

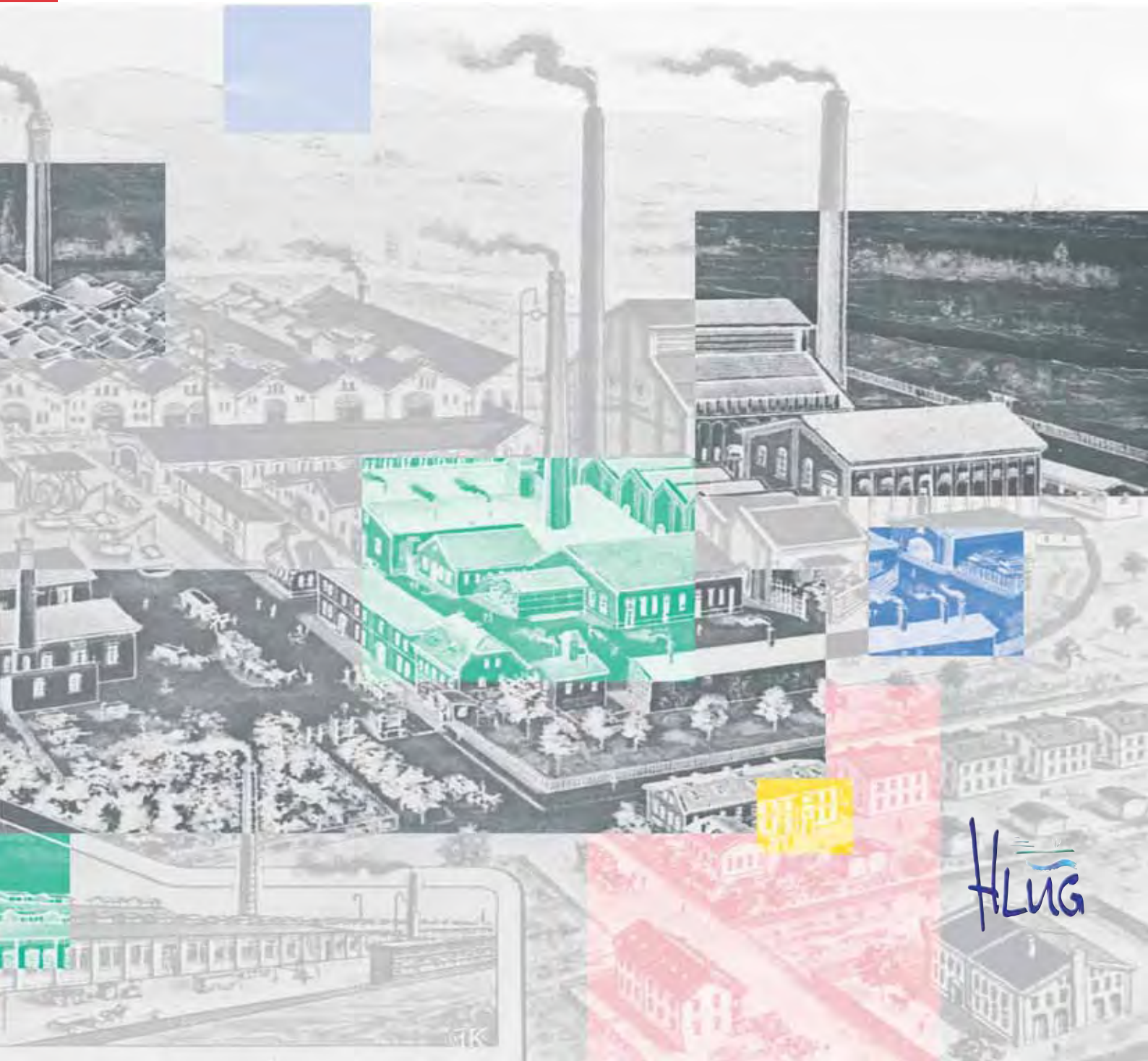
Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie

