

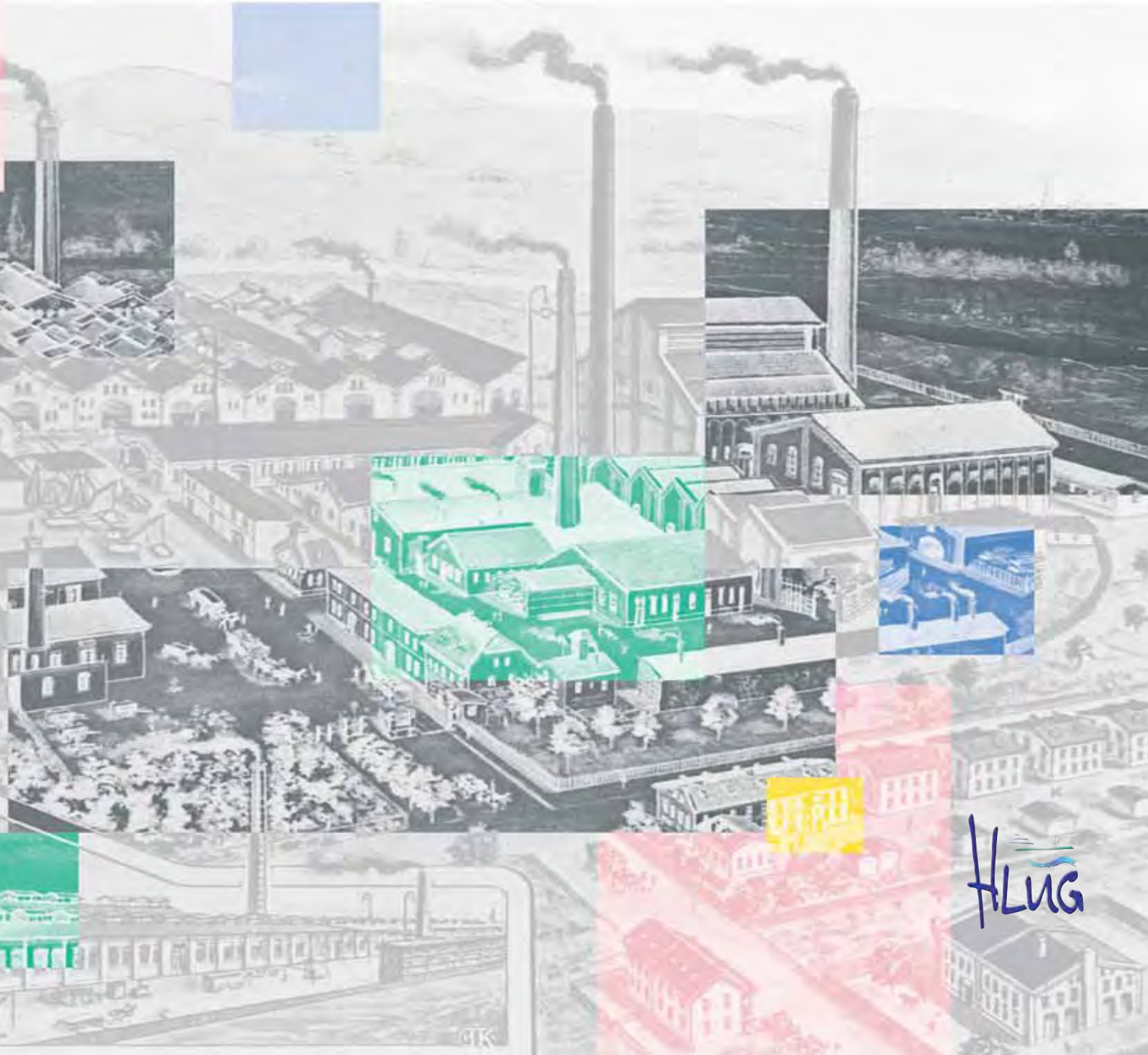
Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie

HESSEN



Handbuch Altlasten

# Altlasten- annual 2009



# Altlasten- **annual 2009**

Wiesbaden 2010

Wiesbaden, März 2010

Liebe Leserin, lieber Leser,

viele der Schadstoffe, die nicht nur bei Altlasten zu schädlichen Verunreinigungen von Boden und Grundwasser führen, sind mittlerweile bekannt und untersucht. Immer wieder rücken aber auch neue oder bisher weniger beachtete Stoffe in den Blickpunkt des Interesses. Eine dieser Schadstoffgruppen steht im Brennpunkt dieser Ausgabe: die perfluorierten Chemikalien, kurz PFC genannt, die durch das Aufbringen von sog. Bodenverbesserern in der Landwirtschaft für Aufsehen gesorgt haben. Dadurch wurde ein hessenweites Untersuchungsprogramm angestoßen, dessen Ergebnisse kurz vorgestellt werden.

In einem anderen Zusammenhang stehen Schadstoffbelastungen, wenn es darum geht, ehemalige Industriegelände wieder neu zu nutzen. Verunreinigungen im Boden oder in der Bausubstanz stellen oft ein Hemmnis für die Folgenutzung dar, da sich der Wert dieser belasteten Grundstücke nur schwer ermitteln lässt. In Baden-Württemberg ist zu diesem Thema eine Arbeitshilfe erschienen, die auch in Hessen Anwendung finden kann.

Weitere Beiträge zu aktuellen Themen aus dem Altlastenbereich finden Sie in den Fachvorträgen unseres Altlastenseminars, die hier im Heft als Kurzfassungen abgedruckt sind.

Ich wünsche Ihnen eine interessante Lektüre und bedanke mich herzlich bei allen, die bei dieser Ausgabe des **Altlasten-annual** mitgewirkt haben.

Ihr



Thomas Schmid  
Präsident des Hessischen Landesamtes  
für Umwelt und Geologie

# Altlasten- annual 2009

Stand der Altlastenbearbeitung ..... 6

## Brennpunkt:

MARION HEMFLER & STANISLAVA GABRIEL

Perfluorierte Chemikalien in Hessen –  
ein kurzer Überblick ..... 9

## Aktuell:

MARIE-ANNE FELDMANN

Arbeitshilfe „Wertermittlung von  
kontaminierten Flächen im Spannungsfeld  
der Bauleitplanung“ aus Baden-  
Württemberg ..... 13

## Seminar

### Altlasten und Schadensfälle

Flörsheim am Main, 17./18. Juni 2009

JENS HEYDEN

Sanierung Güterbahnhof West/Entwicklung  
Künstlerviertel Wiesbaden ..... 15

DIETER KÄMMERER & BERND LEßMANN

Pumpversuche bei der Altlastensanierung ..... 19

CARLO SCHILLINGER

Pump & Treat – Erfahrungen mit Chancen und  
Risiken der hydraulischen Sanierung ..... 23

BIRGIT SCHMITT-BIEGEL

Erfahrungen mit innovativen Sanierungsverfahren . 29

CHRISTIAN WEINGRAN

Monitored Natural Attenuation am Standort  
Stadtallendorf (MONASTA) ..... 33

MICHAEL WOLF

Sanieren oder liegen lassen – Konfliktlösung beim  
Flächenrecycling zweier Industriebrachen ..... 43

MARKUS TÖPFER

Von der Deponie zum Energiepark –  
Vorstellung der Rhein-Main-Deponie Wicker ..... 49

MARIE-ANNE FELDMANN, SABINE VON DER GÖNNA &  
PETRA STAHLSCHEIDT-ALLNER

Experimentelle ökotoxikologische Bewertung von  
Altlasten – Entwurf eines Leitfadens  
Ergebnis einer Zusammenarbeit von HLUG und GOBIO  
GmbH ..... 59

**SONJA SCHUSTER**

Uranbelastung im Grundwasser – ein normaler Schwermetallschaden? ..... **67**

**MUSTAFA DÖNMEZ**

Abschlussprogramm kommunale Altlastensanierung – Zukunftsaufgabe Flächenrecycling ..... **73**

**THORSTEN WENDERHOLD**

Feuerwehreinsätze mit Biodiesel-Leckagen – Erfahrungen der Werkfeuerwehr ..... **77**

**BRIGITTE SPRÜSSEL**

Arbeitsschutz im Altlastenbereich, Erfahrungen im Stadtstaat Hamburg ..... **81**

**JOHANN MESCH & THOMAS SCHMIDT-MODROW**

Verfahren des Spezialtiefbaus in der Altlastensanierung: Chancen und Zukunftsmöglichkeiten .. **83**

**DIETER POETKE, JUDITH KNIES & JOCHEN GROßMANN**

Zukunft der Altlastensanierung – was wird aus dem Grundwasser? ..... **95**

**Infothek**

- Altlasten im Internet ..... **101**
- Handbuchreihe Altlasten ..... **103**
- Sonstige Veröffentlichungen ..... **117**

**Bestellschein** ..... **119**

**Die Autoren dieser Ausgabe** ..... **120**

**Impressum** ..... **122**

# Stand der Altlastenbearbeitung

MARGARETA JAEGER-WUNDERER

An dieser Stelle wollen wir Sie über wichtige Entwicklungen im Bereich Altlasten informieren sowie über die Arbeitsschwerpunkte 2009 des Dezernats Altlasten berichten.

Im Jahre 2007 wurden an einer Altablagerung ökotoxikologische Untersuchungen durchgeführt, um Auswirkungen der Deponie auf das Grundwasser besser erkennen zu können. Das war der Auslöser, ein Institut mit der Erarbeitung eines Leitfadens zu beauftragen. Damit sollen Grundlagen über ökotoxikologische Testverfahren, deren Ergebnisse und deren Bewertung geschaffen werden. Das Ergebnis mit dem Titel „Experimentelle ökotoxikologische Bewertung von Altlasten – ein Beitrag zur Risikoanalyse“ wurde Ende 2008 vorgelegt.

Um diese Erkenntnisse den Vollzugsbehörden zugänglich zu machen und für die konkrete Arbeit bereit zu stellen, wird von einer kleinen Arbeitsgruppe die Veröffentlichung vorbereitet. Die AG hat sich zum Ziel gesetzt, die verschiedenen Ökotox-Tests und die jeweilige Anwendung zusammenzustellen sowie erste Vorschläge zur Bewertung der Ergebnisse zu erarbeiten. Mit dem Arbeitstitel „Ökotoxikologische Verfahren als Bewertungshilfe bei Altlastenverfahren“ entsteht zur Zeit der erste Entwurf (s. Beitrag S. 59).

Seit einigen Jahren arbeitet das HLUG auch im Unterausschuss Schadstoffbewertung des ALA mit. Im Auftrag dieses UA wurde unser Mitglied in diesem Jahr in den LAWA UA zur Entwicklung von GFS für NSO-Heterozyklen entsandt. Dabei geht es um die Bewertung von stickstoff-, sauerstoff- und schwefelhaltigen heterozyklischen Kohlenwasserstoffen, wie sie vor allem auf teerölkontaminierten Standorten vorkommen. Die Arbeit soll Mitte 2010 abgeschlossen sein.

Im Bereich der Analytik engagierte sich das HLUG auch 2009 weiter in den DIN-Arbeitskreisen für die Untersuchung ausgewählter **zinnorganischer Verbindungen** und dem für die Bestimmung von **sprengstofftypischen Verbindungen (STV) in Böden**. Die Arbeit im DIN (Deutsches Institut für Normung) fließt gleichzeitig in die ISO (International Standard Organisation) ein.

Die Arbeit an der Norm: *Bodenbeschaffenheit – Bestimmung ausgewählter Organozinnverbindungen – Gaschromatographisches Verfahren* (ISO 23161: 2009) ist abgeschlossen. Eine Überarbeitung der Übersetzung der Norm ins Deutsche wird noch erfolgen.

Die Norm-Entwürfe ISO/CD 11916-1 *Soil quality – Determination of selected explosive compounds – Part 1 – Method using high performance liquid chromatography (HPLC) with UV detection* und ISO/CD11916-2 *Soil quality - Determination of selected explosive compounds – Part 2 – Method using gas chromatography (GC) with electron capture detection (ECD) or mass spectrometric detection (MS)* haben seit der ISO-Sitzung im November 2009 den Status ISO/CD (committee draft) und sind somit in der internationalen Abstimmung.

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 einige offene Fragen, insbesondere im Hinblick auf die Einleitung von gereinigtem Grundwasser in das Gewässer.

Daher wurde im Herbst 2009 die Arbeitsgruppe „**Altlasten an Oberflächengewässern**“ gegründet. Das Umweltministerium hat die Projektleitung übernommen, das HLUG wurde mit der Geschäftsführung beauftragt. In der AG sind das Umweltministerium, die Regierungspräsidien und das HLUG vertreten, wobei die Bereiche Altlasten, Grundwasser-/Gewässerschutz und Abwasser abgedeckt werden. Ziel der Arbeitsgruppe ist die Erstellung eines Merkblatts für die Vollzugsbehörden.

Auf positive Resonanz ist auch in diesem Jahr wieder das Praxisseminar des HLUG „**Von der Probennahme zum Analysenergebnis**“ gestoßen. Den Angehörigen der Vollzugsbehörden sollten mit diesem Seminar die Zusammenhänge zwischen Gewinn-

nung einer Probe, der Probenaufbereitung und dem Analysenergebnis hautnah verdeutlicht 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 Grundlage für die Altflächendatei des Landes Hessen. Für die Erfassung von Altstandorten durch die Kommunen und die Datenübertragung nach FIS AG steht das Altstandort-Erfassungsprogramm (AltPro) zur Verfügung.

AltPro wurde bereits 1993 als Import-/Exportprogramm für den Datenaustausch mit den Kommunen und Landkreisen in Hessen entwickelt und zur Erfassung und in begrenztem Umfang auch zur Verwaltung von Altstandorten eingesetzt. Das Programm entspricht im Jahr 2009 schon auf Grund der IT-technischen Entwicklungen der letzten 15 Jahre nicht mehr den fachlichen und technischen Anforderungen und soll daher durch eine neue Software ersetzt werden – dem **Datenübertragungsprogramm Altflächen und Grundwasserschadensfälle (DATUS)**.

Mit DATUS sollen über den bisherigen Umfang von AltPro hinaus auch die Ergebnisse aus der Untersuchung von Altflächen und schädlichen Bodenveränderungen (wie z.B. Messstellen und Analysenergebnisse) in FIS AG übertragen werden. Dazu wurde im Jahr 2009 beim Umweltministerium ein entsprechendes Projekt ins Leben gerufen. Begleitet wird das Projekt durch Arbeitsgruppen und Workshops, in denen Vertreterinnen und Vertreter aus den Bodenschutzbehörden sowie aus den Kommunen mitwirken.

DATUS wird aus verschiedenen Komponenten bestehen. In einem ersten Schritt konnte für eine Schnittstelle zur Datenübertragung ein sog. **XML-Schema** (XML = Extensible Markup Language) ent-

wickelt werden, das voraussichtlich im Laufe des Jahres 2010 in Betrieb genommen wird.

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.



# Brennpunkt:

## Perfluorierte Chemikalien in Hessen – ein kurzer Überblick

MARION HEMFLER & STANISLAVA GABRIEL

Perfluorierte Chemikalien, kurz PFC (früher Perfluorierte Tenside, PFT) sind eine Stoffgruppe, die erst seit einigen Jahren in den Blickpunkt der Fach-Öffentlichkeit gelangt ist, obwohl sie eine weite Verbreitung in der Umwelt haben.

### Grundlagen

Polyfluorierte und perfluorierte Chemikalien (PFC) sind organische oberflächenaktive Verbindungen, bei denen die Wasserstoffatome am Kohlenstoffgerüst vollständig durch Fluoratome ersetzt worden sind. Besonderes Augenmerk gilt den Leitsubstanzen Perfluorooctansäure (PFOA) und Perfluorooctansulfonat (PFOS). Beide Stoffe sind bioakkumulativ und stehen im Verdacht, toxisch und kanzerogen zu sein und die weibliche Fruchtbarkeit zu schädigen. Bewertungen anderer Einzelstoffe aus der großen Gruppe der PFC stehen noch aus.

Nach heutigem Kenntnisstand sind PFC ausschließlich anthropogenen Ursprungs und kommen in der Natur nicht vor. Da sie sehr stabil sind und schmutz-, farb-, fett-, öl- und wasserabweisende Eigenschaften haben, werden sie in vielen Berei-

chen eingesetzt. Wichtige Anwendungsgebiete sind z. B. die Veredelung von Oberflächen (Papier, Verpackungen, Textilien, Dichtungen etc.). Beispiele dafür sind das GoreTex-Gewebe und Teflon-Beschichtungen. Außerdem wird die spreitende Eigenschaft von PFC beim Galvanisieren, in Feuerlöschschäumen, Farben und vielem anderen genutzt. Wegen der inzwischen vermuteten oder nachgewiesenen schädlichen Eigenschaften wird versucht, besonders PFOA und PFOS nicht mehr zu verwenden. In der EU wird PFOS seit 2008 nicht mehr eingesetzt. Es gibt allerdings Ausnahmen von diesem Verbot, da bei einigen Anwendungsbereichen bisher kein gleichwertiger Ersatzstoff zur Verfügung steht, so z. B. beim Löschen von Industribränden. Neben der hohen Spreitung ist hier besonders von Bedeutung, dass die Abdeckung von Bränden z. B. bei einem Tanklager rückzündungssicher erfolgen kann.

### Grenzwerte

Die Trinkwasserkommission am Umweltbundesamt (2006) empfiehlt die in den Tab. 1 und 2 zusammengestellten Kennwerte für die Summen aus PFOA und PFOS und ggf. weiteren PFC.

Die Aussagen des UBA zur Bewertung der im Vergleich zu PFOA und/oder PFOS länger- und kürzerkettigen PFCs sind nicht ganz eindeutig. Während in einigen Texten (z. B. 2007) bei der Summenbildung für den Leitwert von  $0,3 \mu\text{g/l}$  nur PFOA und PFOS genannt werden, werden an anderer Stelle Summenbildungen aus allen gefundenen PFC vorgeschlagen.

Hinsichtlich PFCs im Klärschlamm ist in der novellierten Düngemittelverordnung vom 16.12.2008 ein Grenzwert von maximal  $100 \mu\text{g/kg}$  Trockenmasse für die Summe von PFOA + PFOS festgelegt.

### Untersuchungen in Hessen

In Hessen wurde durch eine Gewässerbelastung in Nordrhein-Westfalen erstmals die Aufmerksamkeit auf PFC gelenkt. Nachdem dort in den Gewässern

**Tab. 1:** Empfehlungen zu PFC im Trinkwasser der Trinkwasserkommission des Bundesministeriums für Gesundheit (BMG) beim Umweltbundesamt (Stand 13.7.2006).

Art des Höchstwerts	Abkürzung	Zahlenwert	Begründung
<b>Zielwert</b> (Langfristiges Mindestqualitätsziel bzw. allgemeiner Vorsorgewert für PFOA, PFOS und evtl. weitere PFC)	<b>GOW</b> (Gesundheitlicher Orientierungswert) des UBA	$\leq 0,1 \mu\text{g/l}$	Lebenslange gesundheitliche Vorsorge, z. B. gegen die Anwesenheit weiterer PFC
Lebenslang gesundheitlich duldbarer <b>Leitwert</b> für alle Bevölkerungsgruppen	<b>LW</b> des UBA	$\leq 0,3 \mu\text{g/l}$	Bis zu dieser Konzentration sind Summen aus PFOA und PFOS lebenslang gesundheitlich duldbar
<b>Vorsorglicher Maßnahmewert</b> für Säuglinge	<b>VMW<sub>s</sub></b>	$0,5 \mu\text{g/l}$	Vorsorglicher Schutz von Säuglingen, z. B. gegen die Anwesenheit weiterer PFC
<b>Maßnahmewert für Erwachsene</b>	<b>MW = VMW<sub>0</sub></b>	$5,0 \mu\text{g/l}$	Trinkwasser für Lebensmittelzwecke nicht mehr verwendbar

**Tab. 2:** Werte für die kurz- bis mittelfristige Duldbarkeit von PFC laut Trinkwasserkommission des Bundesministeriums für Gesundheit (BMG) beim Umweltbundesamt (Stand 13.7.2006), VMW = Vorsorge-Maßnahmewert.

$> 0,1 - 0,6 \mu\text{g/l}$	tolerierbar für einen Zeitraum von bis zu zehn Jahren ( <b>VMW10</b> )
$> 0,6 - 1,5 \mu\text{g/l}$	tolerierbar für einen Zeitraum von bis zu drei Jahren ( <b>VMW3</b> )
$> 1,5 - 5,0 \mu\text{g/l}$	tolerierbar für einen Zeitraum von bis zu einem Jahr ( <b>VMW1</b> )
$5,0 \mu\text{g/l}$	<b>Handlungswert</b> für Sofortmaßnahmen zur Absenkung der Aufnahme von PFOA + PFOS durch Erwachsene über das Trinkwasser ( <b>VMW10</b> )

Bei gleichzeitiger Anwesenheit von PFOA neben PFOS ist die Additionsregel anzuwenden. Dieser Regel zufolge darf die Summe der jeweiligen Quotienten aus stoffspezifischem Messwert und dem fallspezifisch anzuwendenden VMW nicht größer als 1 werden.

Ruhr und Möhne erhöhte PFC-Konzentrationen nachgewiesen worden waren, stellte sich heraus, dass diese Stoffe illegal mit Bodenmischgut in die Umwelt gelangt waren. Ein Teil dieses Materials gelangte auch nach Nordhessen und wurde dort in den Jahren 2003 bis 2006 auf landwirtschaftliche Flächen aufgebracht, ohne dass die betroffenen Landwirte vom Schadstoffgehalt des als Bodenverbesserer umschriebenen Materials wussten. Das Bekanntwerden dieses Schadensfalls löste im August 2006 ein Untersuchungsprogramm des HLUG aus. Der Teil des Programms, der Beprobungen von Böden, Quellen, Oberflächengewässer und Trinkwasser in Nordhessen umfasst, läuft weiterhin. Zurzeit ist eine umfangreichere Veröffentlichung als die vorliegende, die auch die nordhessischen Ergebnisse bis zum Jahr 2008 zusammenstellt, in Vorbereitung. Wir verweisen hier auf diese kommende Publikation, die auch die detaillierten Analysen der hier beschriebenen Untersuchungen enthalten wird.

Im Rahmen der o. a. Untersuchungen stellte sich die Frage, wie es um die PFC-Belastung an anderer Stelle in Hessen bestellt ist und ob es sich möglicherweise um ein generelles Problem handelt. Daher wurden im Rahmen eines landesweiten Untersuchungsprogramms weitere Proben an Klärschlamm, Kläranlagenabläufen, Vorflutern und Grundwässern genommen. Bei der Auswahl der Grundwasser-Probenahmepunkte wurde versucht, mögliche typische Eintragswege zu identifizieren. Es wurden Brunnen, Quellen und Grundwassermessstellen ausgewählt, die als beispielhaft für bestimmte Nutzungen angesehen werden konnten, so z. B. Fassungen mit bekanntem Anteil an Uferfiltrat oder Fassungen im Wald zur Untersuchung des Luft-Pfades. Im Fall von Klärschlamm, Kläranlagen und Oberflächengewässern wurden größere und repräsentative Anlagen und die größten Vorfluter ausgewählt. Ein Großteil der Probenahmen wurde mindestens einmal wiederholt.

## Ergebnisse

### Klärschlämme

In allen Proben der Schlämme aus den 15 untersuchten Kläranlagen (12 kommunale und drei industrielle Kläranlagen) wurden PFCs gefunden. Bei einem Großteil der Proben lagen dabei die Konzentrationen unter 100 µg/kg. Höhere Konzentrationen traten nur in drei kommunalen und einer industriellen Kläranlage auf. Die maximal nachgewiesene Gesamtkonzentration von 18 untersuchten PFC lag bei 571 µg/kg. Die Untersuchung der Klärschlämme beinhaltete auch die Fragestellung, inwieweit sich die PFC-Konzentrationen während der anaeroben Faulung ändern. Die Ergebnisse zeigen, dass durch den Faulungsprozess höchstwahrscheinlich keine nennenswerten Veränderungen stattfinden. Die PFC-Konzentrationen in den Klärschlämmen waren teilweise zu verschiedenen Zeitpunkten deutlich unterschiedlich. Daher ist davon auszugehen, dass die PFC-Belastungen in Abwässern, die zu den Kläranlagen fließen, zeitlich schwanken. Die Ursache ist unklar, kann aber möglicherweise mit einem Chargenbetrieb bei der PFC-Verwendung zusammenhängen.

### Kläranlagen-Abläufe

Es wurden die Abläufe der Kläranlagen untersucht, bei denen auch die Klärschlämme beprobt wurden. In den Abläufen der Kläranlagen wurden die gleichen neun PFC wie in den Oberflächengewässern nachgewiesen. In neun der 12 untersuchten kommunalen Kläranlagen wurden keine nennenswerten Konzentrationen an PFC im Ablauf gefunden. In den drei restlichen kommunalen Kläranlagen konnten Summenkonzentrationen an PFC mit bis zu 424 ng/l bestimmt werden. Hier spielte PFOS mit bis zu 170 ng/l die größte Rolle. Bei den drei industriellen Kläranlagen wurden Summenkonzentrationen an PFC bis zu 2 096 ng/l ermittelt. Es ist davon auszugehen, dass die kommunalen und industriellen Kläranlagen einen erheblichen Beitrag zur PFC-Belastung in den Gewässern leisten. Im Vergleich mit den Orientierungswerten der Trinkwasserkommission liegen die PFC-Konzentrationen

im Ablauf der untersuchten Kläranlagen aber alle unter dem Handlungswert für Sofortmaßnahmen für Trinkwasser, so dass sich aus den Werten kein flächendeckender Handlungsbedarf ableitet.

### Oberflächengewässer

Im Jahr 2007 wurden in vierteljährlichem Abstand acht große Oberflächengewässer auf ihren Gehalt an 18 PFC untersucht. Von den 18 untersuchten PFC wurden nur neun oberhalb der Bestimmungsgrenze gefunden. PFOS wurde sehr häufig und in den höchsten Konzentrationen nachgewiesen. Nur in einem Gewässer wurde dabei in zwei Proben der von der Trinkwasserkommission angegebene gesundheitliche Orientierungswert (GOW) von 100 ng/l als Summenwert aller PFC überschritten. Da das betreffende Gewässer bei Niedrigwasser (MNQ) einen fast 100-%igen Abwasseranteil hat, ist in Einleitungen der Ursprung der PFC-Belastungen zu suchen.

### Grundwässer

Hessenweit wurden PFC-Proben an 11 ausgewählten Punkten genommen. Die meisten der untersuchten Proben waren PFC-frei. PFC stellen im Grundwasser in Hessen also kein flächenhaftes Problem dar. Selbst der für Trinkwasser geltende GOW des UBA von 100 ng/l wurde von den Gesamtsummen nicht übertroffen. Nennenswerte Konzentrationen von bis zu 90 ng/l Gesamt-PFC und 53 ng/l PFOA+PFOS, wobei i. d. R. PFOS überwog, wurden vor allem an solchen Punkten angetroffen, bei denen der Untergrund hoch durchlässig ist (z. B. in Karstgebieten) oder ein Zutritt von Oberflächengewässern angenommen wird, also Brunnen oder Grundwassermessstellen, die zumindest zeitweise einen Anteil an Uferfiltrat erhalten. An zwei Probenahmepunkten, deren Einzugsgebiete vollständig im Wald in höheren Lagen von hessischen Mittelgebirgen liegen, wurden bei einer Beprobung 2 bzw. 1 ng/l Gesamt-PFC gefunden (bei einer Bestimmungsgrenze von 1 ng/l für alle Einzelparameter). Als Eintragsweg für PFC kommt (neben der Verwendung PFC-haltiger Dichtungen in der Quellsfassung)

wegen der Entfernung von allen anthropogenen Eintragsquellen nur der Luftpfad in Frage. Die allgemein über diesen Weg eintragbaren PFC-Konzentrationen liegen daher vermutlich in der gefundenen Größenordnung.

### Schlussfolgerungen

Die hessenweiten PFC-Untersuchungen an Klärschlämmen, Kläranlagenabläufen, Oberflächen-Gewässern und Grundwässern zeigen, dass in Hessen PFC kein Flächen-Problem darstellen. Erhöhte Konzentrationen treten nur punktuell auf. Ein akuter Handlungsbedarf über die Untersuchungen im Nachgang zum illegalen Entsorgen belasteten Materials in Nordhessen hinaus ist bisher nicht erkennbar. Trotzdem sollte angestrebt werden, den PFC-Eintrag in die Umwelt nachhaltig zu reduzieren.

### Literatur

- TRINKWASSERKOMMISSION DES BUNDESMINISTERIUMS FÜR GESUNDHEIT (BMG) BEIM UMWELTBUNDESAMT (2006): Vorläufige Bewertung von Perfluorierten Tensiden (PFT) im Trinkwasser am Beispiel ihrer Leitsubstanzen Perfluorooctansäure (PFOA) und Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) vom 21.06.06 überarbeitet am 13.7.06
- UMWELTBUNDESAMT (2007): Bewertung perfluorierter Tenside im Trinkwasser mit längeren oder kürzeren Kohlenstoffketten als PFOA und PFOS.
- UMWELTBUNDESAMT (2007): Perfluorierte Verbindungen: Falscher Alarm oder berechtigte Sorge?
- UMWELTBUNDESAMT (2009): Per- und Polyfluorierte Chemikalien. Einträge vermeiden – Umwelt schützen.

# Aktuell:

## Arbeitshilfe „Wertermittlung von kontaminierten Flächen im Spannungsfeld der Bauleitplanung“ aus Baden-Württemberg

MARIE-ANNE FELDMANN

Werden alte Industrie- oder Konversionsflächen wieder genutzt, so muss immer mit Schadstoffbelastungen in der Bausubstanz oder im Untergrund gerechnet werden. Diese Belastungen sind die Folge der früheren industriellen oder gewerblichen Nutzung. Die altlastbedingten Mehraufwendungen sind nur schwer und mit großen Unsicherheiten zu prognostizieren. Diese Unsicherheiten hemmen oftmals die Wiedernutzung solcher Altstandorte.

Die LUBW (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg) hat eine Arbeitshilfe für Planer, Wertermittler und Investoren veröffentlicht, mit der sie die sinnvolle Wiedernutzung von schadstoffbelasteten Flächen voranbringen will.

Die Arbeitshilfe möchte zu einer realistischen Einschätzung des Wertes von altlastenverdächtigen oder schadstoffbelasteten Flächen beitragen. Sie enthält Regeln und Empfehlungen für eine zuverlässige und nachvollziehbare Wertermittlung. Grundlagen, Ziele, Begriffe und Vorgehensweisen werden in der Arbeitshilfe erläutert, um die Zusammenarbeit der Sachverständigen unterschiedlicher Fachdisziplinen zu unterstützen.

[Quelle: Internetseite LUBW]

Die Arbeitshilfe „Wertermittlung von kontaminierten Flächen im Spannungsfeld der Bauleitplanung“ ist in der Reihe „Altlasten und Grundwasserschadensfälle“ der LUBW als Band 41 erschienen.

Sie kostet 11,00 € zuzüglich Versandkosten und ist zu beziehen über die Verlagsauslieferung der LUBW bei der

JVA Mannheim  
Herzogenriedstraße 111  
68169 Mannheim  
Fax: 0621 / 398-370  
E-Mail: [bibliothek@lubw.bwl.de](mailto:bibliothek@lubw.bwl.de)

Außerdem kann sie kostenlos im Internet unter [www.lubw.baden-wuerttemberg.de](http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de) (Service/Informationen – Publikationen) bezogen werden.

## Sanierung Güterbahnhof West / Entwicklung Künstlerviertel Wiesbaden

JENS HEYDEN

Im Stadtteil Dotzheim der Landeshauptstadt Wiesbaden erwarb die Stadtentwicklungsgesellschaft Wiesbaden mbH (SEG) 2005 die Flächen des ehem. Güterbahnhof West, der ehem. Fa. Rotaprint und der ehem. Fa. Fass-Sauer mit einer Gesamtgröße von 126 000 m<sup>2</sup>. Im Zeitraum 12/2006–01/2008 erfolgte eine Sanierung der Flächen mit dem Ziel, diese einer Wohnbebauung zuzuführen.

Die Projektsteuerung erfolgte durch das Umweltamt der Landeshauptstadt Wiesbaden. Zuständige Obere Bodenschutzbehörde war das Regierungspräsidium Darmstadt, Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt, Wiesbaden. Die Bauleitung und -überwachung oblag der CDM Consult GmbH, Niederlassung Bingen.

In einem ersten Schritt wurden auf dem Bahngelände lebende Heuschrecken und Amphibien, welche geschützt sind bzw. auf der Roten Liste stehen, eingesammelt und auf ein benachbartes Grundstück verbracht. Danach wurden sämtliche vorhandenen Baulichkeiten rückgebaut. Insgesamt wurden rd. 75 000 m<sup>3</sup> umbauter Raum abgerissen. Danach erfolgten Rodungs- und Entsiegelungsarbeiten. Dabei fielen allein 2 300 m<sup>3</sup> Kopfsteinpflaster an.



Abb. 1: Übersicht.

Auf dem Bahngelände befanden sich noch 5 600 m Bahngleise, welche durch die differenten Nutzungen des Bahngeländes seit dessen Aufgabe überwiegend mit Sediment überdeckt waren. Die Schienen sowie Stahlschwellen wurden verschrottet, Betonschwellen wurden gebrochen und falls möglich vor Ort als RC wieder verwandt. Holzschwellen wurden entsorgt. Der Schotter wurde gesiebt und der Feinanteil wegen entsprechender

PAK- und Schwermetallbelastungen entsorgt, während das Grobmaterial als inert zu betrachten war. Dieses wurde gebrochen und als Frostschuttschicht unterhalb von Straßen auf dem Gelände verwandt.

Im Bereich der Fa. Fass-Sauer erfolgte ein Totalaushub einer bekannten Bodenbelastung (cis-1,2-Dichlorethen) bis 9 m Tiefe auf einer Fläche von rd. 7200 m<sup>2</sup>.

Sofern keine Mischkontamination ausgehoben wurde, erfolgte eine Behandlung des Bodens in einem 5000 m<sup>2</sup> großen Sanierungszelt. Hier wurde der Boden in 0,5 m hohe Mieten aufgesetzt, gefräst, somit belüftet und mit Kalk versetzt. Insgesamt wurden 26000 m<sup>3</sup> Boden auf diese Weise gereinigt. Der sanierte Boden wurde nach entsprechender Erfolgskontrolle in die Grube bzw. auf dem Gesamtgelände wieder eingebaut.



**Abb. 2:** Aushub Fass-Sauer.



**Abb. 3:** Bodenbehandlung im Zelt.

Im Rahmen der Sanierungsarbeiten wurden 21 Erdtanks aufgefunden, von denen nur acht Tanks bekannt waren. Durch eine Kampfmittelräumfirma wurden mehrere Bomben sowie Munition geborgen und entsorgt.

Auf dem Bahngelände erfolgte vor dem Beginn der Sanierungsarbeiten eine Vorabdeklaration des Untergrundes, um einen flächendeckenden Abtrag zu vermeiden. Dadurch wurden bereits im Vorfeld sanierungswürdige Teilflächen ausgewiesen, deren Sanierung sukzessive erfolgte. Große Teile des Bahngeländes waren während und auch nach der Nutzung als Bahnhof an Firmen vermietet, die sich i.W. mit dem Umschlag von Kohle, Heizöl u. ä. beschäftigten. Durch vermutlich unsachgemäße Handhabung mit wassergefährdenden Stoffen entstanden lokal größere Bodenverunreinigungen, die teils durch Voruntersuchungen aus den 90er Jahren bereits bekannt waren. Das Grund-

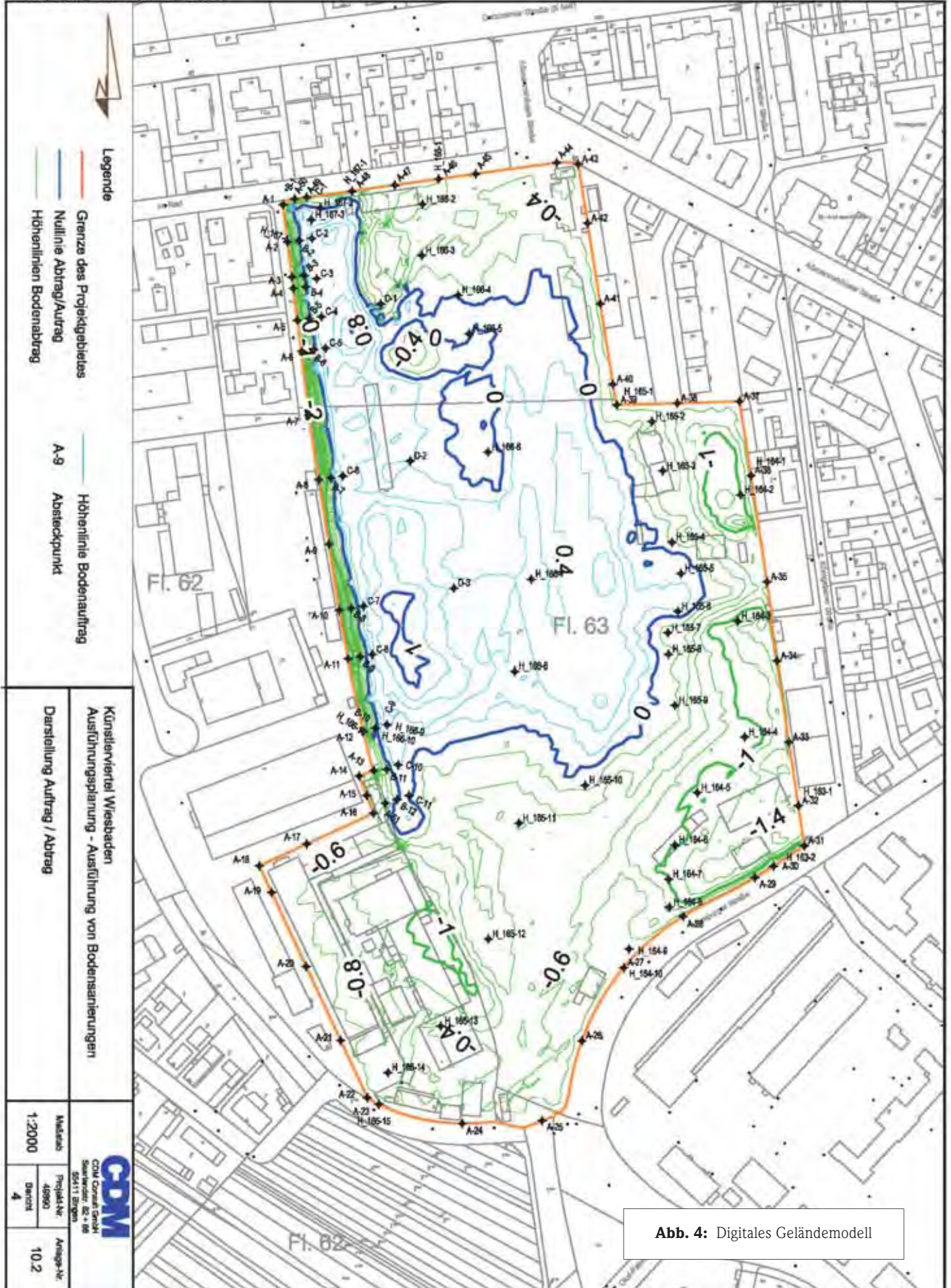


Abb. 4: Digitales Geländemodell



wasser, welches am Standort lediglich lokal als Schicht- bzw. Stauwasser auftritt, wurde durch die absaigernden Schadstoffe ebenfalls kontaminiert.

Mittels Digitalem Geländemodell wurden Auf- und Abtragsarbeiten definiert, um die vom Auftraggeber gewünschten Endhöhen des Geländes zu erreichen. Daraus folgerten Auf- und Abtragsflächen, die mit Hilfe eines Bodenmassenmanagements bearbeitet wurden.



**Abb. 5:** Zwischenlager.

Auf dem Bahngelände wurden insgesamt 62 000 m<sup>3</sup> Boden abgetragen, welcher i.W. auf Grund bahn-typischer Verunreinigungen (Schwermetalle, PAK) entsorgt werden musste. Sukzessive erfolgte ein Auftrag von 61 000 m<sup>3</sup>. Weiterhin wurden mehrere hot spots mit größeren und tiefreichenden Bodenbelastungen detektiert und entfernt. Schwach belasteter Boden bzw. RC-Material wurde in Abstimmung mit der Oberen Bodenschutzbehörde als Straßenunterbau im Gelände verwandt.

Insgesamt konnten durch die Maßnahmen folgende Schadstoffmassen entfernt werden:

- Mineralölkohlenwasserstoffe: 23 700 kg
- LCKW: 1 960 kg

Daneben fielen noch kleinere Mengen an anderen Schadstoffen an.

Unmittelbar nach Fertigstellung bzw. Sanierung des nördlichen Teils des ehemaligen Bahngeländes wurde mit der Errichtung der Wohngebäude begonnen. Ebenso wurde sukzessive nach der Fertigstellung weiterer Teilbereiche mit der Einrichtung der Infrastruktur begonnen.

In den nächsten drei Jahren ist ein Grundwassermonitoring vorgesehen, um die in der gesättigten Bodenzone noch vorhandenen Restbelastungen beobachten zu können.

Die Kosten der Gesamtmaßnahme belaufen sich auf etwa 7 Mio. €. Davon entfallen auf die Sanierung des ehemaligen Betriebsgeländes Fa. Fass-Sauer 3,6 Mio. €. Die Kosten für die Aushubsanierung einschließlich der on-site-Behandlung belaufen sich auf 2,2 Mio. €.

Für die sanierungsvorbereitende Bodenluftsanierung im Schadenszentrum sind Kosten in Höhe von 770 000 € angefallen. Für die Flächenrevitalisierung wurde zwischen der SEG Stadtentwicklungsgesellschaft Wiesbaden mbH und dem Land Hessen am 12. Dezember 2005 eine vertragliche Vereinbarung über die finanzielle Beteiligung des Landes an der Altlastensanierung geschlossen. Das Land Hessen beteiligt sich mit einem Zuschuss von 75 % an den Kosten für die Sanierung des ehemaligen Fass-Sauer Geländes.

