieb@hlug.hessen.de)

An Behörden werden i. d. R. jeweils 2 Exemplare eines Bandes kostenlos abgegeben.

(Preise: Stand Oktober 2011, Änderungen vorbehalten).



### Lieferanschrift

\_\_\_\_\_  
Name

\_\_\_\_\_  
Behörde / Firma

\_\_\_\_\_  
Straße

\_\_\_\_\_  
PLZ Ort

\_\_\_\_\_  
Telefon / Fax

\_\_\_\_\_  
Datum

\_\_\_\_\_  
Unterschrift

Hessisches Landesamt  
 für Umwelt und Geologie  
 – Vertriebsstelle –  
 Postfach 3209, 65022 Wiesbaden

Stück				
<input type="checkbox"/>	_____			€
	Titel	Band	Teil	
<input type="checkbox"/>	_____			€
	Titel	Band	Teil	
<input type="checkbox"/>	_____			€
	Titel	Band	Teil	
<input type="checkbox"/>	_____			€
	Titel	Heft Nr.		
<input type="checkbox"/>	_____			€
	Diskette			
<input type="checkbox"/>	_____			kostenlos
	Altalsten-annual 2000, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010			

## **Autorinnen und Autoren des Altlasten-annual 2010**

### **Wolfgang Bernhard**

Regierungspräsidium Darmstadt  
Abt. Arbeitsschutz und Umwelt Darmstadt  
Wilhelminenstraße 1-3  
64283 Darmstadt

### **Carola Biehal**

PAN Projektbeirat Altlasten Neuschloß  
Ahornweg 3  
68623 Lampertheim

### **Jochen Blecher**

BBN Bürgerbüro Neuschloß  
Forsthausstraße 13  
68623 Lampertheim

### **Dieter Bohlen**

HIM GmbH  
Bereich Altlastensanierung – HIM-ASG -  
Waldstraße 11  
64584 Biebesheim

### **Dr.-Ing. Paul J. Brinkmann**

Arcadis Consult GmbH  
Europaplatz 3  
64293 Darmstadt

### **Dr. Jan Brodsky**

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie  
Dezernat Altlasten  
Rheingaustraße 186  
65203 Wiesbaden

### **Uwe Dannwolf**

RiskCom GmbH  
Friedrich-Naumann-Weg 38  
75180 Pforzheim

### **Mustafa Dönmez**

Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz  
Referat Altlasten  
Mainzer Straße 80  
65189 Wiesbaden

### **Marie-Anne Feldmann**

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie  
Dezernat Altlasten  
Rheingaustraße 186  
65203 Wiesbaden

### **Stephan Frech**

Stadt Lampertheim  
Römerstraße 102  
68623 Lampertheim

### **Dr. Klaus Friedrich**

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie  
Dezernat Bodenschutz, Bodeninformationen  
Rheingaustraße 186  
65203 Wiesbaden

### **Dr. Jürgen Froch**

BBN Bürgerbüro Neuschloß  
Forsthausstraße 13  
68623 Lampertheim

### **Tobias Geyer**

Geowiss. Zentrum der Universität Göttingen  
Abt. Angewandte Geologie  
Goldschmidtstraße 3  
37077 Göttingen

### **Regine Gühr**

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie  
Dezernat Altlasten  
Rheingaustraße 186  
65203 Wiesbaden

### **Oliver Hamann**

BBN Bürgerbüro Neuschloß  
Forsthausstraße 13  
68623 Lampertheim

### **Dr. Thomas Held**

Arcadis Deutschland GmbH  
Europaplatz 3  
64293 Darmstadt



**Dr.-Ing. Uwe Hiester**

reconsite GmbH  
Auberlenstraße 13  
70736 Fellbach

**Olav Hillebrand**

Geowiss. Zentrum der Universität Göttingen  
Abt. Angewandte Geologie  
Goldschmidtstraße 3  
37077 Göttingen

**Franz-Josef Hund**

Regierungspräsidium Kassel  
Abt. Umwelt und Arbeitsschutz  
Hubertusweg 19  
35261 Bad Hersfeld

**Dr. Margareta Jaeger-Wunderer**

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie  
Dezernat Altlasten  
Rheingaustraße 186  
65203 Wiesbaden

**Dr.-Ing. Hans-Peter Koschitzky**

Institut für Wasserbau  
Pfaffenwaldring 61  
70569 Stuttgart

**Dr. Matthias Kracht**

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie  
Dezernat Geologische Belange der Landesplanung,  
Georisiken  
Rheingaustraße 186  
65203 Wiesbaden

**Ulrich Lieser**

ahu AG  
Kirberichshofer Weg 6  
52066 Aachen

**Berthold Meise**

Regierungspräsidium Darmstadt  
Abt. Arbeitsschutz und Umwelt Darmstadt  
Wilhelminenstraße 1-3  
64283 Darmstadt

**Axel Meßling**

ahu AG  
Kirberichshofer Weg 6  
52066 Aachen

**Karsten Nödler**

Geowiss. Zentrum der Universität Göttingen  
Abt. Angewandte Geologie  
Goldschmidtstraße 3  
37077 Göttingen

**Roland Reh**

Geowiss. Zentrum der Universität Göttingen  
Abt. Angewandte Geologie  
Goldschmidtstraße 3  
37077 Göttingen

**Dr. Anselm Reuter**

HPC Haress Pickel Consult AG  
Kapellenstraße 45A  
65830 Kriftel

**Dr. Sven Rumohr**

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie  
Dezernat Hydrogeologie, Grundwasser  
Rheingaustraße 186  
65203 Wiesbaden

**Elisabeth Schirra**

Regierungspräsidium Darmstadt  
Abt. Arbeitsschutz und Umwelt Darmstadt  
Wilhelminenstraße 1-3  
64283 Darmstadt

**Dr. Klaus Schnell**

ERM Lahmeyer International GmbH  
Siemensstr. 9  
63263 Neu-Isenburg

**Janina Sehr**

Johann Wolfgang Goethe-Universität  
Institut für Physische Geographie  
Altenhöferallee 1  
60438 Frankfurt am Main

**Theresia Trampe**

Regierungspräsidium Darmstadt  
Abt. Arbeitsschutz u. Umwelt Darmstadt  
Wilhelminenstraße 1-3  
64283 Darmstadt

**Dr.-Ing. Simone Tränckner**

GFI Grundwasserforschungsinstitut GmbH Dresden  
Meraner Str. 10  
01217 Dresden

**Uli Uhlig**

GFI Luckner & Partner GmbH  
Meraner Straße 10  
01217 Dresden

**Ulrich Urban**

HIM-ASG  
Forsthausstraße 13  
68623 Lampertheim

**Dr. Thomas Vorderbrügge**

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie  
Dezernat Bodenschutz, Bodeninformationen  
Rheingaustraße 186  
65203 Wiesbaden

**Dr. Anne Weber**

GFI Luckner & Partner GmbH  
Meraner Straße 10  
01217 Dresden

**Christian Weingran**

HIM GmbH  
Bereich Altlastensanierung HIM-ASG  
Projektleitung Stadtallendorf  
Plausdorfer Weg  
35260 Stadtallendorf

**Dr. Michael Weis**

Regierungspräsidium Gießen  
Abt. Umwelt  
Marburger Straße 91  
35396 Gießen

**Michael Woisnitza**

HIM GmbH  
Bereich Altlastensanierung – HIM-ASG -  
Waldstraße 11  
64584 Biebesheim

**Michael Wolf**

Regierungspräsidium Darmstadt  
Abt. Arbeitsschutz und Umwelt Wiesbaden  
Lessingstraße 16  
65189 Wiesbaden