HESSEN



Handbuch Altlasten

Altlasten- annual 2007



Wiesbaden, Januar 2008

Liebe Leserin, lieber Leser,

im Brennpunkt der vorliegenden Ausgabe stehen diesmal die kommunalen Altlasten. Anlass ist das Abschlussprogramm zur kommunalen Altlastenbeseitigung der hessischen Landesregierung. Mit finanzieller Unterstützung durch dieses Programm soll die Untersuchung und Sanierung kommunaler Altlasten bis zum Jahr 2015 weitgehend abgeschlossen werden. Die finanzielle Förderung umfasst auch die Erfassung und Validierung von Altflächen durch die Kommunen. Am Beispiel einer Stadt in Mittelhessen wird hier über die Erfahrungen einer Kommune berichtet.

Seit 1996 bildet die Altflächendatei das zentrale Informationssystem für Altflächen in Hessen. Nach umfassenden Neuentwicklungen wurde die Altflächendatei im März 2007 als Fachinformationssystem Altflächen und Grundwasserschadensfälle FIS AG in Betrieb genommen. In der Rubrik **Aktuell** werden die wesentlichen Neuerungen vorgestellt.

Ein weiteres wichtiges und aktuelles Thema ist das Hessische Altlasten- und Bodenschutzgesetz, welches am 1. November 2007 in Kraft getreten ist und das bisherige Hessische Altlastengesetz aus dem Jahr 1994 ablöst.

Im Jahr 2007 fand neben dem alljährlichen Altlastenseminar auch ein Seminar zu dem Thema Überwachung der natürlicher Abbau- und Rückhalteprozesse, auch bekannt als „Monitored Natural Attenuation“, statt. Alle Seminarvorträge der beiden Veranstaltungen können Sie hier im **Altlastenannual** nachlesen.

Ich wünsche Ihnen eine anregende Lektüre und bedanke mich herzlich bei allen, die mit Ihrem Engagement zum Entstehen dieser Ausgabe beigetragen haben.

Ihr



Thomas Schmid
Präsident des Hessischen Landesamtes
für Umwelt und Geologie

Altlasten- annual 2007

Stand der Altlastenbearbeitung
in Hessen 6

Zahlen und Fakten 9

Brennpunkt:

THOMAS BRÜGGEMANN

Abschlussprogramm kommunale
Altlastensanierung 25

MARIE-ANNE FELDMANN, SABINE RUWWE &
WINFRIED STAUDT

Aktualisierung der ALTIS-Daten
für Altstandorte am Beispiel einer
mittelhessischen Gemeinde 27

Aktuell:

MARGARETA JAEGER-WUNDERER, MARGOT KRUG &
ANDREA SCHÜTZ-LERMANN

Das neue Fachinformationssystem
Altflächen und Grundwasser-
schadensfälle in Hessen 33

JÖRG MARTIN

Das neue Hessische Altlasten-
und Bodenschutzgesetz 41

Seminar

Altlasten und Schadensfälle

Offenbach, 23./24. Mai 2007

HANS-GEORG EDEL

Grundwassersanierung –
Stand der Technik und mehr 59

ULRIKE KÖPPEL

Alles im Fluss –
Beenden einer Grundwassersanierung 67

MANFRED FUNK

Einsatz der online MSR-Technologie bei Airsparging-
Sanierungen – Minimierung der Risiken und
Beschleunigung der Sanierung 75

BERTHOLD MEISE & JOHANNES WEIB

Sanierung der Altablagerung Grix, Offenbach
Planung, Durchführung und Erfolgskontrolle
eines Abdichtungssystems mittels Kapillarsperre . 81

PETRA STAHLSCHMIDT-ALLNER

Biologische Testverfahren in der
Bewertung von Altlasten 91

RAINER HAAS

Monitoring von Grund- und Oberflächen-
wasser mit gaisafe-Passivsammlern 95

CHRISTOPH SCHÜTH

Innovative in-situ Sanierungen
und deren Perspektiven 101

DIETER HÜLPÜSCH

Baumaßnahmen und Bodenschutz bei
Altstandorten – Anspruch und Realität 105

WINFRIED SONNTAG & JÜRGEN FEHL

Chromatsanierung zum Festpreis –
Erfahrungen aus einem Pilotprojekt 113

REINHARD BODACK & ROLAND REH

Aerober mikrobiologischer Abbau von 1,2-Dichlor-
propan und 1,2-Dichlorethan in der Schadstoff-
fahne eines ehemaligen Chemikalienhandels und
Implementierung eines MNA-Konzeptes in die
hydraulische Grundwassersanierung 121