## Pumpversuche bei der Altlastensanierung

DIETER KÄMMERER & BERND LEBMANN

Pumpversuche und die hieraus abzuleitenden Daten können zum Erkunden und Eingrenzen von Kontaminationen genutzt werden. Sie liefern somit Grunddaten für eine Sanierungskonzeption und die Sanierungsplanung. Wichtigste Informationen sind Aussagen zu Grundwasserleitern, insbesondere zu deren hydraulischen Parametern (z. B. hydraulische Durchlässigkeit, Transmissivität). Bei Pumpversuchen wird dem Grundwasserleiter in der Regel über einen längeren Zeitraum Wasser entzogen. Hierdurch stellt sich eine messbare Absenkung des Grundwasserspiegels in der Entnahmestelle und deren Umfeld ein. Der Betrag der Wasserspiegelabsenkung ist dabei abhängig von der Entnahmemenge, von der Durchlässigkeit des getesteten Untergrunds und verschiedenen anderen hydrogeologischen und hydraulischen Parametern.

Vor der Durchführung und Auswertung eines Pumpversuchs muss dabei eine klare Vorstellung über den getesteten Grundwasserleitertyp und die vorliegenden Randbedingungen existieren. Andernfalls besteht die Gefahr der Fehlinterpretation.

Bei der Anwendung von Pumpversuchen im Bereich unbekannter Altlasten ist generell Vorsicht geboten, da Kontaminationsherde aktiviert oder verlagert werden können.

Im Rahmen der Erkundung, Sanierung und Überwachung von Grundwasserverunreinigungen werden Pumpversuche in Brunnen und Grundwassermessstellen als Standardverfahren zur Ermittlung geohydraulischer und/oder hydrochemischer Daten eingesetzt.

Pumpversuche führen jedoch nur dann zu belastbaren Ergebnissen, wenn eine für die jeweilige Fragestellung geeignete Pumpversuchsart zur Anwendung kommt und an die Planung, Durchführung, Dokumentation und Auswertung hohe Qualitätsanforderungen gestellt werden. Die Aussagekraft von Pumpversuchen ist zudem stark von den jeweiligen hydrogeologischen Standortgegebenheiten abhängig. Bei der Pumpversuchsplanung müssen daher die jeweiligen Möglichkeiten und Ziele des geohydraulischen Tests klar definiert werden.

In dem DVGW-Regelwerk W 111 („Planung, Durchführung und Auswertung von Pumpversuchen bei der Wassererschließung“, März 1997) werden verschiedene Pumpversuchsarten vorgestellt und Anleitungen zur Planung, Durchführung und Auswertung von Pumpversuchen gegeben. Der Anwendungsbereich des DVGW-Regelwerks W 111 liegt bei Brunnen zur Grundwasserförderung. Die Inhalte des Regelwerkes sind auch für Pumpversu-

che im Rahmen der Erkundung, Sanierung und Überwachung von Grundwasserverunreinigungen sinnvoll anwendbar und dokumentieren den Stand der Technik.

In dem DVGW-Regelwerk W 111 werden Brunnentests und Grundwasserleitertests unterschieden. Brunnentests dienen zur ersten Abschätzung geohydraulischer Parameter sowie der Grundwasserbeschaffenheit und bilden die Grundlage zur Planung weiterführender Untersuchungen. Daher ist in jedem neu errichteten Brunnen bzw. jeder Grundwassermessstelle nach Abschluss der Ausbauarbeiten ein Brunnentest durchzuführen, der möglichst mehrere aufeinander folgende Pumpphasen mit jeweils gesteigerter Förderrate beinhalten sollte.

Der Brunnentest kann auch zu dem Ergebnis führen, dass die Grundwassermessstelle z. B. aufgrund unzureichender hydraulischer Anbindung an den Grundwasserleiter nicht für weiterführende geohydraulische Untersuchungen geeignet ist.

Ein häufiger Fehler bei der Pumpversuchsdurchführung ohne vorherigen Brunnentest ist der Beginn mit einer zu hohen Förderrate, die anschließend zwangsweise reduziert werden muss. Ein solcher Pumpversuch liefert keine brauchbaren Ergebnisse für die Phase der Überlagerung von Grundwasserabsenkung und –wiederanstieg nach Reduzierung der Förderrate.

Die verschiedenen Arten von Grundwasserleitertests unterscheiden sich insbesondere bezüglich Pumpversuchsdauer und Förderrate. Vereinfachend werden nachfolgend Kurz- und Langzeitpumpversuche unterschieden und deren jeweilige Einsatzmöglichkeiten aufgezeigt.

Bei der Pumpversuchsdurchführung sind sogenannte Einbohrloch- von Mehrbohrlochverfahren zu unterscheiden. Bei den Einbohrlochverfahren werden ausschließlich die Verläufe von Grundwasserabsenkung und –wiederanstieg im Brunnen selbst dokumentiert. Solche einfachen Verfahren können bereits zur groben Abschätzung der geohydrail-

schen Parameter des Grundwasserleiters genutzt werden. Sehr viel verlässlichere Auswertungsergebnisse liefern jedoch Mehrbohrlochverfahren, bei denen zusätzlich die pumpversuchsbedingten Absenkungen und Wiederanstiege des Grundwasserspiegels in einer oder mehreren benachbarten Grundwassermessstellen einbezogen werden.

Grundsätzlich sollten alle im potenziellen Absenkungsbereich einer Entnahmestelle befindlichen Brunnen und Grundwassermessstellen in das den Pumpversuch begleitende Monitoring einbezogen und zur regelmäßigen Dokumentation der Grundwasserspiegel genutzt werden. Durch den Einsatz von Drucksonden zur Messung und automatischen Aufzeichnung der Grundwasserspiegel in Brunnen und Grundwassermessstellen kann hierbei der messtechnische Aufwand deutlich reduziert werden.

Zur Auswertung von Pumpversuchen stehen zahlreiche Verfahren zur Verfügung, deren Anwendung unterschiedlich aufwändig ist. Das zu wählende Auswerteverfahren muss die speziellen hydrogeologischen Standortgegebenheiten möglichst gut berücksichtigen, z. B. gespannter/ungespannter Grundwasserleiter, Locker-/Festgestein, Doppelporositäten und brunnen-spezifische Einflüsse.

### **Kurzpumpversuche**

Es handelt sich um Pumpversuche, deren Laufzeit auf mehrere Stunden bis wenige Tage begrenzt ist. Die Förderrate sollte möglichst hoch angesetzt werden, um das Dominieren beeinflussender Effekte wie Brunnenspeicherung und Skin-Effekt auszuschließen. Dabei sollte unter Berücksichtigung der Erfahrungen aus dem vorangegangenen Brunnentest sichergestellt sein, dass die maximale Grundwasserabsenkung das Niveau des Pumpeneinlaufs nicht erreicht (Trockenlaufen der Pumpe).

Durch Kurzpumpversuche wird häufig kein quasi-stationärer Zustand der Absenkung des Grundwasserspiegels im Brunnen erreicht. Das bedeutet, der durch die Grundwasserentnahme verursachte Absenkungsbereich, der sich im Idealfall annähernd

radialsymmetrisch um den Brunnen ausbreitet, hat seine maximale Größe noch nicht erreicht.

Anhand der Ergebnisse von Kurzpumpversuchen können im Regelfall geohydraulische Kennwerte des Grundwasserleiters (z. B. Transmissivität bzw.  $k_f$ -Wert und Speicherkoeffizient) für den Nahbereich des Brunnens näherungsweise bestimmt werden.

Zur Interpretation hydrochemischer Untersuchungsergebnisse sind Kurzpumpversuche meist weniger geeignet. Da sich der Absenkungsbereich während der instationären Phase der Grundwasserabsenkung ständig vergrößert, kann dies z. B. bei der quantitativen Untersuchung von Wasserschadstoffen zu schwer interpretierbaren Ergebnissen führen.

### Langzeitpumpversuche

Im Gegensatz zur Zielsetzung von Kurzpumpversuchen soll bei Langzeitpumpversuchen im Regelfall in jeder Pumpphase die Einstellung eines quasistationären Zustands der Absenkung des Grundwasserspiegels im Brunnen erreicht werden. Bis solche Zustände eintreten, können Zeiträume von mehreren Tagen bis zu mehreren Wochen vergehen. Daher ist es sinnvoll, die Förderrate schrittweise zu steigern und den Pumpversuch nicht mit der maximal möglichen Förderrate zu beginnen. Für jede Pumpversuchsphase sollte vor Steigerung der Förderrate bzw. vor dem Pumpversuchsende der quasistationäre Absenkungszustand über einen Zeitraum von ca. 24 Stunden gehalten werden. Bei Langzeitpumpversuchen aus Sanierungsbrunnen sollte eine Belüftung der Brunnenfilter möglichst vermieden werden.

Zusätzlich zur Ermittlung geohydraulischer Kennwerte des zu untersuchenden Grundwasserleiters können Langzeitpumpversuche zur Quantifizierung der Höhe des gewinnbaren Grundwasserdargebotes dienen. Über die Herkunft des während des Pumpversuches geförderten Grundwassers können sehr viel belastbarere Aussagen getroffen werden als bei Kurzpumpversuchen. Die Ergebnisse von

Langzeitpumpversuchen können daher z. B. im Rahmen der Beweissicherung bei der Bewertung landchaftsökologischer Auswirkungen einer Grundwasserentnahme oder bei der Erkundung und Sanierung von Grundwasserverunreinigung sinnvoll genutzt werden.

Im Rahmen der Grundwassersanierung können hieraus maximale Förderraten für Sanierungsbrunnen abgeleitet und die Reichweite der hydraulischen Sanierung abgeschätzt werden. Die Reichweite der Sanierung ist hierbei in jedem Fall deutlich kleiner als die Reichweite der Grundwasserabsenkung (Abstand von der Entnahmestelle bis zur Grenze des Entnahmetrichters). Eine effektive Sanierung kann nur im inneren Bereich des Entnahmetrichters erfolgen.

In den Phasen der quasistationären Absenkung des Grundwasserspiegels im Brunnen nimmt der Absenkungsbereich im Idealfall eine gleichbleibende Fläche ein. Für diese Pumpversuchsphasen liefert die Beschaffenheit des geförderten Grundwassers verwertbare Hinweise zur Grundwasserbeschaffenheit im zuzuordnenden Absenkungsbereich. Die Interpretation hydrochemischer Untersuchungen des beprobten Grundwassers ist dadurch besser möglich als bei Kurzpumpversuchen.

Dabei ist jedoch zu beachten, dass das Grundwasser nicht zu gleichen Anteilen aus den verschiedenen Zonen des Absenkungsbereiches zuströmt. Mit der Entfernung zur Entnahmestelle nimmt innerhalb des Absenkungsbereiches auch der Zustromanteil ab. Erschwerend kommt hinzu, dass zwischen der Entfernung zur Entnahmestelle und der Höhe des Zustromanteils kein linearer Zusammenhang besteht. Die durch eine Grundwasserbeprobung während einer stationären Pumpversuchsphase bestimmte mittlere Grundwasserbeschaffenheit ist somit nicht zur Charakterisierung des Grundwassers im gesamten Absenkungsbereich geeignet, sondern beschreibt insbesondere den Nahbereich um die Entnahmestelle. Hier kann die Berechnung der Fläche sinnvoll sein, aus der z. B. 90 % des geförderten Grundwassers zuströmen.

## Pump & Treat – Erfahrungen mit Chancen und Risiken der hydraulischen Sanierung

CARLO SCHILLINGER

### Zusammenfassung:

Pump & Treat (P&T) war viele Jahre lang die typische Technik zur Grundwassersanierung. Kontaminiertes Grundwasser (oder Bodenluft) wird aus einem oder mehreren Brunnen an die Bodenoberfläche gepumpt und dort von Schadstoffen gerei-

nigt. Eine Reinigung des Bodens „in situ“ ist mit P&T aber nur möglich, wenn Stoffeigenschaften der Schadstoffe, Aufbau des Untergrundes und Ausbau der Brunnen geeignet sind.

## 1 Einleitung

Viele Jahre lang war Pump & Treat das „Allheilmittel“ zur Grundwassersanierung – von Gutachtern empfohlen und von Behörden gefordert. Vor allem geringe Investitionskosten und die technisch einfache Umsetzung waren die Gründe, dass man bei Grundwasserkontaminationen so häufig auf die hydraulische Sanierung gesetzt hat. Für LHKW<sup>1</sup>- und BTEX<sup>2</sup>-Schäden kombinierte man die Technik häufig mit pneumatischen Maßnahmen.

Ist die Geschichte des P&T also eine Erfolgsgeschichte? Sie ist es, wenn auch in vielen Fällen

eher für Gutachter und Labors, die viele Jahre lang den „Sanierungsprozess monitoren“ durften. Doch mit dieser provokativen Aussage soll das P&T-Verfahren nicht in die Schublade der wenig Erfolg versprechenden Sanierungstechniken verbannt werden. Vielmehr gibt sie Anlass, aus Erfahrungen mit der Methode abzuleiten, unter welchen Rahmenbedingungen sie anwendbar ist und welche Sanierungserfolge man sich erwarten darf.

1 LHKW = Leichtflüchtige Halogenierte Kohlenwasserstoffe.

2 BTEX = Benzol, Toluol, Ethylbenzol, o-, m-, p-Xylol.

## 2 Rahmenbedingungen

### 2.1 Ziele des Sanierungspflichtigen

Eine wichtige Ursache für viele unbefriedigende P&T-Sanierungsverläufe liegt oft im Sanierungspflichtigen selbst. Sein vorrangigstes Ziel ist es, eine unabwendbare Sanierung möglichst schnell wieder zu beenden und dafür so wenig Geldmittel wie möglich einzusetzen. In der Folge entstehen unter anderem folgende Fehler:

- Zurückhalten wichtiger Informationen  $\Rightarrow$  Schadensquellen bleiben unerkannt, falsche Auslegung der Anlagentechnik
- ungenügende Erkundung der chemischen, physikalischen und geologischen Rahmenbedingungen  $\Rightarrow$  falsche Sanierungsprognosen, ungeeignetes Sanierungs-Equipment
- Kostendruck  $\Rightarrow$  Einsparen von Brunnen, Nutzung eigener Brunnen und Anlagen, „Heimwerker-Sanierungen“
- keine Betrachtung der Gesamtkosten über die Laufzeit

Gutachter und Behörden müssen hier intensive Aufklärungsarbeit leisten.

### 2.2 Anforderungen der Bodenschutzgesetzgebung

Bodenschutzgesetzgebung und begleitende Rechtsprechung werden dem immer wieder vorgebrachten Anspruch der Sanierungspflichtigen auf das „mildeste Mittel“ zum Erreichen des Sanierungsziels durch die vorgeschriebene stufenweise Erkundung von Schadensfällen (HE, OU, DU, SU<sup>3</sup>) und die geforderte Prüfung der Verhältnismäßigkeit von Maßnahmen gerecht. Letztere sollte dann aber ernst genommen werden und zumindest Erkundungen umfassen zu:

- Charakteristik des Schadensfalls,
- hydrogeologische Rahmenbedingungen,

- Modellvorstellung zur Schadensausbreitung,
- aktuelle und zukünftige Grundwassernutzungen,
- Sanierungsalternativen mit Gegenüberstellung von Kosten und Zeitrahmen,
- Kosten- und Risikoverlagerung in die Zukunft sowie
- Nutzbarkeit und Marktfähigkeit betroffener Grundstücke.

Danach lässt sich entscheiden, ob und mit welchem Instrumentarium P&T zum Einsatz kommen sollte.

### 2.3 Anforderungen an den Gutachter

Die Aufgabe des Gutachters bei der Erkundung eines Schadensfalls ist komplex: Nach meist nur eingeschränkter Information vom Sanierungspflichtigen soll er mit möglichst geringem Einsatz von Zeit (seiner Arbeitszeit) und Geld (für Bohrungen, Labor etc.), unter Schonung bestehender Anlagen und Immobilien und nicht selten auch völlig unauffällig herausfinden:

- welche Schadstoffe (nicht selten über Jahrzehnte) wo in den Boden eingedrungen sind,
- mit welchen anderen Kontaminationen (Altaufüllungen, Altschäden etc.) sie sich dort vereint haben, was danach für eine Schadenscharakteristik entstanden ist und wie die Dynamik der Mischkontamination einzuschätzen ist,
- wie der Boden die Ausdehnung des Schadens durch den Schichtaufbau sowie seine geotechnischen und geochemischen Eigenschaften beeinflusst hat,
- wie bauliche Gegebenheiten (Flächenversiegelungen, Baukörper, Fundamente, Kanäle, Dränaugen, Rigolen etc.) zur „irregulären“ Ausbreitung beigetragen, die Ausbreitung behindert bzw. umgelenkt haben können,

<sup>3</sup> HE, OU, DU, SU = Historische Erkundung, Orientierende Untersuchung, Detailuntersuchung, Sanierungsuntersuchung

- und schließlich wie weit und wie tief sich die Schadstoffe entsprechend dem (auch noch zu entwickelnden) Bodenmodell ausgebreitet haben werden.

In Anbetracht der gegen unendlich gehenden Variablen des Systems ist der Gutachter in jedem Fall gezwungen, mit (stark) vereinfachten Annahmen zu arbeiten. Der Erfolg einer hydraulischen Maßnahme wird danach in jedem Fall davon abhängen, dass in den Erkundungsstufen eine ausreichende Datenbasis für Modelle und Prognosen geschaffen werden konnte.

## 2.4 Eigenschaften der Schadstoffe und des Grundwassers

Es mag provokativ vereinfachend klingen, aber die Tatsache, dass ein Stoff(-gemisch) das Grundwasser erreicht und sich mit dem „Grundwasserstrom“ ausgebreitet hat, berechtigt nicht zu dem Schluss, dass die entstandene Kontamination des Grundwassers durch eine Entnahme und Abreinigung des Wassers auch in akzeptabler Zeit saniert werden kann. Für die Prüfung der Sanierbarkeit mittels P&T müssen einerseits die physikalisch-chemischen Eigenschaften der Schadstoffe und das Verhalten des Stoffgemischs bekannt sein:

- Wasserlöslichkeit
- Dichte
- Oberflächenspannung, Viskosität
- Siedepunkt, Dampfdruck
- Toxizität
- Korrosionsverhalten

Diese Stoffeigenschaften sind danach auszuwerten, ob die Mobilität des Stoffes oder Stoffgemisches in der gesättigten und in der ungesättigten Bodenzone bei der anzunehmenden Grundwasserneubildung und unter den gegebenen geologischen Verhältnissen groß genug ist, damit dauerhaft eine Nachlieferung zum bzw. zu den Sanierungsbrunnen entsteht, die ausreicht, den wirtschaftlichen Betrieb einer angeschlossenen Behandlungsanlage zu gewährleisten. Außerdem lässt sich mit den Stoff-

charakteristika abschätzen, welche Retention im Boden zu erwarten und damit, welches Reinigungsziel zu erreichen ist.

Daneben sind aber für P&T-Sanierungen auch die Eigenschaften des Grundwassers entscheidend:

- Tiefenlage (entsprechend Hubhöhe)
- Temperatur (oberflächennah auch im Jahresgang)
- pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit (gelöste Ionen und Pumpensteuerung)
- Härtebildner, Eisen und Mangan (wegen Anlagen im System)

Je nach Konstellation der genannten Parameter kann der dauerhafte Betrieb von Entnahme- oder Infiltrationsanlagen (Brunnen, Horizontaldränagen etc.) mit erheblichen Verlusten der Leistungsfähigkeit und hohen Unterhaltskosten verbunden sein – ein Effekt der schnell „Verhältnismäßigkeitsdiskussionen“ nach sich zieht.

## 2.5 Geologische und bauliche Verhältnisse

Die Notwendigkeit, den Aufbau des Untergrunds hinsichtlich einer anstehenden hydraulischen Sanierung mit ausreichend vielen und ausreichend tiefen Bohrungen zu erkunden, bedarf eigentlich nicht der Erwähnung. Darüber hinaus sollten aber eruiert werden:

- Grundwassersohle(n), Druckverhältnisse und alle relevanten Wasserspiegel (ober- und unterirdisch)
- vertikal oder horizontal hydraulisch wirksame „Verbindungen“ (geologische Störungen, Stollen des Bergbaus, Brunnen, Dränagen, Kanäle, tief gehende Bauwerke, verfüllte Gruben und Gräben etc.) und ihr Bezug zu Entnahme und Versickerung
- aktuelle und geplante hydraulische Maßnahmen im Einflussbereich
- geotechnische Eigenschaften der angetroffenen Bodenschichten (Aquifer-Typ, Kornverteilung, Durchlässigkeit, ggf. Quelfähigkeit, Tongehalt und organische Anteile)
- möglicher Einfluss der Wasserentnahme und –versickerung auf benachbarte Bauwerke

Die Erkenntnisse sind hinsichtlich eines Modells der Wasser- und Schadstoffbewegungen sowie zur Optimierung von Brunnenbohrungen und Brunnenbau auszuwerten und die resultierende Prognose ist - wenn möglich - mit einem hydraulischen Test zu überprüfen. Nur wenn die für eine erfolgreiche Sanierung ausschlaggebenden Annahmen zutreffen, ist der Einstieg in eine P&T-Maßnahme sinnvoll.

Grundsätzlich gilt aber, dass sich die Eigenschaften des Untergrundes sowie die Charakteristik der Wasserbewegung und Schadstoffausbreitung mit hydraulischen „in situ“-Maßnahmen nicht unbegrenzt beeinflussen lassen. Schäden, deren Ausbreitung im Untergrund Jahrzehnte lang fortgeschritten ist, sind deswegen mit P&T im Regelfall nicht innerhalb weniger Jahre sanierbar.

### 3 Fallbetrachtungen

Anhand der Auswertung von zahlreichen Sanierungsfällen wird deutlich, dass P&T-Sanierungen nur dann erfolgreich laufen (Tab. 1), wenn im Untergrund günstige hydraulische Verhältnisse vorliegen und wenn irreguläre Ausbreitungswege wie unter-

irdische Kanäle, Dränagen, Leitungstrassen (Sandbettung) und Inhomogenitäten (Bruchstrukturen, Auelehm- und Torflinsen, verfüllte Bombentrichter und Gruben etc.) bekannt und berücksichtigt sind.

**Tab. 1:** Übersicht zur Eignung von Pump & Treat.

Rahmenbedingungen	Effekte (prinzipiell)	Eignung
<b>Untergrund homogener Porengrundwasserleiter</b>		
kf-Wert $> 5 \cdot 10^{-5}$ m/s	<b>gesamte Kontamination erreichbar</b> gute Brunnen-Reichweite, gute Schadstoff-Mobilisierung	<b>Dekontamination</b>
kf-Wert $5 \cdot 10^{-5} - 1 \cdot 10^{-6}$ m/s	geringe Brunnenreichweite, langsame Wasserbewegung	<b>Sicherung / Abwehrbrunnen</b>
<b>Untergrund Kluft-/Karst-Grundwasserleiter</b>		
massiver Fels	<b>vor allem „Hohlräume“ erreichbar</b> echte Reinigungseffekte möglich	<b>Dekontamination</b>
poröser Fels, Zersatzschichten	schlechte Reinigungswirkung	<b>Sicherung / Abwehr</b>
<b>Schadstoffe</b>		
MKW, Schmierstoffe, Hydrauliköl	praktisch keine Reinigungswirkung	<b>ungeeignet</b>
MKW, Kraftstoffe(VK, DK, JP) BTEX LHKW MTBE wasserlösliche (SM, Salze, PSM)	Reinigung bis 500 mg/kg möglich sehr gute Reinigungseffekte möglich sehr gute Reinigungseffekte möglich sehr gute Reinigungseffekte möglich	<b>Dekontamination</b> vor allem zusammen mit unterstützenden Methoden
<b>Bebauung und Sonstiges</b>		
Kanäle, Verfüllungen, Dränagen Baukörper, Gebäude Nachbar-Maßnahmen und K-Quellen	unkalkulierbare Wasserbewegungen Strömungshindernisse, Geotechnik! Brunnen unbrauchbar, Klagen	<b>unzuverlässige Prognosen</b> <b>Gefahren möglich</b>



## 4 Schlussfolgerung

Sanierungsmaßnahmen gleich welcher Art erfordern gründliche Erkundungen, wenn der Einsatz der Sanierungsmittel effektiv und die Sanierung erfolgreich sein sollen. Die „Pump & Treat“-Technik als eines der ältesten Mittel zur Gefahrenabwehr im Grundwasser ist in den vergangenen Jahren wegen zahlreicher ungünstiger Sanierungsverläufe, aber auch unter dem Zeitdruck von Immobilien-Entwicklungen des Öfteren in die Kritik geraten. Ungeachtet dessen stellt sie bei guter Planung noch immer ein erfolgreiches und schnell wirksames Mittel zur Gefahrenabwehr dar. Geringe Erst-Investitionen

sowie planbare und überschaubare laufende Kosten sind immer noch Argumente, bei geeigneten Rahmenbedingungen der hydraulischen Sanierung den Vorzug vor anderen Techniken zu geben.

Steht zu wünschen, dass bei den Verpflichteten die Einsicht wächst, dass die Investition in die Schadenserkundung einen wichtigen Beitrag zur Realisierung kostengünstiger und zeitlich überschaubarer P&T-Sanierungen liefert.

## 5 Literatur

- BUNDES-BODENSCHUTZGESETZ - BBODSCHG (1998): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten.- Bundesgesetzblatt Teil 1, Nr. 16, Seiten 502 – 510, Bonn.
- BUNDES-BODENSCHUTZVERORDNUNG - BBODSCHV (1999): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten.- Bundesgesetzblatt Teil 1, Nr. 36, Seiten 1544 – 1582, Bonn.

- BEITINGER, E., ALTENBOCKUM, M., BEINE, R., ENGELMANN, B., KLEIN, J., MERGEN, H., URBAN-KISS, S. (1999): Hydraulische Maßnahmen.- Ingenieurtechnischer Verband Altlasten e. V. (ITVA), 26 Seiten, Berlin.

## Erfahrungen mit innovativen Sanierungsverfahren

BIRGIT SCHMITT-BIEGEL

### Einleitung

Vor dem Hintergrund zahlreicher lang laufender Grundwassersanierungen, die mit konventionellen Verfahren wie pump and treat erfolgten, wurden in den letzten Jahren unter dem Begriff „Innovative In-situ-Sanierung“ verschiedene Verfahren entwickelt und angeboten.

Diese Verfahren verwenden zum Teil Techniken, die zur Leistungssteigerung der klassischen Verfahren dienen, aber auch Techniken, die eigenständig zur Herdsanierung oder Abstromsicherung dienen.

Ziel ist es in der Regel, den Schadstoffaustrag zu erhöhen, damit die Sanierungsdauer zu verkürzen und letztendlich einen wirtschaftlichen Vorteil zu erzielen.

Dazu wurden in den letzten Jahren zunehmend innovative In-situ-Verfahren auf dem Markt angebo-

ten, um diese bereits lang laufenden und zum Teil nicht zielführenden Sanierungen erfolgreich zu beenden. Die „Versprechungen“ der Anbieter in Hochglanzbroschüren sind häufig sehr weit reichend, wobei die Anwendungsbereiche, die Voraussetzungen, aber auch insbesondere die Grenzen der Verfahren nicht klar sind und die eventuellen Risiken nicht benannt werden.

Der Einsatz von innovativen Sanierungsverfahren kann sinnvoll und wirtschaftlich sein. Vertiefende Informationen zum Thema können der ITVA-Arbeitshilfe „Innovative In-situ-Sanierungsverfahren“ entnommen werden, die auch als Grundlage für diesen Beitrag dient. Zu einzelnen Verfahren werden Anwendungsbeispiele der HIM-ASG aufgeführt und erläutert. Auf das Thema „Kontrollierter natürlicher Rückhalt und Abbau von Schadstoffen“ (NA) wird an dieser Stelle nicht eingegangen.

### Anwendungsbeispiele

#### 2.1 Rödermark, Ober-Roden, Galvanik Hitzel und Beck

Bei dem Projekt Hitzel und Beck kommt ein physikalisches Verfahren, bei dem das Ziel ist, die Schadstoffe besser austragen zu können, in der ungesättigten Bodenzone zum Einsatz.

Dabei sind die freigesetzten Schadstoffe zu fassen und zu fördern, um eine unkontrollierte Ausbreitung zu verhindern.

Es wird das „Airsparging“-Verfahren als so genanntes hydropneumatisches Verfahren zur Beschleunigung der LHKW-Dekontamination in Verbindung mit einer hydraulischen Grundwassersanierung eingesetzt. Beim „Airsparging“ handelt es sich um ein In-situ-Verfahren zur Entfernung von LHKW aus dem Grundwasserleiter durch Einblasen von Luft in das Grundwasser und Überführung der gelösten Schadstoffe in die Gasphase. Die Schadstoffe werden mittels Bodenluftabsaugung erfasst und auf Aktivkohle adsorbiert (Abb. 1). Dieses Verfahren wird seit 2005 am Standort erfolgreich eingesetzt. Der Schadstoffaustrag beträgt bisher 410 kg LHKW über die Bodenluft und 490 kg über den Grundwasserspfad.

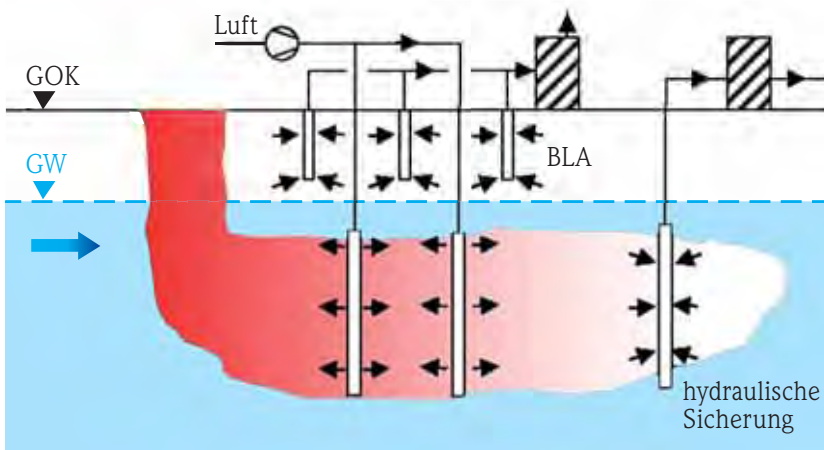


Abb. 1: Prinzipskizze Airsparging.

## 2.2 Hanau, Merten-Gelände, CKW-Hotspot

Bei dem Schaden auf dem Merten-Gelände in Hanau handelt es sich um einen ursächlich auf die Fa. Pintsch-Öl zurückzuführenden Sekundärschaden im Abstrom zum Pintsch-Gelände im Mainvorland. Hier kommt ein biologisches In-Situ-Verfahren zum Einsatz.

Kennzeichen von biologischen In-situ-Sanierungsverfahren ist, dass die Schadstoffe durch die Mikroorganismen im Grundwasser abgebaut werden und nicht gefördert werden müssen. 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 genutzt, organische Substanzen als Kohlenstoff- und Energiequelle zu verwerten.

Beim Projekt Hanau, Merten-Gelände, CKW-Hotspot liegen im Grundwasser LCKW-Belastungen bis  $>2$  mg/l vor. Zur Sanierung wurde eine aus 10 Messstellen bestehende ca. 100 m lange Injektionsgalerie angelegt. In angepassten Intervallen (überwacht durch das parallel stattfindende Prozessmonitoring) erfolgt die Injektion von Melasse. Durch Zugabe dieses Auxiliarsubstrates werden die Rahmenbedingungen für den Abbau der vorliegenden LCKW –

die vollständige Dechlorierung bis zum ungefährlichen Endprodukt Ethen – geschaffen. Die aktive In-situ-Sanierung läuft seit Anfang Dezember 2007 mit großem Erfolg.

## 2.3 Bad Homburg, Farbenfabrik Vossen

Am Standort Bad Homburg, Farbenfabrik Vossen wurde ein EAB („EAB“: Enhanced Anaerobic Bioremediation) Pilotversuch zur In-situ-Dosierung von Laktat in das Grundwasser durchgeführt.

Im Rahmen des Pilotversuchs wurde untersucht, ob und wenn ja inwieweit durch Zugabe eines organischen Substrates (Natriumlaktat) der natürliche und sehr langsam ablaufende Prozess der mikrobiologischen Dechlorierung von LHKW stimuliert werden kann. Ferner wurde bewertet, wie sich das Substrat bei der gegebenen Standorthydraulik im Aquifer verteilt. In Abb. 2 ist das Verfahrensschema der EAB (Enhanced Anaerobic Bioremediation)-Sanierung dargestellt.

Im Rahmen des EAB-Pilotversuchs wurde nachgewiesen, dass durch Zugabe von Natriumlaktat

eine deutliche Abnahme der LHKW-Gehalte erzielt und damit die Sanierung der Kontaminationsfahne erheblich beschleunigt werden kann. Die EAB-Sanierung stellt damit eine viel versprechende Möglichkeit dar, die aktuell relativ stabilen LHKW-Kontaminationen mittelfristig zu verkleinern und ggf. komplett zu entfernen. Bei der Umsetzung von EAB wird sich die Gesamtsanierungsdauer gegenüber der momentan laufenden konventionellen pump and treat-Maßnahme zumindest deutlich verkürzen. Die großtechnische Umsetzung der EAB-Maßnahme wird vorbereitet.

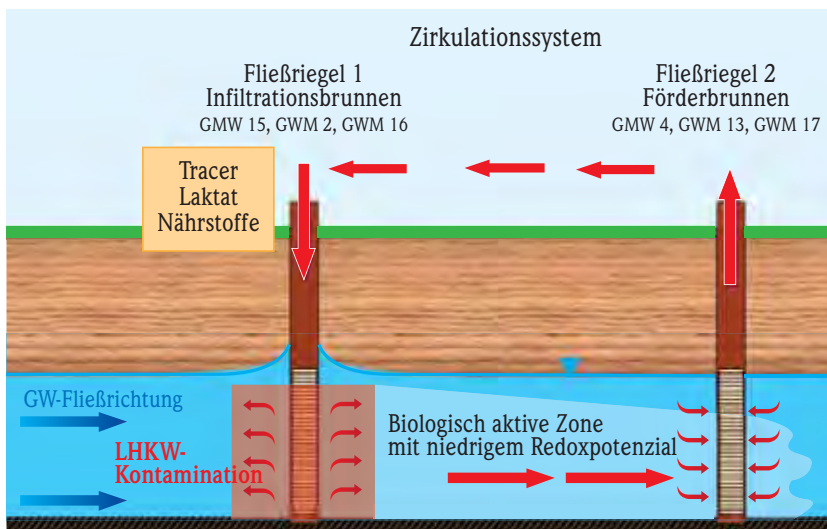


Abb. 2: Verfahrensschema der EAB (Enhanced Anaerobic Bioremediation)-Sanierung.

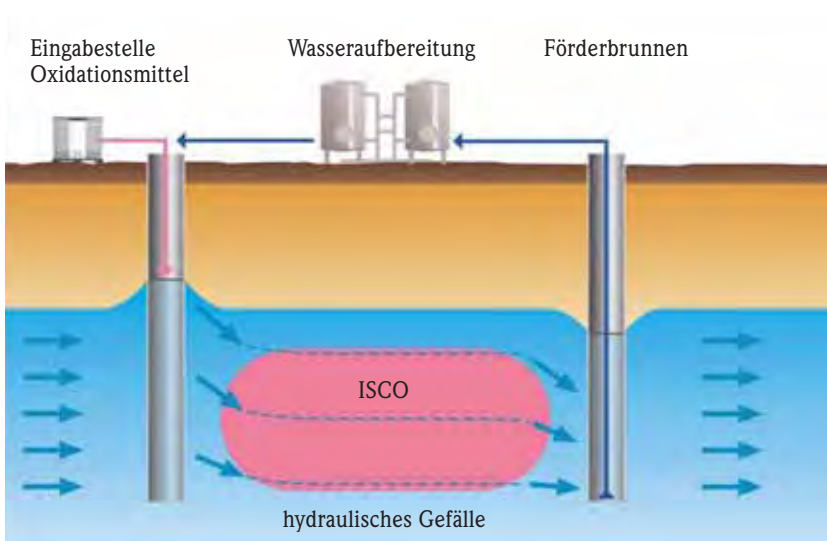


Abb. 3: Prinzipskizze In-Situ chemische Oxidation (ISCO)-Verfahren.

## 2.4 Bürstadt, Chemische Reinigung, Mainstraße

Bei der In-situ-chemischen Oxidation werden Schadstoffe im Untergrund durch Einleitung eines chemischen Oxidationsmittels abiotisch zerstört, wobei eine vollständige Umsetzung zu umweltneutralen Stoffen wie Kohlendioxid und Wasser sowie – bei chlorierten Verbindungen – Chlorid angestrebt wird.

Dieses Verfahren kann bei der relativ großen Gruppe der organischen Schadstoffe angewandt

werden. Zum Einsatz kommen verschiedene Oxidationsmittel, wobei die Effektivität des Verfahrens an der möglichen Kontaktfläche zwischen Schadstoff und Oxidationsmittel begrenzt ist.

Für den Schadensfall „Bürstadt, Chemische Reinigung, Mainstraße“ wurde ein innovatives Sanierungsverfahren (siehe Abb. 3) ausgewählt, welches mit dem Standardverfahren pump and treat kombiniert wird. Bei diesem Verfahren wird Permanganat in den Untergrund eingebracht, das die Schadstoffe an Ort und Stelle in unschädliche Reaktionsprodukte umsetzt. Dieses Verfahren kann wirtschaftlich bei sehr hohen Schadstoffkonzentrationen eingesetzt werden, wie sie bei diesem Schadensfall der ehemaligen chemischen Reinigung vorliegen. Seit Mai 2008 erfolgt die Eingabe der Oxidationsmittel am Standort.

## 2.5 Offenbach-Kaiserlei, Teerfabrik Lang:

Durchströmte Reinigungswände werden zur Sicherung des Grundwasserabstroms eingesetzt.

Sie stellen eine Alternative zu aktiven hydraulischen Sicherungsmaßnahmen (pump and treat) dar.

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

Die Entwicklung eines Reaktors zur kombinierten Anwendung einer mikrobiologischen Reini-

gungsstufe und einer nachgeschalteten Aktivkohlesorption erfolgte beim Projekt Teerfabrik Lang in Offenbach. Im März 2007 wurde das Funnel & Gate-System in Betrieb genommen. Es ist das erste System dieser Art, das in Deutschland realisiert wurde.

Das Forschungsvorhaben wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert und endete im Herbst 2009. Auf Basis der bis dahin vorliegenden und bis dato sehr Erfolg versprechenden Ergebnisse wird ein erweitertes System zur hydraulischen Sicherung des gesamten Altstandorts geprüft werden.

### 3 Zusammenfassung

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 abhängig. Es muss - wie meist bei der Altlastensanierung - eine Einzelfallentscheidung unter Berücksichtigung der Aspekte Sanierungsdauer, Verhältnismäßigkeit und Wirtschaftlichkeit erfolgen.

Sinnvoll wird häufig eine Kombination von innovativen Verfahren mit herkömmlichen Verfahren oder MNA-Konzepten sein, z. B. Aushub der Schadensquelle und In-situ-Verfahren in der Fahne oder In-situ-Verfahren in der Quelle und pump and treat oder ein MNA-Konzept in der Fahne.

## Monitored Natural Attenuation am Standort Stadtallendorf (MONASTA)

CHRISTIAN WEINGRAN

### 1 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 2m 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 dem Schutz der Trinkwassergewinnung dient. Die Trinkwassergewinnung ist mit einer modernen Aufbereitungsanlage ausgerüstet.

Die Bodensanierung, sowohl nutzungsbezogen im obersten Meter als auch grundwasserbezogen bis in eine Tiefe von 3 m erfolgte soweit technisch und ökonomisch machbar seit dem Jahr 1996 und wird voraussichtlich Ende 2009 abgeschlossen. Es wurden ca. 200 000 t Boden bewegt und eine Entfrachtung von ca. 125 000 kg sprengstofftypische Verbindungen (STV) erreicht (HMULV 2005).

Von 1996 bis 2004 wurde ein ca. 70 km umfassendes Kanalnetz erkundet und saniert, dabei ca. 3 000 kg Sprengstoff entfernt.

Verblieben sind 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.

Im Untergrund der TRI-Halde sind auch nach der Entfernung von 96 000 t hoch kontaminierten Schlämmen und Böden noch ca. 20 t STV verblieben, die mit den zum Zeitpunkt der Sanierung verfügbaren technischen und finanziellen Mittel nicht beseitigt werden konnten.

Die verbliebenen Belastungen bestehen überwiegend aus MNT. Das gesamte verbliebene Schadspotential wird auf ca. 30 bis 40 t abgeschätzt.

## 2 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 2003 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.

Im Einzelnen wurden folgende Aufgaben definiert:

- Beschreibung der Reaktions- und Transportbedingungen ausgewählter STV (und Metaboliten) im Hinblick auf die Bestimmung eines Selbstreinigungspotentials im Festgesteinsgrundwasserleiter
- Prognose der Schadstoffausbreitung mittels eines reaktiven Transportmodells (Ermittlung von Feldparametern im Grundwasser sowie Quantifizierung von Transformations- und Transportverhalten im Grundwasser)
- Entwicklung von Lösungsansätzen zum Umgang mit kontaminierten Bereichen außerhalb der hydraulisch gesicherten Bereiche
- Erarbeitung von Handlungsempfehlungen für die Fortführung der hydraulischen Sicherung

## 3 Arbeitsprogramm und Ergebnisse

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.

### 3.1 Stoffinventar und Leitparameter

Durch die Untersuchungen des Forschungsvorhabens wurden die Kenntnisse zum Stoffinventar aktualisiert und erweitert. Es konnten wichtige Erkenntnisse zur Beurteilung des relevanten Stoffinventars von Mononitrotoluol-Schäden gewonnen werden. Die Unsicherheiten in Bezug auf den Stoffbestand und das Auftreten möglicher neuer, bisher unbekannter und ggf. relevanter Parameter wurde minimiert. Dies kann bei zukünftigen Entscheidungen zum weiteren Umgang mit Kontaminationen berücksichtigt werden. Die Relevanz der polaren Stoffe (Sulfonsäuren und Benzoesäuren) wurde

durch die Ergebnisse des Forschungsvorhabens bestätigt.

Die statistische Auswertung der vorliegenden Daten ermöglicht die Reduzierung des Parametersatzes für Regeluntersuchungen auf sechs Parameter. Dies sind:

- 2,4,6-Trinitrotoluol
- 4-A-2,6-Dinitrotoluol
- 2-Mononitrotoluol
- 2,6-Dinitrotoluol
- 2,4-Dinitrotoluol-5-Sulfonsäure
- 2-A-4,6-Dinitro-Benzoesäure

### 3.2 Identifizierung und Quantifizierung natürlicher Schadstoffminderungsprozesse

Für die Identifizierung und Quantifizierung der relevanten Prozesse wurden geeignete Methoden erprobt und genutzt. Die eingesetzten Methoden, insbesondere die Analytik wurden durch das Forschungsvorhaben validiert.

**Batch- und Säulenuntersuchungen** in unterschiedlich skaligen Versuchssystemen haben sich zur Bestimmung und Quantifizierung von Sorptions- und Abbaukonstanten von STV bewährt. Um die natürliche Bandbreite der Reaktionen zu erfahren, wurden in mehreren Versuchsebenen (große Batch-Versuche, unterschiedlich skalierte Säulenversuche, Kluftversuche, Langzeitversuche) die Prozesse standortnah untersucht. So konnten Parameter für die Sorption und die biotische Reaktion in drei unterschiedlichen Versuchssystemen und unter Einsatz verschiedener Modellvorstellungen zur Beschreibung des Stofftransports in einem Buntsandstein-Grundwasserleiter ermittelt werden, die die Spannweite der natürlichen Reaktionen erfassen und beschreiben.

Die **Regionalisierung und Bilanzierung** des vorliegenden, umfangreichen Datenbestandes über Thießen-Polygone und die Ermittlung der Quellstärken sowie deren Anpassung über die entnommenen Frachten in den Sicherungsbrunnen hat sich als geeignete Grundlage für die in das reaktive Stofftransportmodell eingehenden Quellterme erwiesen.

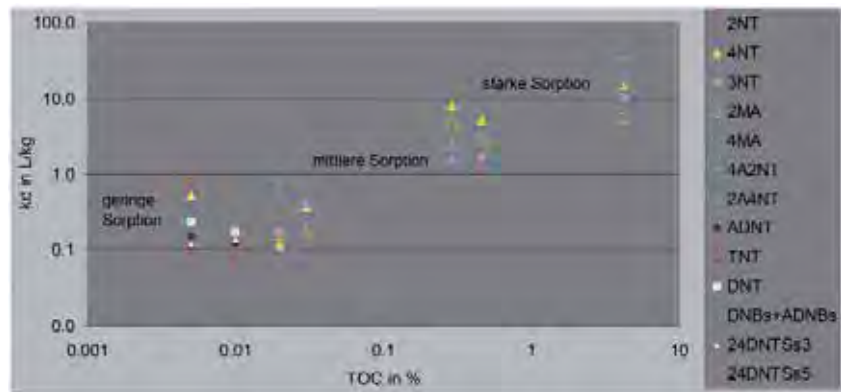
**2:1-Eluate** liefern nach den vorliegenden Untersuchungen einen guten Ansatz zur Bestimmung der Quellstärken als Worst-Case-Annahmen. Bei Berücksichtigung der in Lysimetern ermittelten Daten (PreuSS 1996) werden immer deutlich niedrigere Quellstärken ermittelt.

### 3.3 Stoff- und Prozessverständnis

Die nachvollziehbare und vollständige Aufklärung und Darstellung der Prozesse der natürlichen Schadstoffminderung sowie des Schadstofftransports ist die Voraussetzung für die qualifizierte Entwicklung, Genehmigungsfähigkeit und die Akzeptanz von MNA-Konzepten. Mit den vorliegenden Ergebnissen wurde das grundlegende Verständnis

dieser Prozesse im Festgestein am Standort Stadtlendorf geschaffen.

Bei den Untersuchungen im Festgestein (Buntsandstein) zeigte GFI (2006), dass in Abhängigkeit vom TOC-Gehalt der Sedimente bzw. Sandsteine die unpolaren Nitroaromaten wie TNT und MNT sorbiert werden. Für die polaren Nitroaromaten wie Dinitrobenzoesäuren und Dinitrotoluolsulfonsäuren ist erwartungsgemäß ein sehr geringer Rückhalt ermittelt worden. Im typischen TOC-Bereich von <0,01 % sind entsprechend Abb. 1 die Unterschiede zwischen den polaren und unpolaren Nitroaromaten hinsichtlich ihrer Sorptionsneigung (Kd-Werte im Bereich von 0,1 bis 1) gering.



**Abb. 1:** Verteilungskoeffizienten des Sorptionsgleichgewichtes (Kd) in Abhängigkeit des TOC-Gehaltes der eingesetzten Sedimente bzw. Buntsandsteine.

Die Untersuchungen zur Transformation am Standort zeigten auf, welche Stoffe in dem standorttypischen Stoffcocktail und unter den vorherrschenden Milieubedingungen persistent (ADNT, Benzoesäuren, Sulfonsäuren) und welche biologisch relativ gut abbaubar (MNT, DNT) sind. Einige Stoffe wie die Methylaniline oder TNT sind nur unter spezifischen Standort-Bedingungen abbaubar.

Die unpolaren STV ordnen sich in Abhängigkeit der ermittelten Reaktionskonstanten 1. Ordnung nach folgender Reihenfolge:

$$4NT > 2NT > 24DNT > 26DNT = TNT.$$

Dabei zeigte sich eine starke Abhängigkeit vom eingesetzten Grundwasser. Im Grundwasser mit



einer Gesamtkonzentration an Schadstoffen von 3,4 mg/l und einer Dominanz der TNT ist die Reaktionsrate um mindestens die Hälfte kleiner als im Grundwasser mit einer Gesamt-STV-Konzentration von 1,4 mg/l und einer Dominanz von MNTs und Sulfonsäuren. Somit zeigte sich die Ermittlung der Abbauprozesse sehr stark abhängig von dem am Standort vorliegenden Schadstoffcocktail, so dass Einzelstoffuntersuchungen ein zum Teil völlig anderes Abbauverhalten ergaben. So wurden beispielsweise die Methylaniline nur dann abgebaut, wenn die MNT bereits abgebaut waren.

Die Transformation bzw. der Abbau der STV kann inhibiert oder limitiert sein. So wurde nachgewiesen, dass TNT im Konzentrationsbereich von etwa 2,5 mg/l durch eine fehlende Kohlenstoffquelle im Grundwasser limitiert war und der Abbau von MNT ab einer Konzentration von 15 mg/l nicht mehr stattfand. Bei der Reduktion des TNT zu 4-Amino-2,6-Dinitrotoluol und 2-Amino-4,6-Dinitrotoluol wurden etwa 20 % des TNT als Aminverbindungen nachgewiesen.

Bei reinen Mononitrotoluol-Schäden kann von natürlichen Schadstoffminderungsprozessen in der Fahne ausgegangen werden. Abbau findet auch unter oxidativen Bedingungen (Sauerstoff >3 mg/l) im Auengrundwasserleiter statt. Die stark humantoxischen Methylaniline entstehen im Schadenszentrum und sind hier auch in hohen Konzentrationen nachzuweisen. Sie sind aber relativ instabil und im Abstrom nicht mehr nachweisbar.

### 3.4 Transport

Die Untersuchungen am Standort haben gezeigt, dass der Stofftransport im Festgestein sehr heterogen ist. Er verläuft im Festgestein (Buntsandstein) an regionalen Störungssystemen, hydraulisch wirksamen Klüften und Schichtflächen sowie in der Matrix. Für die drei Transportsysteme konnte im Verlauf des Vorhabens erstmals eine quantitative Abschätzung gemacht werden.

Der Buntsandstein dient im Wesentlichen als Speichermedium für (lokal kontaminiertes) Grundwasser mit einem relativ großen, nicht oder wenig durchströmten Porenraum, in dem Stoffumsätze stattfinden. Dies wird durch die Untersuchung des Porenvolumens, mit Werten bis zu 14,2–20,3 %, deutlich (TOUSSAINT 2006). An den Störungen und auf den Klüften, deren mittleres Porenvolumen mit ca. 1–3 % angesetzt wird und in denen der Haupttransport stattfindet, finden retardierende und abbauende Prozesse nur untergeordnet, teilweise gar nicht statt. Als Ergebnis für den Stofftransport bedeutet dies, dass die Nachlieferung von Schadstoffen durch den Austausch zwischen dem Grundwasser und dem auf den Trennflächen fließenden Grundwasser limitiert ist. Das bedeutet auch, dass durch hydraulische Maßnahmen im Wesentlichen keine Schadstoffe mobilisiert werden können.

Die Modellergebnisse, die aus den Transportrechnungen im Buntsandstein gewonnen wurden, zeigen auch, dass die Konstanten, die im Labor in kleinskaligen Versuchen ermittelt werden, nicht direkt in das 3-D-Modell mit den vereinfachten Annahmen des gesamten Porenraumes im Buntsandstein eingegeben werden können. Für die Verwendung in der Simulationssoftware FEFLOW müssen die Parameter umgerechnet werden. Die notwendigen Anpassungen betragen dabei mehrere Größenordnungen (AGK 2008).

### 3.5 Modellierung

Mit den Modellberechnungen ist es erstmals für den Standort Stadtallendorf möglich, die Stofftransportprozesse zu simulieren und die zeitliche und räumliche Stoffausbreitung sowie die Dauer der Belastungen im Grundwasser zu prognostizieren.

Mit der Modellierung konnte nachgewiesen werden, dass die durchgeführte Bodensanierung sich langfristig deutlich auf die Stoffkonzentrationsminderung im Grundwasser auswirken wird. Die Berechnungen zeigen aber auch, dass Geringfügigkeitsschwellenwerte (GFS) bzw. die Gesundheitli-

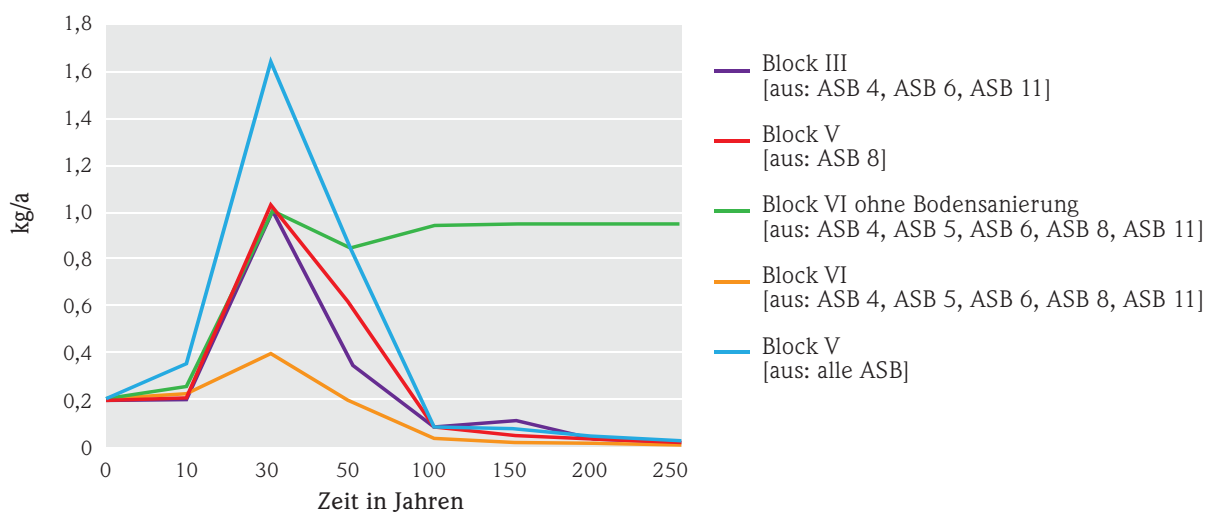


Abb. 2: 2-Amino-4,6-Dinitrobenzoic acid-Konzentrationen im Förderbrunnen 6.

chen Orientierungswerte-Werte (GOW) unter den gegebenen Bedingungen erst nach langen Zeiträumen erreicht werden.

Die Ergebnisse des Vorhabens (HMUELV 2009) 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 erheblich verbessert. Das gilt auch für die sehr mobilen Transformationsprodukte.
- 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 ( $\gg 100$  Jahre) beeinflussen.
- Wir verfügen über die Kenntnisse, um die erforderlichen Maßnahmen auf den Weg zu bringen, die nach Abschluss der Bodensanierung langfristig eine Gefährdung der Umwelt verhindern und die Sicherheit der Trinkwassergewinnung gewährleisten.

### 3.6 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 sowie für den Untergrund der TRI-Halde. Die gewonnenen Erkenntnisse sind Grundlagen für den Beginn eines Dialogs mit den zuständigen Behörden und dem regionalen Wasserversorger über die Machbarkeit und die Randbedingungen für die Umsetzung von diesen Handlungskonzepten.

Voraussetzung für die Entwicklung dieser Handlungskonzepte sind eine umfassende Erkundung der lokalen Situation (Hydrogeologie, Geologie, Qualität Boden und Grundwasser), eine fundierte Prognose (Modellierung) und ein effektives Grundwasser-Monitoring.

#### 3.6.1 Handlungskonzept Kleinniederung

Für die Sanierung des Grundwasserschadens in der Kleinniederung (MNT) in die Schutzzone einer Trinkwassergewinnung wird ein neuer Ansatz vor-

geschlagen: 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.

Im Rahmen des Vorhabens konnte die grundsätzliche Geeignetheit und Wirksamkeit des Verfahrens im Labormaßstab nachgewiesen werden. Offen ist die Frage, ob der Alkohol auch die residualen Phasen vollständig bzw. zu einem ausreichend großen Teil erreicht. Der Test des Verfahrens ist in einem Testfeld der Größe 8 · 8 m mit 20 m<sup>3</sup> Ethanol vorgehen.

Die technische Machbarkeit der Aufbereitung des Ethanol-Wasser-Gemischs wurde durch Laborversuche geklärt. Die Aufbereitung mittels eines vorgeschalteten Biofilters stellte sich als die beste Verfahrensoption heraus.

Mit den Ergebnissen des Vorhabens wurden die Voraussetzungen für die behördliche Genehmigungsfähigkeit der vorgeschlagenen Maßnahmen geschaffen.

Die Variante „In-Situ-Mobilisierung“ wurde mit klassischen aktiven Maßnahmen sowie mit einem MNA-Konzept verglichen. Unter ökologischen und langfristig auch ökonomischen Gesichtspunkten (dauernder Betrieb) ist die Sicherungsvariante der hydraulischen Sicherung nicht nachhaltig und nur als zeitlich begrenzte Sicherungsmaßnahme sinnvoll.

### **3.6.2 Handlungskonzept 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 erfolgt seit November 2008.

Die erwarteten natürlichen Schadstoffminderungseffekte nach der Teilsanierung müssen gem. der Genehmigung bewirken, dass die prognostizierten STV-Konzentrationen bzw. -Frachten innerhalb von 5 Jahren nach dem Ende der Sanierung erreicht werden. Bei Nichterreichen dieser Prognose wird im Rahmen einer Einzelfallentscheidung über weitere Maßnahmen entschieden.

Die Gesamtlaufzeit des MNA-Prozesses wird gem. Bescheid zunächst auf 10 Jahre begrenzt. Wenn die Langzeitprognose erreicht wird, kann er verlängert werden.

Die Einbeziehung der Ergebnisse aus dem F+E-Vorhaben ermöglichten eine deutliche Reduzierung der auszuhebenden und zu entsorgenden Bodenmassen in einer Größenordnung von mehreren Hundert bis Tausend m<sup>3</sup> mit einer entsprechenden Einsparung für die Kosten der bautechnischen Maßnahmen und die Entsorgung.

### **3.6.3 Handlungskonzept Gesamtstandort**

Die erzielten Fortschritte der Bodensanierung einerseits und die neuen Erkenntnisse aus dem Forschungsvorhaben andererseits sind die Grundlage für ein Handlungskonzept für den Gesamtstandort. Mit 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. Den Abschätzungen werden jeweils Worst-Case-Szenarien zu Grunde gelegt.

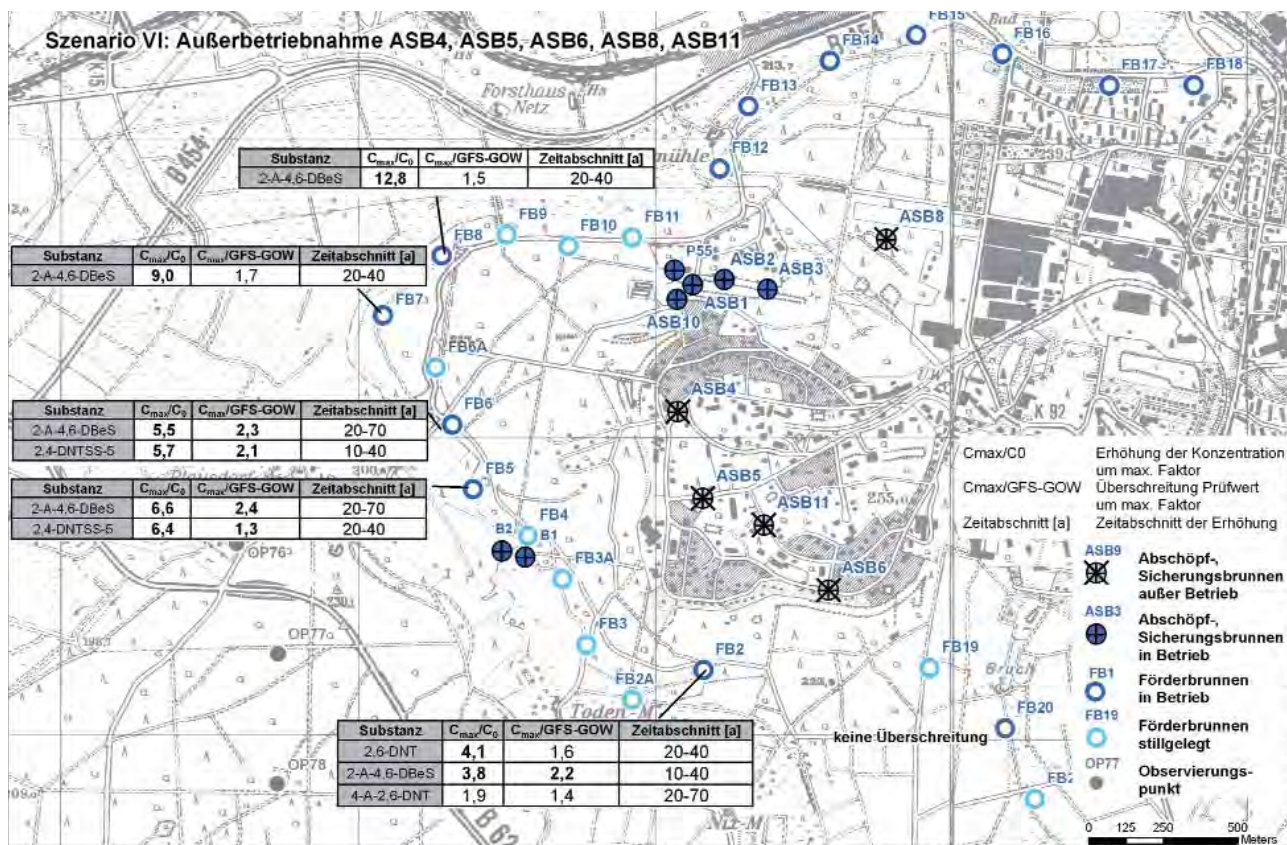


Abb. 3: Auswirkungen der Außerbetriebnahme der hydraulischen Sicherung.

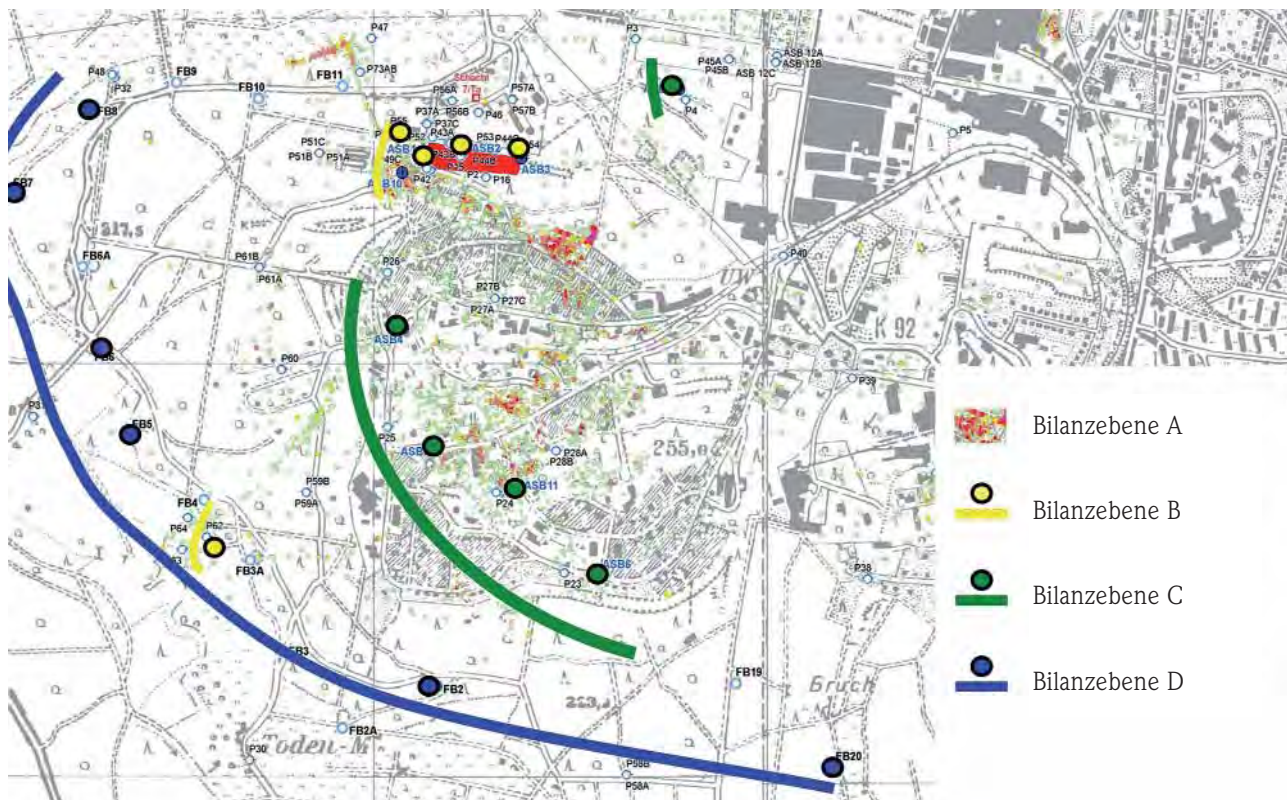


Abb. 4: Bilanzebenen am Standort.

Der Betrieb der hydraulischen Sicherung kann an den tatsächlichen Bedarf angepasst werden, dabei wird es nach Einschätzung der Gutachter keine negativen Einflüsse auf die Qualität des Trinkwassers in Stadtallendorf geben. Es können Kosten für den Betrieb und die Überwachung eingespart, CO<sub>2</sub>-Emissionen vermieden sowie der Eingriff in den Wasserhaushalt minimiert werden.

Als Handlungskonzept für den Standort Stadtallendorf wird auf der Grundlage der modellierten Varianten die schrittweise Reduzierung der Förderung der hydraulischen Sicherung je nach Entwicklung der Schadstoffgehalte vorgeschlagen. Eine vollständige Einstellung der Förderung der hydraulischen Sicherung ist auf absehbare Zeit nicht mit der Trinkwassergewinnung vereinbar.

Nach den Ergebnissen der Modellierung werden die Gehalte v. a. an Benzoesäuren und Sulfonsäuren in der Bilanzebene D (Rohwasser der Wassergewinnungsanlage Stadtallendorf) steigen, wenn die Brunnen der hydraulischen Sicherung (Bilanzebene C) ganz oder teilweise abgeschaltet würden. Die Rohwasseraufbereitung ist ausreichend dimensioniert (fünf Aktivkohlefilter mit jeweils 100 m<sup>3</sup> Füllung, die auch unabhängig von den STV-Belastungen erforderlich sind), um die Verunreinigungen an STV (ca. 11,6 kg/a zusätzliche Fracht für die maßgeblichen Parameter nach den Prognoserechnungen) aus dem Rohwasser zu entfernen.

Als Voraussetzung für die Prüfung, ob die hydraulischen Sicherungen ganz oder vollständig außer Betrieb gesetzt werden können, sind folgende Bedingungen zu erfüllen:

- **Die Stoffgehalte in den ehemaligen Brunnen der hydraulischen Sicherung dürfen nicht steigen.** Durch diese Bedingungen wird gewährleistet, dass ein MNA-Konzept nicht berücksichtigt werden kann, wenn es aufgrund eines zeitlich verzögerten Eintrags oder einer weiteren Nachlieferung aus der ungesättigten Zone zu erhöhten Stoffeinträgen in der Zukunft kommen wird.
- **Es muss gewährleistet sein, dass im Reinwasser der Trinkwassergewinnung keine spreng-**

**stofftypischen Schadstoffe auftreten.**

Diese Bedingung ist Voraussetzung für die Nutzung des Grundwassers als Trinkwasser. Aufgrund der modernen Trinkwasseraufbereitung und der engen Überwachung der Roh- und Trinkwasserqualität kann dies gewährleistet werden.

- Die **hydraulische Sicherung** kann außer Betrieb genommen werden, wenn gewährleistet werden kann und die Messungen ergeben, dass das natürliche Abbau- und Rückhaltepotenzial im Grundwasserleiter die Schadstofffrachten im Grundwasser so verringert, dass nach der Passage der Fließstrecke zwischen der hydraulischen Sicherung und der Trinkwassergewinnung die maximal prognostizierten Konzentrationen und Frachten nicht überschritten werden.

Die den Prognoserechnungen zugrunde liegenden *Worst-Case-Annahmen* werden durch den Vergleich mit den gemessenen Frachten überprüft. Zeigt sich, dass diese *Worst-Case-Annahmen* übertroffen werden, ist die hydraulische Sicherung wieder in Betrieb zu nehmen.

Ein sorgfältiges Monitoring ermöglicht es zu einem frühen Zeitpunkt Abweichungen von der Prognose zu erkennen und den Sicherungsbetrieb wieder aufzunehmen. Es erfolgt in den Brunnen der hydraulischen Sicherung und in den Trinkwasserbrunnen. Die Überwachung erfolgt in der Bilanzebene B (lokale hydraulische Sicherung) und C (hydraulische Sicherung) vierteljährlich durch Anschalten der Pumpen und eine repräsentative Beprobung zu Beginn des Pumpens sowie nach einer Woche Pumpbetrieb. Die Bilanzebene D (Rohwasseruntersuchung) erfolgt wie bisher monatlich.

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.

Für die Umsetzung des Konzeptes sind folgende Schritte denkbar:

- ca. 2009: Außerbetriebnahme ASB 4 bis ASB 6 und ASB11

- 2010–2015: Mess- und Verifizierungsphase (I): In dieser Zeit werden die Brunnen und Pumpen der hydraulischen Sicherung in Betriebsbereitschaft gehalten. Die Probenahme erfolgt über die eingebauten Pumpen.
- 2015–2040: Mess- und Verifizierungsphase (II): Die Brunnen und Leitungen bleiben erhalten, die Pumpen werden ausgebaut. Die Probenahme erfolgt über den Einbau mobiler Probenahmegeräte.
- Nach ca. 2025: Außerbetriebnahme ASB 8 nach Einhaltung der vorgeschlagenen Frachtkriterien.
- Nach ca. 2100: Außerbetriebnahme hydraulische Sicherung TRI-Halde nach Einhaltung der vorgeschlagenen Frachtkriterien.

Die Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen kann nur im **Konsens** der beteiligten Institutionen (HMULV, RP Gießen, Stadt Stadtallendorf, ZMW und HIM) über die Ziele und Grundlagen (insbesondere das Modell) erfolgen. Die Prognose ist von den beteiligten Akteuren nachzuvollziehen.

Darüber hinaus sind die Klärung von **offenen Fragen** (z.B. Einfluss STV und CKW auf den Betrieb der Aktivkohle im WW Stadtallendorf des ZMW, langfristiger Betrieb des WW Stadtallendorf) und ein Konsens über die Bedingungen der Umsetzung erforderlich. Dazu zählen insbesondere die Zeitpunkte für die Stufen der Anpassung, der Monitoringplan (berücksichtigte Messstellen, Parameter, Häufigkeit), das Rückfallfallkonzept und die Meilensteine für die Überprüfung und Anpassung. Bei Bedarf sind weitere Erläuterungen zu erarbeiten bzw. Szenarien zu überprüfen.

## Literatur

AGK (2008): Abschlussbericht – Berechnung ausgewählter Szenarien zur Prognose der Entwicklung von Schadstofffrachten basierend auf dem Stofftransportmodell des Verbundprojektes “Kontrollierter natürlicher Rückhalt und Abbau von Schadstoffen bei der Sanierung kontaminierter Böden und Grundwässer” (KORA)

Bei der Umsetzung kann auf positive Erfahrungen in der **Kooperation** der fachlich Beteiligten zurückgegriffen werden, die z.B. bei der Sanierung der TRI-Halde und des Großpumpversuchs Westflügel gesammelt wurden.

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

Diese **Informationen** müssen allen beteiligten Akteuren zur Verfügung stehen und so aufbereitet werden, dass sie für diese verständlich und nachvollziehbar sind. Die getroffenen Annahmen sowie die nach wie vor vorliegenden Unsicherheiten sind offen zu legen. Das entwickelte Grundwassermodell kann zur Veranschaulichung einzelner Szenarien genutzt werden. Bei Bedarf ist diese Grundlage zu ergänzen, um über eine gemeinsame Basis für Diskussionen über die Festlegung der Randbedingungen für die Umsetzung des MNA-Konzeptes zu verfügen.

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.

ahu – ahu AG Wasser · Boden · Geomatik (2006): Teil A: Arbeitspaket 5.2.1.3 Massenberechnungen für ausgesuchte Parameter, Teil B: Arbeitspaket 5.2.5.3, Methodenentwicklung zur Bestimmung des Schadstoffeintrags ins Grundwasser, Teil C: Anwendung der Methode zur Bestimmung des Schadstoffeintrags ins Grundwasser; Gutachten im Auftrag der HIM GmbH, Aachen. (unveröffentl.).

- ahu – ahu AG Wasser · Boden · Geomatik (2005): Massenberechnung ausgesuchter STV in der ungesättigten Zone mittels Thießen-Polygonen, Gutachten im Auftrag der HIM GmbH, Aachen. (unveröffentl.).
- ahu – ahu AG Wasser · Boden · Geomatik (2004): Datenauswertung der Feststoffanalysen des Bodens, F+E-Vorhaben „MONASTA“, Gutachten im Auftrag der HIM GmbH, Aachen. (unveröffentl.).
- ahu – ahu AG Wasser · Boden · Geomatik (2003): Auswertung hydrochemischer Daten, F+E-Vorhaben „MONASTA“, Stadtallendorf, Gutachten im Auftrag der HIM GmbH, Aachen 2003.
- MICHELS et al. (2008): Handlungsempfehlungen mit Methodensammlung, Natürliche Schadstoffminderung bei der Sanierung von Altlasten. VEGAS, Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart, DECHEMA
- GFI Grundwasserforschungsinstitut GmbH Dresden (2006): Laborative Untersuchungen zur Ermittlung der Transformationskonstanten und der Sorptionsparameter des komplexen Nitroaromatengemisches im Festgestein am Standort Stadtallendorf, Abschlussbericht
- HMUELV – Hessische Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2009): Abschlussbericht MONASTA. Prognose und Kontrolle des natürlichen Rückhalts und Abbaus von Nitroaromaten im Festgestein am Rüstungsalstandort Stadtallendorf; FKZ: 0330508
- HMULV – Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz unter Mitwirkung der HIM GmbH, Bereich Altlastensanierung – HIM-ASG (2005): Boden gut gemacht.
- Joos et al. (2008): Natürliche Schadstoffminderungsprozesse bei sprengstofftypischen Verbindungen; Prozessverständnis, Methoden, Referenzstandorte, Empfehlungen und Hinweise zur Einzelfallbearbeitung, Leitfaden. KORA-TV 5, Rüstungsallasten
- LABO – Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (2005): Positionspapier: Berücksichtigung natürlicher Schadstoffminderungsprozesse bei der Altlastenbearbeitung vom 01.06.2005
- PREISS (2007): Bestimmung von 12 polaren STV in Wasserproben mittels HPLC, SAA NR.: SAA 03.02\_0502 22\_Hannover, 2007.
- PREUSS et al. (1996): Modellhafte Sanierung von Altlasten am Beispiel des Rüstungsalstandortes Stadtallendorf; Abschlussbericht der Arbeitsgruppe Rüstungsallasten an der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz; im Auftrag des Landes Hessen.
- SCHMALZ, L.; TRÄNCKNER, S. (2004): Flüssigchromatografische Bestimmung von polaren nitroaromatischen Verbindungen. Vom Wasser 102; 4; 3–34
- TOUSSAINT (2006): Numerisch simulierter Transport von sprengstofftypischen Schadstoffen in einem Buntsandstein-Aquifer, Dissertation; Schriftenreihe des Lehrstuhl für Angewandte Geologie, Band 77, Universität Karlsruhe (TH).

## Sanieren oder liegen lassen – Konfliktlösung beim Flächenrecycling zweier Industriebrachen

MICHAEL WOLF

### 1 Aufgabe des Bodenschutzes

Aufgabe des Bodenschutzes ist es, die Funktionen des Bodens zu erhalten oder diese wieder herzustellen. Er soll somit dem Wohl der Allgemeinheit dienen. Dies geht sowohl aus dem § 2 BBodSchG, wie auch aus dem § 1 HAltBodSchG hervor. Konflikte können entstehen, wenn bodenschutzrechtliche Forderungen geplante Investitionen in ein Alt-

lastengrundstück hemmen und dadurch Bauvorhaben auf die „grüne Wiese“ verlagert werden. Also im Ergebnis zum Schaden der Allgemeinheit. Am Beispiel zweier ehemaliger Industriestandorte soll dargestellt werden, wie der Bodenschutz Einfluss auf die Entwicklungsmöglichkeiten eines Grundstückes nimmt.

#### Flächenrecycling - Definition nach ITVA (Auszugsweise):

Flächenrecycling befasst sich mit der Wiedereingliederung nicht mehr genutzter Flächen, wie stillgelegte Industrie- oder Gewerbebetriebe, in den Wirtschaftskreislauf. Zur Vorbereitung auf die neue Nutzung wird hierbei:

- technisch die Fläche aufbereitet (Rückbau von Anlagen und Gebäuden, Baugrundaufbereitung, Sicherung oder Dekontamination von Altlasten, usw.)
- rechtlich für die Fläche neues Baurecht geschaffen (z. B. Bebauungsplan),
- wirtschaftlich das Potential der Fläche und die Nutzungsvorstellung des Investors aneinander angeglichen.

Zielsetzung des Flächenrecycling ist es, den volkswirtschaftlichen Schaden zu reduzieren, den eine nicht genutzte, brachliegende Fläche verursacht, da der Besitzer der Brachfläche sich nicht an den laufenden Kosten für die Bereitstellung der Infrastruktur (Gas, Wasser, Abwasser, Straße etc.) beteiligt. Gleichzeitig senkt das Flächenrecycling die Inanspruchnahme von Flächen [...] auf der „grünen Wiese“ im Sinne der Nachhaltigkeit. Es ist damit ein wichtiges Instrument der Stadtplanung und des Stadtumbaus.



## 2 Chemische Fabrik Flörsheim („Boeder-Gelände“)

### 2.1 Historie

Am Nordrand der Altstadt von Flörsheim befand sich im 19. Jahrhundert eine Lehmgrube. Direkt angrenzend firmierte ab 1896 die Fa. Hugo Nördlinger, ab 1938 dann Chemische Fabrik Flörsheim AG genannt. Auch die Deutschen Dachstoff- und Imprägnierwerke hatten hier von 1953 bis 1955 ihren Standort. Diese Chemieunternehmen produzierten Holzschutz-, Imprägnier-, Schädlingsbekämpfung- und Desinfektionsmittel, Mittel zum Schutz gegen Schnakenstiche und Hauterkrankungen sowie Dachpappen. Hervorzuheben ist die Herstellung des Holzschutzmittels Carbolineum. Die Fabriken verwendeten Teerölderivate als Ausgangsbasis für ihre Produktion. Diese bezogen sie u. a. von dem nahegelegenen Flörsheimer Gaswerk (saniert in 2000). Mitte der 1950er Jahre stellten die Fabriken den Betrieb per Konkurs ein. Die ehemalige Lehmgrube und weitere Bereiche wurden mit Produktionsrückständen aus der Teerölverarbeitung verfüllt. Ab 1958 wurde das Gelände von der Fa. Döbbelin & Boeder übernommen (Papier- und Kunststoffverarbeitung, Zubehör für Datenverarbeitung und Nachrichtentechnik).

In den 1990er Jahren waren nur noch kleinere Gewerbetreibende in den Hallen auf dem Areal tätig (Getränke-Shop, Fahrradhändler, Videothek...).

### 2.2 Entwicklung der Stadt Flörsheim – aus der Stadtrandlage wird Kernlage

Die Lehmgrube und später auch die Chemische Fabrik Flörsheim befanden sich ursprünglich am Stadtrand. Durch den hohen Siedlungsdruck nach dem zweiten Weltkrieg wurde das ehemalige Fabrikgelände zunehmend von Wohngebieten umschlossen. So entwickelte sich aus der Stadtrandlage im Verlaufe der Zeit eine zentrale Lage (Abb. 1). Nach dem Fortgang der Fa. Doebbelin & Boeder lag das Areal zunehmend brach. Dies weckte das Interesse der Städteplaner.

#### Idee: Schaffung eines innerstädtischen Zentrums

Die Stadt Flörsheim sah sich nun in der Lage, in relativer Nähe zur Kernstadt ein zweites innerstädtisches Zentrum zu schaffen. Auf dem fast 5 ha großen Gelände war genug Platz, Grundstücke für eine Wohnbebauung auszuweisen. Stadt und Eigentümer der Grundstücke entwarfen einen Kaufvertrag. Dieser sah vor, einen Teil des Areals für einen günstigen Preis ins Eigentum der Stadt übergehen zu lassen. Dafür sollte die Stadt die Sanierungsverantwortung für alle potentiellen Altlasten übernehmen. Dann stellte die Stadt den B-Plan „Kirchgewann“ auf, führte umwelttechnische Untersuchungen durch und band die zuständige Bodenschutzbehörde in den Entwicklungsprozess ein.



**Abb. 1:** Das „Boeder-Gelände“ liegt zentral in Flörsheim. (Datengrundlage: Autom. Liegenschaftskarte – Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation).

## Ergebnisse der umwelttechnischen Untersuchungen

Die höchsten Belastungen mit mehreren 1000 mg/kg PAK bis in ca. 7 m unter Gelände wurden in der südöstlichen Ecke des Grundstücks angetroffen. Hierbei handelte es sich um Auffüllungen der o.g. Lehmgrube mit Teeranteilen (auch Teer in Phase) sowie Hausmüll- und Bauschutt. Dieser Bereich erhielt die Bezeichnung Hauptschadensbereich I. Die Untersuchungen ergaben zwei weitere sog. Hauptschadensbereiche, in denen Teeröl, Naphthalin und andere Schadstoffe detektiert wurden. Auch im Grundwasser wurden bis zu 19,5 µg/l PAK, 137 µg/l BTEX-Aromaten und 140 µg/l LCKW festgestellt. Außerhalb des Grundstücks waren diese Belastungen jedoch nicht mehr nachweisbar.

### 2.3 Konflikt: Kosten der vollständigen Sanierung zu hoch

Die maximalen Sanierungs- und Rückbaukosten sollten nach Möglichkeit nicht den Verkaufswert des sanierten Grundstücks abzüglich der Erwerbskosten übersteigen. Wie sollten also die Sanierungskosten innerhalb des finanziellen Rahmens der Stadt Flörsheim bleiben?

#### Sanierung des Boeder-Geländes

Die Sanierung wurde in 2008 dann wie folgt genehmigt und durchgeführt:

- Sanierung der Hauptschadensbereiche durch Aushub sichtbarer Teeröl-Verunreinigungen und fachgerechte Entsorgung.
- Oberflächenabtrag von ca. 1 m und Verfüllung des Materials in den Gruben der ausgekofferten Hauptschadensbereiche oder fachgerechte Entsorgung.
- Sicherung der Restbelastungen mittels Versiegelung durch Bauwerke und Verkehrswege, dadurch Minderung der Emission von Restschadstoffen in das Grundwasser.

- Wohnbebauungen dürfen nur in unbelasteten Bereichen erfolgen. Gewerbliche Bauten entstehen in den Bereichen mit Restbelastungen.

Sanierungsziele im Sinne von Grenz- und Orientierungswerten wurden aus wirtschaftlichen Gründen nicht festgelegt. Die vollständige Dekontamination war für das über 2,5 ha große Sanierungsgrundstück nicht zu leisten. Mittels der Kombination von Aushub- und Versiegelungsmaßnahmen wurden die sichtbaren Teerölbelastungen entfernt. So wurde eine unbedenkliche gewerbliche Nutzung der Bereiche mit Restbelastungen möglich. Durch die Maßnahme wurde ferner die langfristige Ausbreitung der Schadstoffe in das Grundwasser verhindert und somit das Sanierungsziel erreicht.

Pro Sanierungsabschnitt (Felder) wurden nach Freimessungen Freigaben beim RP-Darmstadt eingeholt. In einzelnen Feldern konnte sogar durch Inaugenscheinnahme die Freigabe erteilt werden, da optisch und geruchlich keine Verunreinigungen feststellbar waren. In besonders schwierigen Fällen erfolgten Massenbilanzierungen, in denen der Restschadstoffgehalt den beseitigten Massen gegenübergestellt wurde. An Grundwassermessstellen erfolgte



Abb. 2: Teerfässer.



**Abb. 3 und 4:** Flurkarte mit den sanierten Bereichen – Ehem. Bebauung und nach Umparzellierung (Datengrundlage: Autom. Liegenschaftskarte – Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation).

### 3 Phrix

#### 3.1 Historie

Im Zeitraum von 1885 bis 1970 betrieb die Phrix AG in Hattersheim-Okriftel eine Cellulosefabrik. Nach der Übernahme durch die BASF wurde das Werk stillgelegt. Die Versuche des Nachfolge-Eigentümers scheiterten, hier eine Altreifen-Aufbereitung zu etablieren. Bis heute befinden sich auf dem Gelände z.T. auffällige Industrieruinen. Bis 2007 hat sich kein Investor für das über 3 ha große Grundstück gefunden, der sich der Industrieruinen angenommen hätte.

eine Überwachung. Im Abstrom des Sanierungsgeländes waren PAK nicht mehr detektierbar. Über die Sanierungsarbeiten wurde eine abschließende Dokumentation erstellt, aus der ersichtlich ist, an welcher Stelle Sanierungsarbeiten erfolgte und wo Restbelastungen verblieben.

#### Nachteile

Es wurden „nur“ ca. 90 % der Schadstoffe beseitigt. Ein Teil des Grundstücks verbleibt somit mit dem Status „Altlastenverdächtige Fläche“. Diese Flächen liegen jedoch allesamt in Bereichen der geplanten versiegelten Gewerbeansiedlungen.