Seminar Überwachung natürlicher Abbau- und Rückhalteprozesse im Grundwasser bei Altlasten (MNA)

Stadtallendorf, 24. Oktober 2007

MICHAEL WEIS

Wie nagt der Zahn der Zeit am Rüstungs-
altstandort Stadtallendorf? 127

VOLKER ZEISBERGER

Hessische Arbeitshilfe zu überwachten natürlichen
Abbau- und Rückhalteprozessen (MNA) 135

PETER WÜSTEMANN

5 Jahre MNA – Erfahrungen aus einem
BTEX-Schadensfall 141

JOHANNES MÜLLER

LABO-Positionspapier: Berücksichtigung
natürlicher Schadstoffminderungsprozesse
bei der Altlastenbearbeitung 147

SYLVIA WIDMANN ET AL.

Fallbeispiel „PAK-Schadensfall“ 153

WILHELM PÜTTMANN

Geeignete Parameter zur
Überwachung von MNA 165

KATHRIN SCHMIDT ET AL.

Natürlicher mikrobiologischer
Abbau von Chlorethenen:
Nachweismethoden und Fallbeispiele 173

Infothek

- Altlasten im Internet 183
- Handbuchreihe Altlasten 185
- Altlastenrelevante Beiträge in den HLFU-/
HLUG-Schriftenreihen 198
- Sonstige Veröffentlichungen 200

Bestellschein 202

Die Autoren dieser Ausgabe 204

Impressum 206

Stand der Altlastenbearbeitung

MARGARETA JAEGER-WUNDERER

An dieser Stelle wollen wir Sie über wichtige Entwicklungen im Bereich Altlasten informieren sowie über die Arbeitsschwerpunkte 2007 des Dezernats Altlasten berichten.

Wie schon im letzten Jahr berichtet, wurde seitens des Umweltministeriums eine Arbeitsgruppe eingerichtet, die den Auftrag erhielt, eine **Arbeitshilfe zur Sanierung von Grundwasserverunreinigungen** zu erstellen. Ziel der Arbeitshilfe ist die Erläuterung und fachliche Konkretisierung der in der Verwaltungsvorschrift zur Erfassung, Bewertung und Sanierung von Grundwasserverunreinigungen (GWS-VwV) vom 30.10.2005 genannten Ausführungen. Schwerpunkte der Arbeitshilfe sind die Themen: „Liegt eine schädliche Grundwasserverunreinigung vor?“ und „Ist die Sanierung eines Grundwasserschadens erforderlich?“. Weiterhin werden folgende Themen behandelt: Sanierungsziele, Optimierung/Beendigung von Sanierungen, Einleitung von Hilfsstoffen in das Grundwasser bei in-situ-Sanierungen sowie Einleitung von Grundwasser in Oberflächengewässer und Kläranlagen. Die Arbeitshilfe wurde Ende 2007 fertig gestellt und wird Anfang 2008 in der Handbuch-Altlasten-Reihe des HLUG veröffentlicht.

Altlastensanierungen in Hessen erfolgen häufig durch Aushub des kontaminierten Materials. Anschließend werden die dabei entstandenen Baugruben mit Bodenmaterialien, die im Sanierungsgebiet anfallen oder von außerhalb kommen, wieder verfüllt. Der Umgang mit Böden ist durch eine Reihe boden- oder abfallrechtlicher Vorschriften geregelt, eine fachliche Unterstützung für die Verfüllung von Baugruben bei Altlastensanierungen gibt es bisher jedoch nicht. Aus diesem Grund wurde in einer Arbeitsgruppe unter Federführung des HLUG die **Arbeitshilfe zur Verfüllung bei der Sanierung von schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten** erarbeitet. Sie konkretisiert die allgemeinen Vorgaben des Bodenschutzrechts in fachlicher Hinsicht, liefert den zuständigen Behörden eine Grundlage für Beratungen und Entscheidungen und hilft Unterschiede in der Sanierungspraxis zu vermeiden. Die Arbeitshilfe ist nun gedruckt und in der Reihe „Handbuch Altlasten“ als Band 6, Teil 1 erschienen (s.S. 192 Infothek).