#### Vorteile

Der Stadt Flörsheim ist es gelungen, ein innerstädtisches Zentrum mit Gewerbeansiedlungen und Wohnhäusern zu schaffen. Der hierfür benötigte Flächenverbrauch wurde also auf Null reduziert (jeden Tag werden in Deutschland 125 ha Fläche „verbraucht“). Ferner werden innerstädtische Verkehrsströme vermieden, da das Areal bequem zu Fuß oder mit dem Fahrrad zu erreichen ist. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Fläche nun „Geld verdienen kann“ und sich an den Anliegerkosten beteiligt.

#### 3.2 Umwelttechnische Untersuchungen

Wegen der industriellen Vornutzung wurden in 2007 auf einem 0,6 ha großen Teil des Industrieareals umwelttechnische Erkundungen durchgeführt. Hierbei wurden 1,25 m mächtige Auffüllungen mit braun-schwarzer Kraftwerksschlacke und rot-violetter Schlacke aus der Sulfidproduktion festgestellt. Die Schlacken sind z.T. schwermetallhaltig (bis 517 mg/kg Kupfer, 876 mg/kg Blei und 14 280 mg/kg Zink, auch bis zu 116 mg/kg Cyanide). Im Eluat wurden bis zu 2.400 µg/l Zink nach-

gewiesen. Das Grundwasser war in einer Messstelle mit 2,5 mg/l Zink belastet.

### Bauvorhaben

Auf dem Grundstück sollte die Bebauung mit einem SB-Lebensmittelmarkt und den dazugehörigen Parkplätzen und Grünflächen erfolgen. Hierzu sollten die Industrieruinen abgerissen (Abb. 5 und 6), und nur oberflächennahe Bereiche, die mit Schlacken verfüllt sind, zur Profilierung abgetragen werden. Etwa 80 % der Fläche sollten durch die anschließende Bebauung und Verkehrswege befestigt werden. Eine Sanierung sollte also nicht erfolgen, sondern nur eine Sicherung durch Versiegelung.

### 3.3 Konflikt: Bauvorhaben zulassen?

Die Bodenschutzbehörde stand nun vor der Entscheidung, ob sie das Bauvorhaben zulässt. Eine echte Dekontamination sollte ja nicht erfolgen. Da aber durch die Versiegelung eine Sicherung der Schadstoffe im Boden vor weiteren Auswaschungen erfolgen sollte, wurde dem Vorhaben zugestimmt. Die Maßnahmen wurden in 2008 durchgeführt.

### Nachteile

Die Bodenverunreinigungen verbleiben zu nahezu 100% im Boden. Die Durchführung einer Bodensanierung ist also „aufgeschoben, aber nicht aufgehoben“. Folglich verbleibt die Fläche mit dem Status „Altlastenverdächtige Fläche“ in der Altflächendatei des HLUG.

### Vorteile

Aus Sicht des Bodenschutzes wurde die Gefährdung für das Grundwasser durch die aufgebrachte dichte Versiegelung reduziert. Der Flächenverbrauch auf der „grünen Wiese“ wurde vermieden. Das Vorhaben dient der Verbesserung der innerörtlichen Infrastruktur. Das Grundstück kann „Geld verdienen“. Die Gefahr durch die Industrieruinen wurde beseitigt.



Abb. 5 und 6: Baufälliger Säureturn vor und nach der Sprengung.



Abb. 7: Versiegelter Bereich um SB-Markt nach Abschluss der Baumaßnahme (Datengrundlage: Autom. Liegenschaftskarte – Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation).

## 4 Szenario

Was wäre geschehen, wenn die Bodenschutzbehörde auf einer nahezu 100%ige Dekontamination bestanden hätte. Ein paar denkbare Szenarien:

Im Falle „Boeder-Gelände“:

- Die Stadt Flörsheim und ihr Investor wären von dem Projekt abgesprungen.
- Die Bodenschutzbehörde hätte möglicherweise einen über Jahre andauernden Rechtsstreit mit den heutigen Voreigentümern über die Beseitigung der Altlasten geführt. Im Zweifelsfall hätte sogar die Sanierung auf den Träger der Altlastensanierung übergeben werden müssen. Der Steuerzahler wäre letztlich für die Altlastensanierung aufgekommen.
- In Folge wären die Teeröle über viele weitere Jahre im Boden verblieben.
- Ein Einkaufszentrum wäre wahrscheinlich auf

der „grünen Wiese“ entstanden und hätte dort unnötig Boden versiegelt, da der Stadt Flörsheim die entstandene Kaufkraftbindung wichtig war.

Im Falle Phrix:

- Der Investor wäre von dem Projekt abgesprungen.
- Die für Leib und Leben von Passanten gefährlichen Industrieruinen wären nach 38 Jahren weiterhin dem Spiel von Wind und Wetter ausgesetzt.
- Die Schlacken wären auch so im Boden verblieben, die alten Bodenversiegelungen waren jedoch überall aufgebrochen. Regen würde weiterhin versickern
- Der SB-Lebensmittelmarkt wäre womöglich in den benachbarten Mainauen entstanden und hätte dort zusätzlich Boden versiegelt.

## 5 Fazit

Im Ergebnis war es also sinnvoll, das Zusammenspiel der Interessen zuzulassen. In den vorgenannten Beispielen wurde ein ausgewogener Kompromiss zwischen Bodenschutz, Flächenverbrauch und Schutz der körperlichen Unversehrtheit auf der einen, sowie kommerziellen Interessen und Schaffung von Infrastruktur auf der anderen Seite erzielt.

Hierzu wurden Bauwerke von der planerischen Seite her so positioniert, dass diese eine Sicherungsfunktion überall dort übernehmen, wo dies erforderlich war. So werden beispielsweise Auswaschungen vermieden. Die Bodenschutzbehörde wiederum dokumentiert diese Restbelastungen in der Altflächendatei des HLUG. Somit wird auch die Altflächendatei (ALTIS) zu einem Konflikt lösenden Instrument der Altlastensanierung.

## Von der Deponie zum Energiepark – Vorstellung der Rhein-Main-Deponie Wicker

MARKUS TÖPFER

### Von der Müllkippe zum Energiepark

Aufgrund der gesetzlichen Rahmenbedingungen werden in Deutschland immer mehr Deponien geschlossen. Aufgrund der Nachsorge herrscht auf den stillgelegten Deponien jedoch noch über Jahrzehnte „Betrieb“. Damit stellt sich die Frage, ob und

wie stillgelegte Deponieflächen sinnvoll genutzt werden können. Eine Möglichkeit ist die Energieerzeugung, wie das Beispiel der Deponie Flörsheim-Wicker zeigt.

### Die Ausgangslage

Im Rahmen der Umsetzung der TA Siedlungsabfall endete für die bundesdeutschen Deponien zum 31. Mai 2005 die Ablagerung von unbehandelten Abfällen. Viele Deponien wurden daher zu diesem Zeitpunkt stillgelegt. Damit erhält die Frage nach der zukünftigen Bedeutung von Deponiestandorten für die Abfallwirtschaft und die Energieerzeugung zusätzliche Aktualität. Viele der zur Stilllegung anstehenden Deponien wurden zwischen 1970 und 1985 errichtet. Die damals genehmigten Pläne sahen in der Regel die Abdeckung für Deponien nach deren Schließung mit einer mehr oder weniger mächtigen Schicht aus Rekultivierungsboden vor.

Die Deponiestandorte sollten dann zur Freizeitanlage ausgebaut oder von der Landwirtschaft genutzt werden. Mittlerweile ist klar, dass Altdeponien über einige Jahrzehnte hinweg der betrieblichen Nachsorge bedürfen und in dieser Zeit verschiedene Einrichtungen wie etwa Anlagen zur Sickerwasserreinigung und zur Deponiegasverwertung weiter betrieben werden müssen. Auch nach der Stilllegung wird es daher über einen langen Zeitraum hinweg noch Deponiebetrieb geben.

## Die Infrastruktur von Deponiestandorten

Von der schlichten Müllkippe haben sich die Deponien in den vergangenen 10–15 Jahren zu Standorten mit in der Regel sehr guter Verkehrsanbindung und umfassenden Anschlüssen an die regionalen Ver- und Entsorgungsnetze entwickelt. Angesichts der hohen Investitionen, die bei der Erschließung neuer Gewerbestandorte erforderlich sind, stellt sich damit die Frage, ob in der Nachsorge befindliche Deponien nicht als „Gewerbestandorte“ geeignet sind.

Die Deponien selbst verfügen in den meisten Fällen über eine herausragende Infrastruktur. Dazu gehören Deponiegaskraftwerke, Reinigungsanlagen für Sickerwasser und Grundwasser, Waagen, Fuhrpark, Werkstätten, Brandschutzeinrichtungen und Umweltmonitoringsysteme. Dadurch ergeben sich zahlreiche Synergieeffekte.

## Das Planungsrecht

Planungsrechtlich sind Deponiestandorte in den regionalen Raumordnungsplänen und Flächennutzungsplänen in der Regel als Standorte für Abfallanlagen ausgewiesen. Damit besteht auch die Rechtsgrundlage, auf Deponiestandorten zumindest solche Anlagen zu errichten, deren Zweck im weitesten Sinne die Abfallbehandlung ist. Dazu zählen

neben Aufbereitungs- und Recyclinganlagen auch Anlagen zur Energieerzeugung aus Abfällen. Durch das Ende der Ablagerung von unbehandelten Abfällen auf Deponien ergibt sich zusätzlicher Bedarf an Behandlungskapazitäten für Abfälle. Dazu zählt im weitesten Sinne auch die energetische Nutzung von Abfällen.

## Die Synergieeffekte

Für Deponiebetreiber selbst bietet die Ansiedlung von Anlagen zur Abfallbehandlung und zur Energiegewinnung die Möglichkeit, die vorhandenen Betriebseinrichtungen, insbesondere das vorhandene und zum Teil auch zukünftig benötigte Betriebspersonal, für zusätzliche Aufgaben einzusetzen.

Damit können nicht nur betriebliche Vorteile, sondern auch zusätzliche Einnahmen für die Deponienachsorge und die damit verbundenen Investitionen erzielt werden. Dies heißt allerdings nicht, dass neu entstehende Anlagen vom Deponiebetreiber selbst errichtet und erhalten werden müssen. Hier ist einmal mit rechtlichen Problemen hinsichtlich der wirtschaftlichen Betätigung von in der Regel hoheitlichen Deponiebetreibern und im Umfeld der kommunal- und finanzrechtlichen nicht immer ein-

fachen Bereitstellung der Finanzmittel für die notwendigen Investitionen zu rechnen. Daher bietet sich die Zusammenarbeit mit privatwirtschaftlichen Abfallentsorgungs- und Energieunternehmen an. Diese Zusammenarbeit kann je nach Bedarf im Recht sehr unterschiedlich gestaltet werden.

Insgesamt ist auf die volkswirtschaftlichen und ökologischen Vorteile der Nutzung alter Deponiestandorte hinzuweisen. Auf die kostenintensive Erschließung neuer Standorte bei gleichzeitigem, ebenfalls mit Kosten verbundenem Rückbau der vorhandenen Infrastruktur von Deponien kann verzichtet werden. Auch ökologisch ist es sinnvoller, bereits vorhandene versiegelte Flächen zu nutzen, statt bisher unversiegelte Flächen neu zu bebauen. Die Möglichkeit zur Nutzung stillgelegte Deponien als Standort für Recycling- und Energiegewinnungs-

anlagen hängt von den Gegebenheiten jeder einzelnen Altdeponie ab. Außerdem sind einmal getroffene Entscheidungen und bereits realisierte beziehungsweise geplante Projekte immer wieder auf-

grund der aktuellen Entwicklung in der Abfall- und Energiewirtschaft zu überprüfen. Für Altdeponien wird es daher auch in der Zukunft noch jede Menge an Entwicklungspotenzialen geben.

## Das Beispiel der Deponie Flörsheim-Wicker

Ein gelungenes und zugleich sehr umfassendes Beispiel für die Entwicklung eines Deponiestandortes von der Müllkippe zum Energie- und Recyclingpark ist die Deponie Flörsheim-Wicker. Hier haben die Rhein-Main Deponie GmbH und ihre Tochtergesellschaft Main-Taunus-Recycling GmbH zusammen mit privaten Partnerunternehmen in den ver-

gangenen Jahren Anlagen zur Schlackeaufbereitung, Bauschutttaufbereitung, Bodenreinigung, Immobilisierung, Altholzaufbereitung, Sortierung und zur Gewinnung von Ersatzbrennstoffen errichtet. Im Bereich der Energieerzeugung sind neben einem Deponiegaskraftwerk ein Biomassekraftwerk sowie Solaranlagen entstanden.

## Die RMD Rhein-Main Deponie GmbH stellt sich vor

Main-Taunus-Kreis und Hochtaunuskreis sind gleichberechtigte Gesellschafter der Rhein-Main Deponie GmbH. Mit 75,02 % hält die RMD – neben den Städten Flörsheim (14,99 %) und Hochheim (9,99 %) – die Mehrheit der Geschäftsanteile ihrer Tochtergesellschaft MTR Main-Taunus-Recycling GmbH. Mit 66,66 % ist die RMD neben der Stadtwerke Offenbach Holding GmbH (33,33 %) an der RMN Rhein-Main Deponienachsorge GmbH beteiligt.

Die RMD beschäftigt 53 Mitarbeiter und erzielte 2008 einen Umsatz von ca. 21 Mio. Euro. Die MTR hat 34 Mitarbeiter/innen und erzielte einen Umsatz von 21,4 Mio. Euro. Die RMN beschäftigt 32 Arbeitnehmer und kann einen Umsatz von ca. 10,6 Mio. Euro vorweisen. Als Gesamtkonzern betrachtet sind dies 119 Beschäftigte sowie ein Umsatz von 53 Mio. Euro. Gemeinsam wurden im Jahr 2008 ca. 2,8 Mio. Tonnen Material bewegt.

## Geschäftsfelder RMD – MTR – RMN

Zu den Geschäftsfeldern der RMD zählen u. a. folgende Aufgaben: Betrieb des Rhein-Main Deponiepark Wicker und Brandholz, Betrieb von Recyclinghöfen, Logistikdienstleistungen, Betrieb Biogaskraftwerk Deponiepark Wicker, Betrieb Agrogasanlage Deponiepark Brandholz, Betrieb Biomassehof Weilbach, Betrieb Wertstoffsortieranlage / Ersatzbrennstoffaufbereitung, Betrieb Altholzaufbereitung.

Rekultivierungs- und Sanierungsprojekte sind als Schwerpunkte der Geschäftsfelder der MTR zu

beschreiben. Außerdem gehört auch der Betrieb diverser Aufbereitungs- und Recyclinganlagen dazu.

Die Geschäftsfelder RMN umfassen den Nachsorgebetrieb der Deponie Wicker und Brandholz, den Nachsorgebetrieb der Schlackedeponie in Offenbach. Weiterhin gehört zu den Aufgabenfeldern der RMN der Betrieb von Deponiegaskraftwerken und Wasserbehandlungsanlagen. Das Umweltcontrolling sowie Umweltdienstleistungen gehören zu den Schwerpunkten der Geschäftsfelder der RMN.



## Standorte: Rhein-Main Deponiepark – Deponiepark Brandholz

Die Deponie Wicker ist mit einer Fläche von 84 Hektar eine der größten Deponien. Der Betrieb erfolgte im Zeitraum von 1972 bis 2005, in diesem wurden ca. 10 Mio. Tonnen eingelagert. Die Deponie Brandholz umfasst eine Fläche von ca. 21 Hektar. Der Betrieb wurde von 1972 bis 1999

geführt. In diesem Zeitraum wurden ca. 4 Mio. m<sup>3</sup> abgelagert. Die kleinste der Deponien ist mit einer Fläche von 7,65 Hektar die Schlackedeponie in Offenbach. Der Betrieb wurde von 1970 bis 1990 geführt und ca. 1,3 Millionen Tonnen eingelagert.

### Das Bodenbehandlungszentrum

Die rund 13 200 Quadratmeter große Halle, deren Zeltdach farblich von Friedrich Ernst v. Garnier gestaltet wurde, steht auf einer zehn Meter dicken Abfallschicht. Damit die Hallenfundamente sich nicht durch die Deponieabdichtung bohren, steht das Gebäude auf schweren quadratischen Betonklötzen, die nicht verankert sind und die sich mittels Hydraulik nachjustieren lassen, wenn sich der verfüllte Müll im Untergrund setzt.

Die Halle beherbergt drei Anlagen. Zwei Drittel der Fläche wird die Firma Umweltschutz West für biologische Bodenreinigung nutzen. Bei dem Verfahren wird belastetes Erdreich, etwa von Tankstellen, mit Strukturmaterialien vermischt, wodurch

Mikroorganismen aktiviert werden, die die Schadstoffe abbauen. Im westlichen Teil der Halle wird die Firma Baustoffaufbereitung K + S ein so genanntes Inertstofflager mit 30 000 Tonnen Kapazität betreiben, in dem belasteter Aushub von Baustellen vor der finalen Entsorgung zwischengelagert wird. Das Lager soll im Herbst in Betrieb gehen. Dritter Nutzer des Bodenbehandlungszentrums ist die Sächsische Umweltschutz Consulting (SUC), die Anfang 2005 mit der Immobilisierung von bis zu 75 000 Tonnen pastöser Abfälle beginnen wird. Dabei werden die Abfälle mit Asche und Zement mechanisch so stabilisiert, dass Schadstoffe irreversibel eingebunden werden und die Abfälle einer geordneten Entsorgung zugeführt werden können.

### Die Altholzaufbereitungsanlage

Bei Gewerbebetrieben, bei Bau- und Abbruchmaßnahmen und im Sperrmüll fallen in erheblichem Umfang Althölzer an. Diese Hölzer werden – soweit es sich um Hölzer wie Schalhälzer, Dielen, Holzmöbel, Kücheneinrichtung, Baumstämme u. ä. handelt – in der neuen Altholzaufbereitungsanlage auf dem Gelände der Deponie Flörsheim-Wicker aufbereitet. Aus rd. 90 000 Tonnen/Jahr Altholz entsteht so durch Brechen, Sieben, Sortieren und Abscheiden von Metallen ein Brennstoff, der bundesweit an Heizkraftwerke beliefert wird. Darüber hinaus kann in geringem Umfang aus unbehandelten Hölzern der Spanplattenindustrie der Rohstoff zur Verfügung gestellt werden. Ab dem Jahr 2004

wird der mit der Altholzaufbereitungsanlage hergestellte Brennstoff in einem eigenen Biomassekraftwerk auf dem Gelände der Deponie Flörsheim-Wicker zusammen mit unserem Partner KKM energetisch verwertet.

Die beschriebenen Hölzer zählen zu den Altholzkategorien A I – A III und lassen sich, soweit sie vollkommen unbehandelt sind, zu einem Rohstoff für die Spanplattenindustrie und im Übrigen zu einem Brennstoff für Heizkraftwerke verarbeiten. Für diese Aufbereitung besteht seit Ende 2001 auf dem Gelände der Deponie Flörsheim-Wicker eine Altholzaufbereitungsanlage. In ihr werden die Höl-

zer gebrochen, sortiert und je nach Spangröße klassiert. Metalle und Störstoffe werden mechanisch abgetrennt. Soweit erforderlich, werden die Hölzer darüber hinaus manuell sortiert. Als Produkt der Altholzaufbereitungsanlage entstehen Späne verschiedener Größen. Diese werden als Brennstoff in Heiz-

kraftwerken eingesetzt. Die Durchsatzleistung der Altholzaufbereitungsanlage beträgt rd. 90 000 Tonnen/Jahr. Die gewonnenen Späne werden in einem eigenen Biomassekraftwerk auf dem Gelände der Deponie Flörsheim-Wicker zur Produktion von Strom eingesetzt.

## Die Schlackeaufbereitungsanlage

In Müllverbrennungsanlagen fallen jährlich große Mengen von Schlacke an. Diese Schlacke enthält in erheblichem Umfang Schrott und Metalle. Darüber hinaus kann aus den mineralischen Bestandteilen der Schlacke ein Baustoff für Oberflächenabdichtungen und den Straßenbau hergestellt werden. Dazu betreibt in unserem Auftrag die Frankfurter Entsorgungs- und Service GmbH (FES) auf dem Gelände der Deponie Flörsheim-Wicker eine Schlackeaufbereitungsanlage. Bei der Verbrennung von Hausmüll fallen ca. 35 % der verbrannten Menge als Schlacke an. Diese Schlacke setzt sich aus Schrott und Metallen sowie mineralischen Bestandteilen und nicht vollständig verbrannten Resten zusammen.

Der Schrott und die Metalle können mit Magnetabscheidern separiert und als Rohstoff Hüttenwerken zugeführt werden. Die mineralischen Bestandteile sind nach entsprechender Absiebung in einer Grob- und Feinfraktion für Deponiebaumaßnahmen und den Straßenbau verwertbar. Die nicht verbrannten Reste sind zu deponieren. Auf dem Gelände der Deponie Flörsheim-Wicker ist für die Aufbereitung von Schlacke eine entsprechende Anlage errichtet worden. Sie verarbeitet jährlich bis zu 120 000 Tonnen. Schrott und Metalle werden vollständig, die gewonnenen Baustoffe, soweit sie nicht für eigene Baumaßnahmen genutzt werden, dem Wirtschaftskreislauf zugeführt.

**Tab. 1:** Abfallaufkommen in Tonnen 2006–2008

Abfallart/Jahr	2006	2007	2008
Abfälle zur Beseitigung RMD	3 140	3 577	3 748
Müllumschlag RMD	139 651	177 411	139 505
<b>Gesamtsumme RMD</b>	<b>142 791</b>	<b>180 988</b>	<b>143 573</b>
Abfälle zur Verwertung (MTR)			
Grünschnittverwertung	20 197	17 110	16 988
Bauschutttaufbereitung	190 160	78 241	142 432
Schlackenaufbereitung	173 501	243 520	295 064
Altholzaufbereitung A I–III	94 650	96 607	119 925
Altholzaufbereitung A IV	1 337	1 221	1 308
Wertstoffsortieranlage	45 933	62 421	55 405
Bodenbehandlungszentrum	127 824	121 584	153 658
Verwertung belastet	1 202 331	879 232	931 713
Verwertung unbelastet	1 055 055	860 862	916 213
<b>Gesamtsumme MTR</b>	<b>2 910 988</b>	<b>2 360 798</b>	<b>2 632 686</b>
<b>Gesamtsumme RMD und MTR</b>	<b>3 053 779</b>	<b>2 541 786</b>	<b>2 776 259</b>

## Das Deponiegaskraftwerk

Seit Ende der 90-iger Jahre wird am Standort Flörsheim-Wicker ein Deponiegaskraftwerk mit einer elektrischen Leistung von inzwischen mehr als 3,5 Megawatt betrieben. Fünf Gasmotore des Typs Jenbacher verbrennen in der Stunde gut 2000 m<sup>3</sup> Deponiegas. Die Stromproduktion reicht zur Versorgung von rund 7.000 privaten Haushalten aus. Die Abwärme des Kraftwerks wird für ein Nahwärme-

netz auf dem Deponiegelände genutzt. Ein Gasmotor erfüllt die Funktion des Notstromaggregats für das benachbarte Biogaskraftwerk.

Der Strom wird in das Leitungsnetz des örtlichen Energieversorgers eingespeist. Die Finanzierung erfolgt auf der Grundlage der Regelungen des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes (EEG).

## Das Biomassekraftwerk



**Abb. 1:** Das Biomassekraftwerk verfügt über eine elektrische Leistung von bis zu 15 Megawatt. Dort werden bis zu 120 000 Tonnen Altholz jährlich energetisch verwertet).

Im Bereich von RMD und MTR aber auch der Kooperationspartner fallen in großem Umfang Althölzer an. Daher stellte sich rasch die Frage, ob im Rahmen der Regelungen des EEG die Errichtung eines Biomassekraftwerks zur energetischen Verwertung der Althölzer wirtschaftlich sinnvoll ist. Dies führte zur Errichtung eines Biomassekraftwerks am Standort Flörsheim-Wicker. Dafür wurde von der MTR, der Mannheimer Verkehrs- und Versorgungsaktiengesellschaft (MVV) und einem Zusammenschluss mittelständiger Entsorgungsunternehmen die Biomasse Rhein-Main GmbH gegründet. Die Gesellschafter teilen sich die Aufgaben des Genehmigungsrechts und der Infrastruktur (MTR), der Brennstoffversorgung (KKM) und des Kraftwerksbaus- und betriebs (MVV).

Es entstand ein Biomassekraftwerk mit einer elektrischen Leistung von max. 15 Megawatt. Dort werden jährlich rund 120 000 Tonnen aufbereitetes Altholz eingesetzt. Die Stromproduktion reicht aus um 35 000 private Haushalte mit Strom zu versorgen. Das gesamte Investitionsvolumen belief sich auf rund 30 Mio. Euro.

## Das Biogaskraftwerk

Als Ausgangsmaterial für die Energiegewinnung dienen der Anlage in erster Linie getrennt gesammelte Bioabfälle aus Haushalten der Region, Grünabfälle und organische Stoffe aus der Landwirtschaft. Die Gewinnung von Biogas ist ein mehrstufi-

ger Vergärungsprozess, in dem natürliche Mikroorganismen die im Abfall gespeicherte Energie in Methangas verwandeln. Das hierbei angewendete Trockenvergärungsverfahren hat in vielen vergleichbaren Referenzprojekten seine Eignung nachgewie-

sen. Es zeichnet sich durch hohe Betriebssicherheit und hohe Gasausbeute aus.

Aus dem gewonnenen Biogas wird in der benachbarten Deponiegasverwertungsanlage Strom erzeugt. Die am Ende der Gasgewinnung verbleibenden Reste können zu Kompost weiterverarbeitet werden oder wiederum zur regenerativen Energiegewinnung im ebenfalls im Deponiepark vorhandenen Biomassekraftwerk genutzt werden.



**Abb. 2:** Das Biogaskraftwerk.

## Die Solaranlagen

An der Fassade und dem Dach des sog. Technikgebäudes, in dem das Deponiegaskraftwerk und die Aufbereitungsanlagen für Grundwasser und Sickerwasser untergebracht sind, befinden sich zwei Solaranlagen. Die Solaranlage hat eine elektrische Leistung von 440 kWp während die elektrische Leistung der Anlage auf dem Dach 12 kWp beträgt.

Im Zuge der Deponienachsorge wurde auch die Frage gestellt, ob die vorhandenen Flächen, die aufgrund ihres Gefälles für Bauten nicht in Frage kommen, anderweitig wirtschaftlich sinnvoll genutzt werden können. Hier hat sich die Möglichkeit geboten, die nach Süden ausgerichteten Flächen für eine weitere Photovoltaikanlage zu nutzen. Auf einer Fläche von 18 000 m<sup>2</sup> ist eine Anlage mit einer Leistung von 445 kWp entstanden. Der Investitionsaufwand

dafür betrug rund 2 Mio. Euro. Die Anlage wurde im September dieses Jahres in Betrieb genommen.

Synergieeffekte ergaben sich durch die vorhandenen Einrichtungen zur Strom einspeisung und die



**Abb. 3:** Photovoltaikanlage.  
Die Photovoltaikanlage wurde auf einer Fläche von rund 18 000 m<sup>2</sup> errichtet. Die Dünnschichtmodule verfügen über eine elektrische Leistung von 445 kWp.

Verknüpfung bei der Steuerung und Überwachung der Anlage mit den bereits vorhandenen Photovoltaikanlagen und dem Deponiegaskraftwerk. Zusammen mit den letzten Endes „kostenlosen“ Grundstücken ist das eine Art wirtschaftlich sehr interessante Lösung.

Zur Reduzierung der Investitionskosten wurde besonderes Augenmerk auf die Trägerkonstruktion

für die Solarmodule gelegt. Die Trägerkonstruktion erinnert an die Technik von Leitplanken im Straßenbau. Die Höhe der Konstruktion wurde so gewählt, dass auch unter den Modulen eine problemlose Schafbeweidung möglich ist.

Zum Einsatz kamen übrigens 7 330 Solarmodule der amerikanischen Firma First Solar.

## Die Agrogasanlage Brandholz



Abb. 4: Agrogasanlage im Deponiepark Brandholz.

Bei der Errichtung der Anlage ging man seinerzeit von sehr optimistischen Deponiegasprognosen aus. Mit der Übernahme des Deponiestandortes durch die RMD (vom Umlandverband Frankfurt) wurde die Anlage umgebaut und den neuen Anforderungen angepasst; nämlich auch Deponiegas mit einem Methangehalt unter 50 % zu verwerten. Seit Anfang 2005 wurde das Projekt daher auf den Einsatz nachwachsender Gärsubstrate (Maissilage, Grassilage und Ganzpflanzensilage) umge-

Tab. 2: Gesamtbetrachtung Erneuerbare Energien.

Anlage	Installierte Elektrische Leistung	Versorgungskapazität (Anzahl der Haushalte)	Personen	CO <sub>2</sub> -Äquivalente (Tonnen CO <sub>2</sub> ) gerundet
Deponiegaskraftwerk Wicker	3,8 MW	8 120	24 360	20 600
Biomassekraftwerk	15 MW	33 160	99 480	81 900
Fassaden- und Dach-Solaranlagen	0,074 MW	8	24	21
Groß-Photovoltaikanlage	0,440 MW	110	330	276
Biogaskraftwerk	1,4 MW	2 670	8 010	6 600
Agrogasanlage Brandholz	0,86 MW	1 580	4 740	3 900
Deponiegaskraftwerk Brandholz	0,25 MW	440	1 320	1 100
<b>Gesamt</b>	<b>21,7 MW</b>	<b>46 088</b>	<b>138 264</b>	<b>114 397</b>

stellt. Ziel war und ist es, eine Größenordnung von 850 kW elektrisch im Deponiegaskraftwerk für das „Verstromen“ von Biogas aus nachwachsenden Rohstoffen zu nutzen. Weiterhin soll durch die gezielte Einbeziehung örtlicher Landwirte eine Förderung der regionalen Landwirtschaft erzielt werden. Den landwirtschaftlichen Betrieben sollte mit langfristigen Abnahmeverträgen eine gesicherte wirtschaftliche Ertragssituation garantiert werden. Ca. 50 Landwirte haben sich bereit erklärt, die verschiedenen

Gärsubstrate anzubauen. Es handelt sich hierbei um ca. 12 000 t Maissilage, ca. 3 000 t Grassilage und ca. 1 500 t Ganzpflanzensilage. Die Landwirte haben sich mittlerweile zu einer Erzeugergemeinschaft zusammen geschlossen. Neben der reinen Produktion der Gärgrundlagen bestand von einigen Landwirten auch das Interesse der Betriebsführung der Vergärungsanlage. Hierzu haben sich 14 Betreiber zur Agrogas Service GmbH & Co. KG zusammengeschlossen.

## Die Perspektiven

Zurzeit laufen konkrete Überlegungen die Energieerzeugung auf dem Deponiestandort weiter auszubauen. Dazu gehört einerseits die Erweiterung der bestehenden Photovoltaikanlagen, andererseits werden Planungen für die Errichtung einer NAWARO (Nachwachsende Rohstoffe)- Vergärungsanlage begonnen.

Weiterhin gibt es derzeit Überlegungen zur Projektierung eines Tiefengeothermie Kraftwerkes.

Auch an einem weiteren Deponiestandort der RMD wird die Energieerzeugung ausgebaut. Die ebenfalls stillgelegte Deponie Brandholz verfügt bereits über ein Deponiegaskraftwerk. Zurzeit wird auch dort die Errichtung einer Großphotovoltaikanlage geprüft.

## **Experimentelle ökotoxikologische Bewertung von Altlasten – Entwurf eines Leitfadens**

### **Ergebnis einer Zusammenarbeit von HLUG und Gobio GmbH**

**MARIE-ANNE FELDMANN, SABINE VON DER GÖNNA & PETRA STAHLSCHEIDT-ALLNER**

## **1 Anlass, Grundgedanken**

### **1.1 Veranlassung**

Im Altlastenmanagement stellt sich immer wieder die Frage nach dem Umweltrisiko, das von einem Standort ausgeht. Insbesondere ist der Eintrag von Schadstoffen in das Grundwasser entscheidend.

Neben Altlasten, die von nur einem oder wenigen Schadstoffen geprägt sind, gibt es andere Fälle, bei denen hochkomplexe Substanzgemische in die aquatische Umwelt, insbesondere ins Grundwasser, eingetragen werden.

Es ist schwierig, solche Schadstoffgemische abschließend zu beurteilen, indem man Einzelsubstanzen analysiert und die Ergebnisse als Konzentrationswerte beurteilt. Dabei ist nicht sichergestellt, dass tatsächlich alle relevanten Substanzen untersucht werden. Außerdem bleibt oft unberücksichtigt, wie sich die Einzelsubstanzen im „Schadstoffcocktail“ verhalten. So kann ihre Wirkung verstärkt oder abgeschwächt werden, und die Stoffpalette kann sich verändern aufgrund von Abbau- und Bio-transformationsprozessen (z. B. durch mikrobiologischen Abbau einzelner Stoffe mit Bildung von Metaboliten oder durch chemische oder physikalische

Reaktionen der Stoffe untereinander). Diese Vorgänge lassen sich nur schwer abschätzen.

So entstand die Idee, die Wirkung von Schadstoffgemischen zu betrachten.

Anlass war die Beurteilung einer ehemaligen Sondermülldeponie, insbesondere der Auswirkungen auf das Grundwasser und den Abstrom von belastetem Grundwasser in ein naheliegendes Oberflächengewässer. Eine maßgebliche Frage lautete: Werden die „richtigen“ standortspezifischen Parameter untersucht? Zunächst wurden an dieser Sondermülldeponie ökotoxikologische Untersuchungen durchgeführt. Auf dem Altlastenseminar des HLUG am 24.5.2007 in Offenbach wurde bereits berichtet. Dabei stellte sich u. a. die Frage der grundsätzlichen Eignung der ökotoxikologischen Tests für die Altlastenbearbeitung. Das HLUG hat deshalb die Erarbeitung eines „Leitfadens zum Einsatz von experimentellen ökotoxikologischen Testverfahren bei der Bewertung von Altlasten“ 2008 in Auftrag gegeben. Dieser Leitfaden-Entwurf wird nun vorgestellt.

## 1.2 Ökotoxikologische Grundlagen

Ein wesentlicher Bestandteil des Leitfadens ist die Beschreibung von ökotoxikologischen Grundlagen und von Testverfahren der „aquatischen Toxikologie“. Diese Testverfahren wurden für die Überwachung der aquatischen Umwelt entwickelt und sind relevant für die Erhebung von Abwassergebühren nach dem Abwasserabgabengesetz (ABWAGesetz) insbesondere im Rahmen der Kontrolle der Einleitung von gereinigtem Abwasser in Oberflächengewässer.

Es wurde intensiv diskutiert, ob man diese für Oberflächengewässer entwickelten Testverfahren auch auf das Grundwasser anwenden kann. In den Umwelt-Kompartimenten verlaufen Abbau- und Umsetzungsprozesse sowohl qualitativ als auch quantitativ sehr unterschiedlich. In der oberen belebten Bodenzone (= durchwurzelbare Bodenschicht) finden sehr vielfältige und rasche Umsetzungsprozesse statt. Auch in der Kläranlage finden intensive Abbauprozesse statt, denn durch Zugabe und Entzug von Sauerstoff und Nährstoffen wird hier ein Bioreaktor gesteuert. Dies ermöglicht Abbau bzw. Elimination von Schadstoffen, die in relativ hohen Konzentrationen vorkommen. In intakten Oberflächengewässern findet sich ein breites Spektrum „biochemischer Kompetenz“, so dass hier auch solche Fremdstoffe umgesetzt werden können, die u.U. nur in Spuren vorkommen. Im Grundwasser dagegen sind die Stoffwechselaktivität und die „Stoffwechseldiversität“ deutlich niedriger. Insbesondere Abbauprozesse, die an Licht und Sauerstoff gebunden sind, sind nur in sehr begrenztem Maße möglich. Es gibt also Unterschiede der Ökosystemfunktionen im Oberflächengewässer und Grundwasser.

Ungeachtet dieser Unterschiede sind viele Funktionen und Dienstleistungen der Ökosysteme überwiegend an aquatische Organismen wie Bakterien, wirbellose Tiere und Pflanzen gebunden. Deshalb können diese Ökotests auch auf Grundwasser ange-

wendet werden, da es sich auch hier um ein aquatisches System handelt. Allerdings sind Randbedingungen zu beachten, um die unterschiedlichen Abbauprozesse zu berücksichtigen.

## 1.3 Bewertungsstrategie

### 1.3.1 Bewertung des Oberflächengewässers (Standortsituation)

Ist der Eintrag von Schadstoffen mit dem Grundwasser in ein Oberflächengewässer zu bewerten, so ist der ökologische Zustand dieses Gewässers ein wesentliches Kriterium. Dazu werden die Struktur sowie die Vorbelastung des Gewässers betrachtet.

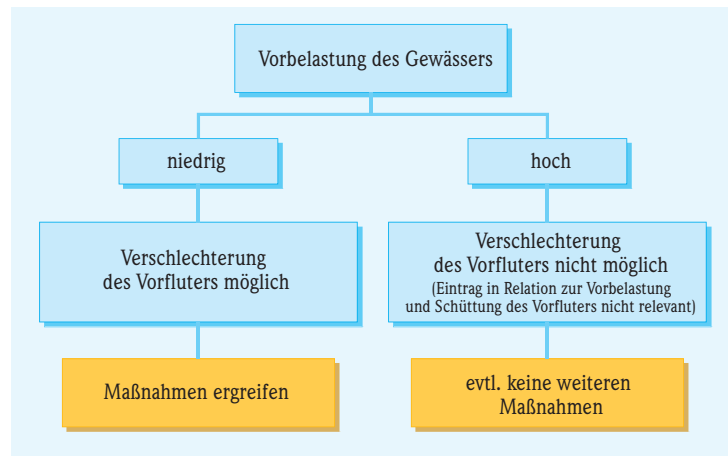


Abb. 1: Vorbelastung des Gewässers.

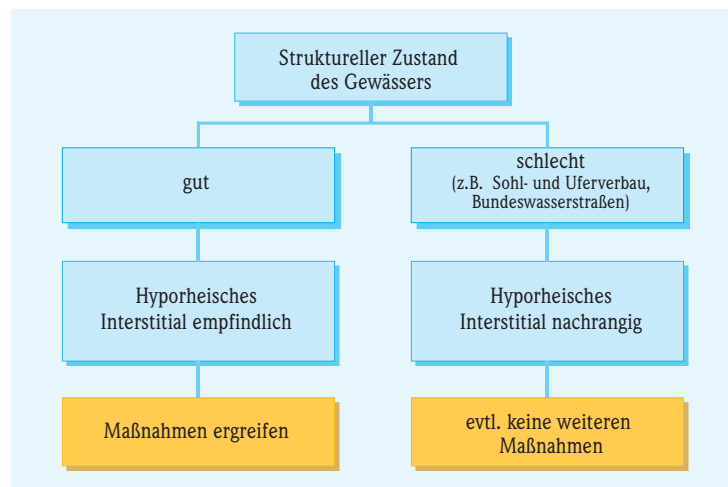


Abb. 2: Struktureller Zustand des Gewässers.





**Abb. 3:** Der Weilbach, ein Beispiel für ein Gewässer der ökologischen Zustandsklasse 5. Ursache hierfür ist in erster Linie eine strukturelle Degradation, keine chemische Belastung. (Foto Gobio GmbH).



**Abb. 4:** Der Steinbach, ein Beispiel für ein Gewässer der ökologischen Zustandsklasse 4. Ursache hierfür ist eine chemische Belastung, keine strukturelle Degradation. (Foto Gobio GmbH).



**Abb. 5:** Der Elbrighäuser Bach, ein Beispiel für ein Gewässer der ökologischen Zustandsklasse 1. Das heißt, der Bach ist sowohl strukturell als auch chemisch in gutem Zustand. Dies ist ein Europäisches Referenzgewässer: anhand der Fauna dieses Baches wurde festgelegt, welche Besiedlung bei optimalen Bedingungen zu erwarten ist. (Foto Gobio GmbH).

Als Voraussetzung sind die Kenntnisse über den chemischen und strukturellen Zustand des Oberflächengewässers erforderlich. Im Zuge der Umsetzung der EU-WRRL wurden Untersuchungen durchgeführt. Diese Informationen und Untersuchungsergebnisse liegen bei RPU und HLUG vor.

Die Abb. 3–5 zeigen für den strukturellen und chemischen Zustand eines Gewässers, der für den ökologischen Zustand bedeutsam ist.

### 1.3.2 Bewertung der Testergebnisse

Um Vorschläge zur Bewertung der Testergebnisse zu entwickeln, wurden die Ergebnisse aus einigen exemplarisch oder im Rahmen einer „Pilotstudie“ ausgeführten experimentellen ökotoxikologischen Tests sowie aus Literatur und Fachwelt ausgewertet.

Bewertungsmaßstäbe wurden erstellt bzw. aus der Literatur übernommen:

Die Schadwirkung von Porenwasser und wässrigen Eluaten von

- kontaminierten Böden,
- festen Abfällen,
- Baggergut (im Bereich von Bundeswasserstraßen),
- gereinigtem Abwasser

wird mittels standardisierter und somit vergleichbarer Testverfahren zur Bestimmung der aquatischen Toxizität bemessen. Dabei wird die Schadstoffwirkung auf Organismen, die im Wasser leben, beobachtet. Die Literatur wurde ausgewertet und die einzelnen bereits vorhandenen Bewertungsmaßstäbe in einer Tabelle zusammengefasst. Dort wo Maßstäbe fehlen, wurden Vorschläge für Gefährdungsschwellen erarbeitet und zur Diskussion gestellt.

Damit liegt eine Bewertungsmatrix vor, nach der die Ergebnisse von ökotoxikologischen Untersuchungen im Altlastenbereich einer ersten Bewertung unterzogen werden können. Diese Matrix gibt einen Rahmen, der die Einordnung von Ergebnissen gestattet.

### 1.4 Erkenntnisse aus der Erarbeitung des Leitfadens

Auf die Frage nach den Wirkungen von Schadstoffgemischen im Grundwasser gibt es bislang nur wenige Antworten. Die Übertragung der ökotoxikologischen Untersuchung und Beurteilung auf Altlasten und Grundwasser ist neu. An verschiedenen Stellen fehlen die Grundlagen, und es sind weitere Fragen aufgetaucht, die in der Zukunft zu beantworten sind.

Weiter ist zu beachten, dass unterschiedliche gesetzliche Rahmenbedingungen zur Bewertung von

Umweltkontaminationen gelten, je nachdem ob es sich um Abfall, Altlast oder schädliche Bodenveränderung, Abwasser, Sedimente von Bundeswasserstraßen (Baggergut) oder Grundwasserkontamination handelt. Es können die Rechtsbereiche Wasser-, Abfall- oder Bodenschutzrecht betroffen sein.

Diese auf der Gesetzesebene in weiten Bereichen vorgegebene Trennung der Umweltkompartimente spiegelt sich jedoch nicht in der wissenschaftlichen Analyse des Risikos von Umweltkontaminationen wider. Hier steht das Bewusstsein darüber, dass Luft und Boden über Niederschläge untrennbar mit der aquatischen Umwelt verbunden sind, im Vordergrund. Zudem ist der permanente Austausch zwischen Grund- und Oberflächenwasser zu beachten. Ob die derzeit vorhandene strikte Trennung der Rechtsbereiche auch in der Zukunft sinnvoll bleibt, ist an anderer Stelle zu diskutieren.

Die Veröffentlichung des Leitfadens in der Handbuchreihe „Altlasten“ des HLUG ist geplant.

## 2 Ökotoxikologische Bewertungsstrategie

Tab. 1: Testverfahren der aquatischen Ökotoxikologie.

Test	Dauer	Aussage
1. Fischeitest (DIN 38415-T6)	48 h	<i>Danio rerio</i> (Konsument 2. Ordnung/ Wirbeltier) akut toxische und fruchtschädigende Wirkungen, kann als Bestandteil einer Testbatterie mit chronischer, subletaler Ausrichtung eingesetzt werden
2. Daphnien-Akutttest (DIN ISO 38412-L30)/Langzeit-test (OECD 211)	24 h/ 21 d	<i>Daphnia magna</i> (Konsument 1. Ordnung/ Fischnährtier) akut toxische und chronische Effekte auf Entwicklung und Vermehrung der Daphnien; keine tierschutzrechtlichen Einschränkungen
3. Algentest (DIN 38412-L33)	72 h	<i>Scenedesmus subspicatus</i> (Primärproduzent) akut toxische und chronische Effekte, die Vermehrung und Wachstum der Algen beeinflussen; mehrere Generationen
4. Leuchtbakterientest (DIN EN ISO 38412-L34/ 11348-2)		<i>Vibrio fischeri</i> akute Bakterien-Toxizität: Beeinträchtigungen des bakteriellen Stoffwechsels
5. Gentoxizität: umu-Test (DIN 38415-T3)		<i>Salmonella typhimurium</i> gentoxisches Potenzial: mutationsauslösende Substanzen

## 2.1 Testverfahren der aquatischen Ökotoxikologie

Einen Überblick über die grundlegenden Testverfahren der aquatischen Toxikologie gibt Tab. 1. Diese Basisverfahren zielen in erster Linie auf die Erfassung der akuten Schädigung. Sie werden im Sinne einer Eingangsprüfung zur ökotoxikologischen Charakterisierung einer Probe eingesetzt. Zur Erfassung von chronischen Wirkungen, die z.B. auch die Störungen der Fortpflanzungsfähigkeit oder Anreicherung von Schadstoffen widerspiegeln, wird der Langzeittest mit Wasserflöhen (21 Tage Daphnientest) in einem nachgeschalteten Bewertungsschritt eingesetzt.

## 2.2 Differenzierte Vorschläge für Gefährdungsschwellen

Bei der Bemessung von Gefährdungsschwellen werden Testergebnisse der aquatischen Toxikologie in Relation zur hydrogeologischen Lokalisation der

Kontamination betrachtet. Wichtige Kriterien zur Festlegung von Gefährdungsschwellen sind

- Größe und ökologischer Zustand des Vorfluters
- Gefährdungsschwellen, die bereits für das Wassermanagement des betroffenen Vorfluters gelten
- Geologie des Grundwasseraustritts

### 2.2.1 Flächiger Eintrag von kontaminiertem Grundwasser in Oberflächengewässer via Exfiltration

Aquatische Sedimente und das Lückensystem des Gewässerbodens (hyporheisches Interstitial) sind sensible Bereiche des Gewässers mit hoher Stoffwechselaktivität. Die biologisch-ökologische Funktion dieses Kompartimentes wird oft mit der Rolle der Leber eines Organismus verglichen. Der Zustand der Sedimente ist entscheidend für die Selbstreinigungskraft des Gewässers. Insbesondere die Sedimente kleinerer Fließgewässer und naturbelassene Bereiche von großen Bundeswasserstraßen

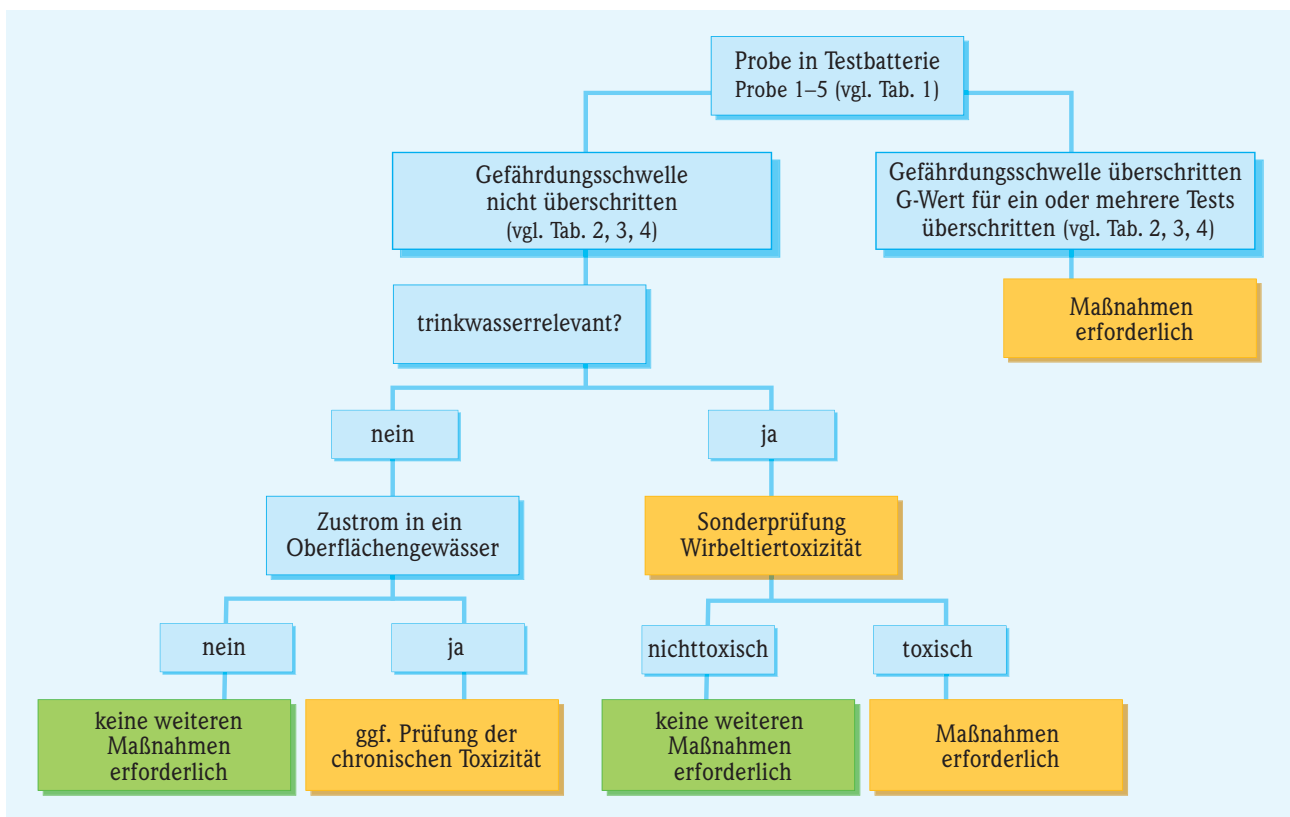
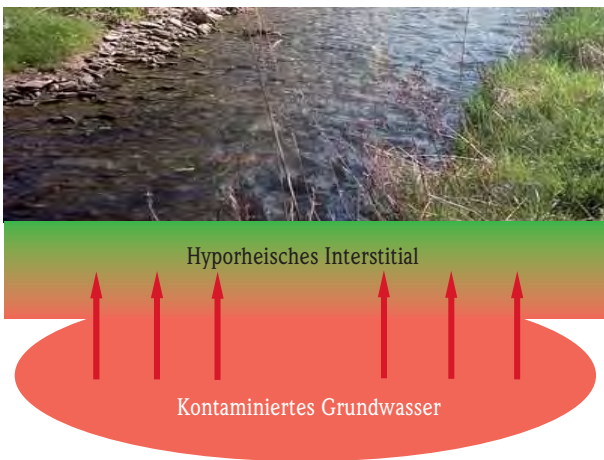


Abb. 6: Vorgehen bei der Bewertung

(Altarme) bieten Rückzugsgebiete und Wiederbesiedlungsreservoirs bei temporären Gewässerbelastungen im Bereich des Hauptstroms. Großflächiger Zustrom von kontaminiertem Grundwasser über den Gewässerboden (Exfiltration) bedingt ein Risiko für einen sehr sensiblen Gewässerbereich (Abb.7). Aufgrund dieser Überlegungen ist zu fordern, dass die unverdünnte Probe im Zustrom von derartigen Exfiltrationsbereichen in intakte Gewässer keine Schädigung haben darf.



**Abb. 7:** Flächiger Eintrag von kontaminiertem Grundwasser in ein Oberflächengewässer.

**Tab. 2:** Gefährdungsschwellen für die biologischen Testverfahren 1–5 bei einem flächigen Eintrag von kontaminiertem Grundwasser.

Hydrogeologische Charakterisierung	Große Fließgewässer	Kleine und mittlere Fließgewässer
1 Fischeitertest	$G_{Ei}^* 3$	$G_{Ei} 1$
2 Daphnientest	$G_D 4-8$	$G_D 1$
3 Algentest	$G_A 4-8$	$G_A 1$
4 Leuchtbakterientest	$G_L 4-8$	$G_L 4$
5 umu-Test	$G_{eu} 1$	$G_{eu} 1,5$

\* G-Stufen benennen den Grad der Verdünnung einer Wasserprobe bei der keine Schädigung mehr beobachtet wird; z. B.  $G_{Ei} 2$  bedeutet, dass bei einer 50 % Verdünnung der Probe keine Schädigung im Fischeitertest feststellbar ist.

Im Falle von Kontaminationen im Zustrom zu einer Bundeswasserstraße wird vorgeschlagen, die Bewertungsmaßstäbe für die Verlagerung von Baggergut anzulegen. Baggergut kann innerhalb eines Gewässers deponiert werden, wenn das Porenwasser die in Tab. 2 für große Fließgewässer genannten Schädigungen nicht überschreitet. Der Fischeitertest ist als neues Testverfahren noch nicht in dieses Bewertungsschema einbezogen. Zum Schutz der Fortpflanzung bodenleicher Fische wird vorgeschlagen, hier eine niedrigere Gefährdungsschwelle als für die drei anderen Verfahren anzuwenden. Auch hier muss der Eintrag von genotoxischen Verbindungen konsequent vermieden werden.

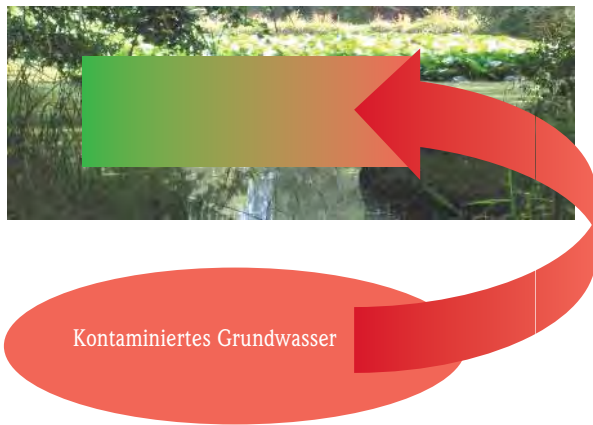
### 2.2.2 Oberflächlicher Eintrag von kontaminiertem Grundwasser in Gewässer

Beim oberflächlichen Eintrag von kontaminiertem Grundwasser in große Fließgewässer (Abb. 8) sollten die gleichen Gefährdungsschwellen wie zur Bewertung von gereinigtem Abwasser gelten. Dabei ist bei der Festlegung eines Wertes innerhalb der in Tabelle 3 genannten Spanne von G-Werten, die Schüttung des Vorfluters und die eingetragene Schadstoffmenge einzubeziehen. Hier besteht die Möglichkeit, Toxizitätswerte/G-Stufen, die die zuständigen Umweltüberwachungsbehörden für die Einleitung von Abwasser festgelegt haben, als Entscheidungsgrundlage heranzuziehen.

Bei kleinen und mittleren Fließgewässern sind prinzipiell niedrigere Toxizitätsschwellen anzusetzen als bei der Einleiterkontrolle von Abwässern in größere Gewässer (Tab. 3). Die Lebensgemeinschaften dieser Gewässer umfassen empfindliche Arten, und es sind komplexe Gefüge von Interaktionen zwischen den Organismen ausgebildet, so dass der Wegfall von nur einer Organismengruppe erhebliche Störungen am Ökosystem auslösen kann.

Nach Tab. 3 sollten für den oberflächlichen Eintrag von kontaminiertem Grundwasser in kleinere und mittlere Fließgewässer nur G-Werte von  $G 1,5$  beim umu-Test,  $G 2$  beim Fischeitertest,  $G 3$  beim

Daphnien- und beim Algentest, sowie G 6 beim Leuchtbakterientest als Toxizitätsschwellen in Testverfahren zur Bestimmung der akuten Toxizität in Betracht gezogen werden.



**Abb. 8:** Oberflächlicher Eintrag von kontaminiertem Grundwasser in ein Gewässer.

**Tab. 3:** Gefährdungsschwellen für die biologischen Testverfahren 1–5 bei einem oberflächlichen Eintrag von kontaminiertem Grundwasser.

Hydrogeologische Charakterisierung	große Fließgewässer	kleine und mittlere Fließgewässer
	oberflächlicher Eintrag/ Gereinigtes Abwasser	oberflächliche Fließstrecke
1 Fischeitertest	$G_{Ei} < 6$	$G_{Ei} 2$
2 Daphnientest	$G_D < 8$	$G_D 3$
3 Algentest	$G_A < 16$	$G_A 3$
4 Leuchtbakterientest	$G_L < 32$	$G_L 6$
5 <i>umu</i> -Test	$G_{eu} 1,5$	$G_{eu} 1,5$

### 2.2.3 Zustrom von kontaminiertem Grundwasser in Quellgebiete

Eine Bewertung der Kontamination einer Quelle mit den ökotoxikologischen Testverfahren gemäß Tab. 1 scheint fragwürdig, da die primäre Ausrichtung dieser Testbatterie die Kontrolle von Einleitun-

gen in vergleichsweise große Vorfluter ist. Eine Kontamination von Quellwasser ist aus ökologischer Sicht nicht tolerierbar, da das Zustandekommen der typischen Lebensgemeinschaft mit meist sehr anspruchsvollen Organismen gefährdet ist. Quellwasser zeichnet sich in der Regel durch einen äußerst geringen Nährstoffgehalt aus. Damit geht eine sehr hohe Fähigkeit der Organismen (insbesondere an der Basis der aquatischen Nahrungskette: Bakterien, Einzeller), Stoffe aus dem Wasser aufzunehmen, einher. Dies führt dazu, dass auch Schadstoffe in hohem Maße aufgenommen und in Biota angereichert werden. Die Konsequenz aus dieser Überlegung ist, dass kontaminiertes Grundwasser aus der Umgebung von Quellen zu entfernen ist. Zudem wird in manchen Regionen Quellwasser direkt als Trinkwasser genutzt, so dass dieser sensible Bereich besondere Aufmerksamkeit erfordert.

### 2.3. Bewertung der chronischen Toxizität

Die Untersuchung der chronischen Toxizität (vgl. Tab. 4) ist ein Bewertungsschritt, der für größere Fließgewässer optional dann durchgeführt werden sollte, wenn hohe Frachten über längere Zeiträume dem Gewässer zuströmen. Als Gefährdungsschwelle greifen wir eine Empfehlung aus dem Bereich der Abfallbewertung auf. 1 Volumenprozent des kontaminierten Wassers sollten im Daphnien-Langzeittest (10 ml / kontaminierte Probe/990 ml Standardwasser) nicht mehr als 20% Hemmwirkung haben.

Für kleinere Fließgewässer sollte die Prüfung der chronischen Toxizität als obligater Schritt erfolgen. 1/1000 der Niedrigwasserschüttung sollte nicht mehr als 20% Hemmwirkung auf Wachstum und Reproduktion von Daphnien haben.

Bei Exfiltration in kleinere Fließgewässer sollte die unverdünnte Probe keine chronische Wirkung haben.

**Tab. 4:** Einsatzkriterien und Toxizitätsschwellen zur Bewertung der chronischen Toxizität mit dem Daphnien-Langzeittest nach OECD 211

Hydrogeologische Charakterisierung	Große Fließgewässer		Kleine und mittlere Fließgewässer	
	Exfiltration Baggergut/ BuWaStr	Oberflächiger Eintrag Gereinigtes Abwasser	oberflächliche Fließstrecke	Exfiltration Fließstrecke/Quelle
Status des Verfahrens	Optional bei hohen Frachten und langer Exposition	Optional bei langer Exposition	obligat	obligat
Toxizitätsschwelle	1 Volumen-% <20 % Hemmung	1 Volumen-% <20 % Hemmung	1/1000 Niedrigwasser-schüttung <20 % Hemmung	unverdünnte Probe: keine Hemmwirkung

## 2.4 Bewertung von trinkwasserrelevanten Kontaminationen

Für Kontaminationen in Trinkwassergewinnungsgebieten sind wirbeltierbezogene Gefährdungsschwellen anzulegen. Bei der Überprüfung von Rohwasser zur Trinkwassergewinnung wird eine tägliche Aufnahme/Ausscheidung von zwei Litern Trinkwasser zugrunde gelegt. Als Stand der Wissenschaft wird derzeit diskutiert, dass die extrahierbare Schadstofffracht von zwei Litern Trinkwasser im Fischeitest keine teratogene, und in weiteren wirbeltierspezifischen Tests keine endokrin-, gen-, immuno- oder neurotoxische Wirkung haben sollte. Dieser Ansatz wird im Leitfaden nicht vertieft.

## 2.5 Einsatz von biologischen Testverfahren bei der Planung von Sanierungsmaßnahmen

Entscheidungshilfen im Hinblick auf Maßnahmen zur Schadstoffreduzierung bei Überschreitung von Gefährdungsschwellen ergeben sich aus der Kombination von Testverfahren zur Erfassung der biologischen Abbaubarkeit mit den Standardverfahren der aquatischen Toxizität (Tab. 1). Oft sind Schadstoffgemische nur unter den Bedingungen der Grundwasserumwelt persistent. Die biochemische Diversität der Oberflächengewässer und die Vielfalt der physikochemischen Mikrohabitate (Licht, Redox, pH etc.) ermöglicht oft eine rasche Reduktion der Schadwirkung. Die Kenntnis der Schadwir-

kung nach Behandlung mit Modellkläranlagen kann insbesondere bei Entscheidungen über Maßnahmen der in-situ-Sanierung/natural attenuation hilfreich sein.

## 2.6 Forschungsbedarf

Bei der Erprobung des Einsatzes von biologischen Testverfahren zur Bewertung von Altlasten hat sich gezeigt, dass im Bezug auf die beiden folgenden Punkte Forschungsbedarf besteht.

- Gerade die Schadstoffe, die im Altlastenbereich oft auftreten, wurden nicht unter den standardisierten Bedingungen der Testatterie gemäß Tab. 1 untersucht. Meist handelt es sich um Stoffe, deren Gesundheitsschädlichkeit schon vor der Etablierung der Teststrategie der aquatischen Toxizität bekannt war. Zur vergleichenden Bewertung experimenteller Befunde wäre die Kenntnis der aquatischen Toxizität der in vielen Altlastenfällen vorkommenden Kontaminanten hilfreich.
- Zuverlässige Voraussagen über die Veränderung der Schadwirkung unter den Bedingungen des Vorfluters könnten einen wesentlichen Beitrag zur Frage nach der Tolerierbarkeit des Eintrages in Oberflächengewässer liefern. Es fehlen standardisierte Testverfahren für die Simulation des Bioabbaus/-transformation in Oberflächengewässern im Labormaßstab, die eine Kopplung mit aquatischen Toxizitätstests erlauben.

## Uranbelastung im Grundwasser – ein normaler Schwermetallschaden?

SONJA SCHUSTER

### Vorwort

Bei dem Thema Uran denkt man vor allem an die Radioaktivität dieses Stoffes. Uran gehört jedoch zu den vergleichsweise schwach strahlenden radioaktiven Elementen und die Radiotoxizität der Isotope U235 und U238 ist relativ gering (BERTSCH 2003). Trotzdem wurden Urangelhalte im Grund- oder Trinkwasser lange Zeit fast ausschließlich auf ihre Strahlenwirkung hin bewertet. Diese Betrachtung änderte sich erst, als Ende des letzten Jahrhunderts Untersuchungen auf die nierenschädigende Wirkung des Urans aufgrund seiner chemischen Toxizität hinwiesen. Eine Bewertung durch das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) bestätigte 2007, dass diese deutlich höher einzustufen ist als die radiologische Toxizität des Urans (BFR 2007). Die toxische Wirkung ist vergleichbar mit der anderer Schwermetalle, wie z. B. Blei, Cadmium und Quecksilber.

In Hanau existieren zwei anthropogen verursachte Grundwasserverunreinigungen mit Uran.

### 1 Kurzbeschreibung der Verfahren

In Hanau wurden von Mitte der 50er Jahre bis Mitte der 90er Jahre an drei räumlich getrennten Standorten von verschiedenen Betreibern Brennelemente für Kernkraftwerke hergestellt. Aufgrund von

Diese werden unter der Aufsicht der Oberen Bodenschutzbehörde, dem Regierungspräsidium Darmstadt, Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt Frankfurt saniert. Die Sanierung erfolgt dabei ausschließlich aufgrund der chemischen Toxizität des Urans, d. h. der Gefährdung als Schwermetall. Daher unterscheidet sich auch die Beurteilung und Sanierung der Uranschäden im Grundwasser nur wenig von einem „normalen“ Schwermetallschaden. Dieser Bericht versucht somit, nach einer Kurzbeschreibung der Verfahren, die Besonderheiten, die diese Sanierungen von anderen unterscheiden, aus Sicht der Bodenschutzbehörde aufzuzeigen. Die Unterschiede ergeben sich vor allem aus der radiologischen Bedeutung des Urans und der damit erforderlichen Abgrenzung zu anderen Rechtsgebieten. In fachtechnischer Hinsicht ist die Festlegung des Sanierungsziels für Uran und dessen Abreinigung hervorzuheben.

Undichtigkeiten im Kanalnetz kam es während der Betriebszeiten bei zwei Werksgeländen großflächig zu Verunreinigungen des Bodens und des Grundwassers mit Uran.

Nach dem vollständigen Rückbau der Anlagen sowie aller Gebäude wurde 2001 mit den Bodensanierungen begonnen. Dabei wurde der Boden flächendeckend in einer Mächtigkeit von 0,5 m ausgehoben und entsorgt. In Abhängigkeit vom Grad der Verunreinigung erfolgte zusätzlich ein Aushub bis in maximal 9 m Tiefe. Im Anschluss wurden in beiden Bereichen Grundwassersanierungen mittels Pump-and-Treat an verschiedenen Brunnen geplant und initiiert. Eine Sanierung wurde im Jahr 2002 und die andere 2005 begonnen. Dabei wird das Grundwasser mit bis zu 20 m<sup>3</sup>/h aus vier bis fünf Brunnen gepumpt und über einen Ionenaustauscher gereinigt. In einem Verfahren wird das gereinigte Grundwasser in die Kanalisation des umliegenden Werksgeländes eingeleitet und bei der anderen

Sanierung im Oberstrom wiederversickert.

Mit Grundwasserflurabständen von ca. 2–3 m liegen die Belastungen in einem gut durchlässigen, quartären Porengrundwasserleiter, der aus verschiedenen Lagen von Terrassenkiesen und -sand aufgebaut ist. Darunter stehen in ca. 7–9 m Tiefe zunächst quartäre und dann tertiäre Feinsand-, Schluff- und Tonlagen an. Auch wenn kein eindeutiger Grundwasserstauer zwischen dem tertiären und dem quartären Grundwasserleiter ausgebildet ist, konnte aufgrund der unterschiedlichen hydraulischen Durchlässigkeiten und Fließgeschwindigkeiten bisher keine Schadstoffverlagerung in den tertiären Grundwasseraquifer festgestellt werden.

## 2 Bodensanierung mit radiologischem Schutzziel

Das Atomgesetz (AtG) regelt den Umgang mit Kernenergie, d.h. von der Genehmigung von Anlagen zur Erzeugung oder Verarbeitung von Kernbrennstoffen über die Beendigung eines solchen Betriebs bis hin zur Sanierung von Schäden durch die Kernenergie. Somit unterliegen auch der Betrieb der beiden hier beschriebenen Brennelementwerke, deren Rückbau sowie die anschließenden Sanierungen dem Regelungsbereich des Atomgesetzes und damit der direkten Aufsicht des Hessischen Umweltministeriums. Die Anforderungen an den Schutz des Menschen und der Umwelt vor Schäden durch ionisierende Strahlung oder radioaktive Stoffe sind in der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) geregelt.

Das Bodenschutzrecht findet gemäß § 3 Abs. 2 des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG) keine Anwendung auf die vorangehend genannten Anlagen, die sich im Regelungsbereich des Atomrechtes befinden. Das Bodenschutzrecht kann somit erst nach Entlassung eines Betriebs aus dem Atomrecht greifen, d.h. ggf. auch erst nach erfolgreichem Rückbau und Sanierung.

Die Bodensanierung erfolgte daher rein aus radiologischen Gründen und das Sanierungsziel wurde dementsprechend festgelegt. In der Strahlenschutzverordnung ist als Freibewert und damit als radiologisches Schutzziel ein Dosisrichtwert von 10 Mikrosievert für eine Einzelperson der Bevölkerung pro Jahr festgelegt. Dies bedeutet, dass von einer Strahlenquelle keine Strahlenexposition für einen Menschen ausgehen soll, die diese Dosis von 10 Mikrosievert im Kalenderjahr überschreitet. Mit der Maßeinheit Sievert (früher Rem) wird die biologische Wirkung auf den Menschen angegeben, die von einer radioaktiven Strahlenquelle ausgeht. Der Wert von 10 Mikrosievert ist wissenschaftlich abgeleitet und wird als vernachlässigbare bzw. triviale Dosis angesehen. Sie liegt noch unterhalb der Dosis, die durch die natürliche radioaktive Strahlung verursacht wird, und unterhalb der Strahlungspegel, die zeitweise im Alltag auftreten. So liegt beispielsweise die natürliche Strahlenbelastung in Deutschland bei durchschnittlich ca. 2400 Mikrosievert pro Jahr (BMU 2001). Die Einhaltung des Zielwertes von 10 Mikrosievert wird durch Messung der Aktivitäten in Becquerel nachgewiesen.



Die Beurteilung einer Bodenverunreinigung im Hinblick auf die Strahlenexposition für den Menschen ähnelt dem Bewertungsansatz im Bodenschutzrecht, wonach bei der Beurteilung des Wirkungspfades Boden → Mensch auch die Auswirkungen einer oberflächennahen Bodenverunreinigung auf den Menschen entsprechend der jeweiligen Nutzung bewertet werden.

Neben dem radiologischen Schutzziel waren bei der Bodensanierung keine Sanierungszielwerte für den Wirkungspfade Boden → Mensch aufgrund der chemischen Toxizität des Urans festgelegt worden. Da jedoch die oberflächennahen Bodenschichten flächendeckend ausgetauscht wurden, besteht hier auch kein weiterer Bewertungsbedarf.

### 3 Schnittstelle Atomrecht zum Bodenschutzrecht

Wie vorangehend beschrieben, erfolgte die Bodensanierung unter Aufsicht der Atombehörde bis das radiologische Schutzziel erreicht und der Boden für die gesamten Flächen frei gemessen war. Offen war an dieser Stelle jedoch die Beurteilung des Handlungsbedarfs für das Grundwasser.

Anders als im Bodenschutzrecht erfolgt die Bewertung des Grundwassers aus radiologischer Sicht wie auch beim Boden im Hinblick auf die Auswirkungen auf den Menschen. Für die Sanierungsbedürftigkeit des Grundwassers ist damit relevant, ob oder in welcher Entfernung dieses durch den Menschen genutzt wird und zu welcher Strahlenexposition es dabei kommt. Somit handelt sich hier um eine rein nutzungsbezogene Sichtweise, die sich wesentlich von der des Bodenschutzes und des Wasserrechts unterscheidet. Hier ist das Grundwasser als solches ein Schutzgut und damit ggf. auch sanierungsbedürftig. Die Nutzung des Wassers spielt nur hinsichtlich der Eilbedürftigkeit einer Sanierung eine Rolle.

Nach der Bodensanierung erfolgt in Abhängigkeit von der Belastungssituation des Grundwassers die Entlassung aus dem Atomrecht und damit der Übergang in die Zuständigkeit des Bodenschutzrechtes. In den beiden Verfahren in Hanau erfolgten jedoch die Entlassung aus dem Atomrecht und der Beginn von Maßnahmen nach Bodenschutzrecht aus unterschiedlichen Gründen. Diese sind im Folgenden dargestellt:

#### 3.1 Fall 1

Nach dem Rückbau der kontaminierten Einrichtungen und einer flächendeckenden Bodensanierung wurde das gesamte Gelände radiologisch frei gemessen und damit die Einhaltung des Schutzzieles von 10 Mikrosievert nachgewiesen. Entsprechend der nutzungsbezogenen Betrachtung des Grundwassers aus radiologischer Sicht war die Einhaltung des Schutzzieles ebenfalls gewährleistet, da das Grundwasser an diesem Standort nicht als Trinkwasser oder zur Erzeugung von Lebensmitteln genutzt wird. Das Gelände konnte somit im Jahr 2006 aus dem Regelungsbereich des Atomgesetzes entlassen werden.

Auch wenn aus radiologischer Sicht zum damaligen Zeitpunkt keine Grundwassersanierung erforderlich gewesen ist, war bei Urangelhalten von über 100 µg/l im Schadenszentrum aus chemisch toxischer Sicht eine Sanierung des Grundwassers erforderlich. Die betroffene Firma begann daher frühzeitig mit der entsprechenden Planung und noch vor der offiziellen Entlassung aus dem Atomrecht ging im Jahr 2005 die Grundwassersanierung mit Genehmigung der Bodenschutzbehörde in Betrieb.

#### 3.2 Fall 2

Wie auch im Fall 1 konnte das Gelände nach Rückbau und Bodensanierung aus radiologischer Sicht freigegeben werden. Hier lagen jedoch mit

über 300  $\mu\text{g/l}$  die Uranbelastungen im Grundwasser deutlich höher und eine Bewertung der Situation zeigte, dass es ohne eine Sanierung für die nächstgelegene Grundwassernutzung (Gartenbrunnen in ca. 500 m Entfernung) zu einer Überschreitung der 10 Mikrosievert pro Person pro Jahr kommen kann. Daher ist in diesem Fall auch aus radiologischer Sicht eine Grundwassersanierung erforderlich.

Wie bereits angemerkt, kann das Bodenschutzrecht nicht greifen, solange eine Anlage unter Aufsicht der Atombehörde steht. In diesem Fall ist das Grundwasser jedoch auch mit konventionellen Schadstoffen (LHKW und Arsen) verunreinigt. Da deren Sanierung im Verantwortungsbereich der oberen Bodenschutzbehörde liegt, wird die gesamte Grundwassersanierung, inklusive Uran, von dieser

geregelt und überwacht. Die Sanierung wurde im Jahr 2002 begonnen.

Auch wenn die Grundwassersanierung aus atomrechtlicher Sicht weiterhin erforderlich ist, konnte das Gelände (mit Ausnahme von 1000  $\text{m}^2$  für die Wasseraufbereitungsanlage, vgl. Kapitel 5) im Jahr 2006 für eine weitere industrielle Nutzung aus dem Atomrecht entlassen werden, da durch die laufende Grundwassersanierung gewährleistet ist, dass eine effektive Dosis von 10 Mikrosievert auch bei einer abstromigen Nutzung des Grundwassers eingehalten wird. Da die Sanierung letztlich jedoch sowohl aus bodenschutz- als auch atomrechtlicher Sicht erforderlich ist, erfolgt bei wichtigen Entscheidungen eine Abstimmung zwischen den beiden Behörden.

## 4 Festlegung Sanierungszielwert

Im Zuge der Planung der notwendigen Grundwassersanierungen wurde auch die Definition eines Sanierungszielwertes für Uran erforderlich. Auch wenn bekannt ist, dass die chemische Toxizität des Urans relativ hoch ist und der anderer Schwermetalle wie Blei, Cadmium und Quecksilber ähnelt, liegen hierfür bislang keine einheitlichen Beurteilungswerte wie ein Grenzwert in der Trinkwasserverordnung oder gar ein Geringfügigkeitsschwellenwert für das Grundwasser vor. Im Folgenden sind die wichtigsten, in den letzten Jahren weltweit diskutierten Werte aufgeführt, die sich jedoch vorwiegend auf Trinkwasser beziehen:

Als Erste setzten 1991 die US-amerikanische Umweltbehörde EPA (Environmental Protection Agency) sowie auch die kanadische Gesundheitsbehörde einen Grenzwert für das Trinkwasser von 20  $\mu\text{g/l}$  Uran fest. Nach weiteren Studien erhöhte die EPA im Jahr 2000 den Grenzwert jedoch auf 30  $\mu\text{g/l}$ . Als Standard für das Grundwasser in Gebieten des Uranbergbaus wurde von der EPA ein Wert von 44  $\mu\text{g/l}$  genannt (HLFU 1998). Im Unterschied dazu

empfehl die Weltgesundheitsorganisation (WHO) 1998 zunächst einen Richtwert für Uran im Trinkwasser von 2  $\mu\text{g/l}$ , der aufgrund einer neuen Bewertung der vorangegangenen Untersuchungen im Jahr 2004 auf 15  $\mu\text{g/l}$  angehoben wurde (BFR 2004).

Seit 2004 empfiehlt das Umweltbundesamt (UBA) einen lebenslang duldbaren gesundheitlichen Leitwert von 10  $\mu\text{g/l}$  Uran im Trinkwasser und einen Maßnahmewert von 20  $\mu\text{g/l}$ . Der Leitwert ist dabei wissenschaftlich begründet und bezieht sich allein auf seine chemische Toxizität. Er bietet allen Bevölkerungs- und Altersgruppen, das Säuglingsalter eingeschlossen, lebenslange gesundheitliche Sicherheit vor möglichen Schädigungen der Niere (DIETER 2008). Ergänzend wurde im Jahr 2006 in der Mineral- und Tafelwasserverordnung der Urangehalt für Wässer, die als „geeignet für die Zubereitung von Säuglingsnahrung“ deklariert sind, auf 2  $\mu\text{g/l}$  begrenzt. Dieser Wert bezieht sich aber nicht allein auf die Toxizität, sondern soll dem Verbraucher generell geringe Gehalte an Spurenstoffen und Mineralien signalisieren (DIETER 2008).

Wie vorangehend aufgezeigt, existierten im Jahr 2000, d. h. zu dem Zeitpunkt als im Fallbeispiel 2 erstmals ein Sanierungszielwert festgelegt werden musste, weltweit verschiedene Grenzwerte, die sich jedoch hauptsächlich auf das Trinkwasser bezogen. In Anlehnung an die damals bestehenden Werte sowie unter Berücksichtigung der Erreichbarkeit des Sanierungszieles wurde ein Zielwert von  $20 \mu\text{g/l}$  Uran im Grundwasser festgelegt. Dieser Wert wurde 2005 auch in dem anderen Sanierungsverfahren (Fall 1) als Zielwert übernommen. Hier wurde jedoch ergänzend auch eine Frachtbegrenzung eingeführt.

Bei einer heutigen Betrachtung der Situation liegt der Sanierungszielwert von  $20 \mu\text{g/l}$  Uran im

Rahmen der o. a. bekannten Beurteilungswerte. Mit den heutigen Maßstäben würde man evtl. versuchen, einen Geringfügigkeitsschwellenwert für das Grundwasser abzuleiten und mit Hilfe dessen einen Sanierungszielwert zu definieren. Da jedoch in beiden Verfahren rechtskräftige Sanierungsbescheide bestehen, in denen der Sanierungszielwert von  $20 \mu\text{g/l}$  festgelegt ist, und da dieser Wert auch aus heutiger Sicht noch angemessen ist, wird derzeit nicht an eine Änderung dieses Wertes gedacht.

Zum besseren Vergleich sei abschließend noch erwähnt, dass im Hinblick auf die Radiotoxizität des Urans erst Konzentrationen über  $60 \mu\text{g/l}$  für den Gesundheitsschutz von Belang sind (DIETER 2008).

## 5 Technische Besonderheiten der Uransanierung

Wie vorangehend aufgezeigt, ergeben sich die Besonderheiten der Sanierungen vor allem aus der radiologischen Bedeutung des Urans. Ansonsten unterscheiden sich diese aber nur wenig von anderen Sanierungen. Das belastete Grundwasser wird an verschiedenen Entnahmepunkten gefördert und über getrennte Rohrleitungen den Sanierungsanlagen zugeleitet. Um Feinpartikel abzufiltern, passiert das Wasser zunächst einen Sandfilter, im Fall 2 wird es noch angesäuert und durchläuft dann in beiden Fällen zwei in Reihe geschaltete Ionenaustauscher, in denen die Urankonzentration stattfindet. Im Anschluss wird im Fall 1 das gereinigte Wasser über Infiltrationsbrunnen und seit kurzem über eine Rigole wiederversickert. In Fall 2 erfolgt zusätzlich eine Abreinigung der vorhandenen LHKW über eine Wasseraktivkohle und danach wird das Wasser in die Kanalisation des umliegenden Werksgeländes eingeleitet. Während der Sanierungen werden die Hydraulik, die Urankonzentrationen im Grundwasser sowie im Anlagenzu- und ablauf regelmäßig überwacht.

Als Besonderheit ist in beiden Fällen die Art der Aufbereitung zu nennen. Es gibt verschiedene Ver-

fahren, die prinzipiell geeignet sind, Uran aus dem Grundwasser zu eliminieren, wie Aktivkohle, Umkehrosmose, Nanofiltration, Ionenaustauscher oder auch Fällung durch Eisen(III)-Zugabe. Die besten Ergebnisse zeigen nach heutiger Sicht die Aufbereitung durch Anionenaustauscher (DVGW 2008; HERB 2009). Dies ergaben auch vergleichende Tests im Zuge der Sanierungsplanung. Die Ionenaustauscher waren die beste Lösung sowohl im Hinblick auf die Urankonzentration als auch aus wirtschaftlicher Sicht (WISUTEC 2004). Somit kommt dieses Verfahren in beiden Fällen zum Einsatz. Dabei sind die Tauschereinheiten jeweils mit Absorberharzen gefüllt, auf deren reaktiver Oberfläche Chloridionen gegen die gelösten Uranverbindungen ausgetauscht werden. Die langjährige Sanierung zeigt, dass diese Art der Aufbereitung sehr gut funktioniert, so liegen die Ablaufkonzentrationen der Anlagen in der Regel deutlich unter  $2 \mu\text{g/l}$  Uran.

Da eine Regeneration der Austauscherharze nicht wirtschaftlich ist, werden diese ordnungsgemäß als radioaktiver Abfall gemäß den Vorgaben der Strahlenschutzverordnung entsorgt. Im Fallbeispiel 2 läuft die Aufbereitungsanlage und damit die

Entsorgung der Harze jedoch wie bereits im Kapitel 3.2 erwähnt noch unter Atomrecht. Dies ist darin begründet, dass im Grundwasser Uran mit hohen Anreicherungsgraden vorliegt, d.h. Uran mit einem prozentual erhöhten Anteil des spaltbaren Uranisotops U235. Der Umgang mit angereichertem Uran,

wie es hier in der Wasseraufbreitungsanlage der Fall ist, unterliegt gemäß der dortigen Festlegung dem Atomrecht. Im Fall 1 liegen nur geringe Anreicherungsgrade vor und damit ist diese Aufbreitungsanlage nicht nach Atomrecht genehmigungsbedürftig.

## 6 Fazit und Ausblick

Der vorliegende Bericht sollte einen Überblick über die Besonderheiten einer Uransanierung des Grundwassers aus Sicht der Bodenschutzbehörde liefern. Wie in den vorangehenden Kapiteln aufgezeigt, ergeben sich die Besonderheiten aber weniger aus der chemischen Toxizität des Urans und damit der technischen Beurteilung der vorliegenden Schäden, sondern vielmehr aus der radiologischen Relevanz des Urans und damit den geänderten rechtlichen Rahmenbedingungen zur Sanierung dieser Schäden.

Als Ausblick sei angemerkt, dass im Fall 1 die Urankonzentrationen während des Sanierungsbetriebs bereits im Bereich des Sanierungszielwertes liegen. Ein Abschaltversuch zeigte jedoch, dass an zwei von ehemals fünf Sanierungsbrunnen weiterhin Sanierungsbedarf besteht und so wurde die Sanierung an diesen Brunnen im April dieses Jahres wieder in Betrieb genommen. Aufgrund der vorliegenden Konzentrationen ist ein Ende der Sanierung jedoch absehbar.

Für den zweiten Schadensfall ist die Entwicklung aufgrund eines anderen Ausgangspotenzials sowie schwieriger Randbedingungen, wie einer dichten umliegenden Bebauung, der fehlenden Möglichkeit einer Versickerung, des Vorliegens anderer begleitender Schadstoffe sowie zeitweise limitierter Förderdaten noch nicht in dem Maße fortgeschritten. Zwischenzeitlich wurde hier jedoch im Vergleich zum Sanierungsbeginn im Jahr 2002 die Anzahl der Förderbrunnen von einem auf mittlerweile sechs erhöht und die maximale Förderdaten von 5 m<sup>3</sup>/h auf 15 m<sup>3</sup>/h angehoben. Es ist daher zu hoffen, dass auch in diesem Fall in den nächsten Jahren der Sanierungszielwert erreicht werden kann.

Abschließend möchte ich den Betreibern der beiden Sanierungen für die gute und konstruktive Zusammenarbeit danken.

## Literatur:

- BERTSCH (2003): Radionuklide in der Umweltüberwachung, Medizin und Technik; Wiesbaden
- BFR – Bundesinstitut für Risikobewertung (Hrsg., 2004): Uran in natürlichen Mineral- und anderen, zum Verzehr bestimmten Wässern; Berlin
- BFR – Bundesinstitut für Risikobewertung (Hrsg., 2007): BfR empfiehlt die Ableitung eines europäischen Höchstwertes für Uran in Trink- und Mineralwasser; Berlin
- BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg., 2001): Novellierung der Strahlenschutzverordnung – das Konzept der Freigabe; Berlin
- DIETER, H.; SCHULZ, C. (2008): Uran im Trinkwasser. - Telegramm Umwelt + Gesundheit; Information des Umweltbundesamtes 03/2008; Dessau
- DVGW – Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V. (Hrsg., 2008): Trinkwasserversorgung und Radioaktivität, Technische Mitteilung, Hinweis W 253; Bonn
- HERB, S. (2009): Uranentfernung in der Trinkwasseraufbereitung. In: Wasser und Abfall, 4/2009, S. 25 ff.; Wiesbaden
- HLFU – Hessische Landesanstalt für Umwelt (1998): Ergänzender Bericht zur Ermittlung des aufgestellten Sanierungszielwertes von Uran im Grundwasser auf der Basis einer ökotoxikologischen Bewertung der Chemotoxizität von Uran; Wiesbaden
- WISUTEC (2004): Ergebnisbericht, Erarbeitung einer technologischen Lösung zur Abtrennung von Uran aus Grundwasser; Chemnitz

## Abschlussprogramm kommunale Altlastensanierung – Zukunftsaufgabe Flächenrecycling

MUSTAFA DÖNMEZ

### 1 Allgemeines

Das Land unterstützt seit 1990 die Kommunen finanziell bei der Sanierung der kommunalen Altlasten. Kommunal verursachte Altlasten werden ausschließlich durch die hierfür verantwortlichen kommunalen Gebietskörperschaften saniert. In der Altlastenstatistik des Landes Hessen sind (zum Stichtag September 2008) 7312 Altablagerungen erfasst. Nicht alle Altablagerungen sind sanierungsbedürftig. In 179 Fällen wurde der Altlastverdacht und bei 37 Flächen die Altlast aufgehoben. Die erheblichen Bemühungen insbesondere der letzten fünfzehn Jahre ergeben 714 abgeschlossene Sanierungsmaßnahmen, davon entfallen 81 auf Altablagerungen, 516 auf Altstandorte und 117 auf schädliche Boden-

veränderungen. Bis zum Stichtag September 2008 sind bei 52 Altablagerungen, 255 Altstandorten und 405 Schädlichen Bodenveränderungen Sanierungsmaßnahmen eingeleitet worden. Die Daten werden in der vom Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) geführten Altflächendatei aktuell gesammelt und bei Bedarf zur Verfügung gestellt bzw. bei Planungs- und Gestattungsverfahren eingebracht. Erfasst wurden im Wesentlichen ehemalige Deponien (Altablagerungen), wovon die bekanntesten der inzwischen gesicherte „Monte Scherbelino“ in Frankfurt am Main und die in Sanierung befindliche Deponie Grix in Offenbach sind.

### 2 Kommunale Altlastensanierung, Verfahren bis Ende 2006

Die finanziellen Aufwendungen für die Erkundung, Untersuchung und Sicherung/Sanierung solcher Altlasten sind sehr hoch und überfordern damit oft die Finanzkraft der sanierungsverantwortlichen Gemeinden. Aus diesem Grund werden diese Maßnahmen in Höhe von i.d.R. 70 bis zu 90 v.H. aus dem kommunalen Finanzausgleich und der „Altlastenfinanzierungsumlage“ finanziert. Erstuntersuchungen wurden bis zu einem Betrag von 15 000 €

zu 100 v.H. gefördert. Die zweckgebundene Altlastenfinanzierungsumlage wird nach § 14 Hessisches Altlasten- und Bodenschutzgesetz (HAltBodSchG) durch das Land jährlich von den kommunalen Entsorgungspflichten erhoben. Die Höhe der Umlage wurde von HMULV im Einvernehmen mit dem Ministerium der Finanzen und dem Ministerium des Innern und für Sport und im Benehmen mit den kommunalen Spitzenverbänden festgelegt.

Das HMULV hat diese Mittel verwaltet. Die Zuwendungen richteten sich nach dem jährlich aufzustellenden Sanierungsplan und der Altlastenfinanzierungsrichtlinie. Oblag die Sanierungspflicht einer ganz oder teilweise im kommunalen Eigentum stehende Kapitalgesellschaft, konnten die Mittel der Kommune, die Anteile an der Gesellschaft hält, zur Weiterleitung bewilligt werden. Voraussetzungen hierfür waren, dass die Altlast als Folge der früheren

Aufgabenerfüllung der Gebietskörperschaft entstanden ist und das zu sanierende Grundstück mindestens seit 1990 im Eigentum des Sanierungspflichtigen steht.

Seit 1992 bis einschließlich 2008 wurden für die Sanierung der kommunalen Altlasten Mittel in Höhe von rund 150 Mio. € zur Verfügung gestellt.

### 3 Verfahren ab 2007 „Abschlussprogramm kommunale Altlastensanierung“

Die Politik der hessischen Landesregierung zielt darauf hin, dass die Sanierung von kommunalen, gewerblichen und Rüstungsaltlasten sowie von Industriebrachen zügig voranschreitet. Auf diese Weise werden Impulse für städtebauliche Entwicklungen gegeben, Investitionshemmnisse beseitigt und der Gesundheits- und Umweltschutz verbessert. Zugleich kann damit der Verbrauch an Freiflächen für Verkehrs- und Siedlungszwecke vermindert und so ein Beitrag zur Umsetzung der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung geleistet werden. Bei der Mittelbereitstellung für die Altlastensanierung hat Hessen bereits in den letzten Jahren eine Spitzenstellung unter den westdeutschen Ländern eingenommen. Mit dem o. g. Abschlussprogramm hat die Landesregierung den Kommunen nochmals finanzielle Anreize gegeben, ihre Altlasten zügig zu untersuchen und sie – sofern erforderlich – zu sanieren. Im Haushalt 2007 wurden hierfür erstmalig Verpflichtungsermächtigungen in Höhe von 50 Mio. € zur Verfügung gestellt.

Ziel ist es, dass die kommunalen Altlasten bis zum Jahr 2015 nahezu vollständig beseitigt werden. Daher sind für die Voranmeldung der Vorhaben, den Abschluss der Untersuchungen und für die Antragstellung Fristen vorgesehen worden. Kommunen, die dennoch nicht handeln, müssen mit ordnungsrechtlichen Maßnahmen nach dem Bundesbodenschutzgesetz rechnen und erhalten keine Förderung.

Im Rahmen des Abschlussprogramms können die zuwendungsfähigen Ausgaben von Sanierungsvorha-

ben vollständig durch Darlehen vorfinanziert werden. Vom Land sollen eine Zinsvergünstigung von 1 Prozentpunkt und Tilgungsanteile zu den zuwendungsfähigen Ausgaben von 60–80 % (je nach finanzieller Leistungsfähigkeit der Gemeinde) übernommen werden. Es soll für den Regelfall eine 10-jährige Laufzeit der Darlehen vorgesehen werden. Die Abwicklung der Finanzierungsverträge wird durch die LTH übernommen. Die Zins- und Tilgungsanteile sollen vom Land unmittelbar an die LTH gezahlt werden; daher sind in Höhe des Landesanteiles keine Kreditermächtigungen in den kommunalen Haushaltssatzungen erforderlich. Für Untersuchungen werden nicht rückzahlbare Zuweisungen im Wege der Festbetragsfinanzierung in Höhe der bisherigen Fördersätze gewährt.

**Kommunen, die am Programm teilnehmen wollten, mussten bis zum 31.09.2007 eine Voranmeldung einreichen, d.h. bis zu diesem Zeitpunkt waren die Kommunen angehalten zu erklären, dass sie bestimmte Altlasten untersuchen (sofern noch erforderlich) und (ggf.) sanieren wollen. Nach diesem Termin ist eine Aufnahme in das Abschlussprogramm nicht möglich. Ausnahmen bilden nur Projektanträge, die aus von der Kommune nicht allein zu verantwortenden Gründen verspätet eingereicht werden.**

Im Rahmen der Umsetzung des Abschlussprogramms sind über 1700 Anträge bei den Regierungspräsidien eingegangen. Diese müssen dort zügig bewertet und entsprechende Schritte (Erstun-

tersuchung, Detailuntersuchung, Sanierungsplanung und Sanierung) eingeleitet werden. Evtl. noch erforderliche Erstuntersuchungen sollten bis jetzt abgeschlossen werden, so dass Finanzierungshilfesanträge für Sanierungsvorhaben spätestens bis zum 31.12.2010 auf der Basis eines genehmigten Sanierungsplans zu stellen wären. Bewilligungen werden letztmalig in 2011 gewährt werden.

**Förderanträge auf Gewährung von Finanzierungen im Haushaltsjahr 2009 sind bis zum 31.06. 2009 zu stellen. Für die Anträge und Voranmeldungen sind die Antragsmuster zu verwenden, die auch mit ergänzenden Hinweisen im Internet eingestellt wurden. Sie sind beim jeweils**

**örtlich zuständigen Regierungspräsidium einzureichen.**

Dieses neue „Abschlussprogramm“ wurde im Vorfeld der Einführung mit den kommunalen Spitzenverbänden erörtert und deren Anregungen zum größten Teil übernommen.

Zur Zeit wird in der Fachabteilung über die Möglichkeit (Abwägung der Chancen und Risiken) einer Erweiterung der Fördermöglichkeit des Flächenrecyclings für kommunale Altlasten, die nicht kommunal verursacht sind, sich aber im kommunalen Besitz befinden, diskutiert.

#### 4 Zukunftsaufgabe Flächenrecycling

Nach allgemeiner Definition ist Flächenrecycling „die nutzungsbezogene Wiedereingliederung solcher Grundstücke in den Wirtschafts- und Naturkreislauf, die ihre bisherige Funktion und Nutzung verloren haben ... mittels planerischer, umwelttechnischer und wirtschaftspolitischer Maßnahmen“. Beispiele sind stillgelegte Industrie- und Gewerbebetriebe und Militärliegenschaften. Soll z.B. neuer Wohn- und Gewerberaum geschaffen werden, so stellen Gewerbe- und Industriebrachen eine wichtige Alternative zum Bauen auf der „grünen Wiese“ dar, um den Zuwachs an Siedlungs- und Verkehrsflächen zu reduzieren. Die Revitalisierung der Brachen wird von einer ganzen Reihe von Faktoren beeinflusst. Zu nennen sind hier:

- Städtebauliche,
- ökologische,
- sozialpolitische und
- wirtschaftliche Aspekte

Dabei beginnt Flächenrecycling mit der Baureifmachung und endet mit der erfolgreichen Vermark-

tung der Fläche. Bei Flächenrecyclingprojekten stellt sich die Frage, in wie weit vorhandene Altlasten ein objektives Hemmnis bzw. Hindernis für die Flächenentwicklung darstellen. Sicherlich beeinflussen ökonomische Aspekte tiefgreifend die Realisierung von Flächenrecyclingmaßnahmen. Altlastenprobleme schrecken, so die gängige Meinung, in der Regel potentielle Investoren eher ab. Aber welche Rolle spielen die Untergrundverunreinigungen tatsächlich bei der Baureifmachung und der Suche nach einem geeigneten Investor. Diese Aufgaben werden wir in den nächsten Jahren verstärkt annehmen. Die bisherigen Erfahrungen in Hessen haben gezeigt, dass solche Standorte nicht selten zu attraktiven Gewerbe- oder Wohngebieten entwickelt werden können.

Im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie der Hessischen Landesregierung wurde das Thema angemeldet.

## Feuerwehreinsätze mit Biodiesel-Leckagen – Erfahrungen der Werkfeuerwehr –

THORSTEN WENDERHOLD

### 1 Einleitung

Grundsätzlich ist das Aufnehmen von ausgelaufenen Flüssigkeiten auf öffentlichen Verkehrs- oder sonstigen Flächen nur dann Aufgabe der Einsatzkräfte der Feuerwehren, wenn dies der unmittelbaren Gefahrenabwehr dient. Dies ist z. B. bei Unfallgefahr, Umweltgefährdung, gefährlichen Stoffen oder bei Explosionsgefahr der Fall. In der Regel erfolgt eine Absprache mit den vor Ort tätigen Institutionen, wie z. B. Polizei, Feuerwehr und Straßenmeisterei. Innerhalb des Industrieparks Kalle-Albert in Wiesbaden werden die Abarbeitung solcher Einsatzsituationen und die weitere Organisation von Folgemaßnahmen vom Einsatzleiter der Werkfeuerwehr durchgeführt. Auch hier werden eigene Fachabteilungen und bei Bedarf externe Fachfirmen beteiligt.

Noch nicht sehr viele Feuerwehren haben umfangreiche Erfahrungen mit Biodiesel sammeln können. Die Reaktionen nach abgeschlossenen Einsätzen sind häufig jedoch die gleichen; Biodiesel gilt als schwerer entfernbar als andere Kraftstoffe und erfordert spezielles Material und Gerät. Die betroffene Verkehrsfläche weist, teilweise auch nach Reinigungsmaßnahmen, durch fehlende Griffbarkeit sehr großes Gefahrenpotential auf.

Neben Besen und speziellem Bindemittel können je nach Einsatzart auch Kehr- und Reinigungsmaschinen, Heißwasser oder Hochdruckdampf zur abschließenden Straßenbelagsreinigung erforderlich werden.

### 2 Eignungen von Bindemitteln

Hauptaspekte bei der Aufnahme von Flüssigkeiten wie z. B. Mineralöl oder Biokraftstoff sind die Eigenschaften des zu bindenden Stoffes, die Eignung des Bindemittels, die Wirkung des Stoffes auf

das Bindemittel, der personelle Aufwand in Abhängigkeit der ausgelaufenen Menge und betroffenen Fläche sowie die spätere Verfüllung in Gebinde und die Entsorgung des kontaminierten Bindemittels.



Weiterhin müssen in den meisten Bundesländern entsprechende Prüfzeugnisse vorliegen, damit ein Bindemittel im öffentlichen Verkehrsraum eingesetzt werden darf.

Feuerwehren haben darauf zu achten, dass das Bindemittel den Zusatz „R“ aufweist. Nur diese kön-

nen unter normalen Umständen die Rutschfestigkeit des Fahrbahnbelages wieder herstellen. Fragen während eines Einsatzes können u. U. durch einen Chemie-Fachberater oder durch das Transport-Unfall-Informationssystem (TUIS) beantwortet werden. Beide Quellen stehen in der Regel telefonisch oder auch vor Ort zur Verfügung.

### 3 Besonderheiten von Biodiesel

Biodiesel, chemisch auch Pflanzen- oder Rapsölmethylester, stellt hohe Anforderungen an Bindemittel und Einsatzkräfte. Als Rohstoff dient vorwiegend Pflanzenöl, hier hauptsächlich Rapsöl. Weitere Rohstoffe können auch Altspeise- oder Tierfette sein. Derzeit beträgt der Anteil an Biodiesel im normalen Dieselmotorkraftstoff etwa 5–10 %. Biodiesel kann bis etwa 20 % Rapsöl enthalten und wird dann als B20 bezeichnet. Reiner Biodiesel trägt die Bezeichnung B100. Biodiesel ist ähnlich wie Bremsflüssigkeit hygroskopisch und wirkt auf manche Oberflä-

chen wie ein Lösungsmittel, z. B. auch auf Lacke, Gummi und Kunststoffe. Betroffen sein können somit also Dichtungen und Schlauchleitungen in Fahrzeugen, aber auch Fugenmaterial von Straßenbelägen. Nicht selten sind betroffene Verkehrsflächen ähnlich beschädigt wie bei ausgelaufenen Chemikalien. Biodiesel ist schwach wassergefährdend (WGK 1) und weist einen Flammpunkt von etwa 160–180°C auf. Dadurch stellt er kein Gefahrgut dar. Die Umweltverträglichkeit ist unter Fachleuten umstritten.

### 4 Erfahrungen der Werkfeuerwehr InfraServ Wiesbaden in der Einsatzabwicklung

Die Bewältigung eines Einsatzes mit ausgetretenem Biodiesel-Kraftstoff stellt Einsatzkräfte immer wieder vor Probleme. Allgemeine Handlungsrichtlinien für Feuerwehren existieren derzeit nicht. Viele Bindemittel sind laut Hersteller „Biodiesel tauglich“ und sind letztendlich im Einsatz nicht so leistungsfähig, wie man es erwarten kann.

Einsätze an einer Biodiesel-Anlage am Standort in Wiesbaden stellten auch die Werkfeuerwehr InfraServ Wiesbaden bereits in den Jahren 2001 und 2002 immer wieder vor Probleme, da auslaufender Stoff nicht in ausreichender Menge und in ausreichend kurzem Zeitraum aufgenommen werden konnte. Im öffentlichen Verkehrsbereich traf man diese Kraftstoffart damals noch eher selten bis

gar nicht an. Bindemittelhersteller hatten ihre Produkte, häufig bis heute, noch nicht umgestellt. Auch viele heute vorhandene Bindemittel verklumpen zwar mit dem Biokraftstoff, nehmen aber keine nennenswerte Stoffmenge auf. Durch Verklebungen werden Abkehren und Aufnehmen extrem erschwert. Große Mengen Bindemittel und hoher Personal-/Kraftaufwand sind nötig, um Erfolge zu erzielen. Auch Kehr- und Reinigungsmaschinen bringen teilweise neben Maschinenschäden wenig bis kein Fortkommen an der Einsatzstelle. Verfügbare und sehr spezielle Reinigungsmaschinen mit Rund-um-die-Uhr-Notruf stehen nicht immer schnell zur Verfügung und kommen erst zur Aufnahme der letzten Schicht Bindemittel und zur Endreinigung der Straße zum Einsatz.

Der Hauptanteil des ausgelaufenen Stoffes muss vorher per Hand entfernt werden. Bei längerer Verweildauer des Biodiesels auf der Verkehrsfläche wird diese sehr stark angegriffen, da der Biodiesel sehr schnell in die Porenstruktur der Oberfläche eindringt. Hier lässt sich ein „Weichmachereffekt“ feststellen. Auch Fugenmaterial wird häufig beschädigt. Nach vielen Tests und Versuchen war es uns möglich ein Bindemittel zu ermitteln, welches den Anforderungen eines Biodiesel-Einsatzes in hohem Maße gewachsen ist (Produktinformation siehe nächstes Kapitel). Aufgrund räumlicher Nähe zwischen Bindemittelhersteller und der Werkfeuerwehr InfraServ Wiesbaden waren wir bereits in der Erprobungsphase beteiligt und konnten unser Einsatz-Know-how einfließen lassen. Dieses Bindemittel weist ein sehr hohes Aufnahme- und Bindungsvermögen gegenüber Biodieselskraftstoff, aber auch gegenüber anderen Kraftstoffen auf.

Die Handhabung des mit einem Stoff kontaminierten Bindemittels lässt sich mit gut bis sehr gut

beschreiben. Eine Nachreinigung der Straßenoberfläche nach Aufnahme des Kraftstoff-/Bindemittelgemisches ist nachweislich häufig nicht mehr nötig. Die körperliche Belastung der Einsatzkräfte reduziert sich erheblich. Durch das Bindemittel notwendige Schutzmaßnahmen und das Tragen von Schutzkleidung werden vom Hersteller empfohlen, jedoch nicht als zwingend notwendig erachtet, da durch die Konsistenz als geschreddertes Baumwolle/Zellstoffmaterial keine Staubbildung auftritt.

Die Testphase bei der Werkfeuerwehr betrug über ein Jahr und wurde nach jedem Einsatz entsprechend verwendbar dokumentiert. Berücksichtigt wurden bei unserer Dokumentation der ausgetretene Stoff, Untergrund, betroffene Fläche, Auftragsdicke, Umgebungstemperatur, Aufnahmeart, Aufsaugzeit, Zersetzung des Bindemittels und die Witterung.

## 5 Bindemittel der Werkfeuerwehr InfraServ Wiesbaden, u. a. „Fluisorb III R“

Das hier zu nennende Bindemittel basiert auf nachwachsenden Rohstoffen (Baumwolle 30% und Zellstoff 70%) und war ursprünglich bzw. ist bis heute als Schwammtuch für den Haushaltsbereich bekannt. Der Weg zum Bindemittel führte über verschiedene Verwendungsstationen schließlich in geschreddeter Form zum heutigen Ölbinder. Der Zellstoff, genauer regenerierte Zellulose, entsteht aus verschiedenen Holzfasern. Das Herstellungsverfahren wirkt sich wesentlich weniger negativ auf den Treibhauseffekt aus als die Herstellung synthetischer Fasern. Während des Herstellungsprozesses werden Salze in Produktmasse eingeknetet und später wieder ausgewaschen. Durch die so entstehenden Hohlräume im Schwammtuchmaterial entsteht ein sehr großes Verhältnis von Oberfläche zu Masse. Das Bindemittel kann aufzunehmende Stoffe schnell in die Poren einleiten und die Flüssigkeit sicher speichern. Durch das Verhalten des Bin-

demittels reduzieren sich Zeitaufwand, Belastung der Einsatzkräfte sowie Transportaufwand. Bei geringem Eigengewicht und hohem Absorptionsvermögen verringern sich zusätzlich die Entsorgungskosten. 1 kg Ölbinder Fluisorb III R bindet z. B. 5,6 Liter Heizöl oder 6,5 Liter Biodiesel. Fluisorb III R ist durch Materialprüfanstalten und anerkannte Forschungs- und Untersuchungsgesellschaften geprüft, beispielsweise nach „Anforderungen an Ölbinder“, „Lebensmittelrechtliche Unbedenklichkeit“ und „Verrottung“. Weitere verwertbare Versuchsreihen wurden durchgeführt, z. B. hinsichtlich Aufnahmevermögen Biodiesel, Dieselskraftstoff und Kerosin.

Das Ölbindemittel verrottet nach 24 Wochen rückstandsfrei, was sich bei Verwehungen von nicht kontaminiertem Bindemittel an der Einsatzstelle wiederum positiv auf die Umwelt auswirkt.

## Arbeitsschutz im Altlastenbereich, Erfahrungen im Stadtstaat Hamburg

BRIGITTE SPRÜSSEL

In Hamburg hat es in den letzten 20 Jahren eine Vielzahl von Altlastensanierungen gegeben – angefangen von der Mülldeponie Georgswerder über eine ehemalige Pflanzenschutzmittelfabrik bis hin zu Gaswerksstandorten. Langjährige Erfahrungen im Bereich der Altlastensanierungen und Arbeiten auf kontaminierten Standorten bestätigen, wie sinnvoll die rechtlichen Anforderungen an den Arbeitnehmerschutz bei Sanierungen sind.

Das Wichtigste erscheint mir, den Arbeitsschutz von vorneherein bei allen Schritten der Planung einzubeziehen. Stufen Sie schon bei der Ermittlung der Gefahrstoffe diese nicht nur nach LAGA ein, um die Entsorgungswege zu planen, sondern untersuchen Sie ggf. auf Grund historischer Recherche auf weitere Stoffe. Z. B. berücksichtigen Sie bei Altstandorten von Chemischen Reinigungen, dass Perchlorethylen im Boden mikrobiell abgebaut wird, wobei sich u. a. Vinylchlorid bildet. Darauf müssen Sie Ihre Boden- und Grundwasserproben untersuchen. Vinylchlorid ist krebserzeugend und sehr leicht flüchtig und stellt bei der Sanierung ein spezielles Problem dar.

Bei der Beurteilung der Gefährdung berücksichtigen Sie die Gefahrstoffeigenschaften und ihre physikalischen, toxischen, biologischen und allergisierenden Wirkungen. Daneben beziehen Sie die

räumlichen Gegebenheiten und die speziellen Sanierungsanforderungen ein.

Ihr Grundsatz muss lauten: Ich verhindere oder minimiere mindestens die Freisetzung von Gefahrstoffen oder biologischen Arbeitsstoffen. Entsprechend wählen Sie die Arbeitsverfahren aus. Bei sehr flüchtigen Stoffen im Boden kommt es darauf an, kleinräumig zu arbeiten, damit die Gefahrstoffe z. B. wirksam abgesaugt werden können. Z. B. kann statt mit großen Baggerschaufeln mit geschlossenen Greifern direkt in Container verladen werden. Auch Bohrverfahren können zur Sanierung eingesetzt werden, damit Gefahrstoffe weniger ausgasen.

Wenn Sie die Arbeitsschutzmaßnahmen festlegen, beachten Sie das TOP-Prinzip: Technische und organisatorische Maßnahmen haben Vorrang vor dem Einsatz von persönlichen Schutzausrüstungen wie z. B. Atemschutz.

Zu den technischen und baulichen Maßnahmen zählen u. a. Baumaschinen, deren Fahrerkabine mit einer Anlage zur Atemluftversorgung ausgerüstet ist entsprechend Berufsgenossenschaftlicher Information (BGI 581). Geschlossene Umzäunung und eine Schwarz-Weiß-Anlage verstehen sich von selbst. Wenn Explosionsgefahr besteht, können z. B. in Baugruben Bewetterungsanlagen notwendig werden.

Zur Staubbekämpfung muss das Material befeuchtet werden. Besonders wirksam sind Berieselungsanlagen oder Sprühnebel.

Der Organisation auf der Baustelle kommt eine wichtige Rolle zu. Die saubere Trennung von Schwarz/Weiß- und evtl. Graubereichen z.B. für die Verladung kann nur bei klarer Festlegung von Anfang an funktionieren. Dazu muss der Koordinator, ggf. der Bauleiter alle Beteiligten vor Beginn der Maßnahme unterweisen. Inhalt der Unterweisungen sind mindestens die Betriebsanweisungen, die neben den stofflichen Gefährdungen vor allem die Vorgehensweise beschreiben sollen, wie die Mitarbeiter in den einzelnen Tätigkeitsbereichen geschützt werden und sich verhalten müssen. Das bedeutet, dass Sie für die einzelnen Tätigkeitsbereiche verschiedene Betriebsanweisungen erstellen müssen. Erfahrungsgemäß werden dabei leicht die LKW-Fahrer vergessen.

Legen Sie besondere Sorgfalt auf die Auswahl notwendiger persönlicher Schutzausrüstungen. Schutzanzüge sollen möglichst atmungsaktiv sein. Wenn sie aber gegen Flüssigkeiten oder spezielle Chemikalien schützen sollen, kann das leicht zu Lasten der Atmungsaktivität gehen. Ist Atemschutz nicht zu vermeiden, müssen Sie berücksichtigen, dass die Tragezeit begrenzt ist. Die maximale Tragedauer bis zu einer Pause von mindestens einer halben Stunde hängt von der Art des Atemschutzes, der Schutzkleidung, der Arbeitsschwere und den klimatischen Bedingungen ab. Achten Sie bei der Auswahl von Atemschutz darauf, keine unnötigen Filter vorzusehen, wenn das Gefahrstoffspektrum bekannt ist. Gebläse unterstützte Atemschutzgeräte setzen den Atemwiderstand herab und erleichtern diese ohnehin schweren Arbeitsbedingungen.

Alle Maßnahmen, die dem Arbeitsschutz auf der Sanierungsbaustelle dienen, müssen Sie in einem Arbeits- und Sicherheitsplan beschreiben. Je klarer Sie Ihre Maßnahmen vorgeben, desto qualifizierter und realistischer kann die ausführende Firma ihr Angebot gestalten.

Zur Vorbereitung der Sanierung fehlt jetzt noch ein Messkonzept zur Kontrolle, dass die geplanten

und durchgeführten Maßnahmen auch tatsächlich ausreichenden Schutz für die Mitarbeiter bieten.

Die beste Planung nützt allerdings wenig, wenn die Maßnahmen nicht umgesetzt werden. Gründe dafür sind sehr oft viel zu enge Terminplanung, aber auch Unverständnis oder Unkenntnis bei fehlender Unterweisung. Hier kommt dem Koordinator (nach Berufsgenossenschaftlicher Regel BGR 128 „Kontaminierte Bereiche“) eine entscheidende Rolle zu, denn er hat Weisungsbefugnis bezüglich der Arbeitsschutzmaßnahmen für alle auf der Sanierungsfläche Tätigen. Die fehlende oder halbherzige Unterweisung führt leicht zu typischen Fehlern, die wir immer wieder erleben und die ggf. teure Investitionen zum Schutz der Mitarbeiter unwirksam machen. Z. B. gibt es oft keine klaren Regelungen zum Ein- und Ausstieg in die Baumaschinen. Wenn im Schwarzbereich – auch nur kurzfristig – ausgestiegen wird, ist die Verschleppung in die Fahrerkabine vorprogrammiert. Dann nützt auch die gefilterte Zuluft nicht, die Atemluft für den Fahrer gefahrstofffrei zu halten. Auch die klare Trennung von Schwarz- und Weißbereich in der Schwarz-Weiß-Anlage scheint nicht leicht zu sein. Wenn Sie sich den Sinn der Trennung einmal grundsätzlich klarmachen, Ihren Mitarbeitern vermitteln und vor allem als Vorgesetzte sich selbst daran halten, können Sie die meisten Anwendungsfehler von Schutzeinrichtungen vermeiden.

#### **Auswahl von Vorschriften und Regeln:**

- 1 Technische Regeln Gefahrstoffe, TRGS 524 „Sanierung und Arbeiten in kontaminierten Bereichen“
- 2 Berufsgenossenschaftliche Regeln, BGR 128 „Kontaminierte Bereiche“
- 3 BGR 189 „Einsatz von Schutzkleidung“
- 4 BGR 190 „Benutzung von Atemschutz“
- 5 BGR 195 „Einsatz von Schutzhandschuhen“
- 6 Berufsgenossenschaftliche Information
- 7 BGI 581 „Fahrerkabinen mit Anlagen zur Atemluftversorgung auf Erdbaumaschinen und Spezialmaschinen des Tiefbaus“ .

## Verfahren des Spezialtiefbaus in der Altlastensanierung: Chancen und Zukunftsmöglichkeiten

JOHANN MESCH & THOMAS SCHMIDT-MODROW

### Zusammenfassung

Spezialtiefbaumethoden sind als Hilfgewerke bei den klassischen Verfahren der Altlastensanierung schon lange bekannt. Richtig interessant aber wird die Verwendung von Bohrgeräten oder Injektionsanlagen, wenn sie – und das ist die wirkliche Innovation – für konkrete Lösungen eingesetzt werden. So wird bei BAUER der Einsatz von erprobten Verfahren des Spezialtiefbaus und ihre Modifikationen für die Altlastensanierung immer wieder

geprüft und weiterentwickelt. Diese Verfahren stellen unter spezifischen Bedingungen sehr häufig die technisch ideale Lösung dar und erweisen sich auch unter schwierigsten Randbedingungen als noch sehr kostengünstig. Das gilt sowohl für Sicherungs- als auch für Sanierungstechniken. Aus der mittlerweile großen Zahl von zur Verfügung stehenden Verfahren werden im Folgenden fünf verschiedene anhand von konkreten Baustellen-Berichten vorgestellt.

### 1 Einleitung

Ob man nun die Schlagworte „Innovationen“ und „Synergie-Effekte“ bemüht – es geht darum, bewährte Verfahren in neuen Bereichen anzuwenden. Ein Beispiel dafür ist der Einsatz von Verfahren des Spezialtiefbaus in der Altlastensanierung. Zwar tauchen auch schon bei den klassischen Methoden der Altlastenbearbeitung – Bodenaushub und Entsorgung oder „Pump and Treat“-Systeme bei der Behandlung von Grundwasser – verschiedene Spezialtiefbaumethoden als Hilfgewerke auf: zum Beispiel, wenn Spundwände Schadensherde für den Aushub temporär eingrenzen oder im Bereich Wasser bei der „Topfbewirtschaftung“ Dichtwände zur Schadenseinkapselung hergestellt werden. Dabei wird sowohl bei der Sicherung als auch bei der

Sanierung von Altlasten die Wahl der jeweiligen Technik maßgeblich von den lokalen Bedingungen bestimmt.

Trotz schwierigster Randbedingungen – zum Beispiel knapper Arbeitsraum oder bestimmte geologische oder hydrologische Verhältnisse – stellen die Verfahren des Spezialtiefbaus oftmals eine kostengünstige Alternative dar oder machen eine Sanierung überhaupt erst möglich. Folgerichtig nimmt die BAUER Umwelt GmbH (BMU), als Unternehmen der BAUER Gruppe und somit im Konzern eng mit der BAUER Spezialtiefbau GmbH verbunden, einem der weltweit innovativsten Spezialtiefbau-Unternehmen, immer wieder die Möglichkeit wahr,

Elemente des Spezialtiefbaus in der Umwelttechnik anzuwenden. Für die gerätetechnische Seite kann dabei die Unterstützung der BAUER Maschinen GmbH in Anspruch genommen werden. Somit kann die BAUER Umwelt GmbH bei der Abwicklung von Umwelttechnikprojekten auf ihr in zwei Jahrzehnten erworbenes Know-how und beim Umgang mit großen und komplizierten Baustellen auf die Erfahrung in der Anwendung von bewährten Spezialtiefbau-Techniken verweisen.

Folgende Verfahren aus dem Spezialtiefbau werden bei Kontaminationen in den Medien Grundwasser, Bodenluft und Boden angewendet:

a.) Sicherungstechniken:

- Vertikale Dichtwände  
(z. B. Schmalwand, Spundwand, Schlitzdichtwand, Mixed-in-Place (MIP)-Wand, Bohrpfahlwand, Hochdruckinjektionswand, sowie deren Kombinationen)
- vollflächige Immobilisierungen  
(z. B. MIP, CSV, diverse Injektionsmethoden)
- horizontale Basisdichtungssysteme  
(z. B. diverse Injektionssohlen)

b.) Sanierungstechniken:

- In-situ-Verfahren

(z. B. Reaktive Wand, Drainagewand, Funnel and Gate System)

– Ex-situ-Verfahren

(z. B. Hot Spot-Austauschbohrungen, In-situ-Konditionierung durch MIP für anschließenden Aushub, Einsatz verschiedenster Verbauverfahren zur Erstellung von kompletten Baugruben bei Sanierungsaushub)

Spezialtiefbauverfahren sind in der Umwelttechnik in der Regel „maßgeschneiderte Lösungen“. Deshalb sollen im Weiteren einige besonders interessante Verfahren an Hand konkreter Baustellen gezeigt werden. Diese haben sich bei den verschiedenen Sanierungsprojekten in ihrer Machbarkeit und Zuverlässigkeit vor allem von der Kostenseite her als äußerst wettbewerbsfähig gegenüber anderen Varianten durchgesetzt:

- Immobilisierung mittels Niederdruckinjektion
- Immobilisierung mittels Hochdruckinjektion
- Passive Wasserreinigung / Funnel and Gate System (Gate: wasserdurchlässige Bohrpfahlwand)
- Passive Wasserreinigung / Drain and Gate System (Gate: Spundwandkasten/Aktivkohlefilter)
- Austauschbohrungen

## 2 Immobilisierung mittels Niederdruckinjektion – am Beispiel des Sanierungsprojektes einer ehemaligen Industriehalle am Niederrhein

Immer dort, wo es sich bei der Sicherung einer Altlast um räumlich schwer zugängliche Bereiche handelt – zum Beispiel unterhalb von Bauwerken – sind Injektionen des Bodens oft die einzige Möglichkeit einer Sicherung. Im Folgenden werden zwei Verfahren anhand von Projekten vorgestellt.

Eine ehemalige Industriehalle am Niederrhein, die in der Bausubstanz wie auch im Untergrund mit Cyaniden kontaminiert war, sollte einer neuen Nutzung zugeführt werden. Dazu war eine Gesamt-sanierung nötig. Diese setzte sich aus der Sanierung der Gebäudesubstanz und einer Immobilisierung

des kontaminierten Bodenkörpers unter dem Gebäude zusammen.

Die Hauptkontamination bestand aus Cyanid-Belastungen in der Auffüllung unterhalb der Fundamente. Dieses Material wurde beim Bau der terrassenförmig angelegten Halle im letzten Jahrhundert zur Hinterfüllung eingebracht. Man nimmt an, dass es sich hierbei um Rückstände aus Gaswerken der Umgebung handelte. An Cyanid-Belastungen wurden in der Bausubstanz bis zu 74 000 mg/kg und im Boden bis zu 4 960 µg/l im Eluat nachgewiesen. Durch das regelmäßige Hochwasser des vorbeiflie-

Benden Rheins wurden die leicht freisetzbaren Cyanide aus der kontaminierten Auffüllung unter dem Gebäude in die Bausubstanz und auch in den Rhein abgegeben.

Um die Cyanidverbindungen (Berliner Blau) im Untergrund zu sichern, wurde eine Immobilisierung des Bodenkörpers vorgenommen, ein Volumen von ca. 1200 m<sup>3</sup>. Die dazu ausgeführte Niederdruckinjektion wurde aufgrund des als gut injizierbar eingestufteten Untergrunds mittels Feinstzement durch 158 verrohrte Bohrungen (Bohrdurchmesser 180 mm) mit einer Gesamtlänge von 826 m realisiert. Für die Arbeiten im Gebäude bei einer maximalen Arbeitshöhe von nur 2,75 m wurde ein Kleinbohrgerät mit Elektroantrieb eingesetzt.

Zur Injektion wurden tiefgestaffelte Lanzen mit Fußventilen in die Injektionsbohrungen eingestellt. Die gewählte Rezeptur wurde mittels einer computer-gesteuerten Injektionsanlage mit Raten von 4–6 l pro Minute und einem Druck von 1–20 bar verpresst. Insgesamt wurden ca. 350 000 l Suspension verarbeitet.

Um das Verfahren anwenden zu können, waren umfangreiche Maßnahmen der Qualitätssicherung nötig. Neben den organisatorischen, technischen und persönlichen Schutzmaßnahmen – z. B. ständige Anwesenheit eines SIGE-Koordinators, strikte Schwarz-Weiß-Trennung der Schutzbereiche, Schutzkleidung – wurde auch besonderer Wert auf den Emissionsschutz wegen der starken Staubentwicklung gelegt. So wurden bei Arbeiten im Gebäude ständig Bewetterungsmaßnahmen durchgeführt.



**Abb. 1:** Injektionspunkte im Keller.



**Abb. 2:** Kleinbohrgerät bei Injektionsbohrungen im Keller.

Die Immobilisierungsarbeiten wurden durch eine sehr exakte Ausführungsplanung vorbereitet. Es war zu gewährleisten, dass die Maßnahme den Bodenkörper vollständig erreicht, dabei aber die Gebäudestatik nicht beeinträchtigt wird. Aus diesen Gründen wurde ein eigener Qualitätssicherungsplan erstellt, in dem Injektionsabstände, Injektionsraster, Injektionsrezepturen, Verpressmengen, Verpressraten, aber auch Maßnahmen zur frühzeitigen Erkennung von injektionsbedingten Setzungen oder Hebungen am Gebäude vermerkt wurden. Die maxi-

malen Bewegungen – Setzung oder Hebung – dürfen 3 mm nicht überschreiten. Deshalb wurde zur Überwachung das bei BAUER entwickelte „MONA“-System (automatisches Fein-Nivellement mit Online-Visualisierung) benutzt.

Fazit: Am vorliegenden Beispiel zeigt sich, dass mit dem vorgestellten Immobilisierungsverfahren ehemalige Industriehallen mit geringen Kosten wieder nutzbar gemacht werden können – im Gegensatz zu anderen Alternativen, wie zum Beispiel Komplettabriss und Neubau.

### 3 Immobilisierung mittels Hochdruckinjektionsverfahren – am Beispiel der Sanierung einer ehemaligen Knochenmühle in Nordrhein-Westfalen

Die Knochenmühle wurde seit dem Bau im Jahr 1937 bis zum Beginn der 80er Jahre betrieben. In der Anlage wurden Knochen gebrochen, um anschließend in so genannten Extraktoren entfettet zu werden. Als Extraktionsmittel wurde zunächst Benzin eingesetzt, später Tetrachlorethen (Per), ein leichtflüchtiger chlorierter Kohlenwasserstoff (LCKW).

Im Rahmen einer Gesamt-sanierung wurden LCKW-Hot-Spots im Innenbereich der ehemaligen Extraktionshalle (Hallenhöhe 4,50 m) festgestellt. Nachdem ein Abriss der Halle mit anschließender konventioneller Bodensanierung nicht möglich war, entschied man sich zur Immobilisierung mittels Hochdruckinjektion (HDI).

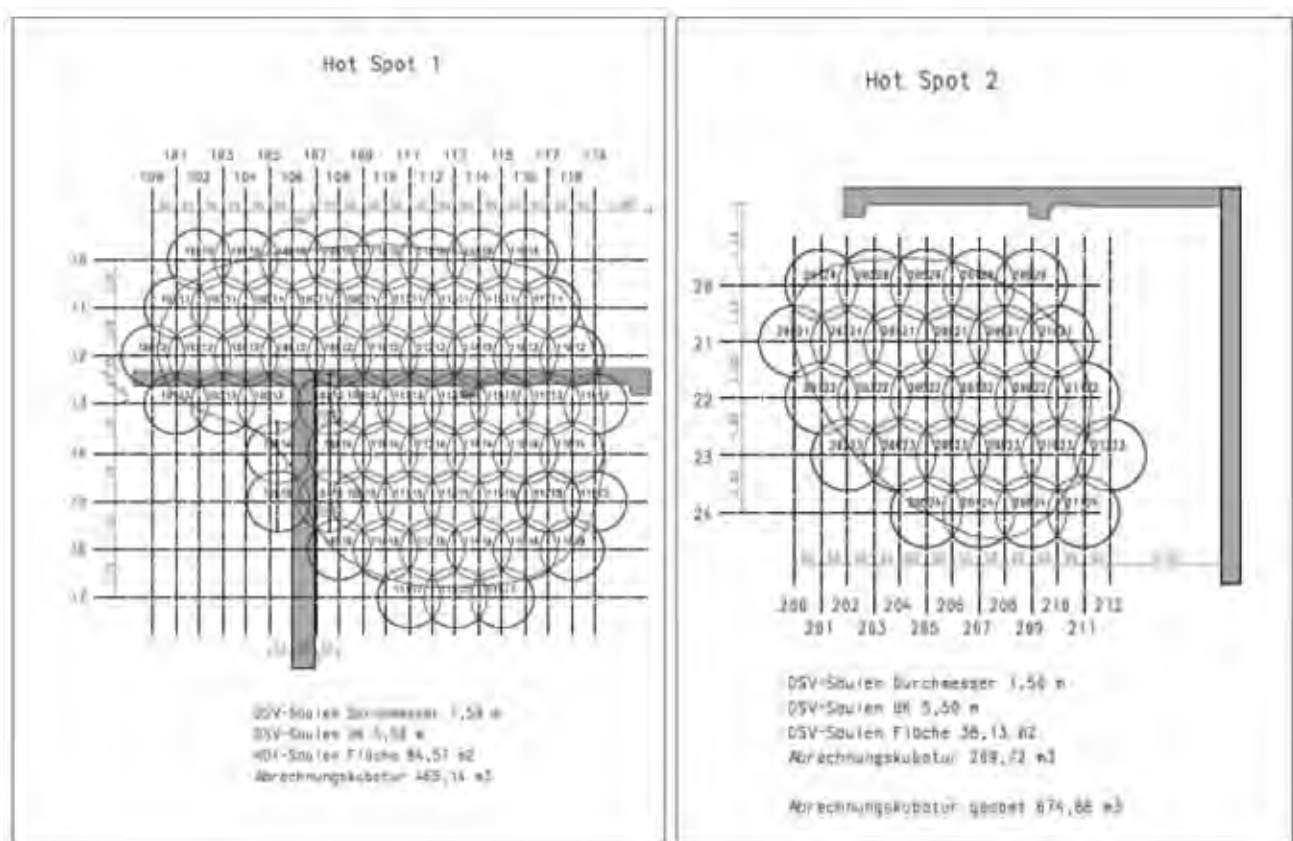


Abb. 3: Lokalisierung der zwei Hot-Spots.



Als Gefahrstoffe wurden an den zwei Schadensschwerpunkten Tetrachlorethen, Trichlorethen, Cis 1.2-Dichlorethen und Vinylchlorid angetroffen, deren maximale LHKW-Konzentrationen im Boden bei ca. 1 000 mg/kg, in der Bodenluft ca. 48 000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  und im Grundwasser ca. 395 000  $\mu\text{g}/\text{l}$  betragen. Kontaminationsschwerpunkte waren die Bereiche unter der Bodenplatte und in den Gebäudeaußenwänden.

Der anstehende Boden setzte sich aus Mittelsanden, Feinsand (schluffig, mittelsandig, mit Gesteinsbruch und Schluffbändern durchzogen) und Schluff mit mittelsandigem bis grob-sandigem Gesteinsbruch ab  $-4,5$  m zusammen. Das Grundwasser war auf Kote  $-1$  m anzutreffen.

Die Immobilisierung erstreckte sich auf die Herstellung von zwei HDI-Körpern mit einer Gesamtkubatur von ca. 650  $\text{m}^3$ . Zum Auftrag gehörten auch die Entsorgung von ca. 900  $\text{m}^3$  kontaminierter Rücklauf suspension, die Herstellung von drei Sanierungsbrunnen und der Einbau eines neuen Hallenbodens nach WHG-Norm.

Wegen der beschränkten Arbeitshöhe wurden HDI-Kompaktbohrgeräte mit einer Mäklerrhöhe von nur 3,3 m eingesetzt. 88 Stück überschnittene HDI-Säulen wurden im Raster von  $1,2 \cdot 1,1$  m und einer Tiefe von 5,5 m hergestellt - dabei wurde ein Säulendurchmesser von 1,5 m erreicht. Ein Vorteil dieser Methode ist der gute Säulenanschluss an die Unterkante des Hallenbodens.

Bei der Qualitätskontrolle - etwa bei der Überprüfung der Säulendurchmesser - kam die große Erfahrung aus dem Spezialtiefbau mit speziellen Schirmmessungen zum Tragen. Weil der Boden sich sehr setzungsempfindlich zeigte, wurden Hebungen und Setzungen während der HDI-Ausführung mit dem neuen bei Bauer entwickelten „LASYS“-System überwacht.

Aus vielen Erfahrungen der BAUER Umwelt über den Einfluss von LCKWs auf die Zusammensetzung der Bindemittel-Suspension, ihre Druckfestigkeitsentwicklung und Endfestigkeit wurden entscheidende Modifizierungen an der Qualitätskontrolle vorgenommen. Neben verkürzten Prüfintervallen bei der Druckfestigkeitsprüfung an Probekörpern wurde auch die ausgetragene Bindemittelsuspension ständig auf ihre Schadstofffracht hin überprüft.

Ein wichtiger Punkt bei der Arbeit auf kontaminierten Baustellen sind schadstoff-spezifische Arbeitsschutzmaßnahmen. Neben den organisatorischen, technischen und persönlichen Schutzmaßnahmen – ständige Anwesenheit eines SIGE-Koordinators, strikte Schwarz-Weiß-Trennung der Schutzbereiche, Schutzkleidung etc. – wurde auch beson-



**Abb. 4a / 4b:** Kleinbohrgerät bei Außen- / Innenarbeiten

derer Wert auf den Emissionsschutz gelegt. Um die Einhaltung von Grenzwerten zu gewährleisten, wurde die Umgebungsluft innerhalb des Gebäudes mittels PID und Mehrfachgaswarnmessgerät kontrolliert. Bei Überschreitung der Werte wurde die ausgetragene Bodenluft abgesaugt und gereinigt.

Fazit: An diesem Projekt zeigt sich, dass mit dem HDI-Verfahren eine Kombination aus Behandlung

(Ausspülen eines Teils der Kontamination) und Immobilisierung (Ummantelung der Kontamination im Baugrund) zur Verfügung steht. Das Beispiel zeigt auch, wie das Verfahren durch die Zusammenführung des Know-hows der beiden Disziplinen Spezialtiefbau und Umwelttechnik zum Erfolg führt.

#### 4 Grundwassersanierung mittels „Funnel and Gate“-System – am Beispiel eines Sanierungsprojektes im „Rhein-Main-Gebiet“

Passive Wasserreinigungssysteme zeichnen sich nach ihrer eher aufwendigen Installation durch sehr einfachen Betrieb aus. Während die Funnels meist als Einphasen-Dichtwände – im Schlitzwand-, MIP- oder CSV-Verfahren hergestellt – ausgebaut werden, zeigt sich in der Ausbildung der Gates eine große Variationsbreite - je nach Schadstoff, Platzangebot und anderen Randbedingungen. Im Folgenden werden zwei verschiedene Systeme vorgestellt.

Ein LHKW- Schaden im Grundwasser sollte auf einem ehemaligen Werksgelände saniert werden. Zuerst war das Grundwasser über einen Zeitraum von zehn Jahren im konventionellen Pump & Treat-

Verfahren gereinigt worden. Dabei wurde jedoch kein nennenswerter Rückgang der Schadstoffkonzentrationen im Grundwasser festgestellt. In einem zweiten Anlauf wurde die Alternative „Funnel and Gate“ vorgeschlagen. Dabei handelt es sich um eine passive Grundwasserreinigungsmethode, bei der ein Grundwasserstrom durch einen Kontaminationsherd und die entstehende Schadstofffahne durch eine Zone mit reaktivem Material strömt. Dabei adsorbiert das reaktive Material den Schadstoff.

Ursprünglich war ein Spundwandkasten-Gate vorgesehen, bei dem nach Befüllung die vorder- und hinterseitigen Bohlen gezogen werden sollten. Bei einem eventuellen Austausch des Materials nach einigen Jahren hätte der Zustand des Kastens und seine Stabilität im Boden zum Problem werden können.

Die Besonderheit der von der BMU vorgeschlagenen Lösung war ein kreisrundes Gate mit einem Innendurchmesser von 3,2 m aus wasserdichten Ortbeton- und wasserdurchlässigen Einkornbetonpfählen. Die Vorteile dieser gewählten Konstruktion bestehen in den unempfindlicheren Materialeigenschaften des Betons und in der kreisrunden Form, bei der



Abb. 5: Schlitzdichtwand als Funnel.

durch Gewölbewirkung auch dann, wenn ein Austausch des Reaktormaterials nötig wird, keine zusätzlichen Verbaumaßnahmen anfallen. Das Gate wurde aus 18 Bohrpfehlen mit einem Durchmesser von 880 mm als überschnittene Bohrpfehlwand im Kellybohr-Verfahren hergestellt. Nach Aushub des zylindrischen Schachtes wurde die Durchlässigkeit mit Tracer-Versuchen nachgewiesen und das Reaktormaterial (0-wertiges Eisen) eingefüllt. Außerdem wurde von oben eine Trennwand in das Reaktormaterial eingelassen, um sicherzustellen, dass das anströmende Wasser nicht unkontrolliert über das Reaktormaterial hinwegfließen kann. Die Schadstoffkonzentrationen im Grundwasser wurden kontinuierlich über Pegel vor, in und hinter dem Gate gemessen.

Als Funnel (Trichter) dient eine bis zu 19 m tiefe, gegreiferte Einphasendichtwand mit einer Fläche von 2 200 m<sup>2</sup>. Um Umläufigkeiten des Grundwassers zu vermeiden, bindet sie in den Grundwasserstauer ein.



**Abb. 6:** Überschnittene Bohrpfehlwand als Gate.

Fazit: Mit den ausgeführten 19 m tiefen Bauelementen – sowohl mit der Dichtwand wie auch bei der überschnittenen Bohrpfehlwand – ist die Grenze des im Spezialtiefbau möglichen noch lange nicht erreicht. Ist einmal die Entscheidung statt Pump & Treat für die passive Methode gefallen, haben nur noch die Boden- und Platzverhältnisse – wegen der Dimension der benötigten großen Geräte – Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit.

## 5 Grundwassersanierung mittels „Drain-and-Gate“-System – am Beispiel des Funnel-and-Gate-Systems München

In einem Gaswerk wurde von 1907 bis 1967 aus Steinkohle Stadtgas gewonnen. Zusätzlich wurden auf dem Gelände von 1957 bis 1975 Erdgasspaltanlagen betrieben. Insgesamt wurden während der gesamten Betriebszeit etwa 15 Mio. t Steinkohle verarbeitet. Als Nebenprodukt entstanden dabei etwa 500 000 t Teer und Teeröl. Nicht unerhebliche Teile davon versickerten – auch verursacht durch Kriegseinwirkungen – im Untergrund und bewirkten damit erhebliche Boden- und Grundwasserverunreinigungen. Neben Teerölen in Phase finden sich im Grundwasser als wesentliche Verunreinigung

PAK (Polyzyklisch Aromatische Kohlenwasserstoffe); weitere gaswerkstypische Schadstoffe sind von untergeordneter Bedeutung.

Aufbauend auf einer dreidimensionalen, hydraulischen Modellierung erfolgte die bau- und anlagentechnische Planung des Funnel-and-Gate-Systems durch das Ingenieurbüro BFM Umwelt-Beratung-Forschung-Management GmbH. Nach einem europaweit ausgeschriebenen Wettbewerb wurde die Arbeitsgemeinschaft BAUER Spezialtiefbau GmbH / BAUER und MOURIK Umwelttechnik GmbH & Co

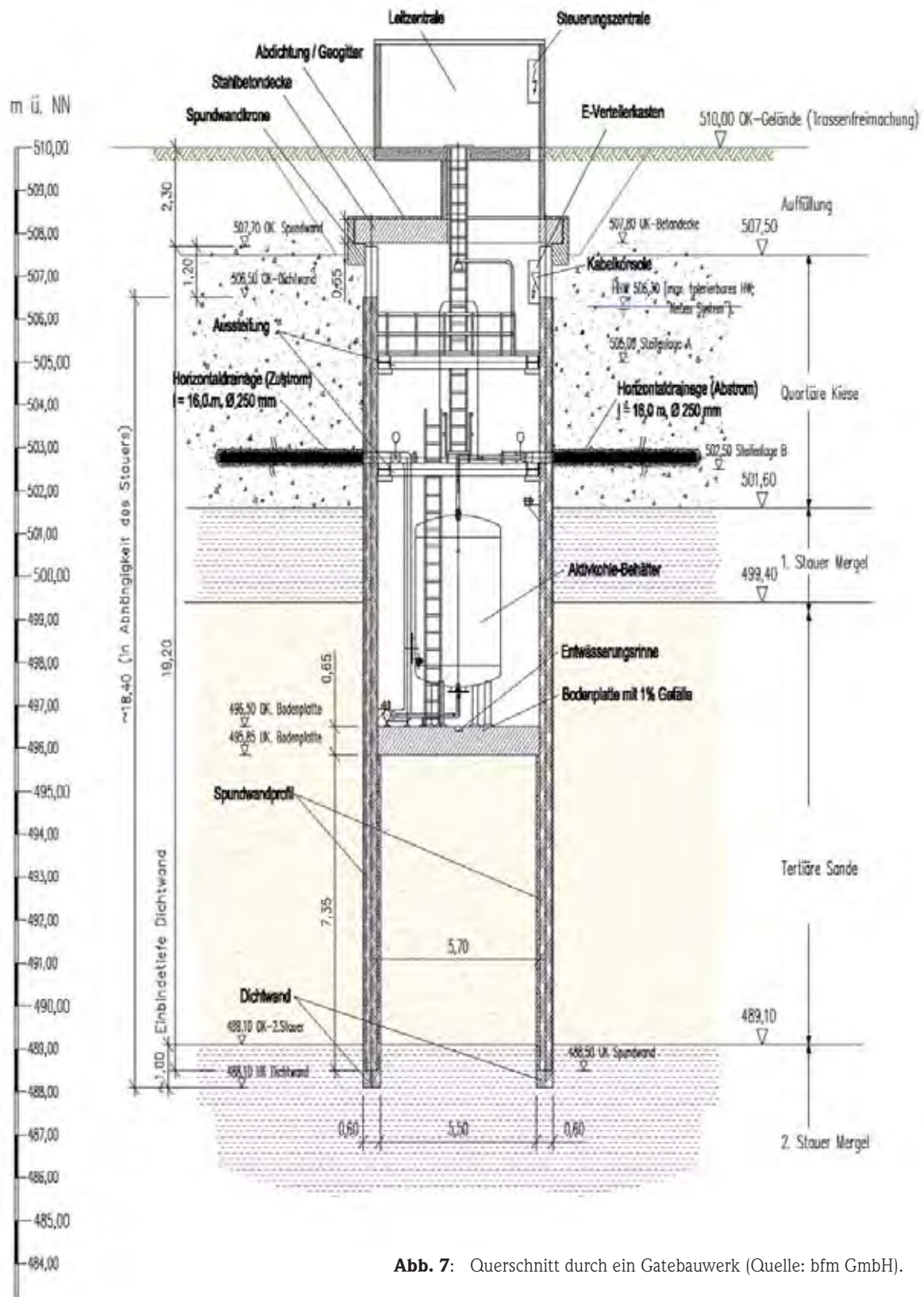


Abb. 7: Querschnitt durch ein Gatebauwerk (Quelle: bfm GmbH).

mit der Ausführung der Bauleistungen und Anlagentechnik beauftragt.

Bei den Gates handelt es sich um Schachtbauwerke mit einer Länge von bis zu 35 m, einer Breite von etwa 7 m und einer Tiefe von etwa 14 m. Die tragende Struktur der Gates bilden ausgesteifte Stahlspundwände, die Bodenplatte besteht aus Stahlbeton. Die Decke wird aus abnehmbaren Betonelementen gebildet. Im Endzustand wurde die gesamte Anlage mit etwa 2 m Erdreich überschüttet und liegt in einer öffentlichen Grünanlage. Der Zugang zu den Gates ist über Schächte jederzeit möglich.

Wie im Gate-Querschnitt (Abb. 7) ersichtlich, wird das Grundwasser mittels 16 m langer Horizontalfilterbrunnen, die aus den Gates gebohrt wurden, gefasst, durch Aktivkohlebehälter geleitet und gereinigt wieder über Horizontalfilterbrunnen an den Aquifer abgegeben. Die Durchströmung erfolgt im natürlichen Gefälle, Pumpen oder sonstige Hilfseinrichtungen sind nicht erforderlich.

Insgesamt sah das Konzept 14 Horizontalfilterbrunnen, 26 Filterbehälter aus GfK und ca. 350 m<sup>3</sup> Aktivkohle vor. Das mehrere Kilometer lange Leitungssystem besteht aus PE-HD, sämtliche Armaturen aus Edelstahl. Komplettiert wird das System durch umfangreiche Messtechnik, die zentral in einer Leitwarte aufläuft und fernüberwacht werden kann. Die Lebensdauer der einzelnen Bauteile ist auf 50–80 Jahre ausgelegt.

Aufgrund des innovativen Charakters des Systems waren zur Absicherung der Planungsergebnisse umfangreiche Vorversuche zu den Eigenschaften der Dichtwand und der Adsorber erforderlich.

Der Bau des Funnel-and-Gate-Systems gliedert sich in mehrere Arbeitsschritte. Um die Baumaßnahme nicht durch die auf dem Gelände vorhandenen Altlasten zu sehr zu erschweren, wurden zunächst aus dem Bereich der geplanten Dichtwandtrasse die oberflächennah vorhandenen Altlasten entfernt und der gesamte Bereich auf ein einheitliches Ausgangsniveau gebracht.

Beim Bau der Dichtwand war zu beachten, dass das Gelände abstromig nicht abgedichtet werden durfte, bevor die Durchlassbauwerke zumindest im Bypassbetrieb einsatzbereit waren. Zu diesem Zweck wurden die einzelnen Bauarbeiten in entsprechende Phasen eingeteilt und aufeinander abgestimmt. Zeitgleich mit den Spezialtiefbauarbeiten – neben den Dichtwandarbeiten die Erstellung der bis zu 14 m unter das Gelände reichenden Gatebauwerke – wurden die Horizontalfilterbrunnen, die für das Sammeln und Wiederversickern des Grundwassers benötigt werden, sowie zahlreiche Monitoringmessstellen zur späteren Überwachung des Systems gebohrt.

Seit August 2004 erfolgte die Installation der Anlagen, die Arbeiten wurden im Juni 2005 abgeschlossen. Abb. 8 zeigt die installierte Anlagen- und Messtechnik.

Die Inbetriebnahme erfolgte schrittweise seit November 2004. Zum April 2005 waren alle vier



**Abb. 8:** Anlagentechnik Gate I (Quelle: bfm GmbH).

Gates in Betrieb, seit Juni 2005 findet die automatische Datenaufzeichnung statt.

Mit den installierten Horizontalfilterbrunnen wird das Grundwasser sehr gut erfasst und gleichmäßig zu den Gates hingeführt. In den Gates werden pro Filterbrunnen bis zu 50 m<sup>3</sup>/h erfasst und den Filterbehältern zugeführt. Der aktuelle Druckverlust über die Behälter beträgt konstant ca. 35 mbar, so dass selbst bei geringen Aufstauhöhen des Grundwassers an der Dichtwand die Aktivkohle-

behälter gleichmäßig durchströmt werden. Das Reinwasser im Ablauf der Behälter weist keine nennenswerte Erhöhung des pH-Wertes auf, was die Effektivität der durchgeführten Vorbehandlung der Aktivkohle belegt.

Die Zulaufkonzentrationen erreichten bisher maximal 173 µg/l PAK (EPA), die Ablaufkonzentrationen liegen erwartungsgemäß unter den genehmigten Einleitwerten von 0,2 µg/l PAK (ohne Naphthalin).

## 6 Off-site Sanierung mittels selektivem Aushub durch Austauschbohrungen – am Beispiel eines Sanierungsprojektes im Chemie-Dreieck Mitteldeutschland

Immer dort, wo beengte Platzverhältnisse bzw. Nachbarbebauung vorliegen und es um die Beschränkung der Sanierung auf Kernbereiche (Hot Spots) geht, kommen Austauschbohrungen in Betracht. Die Vorteile dieser Methode:

- genaue Erfassung und Steuerung der ausgewiesenen Belastungs-/Sanierungsbilanz
- Minimierung des Einsatzes durch Anpassung an die jeweilige Belastungskontur
- geringe Mengen an Schadstofffreisetzung (Ausgasung / Geruchsbelästigung) bei der Gewinnung des Bodenmaterials durch kleinräumige und kontrollierte Arbeitsschritte
- sehr geringer Anfall von verunreinigtem Grundwasser durch die tiefengesteuerte Grundwasserentnahme
- Reduzierung von Grundwasser-Absenkungsmaßnahmen gegenüber großflächigem Aushub.

Ein derartiges Projekt wird im Folgenden dargestellt.

Auf dem Gelände eines Chemieunternehmens nahe Leipzig wurden im Bereich der ehemaligen Chlorbenzolproduktion massive Boden- und Grundwasserbelastungen nachgewiesen. Ziel der Sanierungsmaßnahmen ist eine Reduzierung der Kontamination im Boden zum Schutz des Grundwassers und eine Verminderung ihres Ausgasungspotenzials.

Die Baustelle ist in zwei Teilbereiche gegliedert. Im Bereich A (frühere Benzolchlorierung) wird eine Hot-Spot-Fläche von ca. 385 m<sup>2</sup> auf bis zu 15 m Tiefe bearbeitet. Die maximalen Schadstoffgehalte waren Chlorbenzole (Monochlorbenzol und 1,2-Dichlorbenzol) im Grammbereich/kg. Im Bereich B (frühere Chlorbenzoldestillation) ist mit einer zu bearbeitenden Fläche von ca. 800 m<sup>2</sup> und eine Tiefe von bis zu 12 m unter G.O.K. (damit bis zu 9–11 m in das Grundwasser hinein) zu rechnen. Die erwarteten maximalen Schadstoffgehalte sind Chlorbenzole (1,4-Dichlorbenzol, 1,2-Dichlorbenzol und Monochlorbenzol) ebenfalls im Grammbereich/kg. Im Grundwasser sind Chlorbenzole, BTEX, LHKW und Nitrochlorbenzol in hoher Konzentration enthalten.

Gewählt wurde eine Sanierungsvariante aus zwei Teilen: Neben einem Bodenaustausch mittels Großlochbohrungen stehen hydraulische Maßnahmen zur Chlorbenzol-Rückgewinnung aus dem Grundwasser. Die Austauschbohrungen haben einen Durchmesser von 1800 mm und werden zum großen Teil mit Überschneidung abgeteuft. Die Genauigkeit der Lage der Bohrungen und ihre Kontrolle in der Tiefe (Überschneidung) werden mit dem BAUER-eigenen Tachymeter-System kontrolliert. Beim so genannten Mantelrohr-Austauschbohrverfahren dreht zunächst ein Großdrehbohrgerät

ein dem Bohrwerkzeug vorausgehendes Mantelrohr in den Boden ein. Abschnittsweise erfolgt dann das Ausbohren innerhalb des Mantelrohres im Kelly-Verfahren. Als Bohrwerkzeug dient ein Bohrer, der nach dem Abbohrvorgang befüllt durch einen Verriegelungsmechanismus verschlossen ist und aus der Bohrung gezogen wird.

Die Bohrarbeiten erfolgen im so genannten Pilgerschrittverfahren, um einen stabilen Zustand des Baugrundes zu gewährleisten. Hierbei werden zunächst voneinander unabhängige Primärbohrungen und anschließend als Verbindungselemente die dazwischen liegenden Sekundärbohrungen hergestellt.

Im vorliegenden Fall werden zur Vermeidung eines hydraulischen Grundbruches die Bohrungen unter Wasserauflast ausgeführt. Nebeneffekt ist eine Reduzierung der Geruchsbelästigung aus dem offenen Bohrloch. Bei Erreichen der durch Sondierungen festgelegten Endtiefen wird ein Austausch des im Bohrloch befindlichen Wassers über die Wasserreinigungsanlage vorgenommen. Dabei wird das tiefengesteuerte Wasserentnahmesystem eingesetzt, das von der BAUER Umweltgruppe speziell für den Einsatz bei kontaminierten Wässern in Bohrungen entwickelt wurde. Das System saugt kontaminiertes Wasser ab und ersetzt dieses schichtenweise durch Frischwasser. Die jeweilige Füllung des Bohrers wird in



**Abb. 9:** Drehbohrgerät BAUER BG 40 im Einsatz



**Abb. 10:** Luftdichter Container und Arbeitsschutzmaßnahmen

eine speziell konstruierte, luftdicht verschließbare Ladeschaufel eines Radladers gefüllt und von dort in ebenfalls luftdichte Container geladen und abgefahren. Nach Fertigstellung der Bohrung wird unbelasteter Boden/Kies eingebaut und gleichzeitig das Mantelrohr gezogen.

## 7 Schlussfolgerung und Zukunftsmöglichkeiten

Es lohnt sich, neben der Bewertung der grundsätzlichen Machbarkeit auch die Kosten der Anwendung von Spezialtiefbauverfahren in der Umwelttechnik im Einzelfall vorurteilsfrei zu betrachten.

Dies gilt besonders bei den Sicherungstechniken für die Errichtung von tiefen (Dicht-)Wänden bzw. bei den Sanierungstechniken für passive Wasserreinigungsmethoden. Der höheren Grundinvestition von Spezialtiefbaumaßnahmen – anstelle der konventionellen Pump&Treat-Methoden – stehen in der Folge weit günstigere Betriebskosten gegenüber, was sich nach einer gewissen Laufzeit in niedrigeren Gesamtkosten niederschlägt. Daher betrifft es im Besonderen großflächige und auf längere Zeiträume angelegte Maßnahmen. Um die zuvor beschriebenen Ergebnisse bei verschiedenen Randbedingungen zu verifizieren, sehen wir z. B. bei reaktiven Wänden/Funnel and Gate noch Forschungs- und Entwicklungsbedarf, vor allem bei der Beobachtung der langfristigen Sanierungsverläufe. Hier sind speziell Langzeitstabilität und Regenerierbarkeit der eingesetzten Materialien gemeint.

Für die Steuerung von Kontaminationsbilanzen und im Fall von Hot-Spot-Beseitigung wird vermehrt eine Kombination von Austauschbohrungen mit einer Wasserreinigung über das Bohrloch gewählt.

Da der Spezialtiefbau sehr ausgereifte Verfahren besitzt, sind die Chancen in der Umwelttechnik vor allem in der besseren Adaption zu sehen. So warten zum Beispiel noch Mixed-in-Place-, CSV-, Verdrängerpfahl- und verschiedene Injektionsmethoden auf weitere Einsatzmöglichkeiten. Im letzteren Fall wird es um Verfahren gehen, mit denen bei einer In-situ-Sanierung die Einsatzstoffe in Form einer Lösung oder Suspension an die betroffenen Stellen injiziert werden können.

Wie schon gesagt: Bei den Verfahren des Spezialtiefbaus in der Umwelttechnik handelt es sich immer um besondere, maßgeschneiderte Lösungen. Die Betrachtung dieser Möglichkeiten lohnt sich. Es braucht dazu waches Ingenieursdenken und eine Portion Mut zur Innovation.



## Zukunft der Altlastensanierung – was wird aus dem Grundwasser?

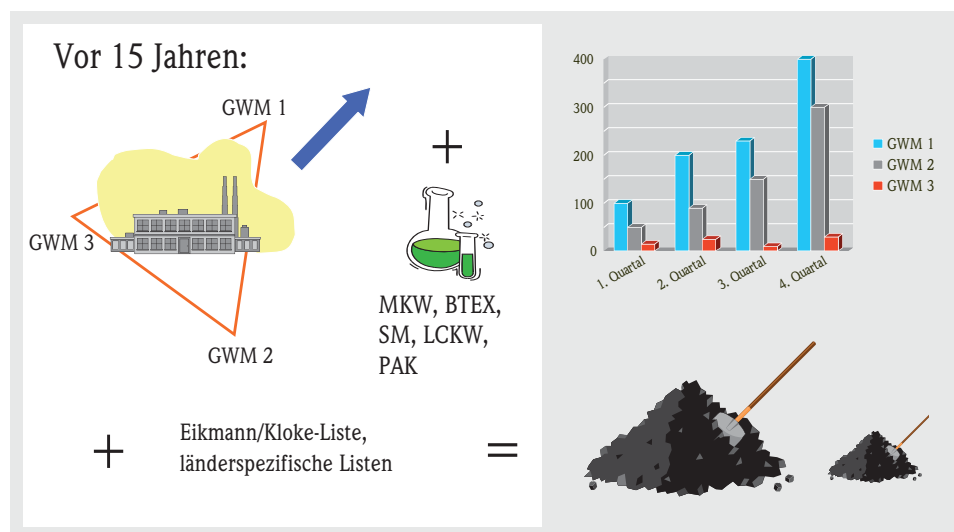
DIETER POETKE, JUDITH KNIES & JOCHEN GROBMAN

### 10 Jahre BBodSchG und wie weiter?

Seit März 2009 ist das Bundes-Bodenschutzgesetz mehr als 10 Jahre in Kraft. Damit ist eine erste Bestandsaufnahme der Wirkungen des BBodSchG möglich und notwendig. Nachfolgend werden einige Aspekte einer solchen Bestandsaufnahme aus Sicht der Autoren dargestellt, die auf Ausführungen des Landesumweltamtes Brandenburg (FESKORN, 2009) basieren. Die Darstellungen erheben keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit. Vielmehr ist die Darstellung eine durch den Blickwinkel eines Consultants geprägte Sichtweise, der in der täglichen Arbeit mit den einzelnen fachtechnischen Aspekten der Umsetzung des BBodSchG konfrontiert wird.

Was hat sich also getan in den letzten 10 Jahren, wurden alle Probleme gelöst, und was erwartet uns noch?

Im Consultingbereich genügte vor nur 15 Jahren die Ermittlung der Grundwasserfließrichtung anhand eines hydrologischen Dreiecks, die Analyse von Schadstoffkonzentrationen über einen kurzen Zeitraum und deren Vergleich mit den Richtwerten entsprechender Listen (z.B. Eikmann/Kloke, länderspezifischen Listen etc.), um die Entscheidungsgrundlagen für die Sanierung zu erarbeiten und konkrete Maßnahmen abzuleiten.



**Abb. 1:**  
Entwicklung der Technik.  
Quelle: FESKORN

Dieses stark vereinfachte Vorgehen ist heute weder rechtlich noch wissenschaftlich zulässig. Wichtigste Voraussetzung für die Ableitung und Umsetzung einer Sanierungsstrategie ist jetzt die umfassende Ermittlung der Schadenscharakteristik im Rahmen von orientierender Erkundung und Detailerkundung. Auf dieser Grundlage wird im Zuge einer Sanierungsuntersuchung die zwingend notwendige Ermittlung der Eignung, Angemessenheit und Verhältnismäßigkeit vorgenommen. In diesem Zusammenhang hat das BBodSchG zwar auf der einen Seite zu einer deutlichen Homogenisierung der Anforderungen an Untersuchungen und Sanierungsentscheidungen geführt, auf der anderen Seite ist damit „jedoch“ heutzutage eine deutlich umfangreichere Sachverhaltsermittlung für einen Schadensfall verbunden. Die Altlastenbearbeitung ist dabei seit Inkrafttreten des BBodSchG einem verstärkten und vor allem stetigen Entwicklungsprozess unterworfen, der sowohl die technischen Möglichkeiten bei Feld- und Laboruntersuchungen als auch die Bewertungsstrategien betrifft.

Die eingetretenen Fortschritte in der technischen Erkundung von kontaminierten Standorten, der Analytik und der Bewertung stellen hohe und weiter steigende Anforderungen sowohl an den Gutachter als auch an die Behörden. Dabei geht es vor allem um den Übergang von einer informationsbezogenen zu einer prozessbezogenen Altlastenbewertung. Dies drückt sich z. B. in der Entwicklung weg von der alleinigen Betrachtung der Schadstoffkonzentrationen hin zu den aus einer Altlast resultierenden Schadstofffrachten aus, deren Ermittlung im Vergleich zur Konzentrationsmessung einen deutlich höheren Untersuchungsaufwand erfordert. Ein Nebeneffekt dieser neuen Bewertungsstrategien ist, dass die vor 15 Jahren kalkulierten Sanierungsmengen bzgl. Bodenaushubs etc. nicht im prognostizierten Umfang anfielen. Inwieweit dies ein positiver oder negativer Effekt des BBodSchG war und ist, kommt ganz auf die Sichtweise an, denn der Blickwinkel der „problem owner“ und der der Sanierungs-/Entsorgungswirtschaft ist naturgemäß sehr unterschiedlich.

Technische Fortschritte betreffen u. a. vor allem die Erkundungsmethoden. Wo früher vollverfilterte Messstellen, eine Mehrfach-Verfilterung oder die Beprobung mit Packern üblich war, wird heute neben den noch üblichen 1“-Messstellen und der in-situ-Probennahme (CPT, ROST, MIP) über die Anwendung von 7-Kanal-CMT (Continuous Multi-channel Tubing) diskutiert, die einen minimal invasiven Eingriff ermöglichen. Problematisch ist, dass gegenwärtig noch nicht klar ist, wie diese Techniken in die Randbedingungen der gültigen DIN-Normen einzuordnen sind. Weiterhin stellt sich die Frage, welche Aussagekraft eine derart detaillierte Untersuchung hat und wie die Ergebnisse zu bewerten sind.

Wie geht es diesbezüglich weiter? Die Technik wird immer besser, filigraner, genauer; aber gilt das auch für die zu treffenden Aussagen in der Gefahrenbeurteilung und bei der Sanierungsentscheidung? Beantworten diese Techniken die noch offenen Fragen in der Altlastenerkundung abschließend und erschöpfend? Aus Sicht der Autoren ist dies deutlich zu verneinen, da auch diese Techniken Einsatzgrenzen haben. Je detaillierter die Erkundungen werden, umso größer sind der Anspruch an deren Auswertung sowie der Bedarf nach Vorgaben zur Vergleichbarkeit der Ergebnisse. Weiterhin steht das bereits benannte Problem der Passfähigkeit zu geltenden Normen.

Selbiges gilt auch für die Analytik. Waren vor einem Jahrzehnt häufig noch Summenparameter für die Bewertung ausreichend, werden heute standardmäßig neben den Einzelstoffen die Metaboliten und Elektronenakzeptoren einbezogen, Säulenversuche zur Ermittlung des Austragsverhaltens durchgeführt usw. Hinzu kommen neuartige Verfahren, wie z. B. die Isotopenfraktionierung, die Keimzahlbestimmung sowie die Radon-Untersuchung. Aktuelle Entwicklungen, wie im Rahmen des BMBF-geförderten KORA-Verbundes bereits umgesetzt, zeigen die Möglichkeiten der Gentechnik in der Altlastenbearbeitung auf. Das so genannte PCR (Polymerase Kettenreaktion, Gensequenzanalytik) ermöglicht zukünftig die Bewertung des mikrobiellen Abbaus

anhand eines genetischen Fingerprintings der schadstoffabbauenden Mikrobiologie. Den Möglichkeiten der Analytik sind damit mit hoher Sicherheit noch keine Grenzen gesetzt. Aber auch hier gilt die Frage: Wie werden diese Untersuchungsmethoden in die vorhandenen Regelwerke und Normen integriert und wie sind die entsprechenden Bewertungen der Ergebnisse vorzunehmen? Wer ist noch in der Lage, diese Ergebnisse auszuwerten und zu interpretieren? Das betrifft die Ingenieurbüros ebenso wie die zuständigen Behörden.

Welche Schwierigkeiten die technische Entwicklung im analytischen Bereich für die Altlastenbewertung mit sich bringen kann, zeigt sich besonders gut am Beispiel des Nachweises von mineralölbürtigen Kohlenwasserstoffen. Hier wurde die ursprünglich angewandte so genannte H18-Analytik aufgrund des Einsatzes von ozonschädlichem Trichlortrifluorethan (R113) durch die so genannte H53-Analytik ersetzt. Im Ergebnis werden gemäß DIN heutzutage die Mineralölkohlenwasserstoffe mit Kettenlängen von C10–C40 bestimmt, während bei der H18-Methode auch die leichtflüchtigen Mineralöle im Summenparameter enthalten waren. Heute müssen sich daher Gutachter und Behörden häufig die Frage stellen: Wie geht man mit der verfahrensbedingten Differenz bei den MKW-Analysewerten in Bezug auf die Altlastenbewertung um? Besteht aufgrund der aktuell bestimmten geringeren Werte ggf. in einzelnen Fällen kein Sanierungsbedarf mehr? Führt dies zu neuen Streitfällen zwischen den Sanierungspflichtigen und den zuständigen Behörden?

Parallel zu den grundsätzlich äußerst positiven Entwicklungen in der Technik und der Analytik haben sich auch die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Bewertung von Altlasten durch eine Vielzahl von Urteilen in Gerichtsverfahren zum Thema Altlasten geändert bzw. wurden die Auslegungsspielräume für die Sanierungspflichtigen, Gutachter, Behörden usw. deutlich eingeschränkt. Es ist weder für die Gutachter noch für die Behörden möglich, die sich hieraus ergebenden Präzisierungen der Beurteilungsgrundlagen für Sanierungsmaßnahmen nach BBodSchG vollständig zu kennen und zu

berücksichtigen. Vor diesem Hintergrund ist die weitere Entwicklung der Beurteilungsgrundlagen mit Spannung zu erwarten, da die Zahl der vor Gericht zur Verhandlung kommenden Sanierungsfälle aus gegenwärtiger Sicht nicht kleiner werden wird.

In diesem Zusammenhang sind auch die Anforderungen aus dem BBodSchG bezüglich stofflicher schädlicher Bodenveränderungen (ssBv) zu sehen, die durch Einträge von Schwermetallen oder organischen Stoffen, wie z. B. HCH, aber auch durch Staub oder Abwasser entstehen. Hier stellt sich die Frage: Wie sind hier die Beurteilungsgrundlagen zu definieren? Ergibt sich aus diesen Einträgen ein Sanierungserfordernis? Wenn ja, wer kommt für die Sanierungskosten auf?

Sind das Sanierungserfordernis und die Kostenübernahme der Sanierung grundsätzlich klar, ist weiterhin die Dauer der Maßnahmen von entscheidender Bedeutung für die Ausgestaltung eines Gesamtfinanzierungskonzeptes, da Sanierungen häufig langfristige und finanzintensive Unternehmungen sein können, die einer umfassenden kaufmännischen Vorbereitung bedürfen. Dies gilt dabei sowohl für die Privatwirtschaft als auch für die Haushalte der öffentlichen Hand

Im Ergebnis der hier geschilderten ausgewählten Problembereiche besteht folglich nach wie vor eine hohe Anzahl an Altlasten-/verdachtsflächen und stofflichen schädlichen Bodenverunreinigungen, die noch nicht abschließend bearbeitet sind. Dabei ist insbesondere zu beachten, dass der Hauptteil der Altlastenflächen nach gegenwärtigen Gesichtspunkten noch nicht einmal ausreichend untersucht ist, um abschließend bewertet werden zu können. Dies begründet sich vor allem darin, dass sich die Untersuchungsschwerpunkte in den letzten Jahren stark verschoben haben (und auch weiterhin verschoben werden) und die fachlichen Zusammenhänge zunehmend komplexer betrachtet werden.

Hinzu kommen neue Erkenntnisse, die den Untersuchungs- und Bewertungsumfang deutlich ausdehnen. Dabei handelt es sich z. B. um die

Bewertung weiterer, „neuer“ Schadstoffe, wie z. B. Trimethylbenzole, heterozyklische Kohlenwasserstoffe, perfluorierte Tenside, polare sprengstofftypische Verbindungen usw. Diese Liste kann und wird sich in den nächsten Jahren sicher noch erweitern. Neben der Problematik, dass diese Stoffe bei der konkreten Altlastenbearbeitung häufig gar nicht bestimmt werden, ergibt sich vor allem das Problem, dass für diese Stoffe bzw. Verbindungen noch keinerlei Bewertungsmaßstäbe vorliegen. Die Beurteilung der Gefährdungen durch solche Stoffe wird sicher noch einige Jahre, wenn nicht gar Jahrzehnte, beanspruchen, was dem Erfordernis einer schnellen Sanierungsentscheidung entgegensteht. Weiterhin ist zu beachten, dass diese Stoffe in Einzelfällen möglicherweise zum Erfordernis der Neu-Beurteilung „alter“ Fälle führen. Entscheidungen der zuständigen Behörden für solche Fälle dürfen mit Spannung erwartet werden.

Im Ergebnis werden Sanierungsentscheidungen seit Inkrafttreten des BBodSchG zumeist auf einer wesentlich verlässlicheren Grundlage vorgenommen als vor 15 Jahren. Das ist für alle Beteiligten von Vorteil, auch wenn die Zeiträume für Entscheidungen dabei deutlich länger geworden sind. Die Zunahme des Untersuchungsaufwandes und die damit verbundenen Auswirkungen auf die Bearbeitungsdauer und den finanziellen Aufwand haben aber auch zur Folge, dass die Reduzierung der Fallzahlen in den Altlastenkatastern der Länder, wie z. B. in der Altflächendatei des Landes Hessen etc., in den vergangenen Jahren nicht wesentlich beschleunigt werden konnte. Altlasteneinstufungen und Sanierungsentscheidungen werden im Ergebnis

eher später getroffen. Im Endeffekt gleicht sich die Entlassung aus dem Kataster häufig durch die Aufnahme weiterer Fälle aus.

Zudem ergeben sich infolge des Inkrafttretens neuer Gesetze neue potentielle Altlastenverdachtsflächen. Eine Ursache hierfür ist, dass im Falle von Anlagenstilllegungen häufig eine unzureichende bodenschutzrechtliche Bewertung der Flächen vorgenommen wird.

Die EU-Bodenrahmenrichtlinie, die bisher nur im Entwurf vorliegt, wird u. a. einen Bodenzustandsbericht bei Verkauf oder Umnutzung eines Grundstückes fordern und außerdem die Prioritätensetzung zur Sanierung und die Sanierungspflicht für nachweisliche kontaminierte Standorte vorschreiben. Die Umsetzung dieser angedachten Vorgaben in die Praxis ist noch völlig offen.

Obwohl die Erfassung klassischer Altlasten in absehbaren Zeiträumen beendet sein wird, wird der Begriff „klassische Altlast“ aufgrund sich ändernder rechtlicher Rahmenbedingungen stetig erweitert. Im Ergebnis wird auch die Sanierung von Altlasten und stofflichen schädlichen Bodenverunreinigungen noch lange nicht abgeschlossen sein. Hierbei bestimmen trotz formeller Handlungsstörer-/ Zustandsstörerhaftung vor allem die Finanzierungsmöglichkeiten bzw. die häufig resultierenden Rechtsstreitigkeiten zwischen den Störern und den zuständigen Behörden das Tempo. Auch das häufig zitierte „Allheilmittel“ Natural Attenuation wird nicht entscheidend zur Reduzierung der zu sanierenden Standorte beitragen.

## Ausblick auf neue Gesetze/Verordnungen

Bei der zukünftigen Altlastenbewertung wird die Grundwasserverordnung eine wichtige Rolle spielen. Diese liegt gegenwärtig im Entwurf vor und wird grundsätzlich ergänzende Regelungen zur Altlastenbearbeitung bezüglich des Grundwassers beinhalten.

Weiterhin von Relevanz ist die bereits genannte EU-Bodenrahmenrichtlinie, die sich zurzeit in der Abstimmung befindet. Aus der EU-Gesetzgebung ist dabei vor allem auch eine Erweiterung des Handlungsfeldes „Nachsorgender Bodenschutz/Altlasten“ zu erwarten.

In welchem Umfang die Altlastenbearbeitung von diesen Verordnungen bzw. Richtlinien im Konkreten beeinflusst werden wird, wird gegenwärtig umfassend und durchaus auch kontrovers diskutiert.

Eine Reduzierung der Komplexität der Altlastenbearbeitung im Ergebnis neuer Gesetze und Verordnungen ist dabei aber sicherlich nicht zu erwarten.

## Literatur

- BBodSchG (1998): Bundes-Bodenschutzgesetz, BGBl. I, Seite 502, 17. März 1998.
- BBodSchV (1999): Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung, BGBl. I, S. 1554, 1999.
- Commission of the European communities (2006): Proposal for a directive of the European parliament and of the council establishing a framework for the protection of soil and amending Directive 2004/35/EC, 22.09.2006.
- GwV (2007): Richtlinie 2006/118/EG des europäischen Parlaments und des Rates zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung, 12. Dezember 2006
- DIN 38409-18 1981-02: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Summarische Wirkungs- und Stoffkenngrößen (Gruppe H); Bestimmung von Kohlenwasserstoffen (H 18), Dokument zurückgezogen
- DIN EN ISO 9377-2 2001-07: Wasserbeschaffenheit – Bestimmung des Kohlenwasserstoff-Index - Teil 2: Verfahren nach Lösemittelextraktion und Gaschromatographie (H 53)
- FESKORN, M. (2009): 10 Jahre Bundes-Bodenschutzgesetz. Altlasten und stoffliche schädliche Bodenverunreinigungen – Ist ein Ende in Sicht? Vortrag vom 04.06.2009 im Tagungshaus Blauart Potsdam, Landesumweltamt Brandenburg, Referat Altlasten/Bodenschutz.
- GROßMANN, J.: Auswirkungen der EU-WRRL auf die Altlastenbearbeitung in Deutschland; Workshop ITVA und FHDGG, Frankfurt, 09.06.2009.
- GROßMANN, J., WEIß, H. & LUCKNER, L.: Umsetzung der EU-WRRL im nach- und vorsorgenden deutschen Grundwasserschutz; 12. Dresdner Grundwasserforschungstage, 15.-16.06.2009.
- MICHEL, J., STUHRMANN M., FREY C. & KOSCHITZKY H.-P. (Hrsg.) (2008): Handlungsempfehlungen mit Methodensammlung, Natürliche Schadstoffminderung bei der Sanierung von Altlasten. VEGAS, Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart, DECHEMA e.V. Frankfurt.
- WABELS, D. & TEUTSCH G. (2008): Leitfaden Natürliche Schadstoffminderungsprozesse bei mineralölkontaminierten Standorten. KORA Themenverbund 1: Raffinerien, Tanklager, Kraftstoffe/Mineralöl, MTBE. ZAG Universität Tübingen.

# Infothek

## 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
- Altlastenbearbeitung
- Sammlung rechtlicher und fachlicher Materialien (Fachdokumente)

Zur Vertiefung der Themen stehen folgende Buttons zur Verfügung:

- Ansprechpartner
- Altflächendatei
- Anerkennungen
- Altlastenanalytik
- Altlastenbearbeitung
- Zahlen und Fakten
- Arbeitshilfen
- Fachdokumente
- Archiv

### ● Ansprechpartner

Hier bieten wir die Möglichkeit, zuständige Partner für Ihre altlastenrelevanten Fragestellungen zu finden.

### ● Altflächendatei

#### **Auskunft über Ablagerungen, Altstandorte, schädliche Bodenveränderungen und Grundwasserschadensfälle**

Das „Altflächen Informationssystem-Hessen – (ALTIS)“ als Teil der Altflächendatei gibt Auskunft über Ablagerungen, Altstandorte, schädliche Bodenveränderungen und Grundwasserschadensfälle. In diesem Beitrag können Sie erfahren, welche Informationen in ALTIS vorgehalten werden, wer sie aus ALTIS bekommen kann und wer diese Informationen gibt.

#### **Fachinformationssystem (FIS) Altlasten und Grundwasserschadensfälle**

Das neue Fachinformationssystem Altflächen und Grundwasserschadensfälle in Hessen – FIS AG – unter dem „Hessischen Umweltmanagement- und Informationssystem“ (HUMANIS) wird vorgestellt.

### ● Anerkennungen

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.

Unter dem Button „Anerkennungen“ steht das **Verzeichnis der in Hessen zugelassenen Sachverständigen im Bereich des Bodenschutzes** und das **Bundesweite Verzeichnis der zugelassenen Sachverständigen (ReSyMeSa)** sowie die entsprechenden **Rechtsgrundlagen** zur Verfügung.

### ● 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 Ver-

fahren 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 (arbeitskreis-intern 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 Altlastenanalytik, zur Untersuchung von Altlasten, zur Grundwassersanierung, zu Schadstofffrachten im Grund- und Sickerwasser sowie zu den natürlichen Abbau- und Rückhalteprozessen im Grundwasser veröffentlicht.

### ● **Altlasten – Zahlen und Fakten**

Dieser Zahlenspiegel stellt die aktuelle Situation der Altlastenbearbeitung in Hessen in Fallzahlen dar. Die Auswertung stützt sich im Wesentlichen auf die beim Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) in Zusammenarbeit mit den Regierungspräsidien geführte Altflächendatei, zu der die Kommunen und zahlreiche Behörden Beiträge liefern. Dieser Zahlenspiegel erscheint einmal pro Jahr.

### ● **Arbeitshilfen**

Hier stehen Kurzinformationen zu den Bänden der Reihe *Handbuch Altlasten*, zu *Arbeitshilfen* und zur *Sanierungsbilanz*. Etliche Bände sind auch als Volltext verfügbar. Darüberhinaus stellen wir das *Altlasten-annual* vor.

### ● **Fachdokumente**

Es stehen Dokumente zu den Themen:

- Fachdokumente Altlasten
- Fachdokumente Bodenschutz
- Fachdokumente Finanzierungsregelungen
- Fachdokumente Bodenschutz- und Altlastenrecht
- Fachdokumente Anerkennung von Untersuchungsstellen und Sachverständigen
- HLUG-Arbeitshilfen

zur Verfügung. Die Dokumente werden ständig aktualisiert. Anregungen und Verbesserungsvorschläge werden vom Dezernat gern entgegen-  
genommen.

### ● **Archiv**

Im Archiv finden Sie die Programme der Fortbildungsveranstaltungen des Dezernates Altlasten und die Seminarprogramme der Altlasten-Seminare der drei letzten Jahre. Sie können alle Seminarbeiträge im *Altlasten-annual* des jeweiligen Jahres nachlesen.

# Infothek



<http://www.hlug.de>

## 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-Bodenschutzgesetz 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 Leitfadens 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 Gewereregister herangezogen. Der Branchenkatalog dient der Ermittlung der altlastenrelevanten Betriebe und deren Zuordnung zu Bran-

\* <https://www.hlug.de/medien/altlasten/abstracts/abstracts.htm>



chen und Branchenklassen. Der Katalog basiert auf der Klassifikation der Wirtschaftszweige 2003 des Statistischen Bundesamtes und ersetzt das bisherige Handbuch „Codierung und Einstufung von Altstandorten“ von 1996.

## Teil 5 nur im Internet

### **PC-Programm AltPro (Version 4.1.5) Anwenderhandbuch (2008)**

Volltext verfügbar \*

Schnelle Verfügbarkeit umfassender und aktueller Informationen über Altflächen ist dringende Erfordernis bei der Wahrnehmung verschiedener Planungs- und Verwaltungsaufgaben. Dies gilt ganz besonders auf kommunaler Ebene, etwa bei der Bauleitplanung oder bei der Bearbeitung von Bauanträgen. Um einerseits einen problemlosen Zugang zu den vorhandenen Informationen zu gewährleisten und andererseits eine unkomplizierte Datenerfassung zu ermöglichen, wird das PC-Programm AltPro (Altstandort-Erfassungsprogramm) für Kreise und Kommunen kostenfrei zur Verfügung gestellt.

## Anlage 1 nur im Internet

### **Formulare zur Datenerhebung bei Altflächen**

Volltext verfügbar \*

## **Handbuch Altlasten, Band 3 Erkundung von Altflächen**

### **Teil 1 € 15,- Einzelfallrecherche (1998)**

Nach der Erfassung der Altflächen wird die 2. Stufe der Altlastenbearbeitung 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 Probennahme 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 umständliche Nachrecherchen entstehen können, lassen sich auf diese Weise vermeiden.

### **Formulare Einzelfallrecherche**

Volltext verfügbar \*

\* <https://www.hlug.de/medien/altlasten/abstracts/abstracts.htm>

**Teil 2**

€ 20,-

**Untersuchung von altlastverdächtigen Flächen und Schadensfällen (2002)**

Volltext verfügbar \*

Neubearbeitung des Handbuchs „Untersuchung altlastenverdächtiger Flächen“ von 1996

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 Altlastverdacht wird entweder bestätigt oder ausgeräumt.

Das Handbuch besteht aus den Hauptteilen

- Wassererkundung
- Bodenerkundung
- Bodenlufterkundung

In ergänzenden Kapiteln werden die Themen Saugkerzen, Elutionsverfahren, spezielle Verfahren zur Grundwasseruntersuchung, geophysikalische Erkundungsmethoden sowie Untersuchungen von Sedimenten, Stäuben und Pflanzen behandelt. Weitere Themen sind Arbeitsschutz, Qualitätssicherung und die Anforderungen an Gutachten.

Aufgabe des Handbuchs ist es, geeignete und in der Praxis angewandte Untersuchungsmethoden vor-

zustellen. Unter Berücksichtigung der Vorgaben der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) werden die Einsatzgebiete, Vor- und Nachteile der Untersuchungsmethoden beschrieben. Das Handbuch gibt einen Untersuchungsstandard vor, der im Einzelfall an die Standortgegebenheiten angepasst und ggf. erweitert werden kann.

**Teil 3**

€ 15,-

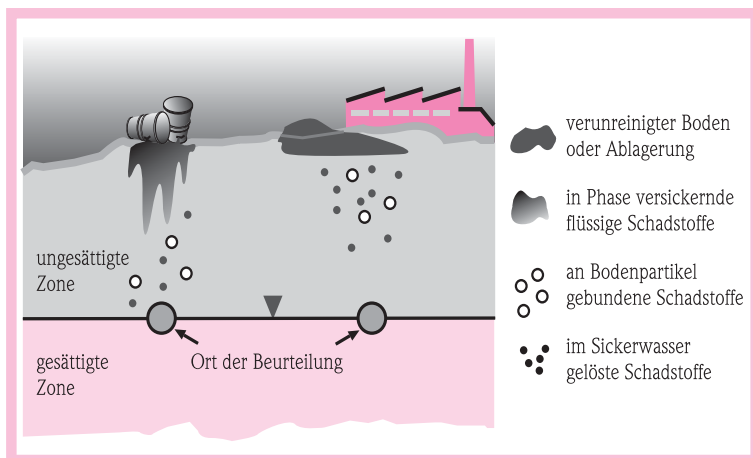
**Untersuchung und Beurteilung des Wirkungspfad des Boden → Grundwasser – Sickerwasserprognose – (2. überarbeitete Aufl. 2002)**

Volltext verfügbar \*

Mit dem Instrument der Sickerwasserprognose soll die von verunreinigtem Boden ausgehende Gefährdung des Grundwassers abgeschätzt 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 (s. Abb. unten links).

Ziel der Sickerwasserprognose ist die Abschätzung der Schadstoffkonzentration und -fracht im Sickerwasser am so genannten 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 Handbuchs 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



\* <https://www.hlug.de/medien/altlasten/abstracts/abstracts.htm>

Mobilität Schutzfunktion der Schadstoffe	der ungesättigten Bodenzone	Schadstoffgehalte im Boden	Grundwasser-gefährdung
hoch	(-)	sehr hoch oder hoch	wahrscheinlich
		gering	zu erwarten
mittel	gering	sehr hoch oder hoch	wahrscheinlich
		gering	zu erwarten
	mittel	sehr hoch	wahrscheinlich
		hoch oder gering	zu erwarten
	hoch	sehr hoch oder hoch	zu erwarten
		gering	nicht zu erwarten
		sehr hoch	wahrscheinlich
	gering	hoch	zu erwarten
gering		gering	nicht zu erwarten
	mittel oder hoch	sehr hoch	zu erwarten
		hoch oder gering	nicht zu erwarten

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 Grundwasser-gefährdung abgeschätzt werden können
- Bearbeitungshinweise für den Fall, dass Bodenverunreinigungen in der gesättigten Zone liegen.

\* <https://www.hlug.de/medien/altlasten/abstracts/abstracts.htm>

Das nachfolgende Beispiel eines Heizöl-Schadensfalls zeigt das Ablaufschema bei einer Sickerwasserprognose nach den Vorgaben des Handbuches. Die Sickerwasserprognose findet im Beispielfall auf Basis von Bodenuntersuchungen statt, die im Rahmen einer orientierenden Untersuchung durchgeführt wurden. Die Einstufung der Grundwassergefährdung beruht dabei auf drei Säulen, die gleichberechtigt nebeneinander stehen:

1. Mobilität der Schadstoffe,
2. Schutzfunktion der ungesättigten Bodenzone,
3. Schadstoffgehalte im Boden.

#### **Mobilität der Schadstoffe:**

Aus Anhang 1 des Handbuches kann entnommen werden, dass Heizöl aufgrund seiner chemisch-physikalischen Stoffeigenschaften eine mittlere Mobilität aufweist.

#### **Schutzfunktion der ungesättigten Bodenzone:**

Im Beispielfall soll aufgrund der geologischen Untergrundverhältnisse eine mittlere Schutzfunktion angenommen werden. Für die Einstufung wird die Tabelle 1 des Handbuches herangezogen.

#### **Schadstoffgehalte im Boden:**

In Bodenproben wurden Gehalte an Mineralölkohlenwasserstoffen bis zu 8000 mg/kg bestimmt. Nach Anhang 3 des Handbuches sind die Schadstoffgehalte als sehr hoch einzustufen.

#### **Grundwassergefährdung:**

Für die Einstufung der Grundwassergefährdung wird die nebenstehende Tabelle herangezogen (Tabelle 2 im Handbuch).

Im Beispielfall kommt die Sickerwasserprognose zu dem Ergebnis, dass eine Grundwassergefährdung wahrscheinlich ist. Daher liegt der hinreichende Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung mit Auswirkungen auf das Grundwasser vor, so dass die zuständige Behörde Detailuntersuchungen nach § 9 Abs. 2 BBodSchV anordnen kann.

## **Teil 4**

### **Chemische analytische Untersuchungen von Altlasten – Laborverfahren – Stoffsammlung (2003)**

€ 5,-

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 Umweltanalytik 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

\* <https://www.hlug.de/medien/altlasten/abstracts/abstracts.htm>

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.

### **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 Verwendung eines vollhalogenierten 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 Herr Zeisberger  
Tel. 06 11/69 39-748,  
e-mail: volker.zeisberger@hlug.hessen.de

### **Teil 6** € 7,50 **„Ermittlung von Schadstofffrachten im Grund- und Sickerwasser“ (2008)**

Volltext verfügbar \*

Die Abschätzung von Schadstofffrachten im Sicker- und Grundwasser gewinnt bei der Altlastenbearbeitung an Bedeutung. So sind bei der Sickerwasserprognose nach der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) neben Schadstoffkonzentrationen auch Schadstofffrachten im Sickerwasser zu berücksichtigen, um den Wirkungspfad Boden-Grundwasser bewerten zu können.

Schadstofffrachten im Grundwasser sind relevant für die Entscheidung,

- ob eine Grundwassersanierung erforderlich ist
- ob eine laufende Grundwassersanierung beendet

\* <https://www.hlug.de/medien/altlasten/abstracts/abstracts.htm>

werden kann, obwohl die Sanierungszielwerte (i. d. R. Stoffkonzentrationen) noch nicht erreicht sind

- ob natürliche Abbau- und Rückhalteprozesse bei Monitored Natural Attenuation (MNA) aktive Sanierungsverfahren ergänzen bzw. ersetzen können.

Im vorliegenden Handbuch wird die Ermittlung von Schadstofffrachten sowohl im Sicker- als auch im Grundwasser beschrieben. Für die Bewertung der Schadstofffrachten liegen zwar keine bundeseinheitlichen Vorgaben vor. Jedoch haben einzelne Bundesländer Regelungen zur Bewertung von Grundwasserfrachten getroffen, z.B. gilt in Hessen das Handbuch Altlasten „Arbeitshilfe zur Sanierung von Grundwasserunreinigungen“.

## **Teil 7** € 7,50 **Arbeitshilfe zur Sanierung von Grundwasserunreinigungen (2008)**

Volltext verfügbar \*

Wenn durch den unsachgemäßen Umgang mit wassergefährdenden Stoffen eine Grundwasserunreinigung eingetreten ist, gelten für die Entscheidung über eine Grundwassersanierung die Vorgaben der Verwaltungsvorschrift zur Erfassung, Bewertung und Sanierung von Grundwasserunreinigungen (GWS-VwV). Ziel der vorliegenden Arbeitshilfe ist die Erläuterung und fachliche Konkretisierung der in der GWS-VwV genannten Ausführungen zu schädlichen Grundwasserunreinigungen und Sanierungen bei Altlasten, schädlichen Bodenveränderungen und Grundwasserschadensfällen. Der Schwerpunkt der Arbeitshilfe liegt bei den Fragestellungen

- Liegt eine schädliche Grundwasserunreinigung 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 -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 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** **Rüstungsalstandorte**

Die effiziente, zuverlässige Erkundung und Bewertung potenziell kontaminierter Standorte (altlastenverdächtige Flächen) ist insbesondere bei Rüstungsalstandorten eine unerlässliche Voraussetzung für den verantwortungsvollen Boden- und Grundwasserschutz. Das HLUG hat deshalb schon vor mehreren Jahren die Entwicklung eines entsprechenden Leitfadens sowie eines umfassenden Materialienbandes in Auftrag gegeben.

## **Teil 1** € 7,50 **Historisch-deskriptive Erkundung (1998)**

Im Handbuch **Rüstungsalstandorte Teil 1** wird das methodische Vorgehen bei der **historischen Erkundung** altlastenverdächtigter Flächen

\* <https://www.hlug.de/medien/altlasten/abstracts/abstracts.htm>

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 Rüstungsaltstandorten (1996)**

Im Handbuch Rüstungsaltstandorte Teil 2 sind Materialien über ehemalige Anlagen und Produktionsverfahren auf Rüstungsaltstandorten 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 Alt-

lasten-Anfangsverdacht oder sogar ein Altlastenverdacht vorliegt.

Spezielle Bewertungsformulare 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.

**Excel-Formulare Einzelfallbewertung**

Volltext verfügbar \*

**Handbuch Altlasten, Band 6  
 Sanierung von Altlasten**

Die Altlastenproblematik bewegt die umweltpolitische Diskussion seit Mitte der 80er Jahre. Damals wurde einer breiteren Öffentlichkeit bewusst, dass die in Altlasten enthaltenen Schadstoffe kostspielige und zeitintensive Maßnahmen zur Gefahrenabwehr und zum Schutz der Umwelt erfordern.

Die unmittelbar Betroffenen, wie Nutzer, Anwohner und Eigentümer, aber auch mögliche Käufer solcher Grundstücke, sind erheblich verunsichert. Sie erwarten von den Umwelt- und Planungsbehörden Vorschläge für den sachgerechten Umgang mit den Hinterlassenschaften der Vergangenheit.

\* <https://www.hlug.de/medien/altlasten/abstracts/abstracts.htm>

**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. Dafür werden jährlich zigtausende Tonnen von Bodenmaterial verwendet.

Der Umgang mit Böden ist durch eine Reihe von Vorschriften aus verschiedenen Rechtsbereichen geregelt. Diese Regelungen sind nicht widerspruchsfrei.

Trotzdem gibt es bislang weder in Hessen noch auf Bundesebene für die Verfüllung von Baugruben bei Sanierungen schädlicher Bodenveränderungen und Altlasten eine fachliche Unterstützung. Diese Fragestellung wird auch nicht in der „Vollzugshilfe zu §12 BBodSchV“ [5] und den Technischen Regeln der LAGA – M20 [9,10] oder sonstigen hessischen Verfüllungsregelungen („Straßenbauerlass“ [4], „Richtlinie Verwertung in Tagebauen“ [3]) behandelt.

Auch wenn diese Vorschriften die Verfüllung von Baugruben bei der Sanierung schädlicher Bodenveränderungen und Altlasten nicht regeln, wurden sie in der Praxis gleichwohl angewandt. Das führte zu einer Vielzahl von unterschiedlichen Vorgehensweisen und gegebenenfalls zu Ungleichbehandlungen. Die Arbeitshilfe will einen einheitlichen Vollzug fördern, was auch unter ökologischen und ökonomischen Aspekten geboten ist.

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 schadstoff-

arme 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 4**

€ 10,-

**Altablagerungen in der Flächen-  
nutzung (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  
Analyseverfahren**

Im Jahre 1998 wurde das Verfahren „Bestimmung von Mineralölkohlenwasserstoffen in Feststoffen aus dem Altlastenbereich (Teil 2)“ von dem Fachgremium Altlastenanalytik veröffentlicht. Dabei handelt es sich nur um eine vorläufige Methode, da hier – aufbauend auf ISO TR 11046 – noch das Extraktionsmittel 1,1,2-Trichlortrifluorethan (R 113) verwendet wird. Im April 2001 wurde das Bestimmungsverfahren durch ein grundsätzlich neues Prinzip zur **„Bestimmung von MKW mittels Kapillargaschromatografie in Feststoffen aus dem Altlastenbereich (Teil 3)“** ersetzt.



Die hier beschriebene Methode ist zur analytischen Bestimmung von MKW in Böden und ggf. auch in schwierigen Altlastenmaterialien geeignet.

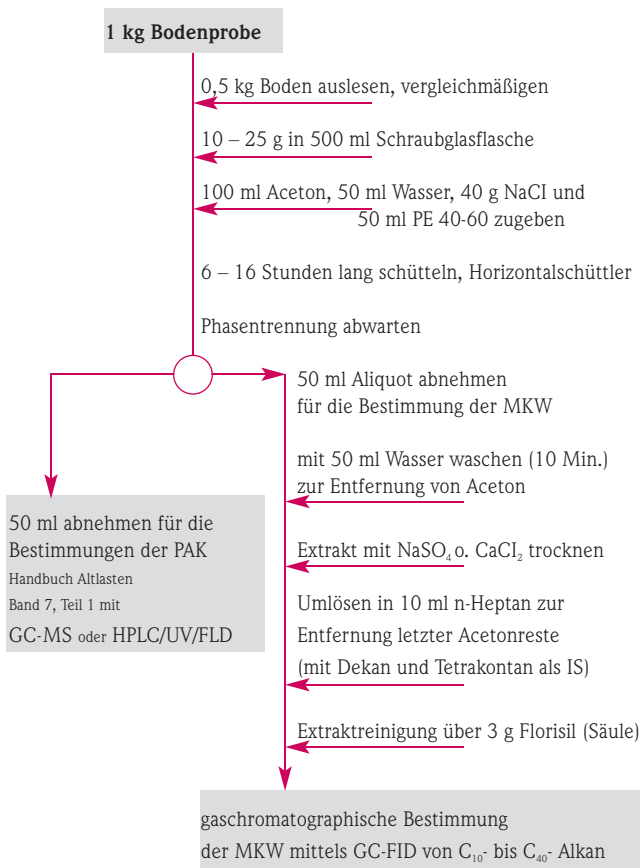
- Mit diesem Verfahren werden alle Verbindungen als Mineralölkohlenwasserstoffe erfasst,
- die mit dem Extraktionsmittelgemisch ACETON/PETROLETHER aus der Originalprobe extrahiert werden können,
  - die bei der Extraktreinigung an FLORISIL nicht adsorbiert werden,
  - deren Retentionszeiten im Gaschromatogramm auf unpolaren Kapillarsäulen zwischen DEKAN (C10) und TETRAKONTAN (C40) liegen und die mit GC-FID detektiert werden.

Die quantitative Bestimmung des so definierten MKW-Gehalts erfolgt durch Peakflächenvergleich mit einer Mischung aus additivfreiem Diesel-/Schmierölgemisch (1:1 m/m).

Das Verfahren ist so konzipiert, dass von einem Aliquot eines Extraktes gem. Handbuch 7, Teil 1, zur Bestimmung der PAK ausgegangen wird und nach Einengung, die zugleich die Entfernung von Aceton aus dem Extraktgemisch vorteilhaft fördert, in die inzwischen für Wasser und Abfall, aber auch für Boden gemäß ISO TC 190/CD 16703, Soil Quality, Determination of mineral oil content by gas chromatography gültige Detektion mittels HRGC-FID einmündet.

Bereits im Jahr 2000 veröffentlichte das Fachgremium Altlastenanalytik das validierte Analyseverfahren zur „Bestimmung von BTEX/LHKW in Feststoffen aus dem Altlastenbereich (Teil 4)“.

Diese Methode kann mindestens zur Bestimmung der folgenden aufgeführten Verbindungen angewandt werden:



Fließschema des Bestimmungsverfahrens für MKW

LHKW	1,1,1-Trichlorethan Trichlorethen Tetrachlorethen Dichlormethan Tetrachlormethan cis-1,2-Dichlorethen 1,1-Dichlorethen
BTEX	Benzol Toluol Ethylbenzol Xylol (o-, m-, p-) Styrol Cumol n-Propylbenzol

Auch weitere, hier nicht genannte Verbindungen, z.B. MTBE, können bestimmt werden.

Bei allen hier zu untersuchenden Verbindungen handelt es sich um leichtflüchtige Substanzen aus dem Bereich der Lösungsmittel und der Kraftstoffe. Daher muss bereits bei der Probennahme darauf geachtet werden, dass die Verluste an leichtflüchtigen

gen Verbindungen durch Verdampfung so gering wie möglich gehalten werden. Dieses wird durch sofortige Überschichtung mit Extraktionsmittel im Feld am besten gewährleistet.

Daher werden im Teil 4 erstmals in einem Bestimmungsverfahren für die Bodenuntersuchung auch die Probenahme, Probenvorbehandlung und Probenaufbereitung vorgegeben und ausführlich beschrieben.

Das zur Extraktion verwendete Lösungsmittel muss prinzipiell folgende Eigenschaften erfüllen:

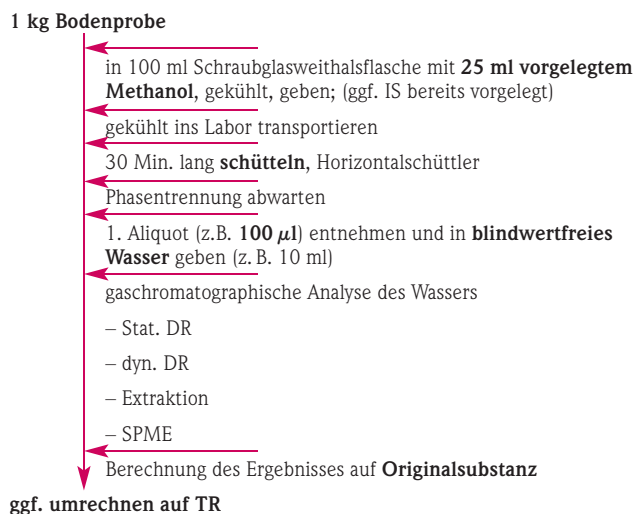
- gute Löslichkeit für die Analyten
- gute Benetzung der Feststoffpartikel
- mit Wasser vollständig mischbar
- feldtauglich (leichte Handhabbarkeit)
- relativ geringer Dampfdruck
- blindwertfreie Qualität verfügbar
- geringe Toxizität

In einem öffentlichen Ringversuch vom November 2000 wurden neben Methanol folgende Lösungsmittel zur Extraktion verwendet: Acetonitril, Dimethylformamid, Methoxyethanol, Ethylglykol. Systematische Unterschiede gegenüber Methanol wurden dabei nicht erkannt.

Die Analyse des Extraktes kann anschließend mit allen Verfahren der Wasseranalytik erfolgen, nachdem ein kleines Aliquot in Wasser gegeben worden ist (z. B. stat. Dampfraum, dyn. Dampfraum, Extraktion, SPME).

Die Verbindungen werden über gaschromatische Trennung und Detektion mit geeigneten Detektoren, z. B.: GC-MS, GC-FID, GC-ECD, identifiziert und quantifiziert.

**Fließschema des Bestimmungsverfahrens von BTEX/LHKW (Beispiel am Lösungsmittel Methanol):**



**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 ISO-Norm (ISO/DIS 18287:2002), 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-Trichlortri-**

\* <https://www.hlug.de/medien/altlasten/abstracts/abstracts.htm>

fluorethan wurde durch **Aceton, Petrolether, 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 formulierte Umlösungsschritt durch zweimaliges Waschen mit Wasser ersetzt werden kann. Beim Einengen des Extraktes besteht die Gefahr, dass bei hohen PAK-Konzentrationen diese im Petrolether 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.

Einzelheiten hierzu finden sich im **Abschlussbericht** des F + E Vorhabens der BAM: „Gezielte Untersuchung und Optimierung der Verfahrensschritte für die gaschromatographische Bestimmung von Mineralölkohlenwasserstoffen in Feststoffen aus dem Altlastenbereich nach der Methode des FGAA“, Februar 2003.

Dieser Abschlussbericht wird durch verschiedene photographische Abbildungen (**Anhang 2.1** und **Anhang 2.2**) ergänzt.

#### Teil 4

€ 5,-

### Bestimmung von BTEX/LHKW in Feststoffen aus dem Altlastenbereich (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 Wasseranalytik durchgeführt werden. Aus diesem Verfahren wird demnächst eine ISO-Norm hervorgehen: ISO/CD 22155:2002, die allerdings nur die statische Dampfdruckanalytische Methode 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 durch ein additives Glied  $V_{wp}$  in der Auswertungsformel [2] des Manuskriptes:

$$c_{iOS} = \frac{c_{i_w} \cdot (V_E + V_{wp}) \cdot V_W}{v_a \cdot m_B} \quad [2]$$

$V_{wp}$  = Volumen des Wasseranteils in der Probe bzw. im Klärschlamm

Das in der Probe vorhandene Wasser vergrößert das Volumen des Extraktionsmittels, z. B. Methanol.

Bei Böden wurde der Wasseranteil deshalb vernachlässigt, da er nur bei deutlichem Überschreiten von 10 % (m/m) in die signifikanten Stellen eingeht. Wenn jedoch aus dem gesättigten Bereich Proben gewonnen werden, ist der Wasseranteil nicht zu vernachlässigen und kann nach der oben wiedergegebenen Formel berücksichtigt werden.

\* <https://www.hlug.de/medien/altlasten/abstracts/abstracts.htm>

**Teil 5**

nur im Internet

**Bestimmung von ausgewählten sprengstofftypischen Verbindungen in Feststoffen aus dem Altlastenbereich mit Gaschromatographie (2004/2005)**

Volltext verfügbar \*

**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 Analyseergebnissen 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 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 Vor-

schläge 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.

\* <https://www.hlug.de/medien/altlasten/abstracts/abstracts.htm>

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:

- Langzeitüberwachung und Funktionskontrolle von Dichtwandumschließungen

- Langzeitüberwachung von Reaktiven Wänden
- Überwachung von biologischen in-situ-Sanierungen
- 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 verfahrenübergreifenden Kriterien, die bei einer Entscheidung über die Fortsetzung oder Beendigung von Überwachungsmaßnahmen herangezogen werden können.

Die Arbeitshilfen wurden anlässlich mehrerer Fachgespräche, die das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie im Jahr 2004 veranstaltet hat, erarbeitet und sind jetzt in einem Band zusammengefasst erschienen.

## Sonstige Veröffentlichungen

### Arbeitshilfen zur Qualitätssicherung in der Altlastenbehandlung

(2003)

Ringordner € 15,-

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 Bund-Länder-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 aufgeteilt, welche jeweils von einzelnen Bundesländern oder dem Umweltbundesamt erarbeitet wurden. Dementsprechend setzen sich die „Arbeitshilfen“ aus diesen Beiträgen zusammen. Die ersten drei Teilthemen umfassen den Schwerpunkt Probennahme:

- Das Teilthema 2.1 „Untersuchungsstrategie“ widmet sich der qualifizierten Vorbereitung der beiden Erkundungsstufen orientierende Untersuchung und Detailuntersuchung. Es enthält Hinweise für die Aufstellung eines Beprobungsplanes sowie für die Erstellung eines Analysekonzeptes.

- Die Anforderungen an die praktische Durchführung von Probennahmen werden im Teilthema 2.2 „Gewinnung von Boden-, Bodenluft- und Grundwasserproben“ beschrieben. Hier werden u.a. Vorgaben für die Errichtung von Bodenluft- und Grundwassermessstellen und Hinweise für die Entnahme der Proben gegeben.
- Das Teilthema 2.3 „Probenbehandlung“ befasst sich mit der Auswahl der je nach Untersuchungsmedium und -parameter geeigneten Probengefäße und deren Handhabung, den spezifischen Verfahren der Konservierung und den Bedingungen für den Transport von Proben.

Die nächsten drei Teilthemen beinhalten den Schwerpunkt Analytik:

- Das Teilthema 2.4 enthält Empfehlungen für den Einsatz von Vor-Ort-Analytik im Rahmen der orientierenden Untersuchung. Für die hierbei möglichen Parameter werden die geeigneten Bestimmungsmöglichkeiten und Messmethoden vorgestellt. Desweiteren werden Empfehlungen für die Auswahl der speziellen Messtechnik gegeben und Anforderungen an Qualitätssicherungsmaßnahmen genannt.
- Das Teilthema 2.5 enthält eine Zusammenstellung der Analyseverfahren, welche speziell für die Untersuchung von Wasser- und Feststoffproben aus der Altlastenerkundung geeignet sind. Darüber hinaus werden die Bedingungen für die Durchführung einer analytischen Qualitätssicherung beschrieben.
- Unter dem Titel „Biologische Verfahren in der Laboranalytik“ werden im Teilthema 2.5a ökotoxikologische Testsysteme vorgestellt und Hinweise zu deren Einsatzmöglichkeiten bei der Altlastenuntersuchung gegeben. Die Testverfahren werden anhand verschiedener Kriterien beurteilt, um somit eine Hilfestellung bei der Auswahl geeigneter Verfahren anzubieten.

Der Schwerpunkt Beurteilung und Bewertung wird im Teilthema 2.6 behandelt:

- Gegenstand des Teilthemas 2.6. sind die Anforderungen an die fachliche Beurteilung der Untersuchungsergebnisse von altlastverdächti-

gen Flächen durch Sachverständige. Neben inhaltlichen Vorgaben und Empfehlungen zur Vorgehensweise enthält das Teilthema Hinweise für die Plausibilitätsprüfung von Messergebnissen.

Das letzte Teilthema beinhaltet den Schwerpunkt Simulation:

- Das Teilthema 2.7 befasst sich mit der Simulation von Strömungs- und Stofftransportprozessen im Grundwasser mit Hilfe von Modellen. Hierbei werden die Aspekte der Qualitätssicherung bei der Simulation aufgezeigt, welche in den einzelnen Bearbeitungsstufen von der Beauftragung bis zur Dokumentation und Abnahme der Ergebnisse zu beachten sind.

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“, beschlossen von der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) im Januar 2000 und von der Amtschefkonferenz der Umweltressorts von Bund und Ländern am 11./12. Oktober 2000
- „Merkblatt für die Notifizierung von Untersuchungsstellen im Bereich Boden und Altlasten“, beschlossen von der LABO im September 2000.

Diese beiden Merkblätter sind ebenfalls in der hessischen Ausgabe der „Arbeitshilfen“ zur weiteren Information enthalten.

## **Sanierungsbilanz – Stand der Altlastensanierung in Hessen – Übersicht über den Einsatz von Sanierungsverfahren und -techniken 1996–2001**

€ 20,-

(2003)

ISBN 3-89026-806-4

Die vorliegende gemeinsame Studie der Fachhochschule Wiesbaden und des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie zeigt die Entwicklung in den Jahren 1996–2001 auf.

Die Altlastenbearbeitung in Hessen besteht in der Erfassung, Datenpflege und dem konkreten Vollzug, der letztlich bei einer erklärten Altlast zur Sanierung des kontaminierten Geländes führen muss. Hierfür ist es wichtig, über die statistischen Entwicklungen in Hessen hinsichtlich der Sanierung von belasteten Flächen Bescheid zu wissen.

Wie viele erklärte Altlasten in Hessen gibt es insgesamt, wie viele davon sind im Zustand der Sanierung, wie viele sind in einem bestimmten Zeitraum saniert worden? Gibt es regionale Unterschiede? Gibt es Zusammenhänge zwischen spezifischer Belastung und gewählten Sanierungsverfahren? Wie lange dauern bestimmte Sanierungsverfahren? Lassen sich Aussagen treffen über zukünftige Entwicklungen? Vor allem in den letzten Jahren hat die Zahl der abgeschlossenen Altlastensanierungen in Hessen deutlich zugenommen. Auf der Grundlage der Daten, die vor allem von den Vollzugsbehörden bereitgestellt wurden, konnte erstmals eine umfangreiche statistische Auswertung der durchgeführten Sanierungsmaßnahmen vorgenommen werden. 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.

Die Ergebnisse sollen in erster Linie den mit Altlastensanierungen befassten Behörden sowie kommunalen und privaten Sanierungspflichtigen als Informationsgrundlage dienen und sie bei der Planung und Durchführung von Sanierungsmassnahmen unterstützen.

## 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 Juli 2009, Änderungen vorbehalten).



**Hessisches Landesamt  
für Umwelt und Geologie**  
– Vertriebsstelle –  
Postfach 3209, 65022 Wiesbaden

### Lieferanschrift

\_\_\_\_\_  
Name

\_\_\_\_\_  
Behörde/Firma

\_\_\_\_\_  
Straße

\_\_\_\_\_  
PLZ Ort

\_\_\_\_\_  
Telefon/Fax

\_\_\_\_\_  
Datum

\_\_\_\_\_  
Unterschrift

Bestellung / Anzahl der Exemplare

<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"/>	Altlasten-annual 2000, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008			kostenlos



## Die Autoren dieser Ausgabe

---



**Mustafa Dönmez**  
Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie,  
Landwirtschaft und Verbraucherschutz  
Mainzer Straße 80

65189 Wiesbaden

---

**Marie-Anne Feldmann**  
Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie  
Dezernat G5 Altlasten  
Rheingastr. 186

65203 Wiesbaden

---

**Stanislava Gabriel**  
Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie  
Dezernat W2 Gewässergüte  
Rheingaustraße 186

65203 Wiesbaden

---

**Sabine von der Gönna**  
GOBIO GmbH  
Institut für Gewässerökologie u. angewandte Biologie  
Scheidertalstr. 69a

65326 Aarbergen

---

**Prof. Dr. -Ing. habil. Jochen Großmann**  
GICON-Großmann Ingenieur Consult GmbH  
Gartenstraße 110

10115 Berlin

---

**Dr. Marion Hemfler**  
Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie  
Dezernat W4 Hydrogeologie  
Rheingaustraße 186

65203 Wiesbaden

---

**Jens Heyden**  
CDM Consult GmbH  
Am Rupertsberg 16

55411 Bingen

---

**Dr. Margareta Jaeger-Wunderer**  
Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie  
Dezernat G5 Altlasten  
Rheingastr. 186

65203 Wiesbaden

---

**Dr. Dieter Kämmerer**  
Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie  
Dezernat W4 Hydrogeologie  
Rheingaustraße 186

65203 Wiesbaden

---

**Judith Knies**  
GICON-Großmann Ingenieur Consult GmbH  
Gartenstraße 110

10115 Berlin

---

**Dr. Bernd Leßmann**  
Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie  
Dezernat W4 Hydrogeologie  
Rheingaustraße 186

65203 Wiesbaden

---

**Johann Mesch**  
BAUER Umwelt GmbH  
In der Scherau 1

86529 Schrobenhausen

---

---

**Dieter Poetke**

GICON-Großmann Ingenieur Consult GmbH  
Gartenstraße 110

10115 Berlin

---

**Carlo Schillinger**

LGA Institut für Umweltgeologie und  
Altlasten GmbH  
Tillystraße 2

90431 Nürnberg

---

**Thomas Schmidt-Modrow**

BAUER Umwelt GmbH  
In der Scherau 1

86529 Schrobenhausen

---

**Birgit Schmitt-Biegel**

HIM GmbH, Bereich Altlastensanierung HIM-ASG  
Waldstraße 11

64584 Biebesheim

---

**Sonja Schuster**

Regierungspräsidium Darmstadt  
Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt Frankfurt  
Gutleutstraße 138

60327 Frankfurt am Main

---

**Brigitte Sprüssel**

Amt für Arbeitsschutz  
Billestraße 80

20539 Hamburg

---

---

**Dr. Petra Stahlschmidt-Allner**

GOBIO GmbH  
Institut für Gewässerökologie u. angewandte Biologie  
Scheidertalstr. 69a

65326 Aarbergen

---

**Markus Töpfer**

RMD Rhein-Main Deponie GmbH  
Steinmühlenweg 5

65439 Flörsheim am Main

---

**Christian Weingran**

HIM GmbH, Bereich Altlastensanierung HIM-ASG  
Plausdorfer Weg

35260 Stadtallendorf

---

**Thorsten Wenderhold**

Werkfeuerwehr InfraServ Wiesbaden  
Industriepark Kalle-Albert  
Kasteler Strasse 45

65203 Wiesbaden

---

**Michael Wolf**

Regierungspräsidium Darmstadt  
Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt Wiesbaden  
Lessingstr. 16-18

65189 Wiesbaden

---

## Impressum

- 
- Herausgeber,  
© und Vertrieb** Hessisches Landesamt  
für Umwelt und Geologie - HLUG  
Rheingaustraße 186  
65203 Wiesbaden  
E-Mail: [vertrieb@hlug.hessen.de](mailto:vertrieb@hlug.hessen.de)  
Telefax: 06 11-69 39 113
- Bearbeitung:** Redaktionsteam „annual 2009“  
Dezernat Altlasten
- Titel-Abbildung:** Hedderheimer Kupferwerk und  
Süddeutsche Kabelwerke AG,  
Gesamtansicht um 1910, Bildnachweis:  
Denkmalamt Stadt Frankfurt am Main  
Nr. 478
- Gestaltung:** Hessisches Landesamt  
für Umwelt und Geologie  
Nadine Monika Lockwald

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die in der Veröffentlichung geäußerten Ansichten geben die persönlichen Meinungen der Autoren wieder.  
Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit Quellenangabe und unter Überlassung von 5 Belegexemplaren gestattet.

Wiesbaden, März 2010