Die Untersuchung der Umweltauswirkungen einer Altdeponie wurde auf mögliche **ökotoxikolo-**

gische Effekte des Grundwassers erweitert. Damit wurden nicht mehr nur Einzelsubstanzen untersucht, sondern die Wirkung des Schadstoffgemisches betrachtet, dessen Wirkung eine andere sein kann als die der Einzelsubstanzen.

Dabei wurde festgestellt, dass neben den bisher bekannten Auswirkungen auf das Grundwasser, die durch die klassischen Parameter und die Überschreitungen der GFS dokumentiert sind, auch Wirkungen durch das Stoffgemisch auf das aquatische System vorhanden sind. Der Schadstoffcocktail verhält sich gegenüber den Wasserorganismen anders als die Einzelsubstanzen. Vor allem werden über diese ökotoxikologischen Tests in der Regel auch bislang nicht identifizierte Stoffe mitefassen, die nicht als Einzelsubstanz analysiert wurden, die aber im aquatischen System dominante Wirkungen zeigen können.

Die Ergebnisse der im Sommer durchgeführten Studie werfen viele Fragen auf. Deshalb hat das HLUG einen Auftrag an ein Institut erteilt mit dem Ziel, einen Leitfaden über den Einsatz ökotoxikologischer Testverfahren bei der Bewertung von Altlasten zu erarbeiten.

Ein weiteres Thema in der Grundlagenarbeit des HLUG sind die Bereiche Probennahme bis Analytik. So veranstaltete das HLUG für die RPUen das **Praxisseminar: „Von der Probennahme zum Analyseergebnis“**. Am Vormittag konnten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer in kleinen Gruppen auf einer Altdeponie – zunächst im strömenden Regen – Probennahmestrategien entwickeln und Boden- und Wasserproben gewinnen, deren Untersuchung im Labor am Nachmittag weiter verfolgt wurde. Hierbei sollte der Zusammenhang zwischen Gewinnung der Probe, Probenaufbereitung und Analyseergebnis aufgezeigt werden, um damit die Aussagekraft von Analyseergebnissen für die Standortbeurteilung zu verdeutlichen und letztlich die Möglichkeiten zur Beurteilung einer Altfläche zu erweitern.

Im Bereich der Analytik engagiert sich das HLUG weiter in den DIN-Arbeitskreisen für die Untersu-

chung ausgewählter **zinnorganischer Verbindungen** und dem der Bestimmung von **sprengstofftypischen Verbindungen in Böden**. Für die Bestimmung von **Phenolen in Böden** wurde in Zusammenarbeit mit dem **altlastenforum Baden-Württemberg e. V.** ein Untersuchungsverfahren entwickelt und getestet. Dabei wurde klar, dass die sinnvolle Untersuchung bestimmter Phenole sehr schwierig ist, da ihr Umbau in der Bodenmatrix rasant vonstatten gehen kann. An diesem Problem wird nun auf der Ebene des DIN weiter gearbeitet.

Das HLUG hat im März dieses Jahres das neue **Fachinformationssystem Altflächen und Grundwasserschadensfälle (FIS AG)** eingeführt. FIS AG vereint das Altflächen-Informationssystem Hessen - ALTIS -, die Analysendatei Altlasten und Grundwasserschadensfälle –ANAG – und ein geografisches Informationssystem – GIS FIS AG unter einem Dach und bildet damit die Grundlage für die Altflächendatei des Landes Hessen.

FIS AG erfüllt wichtige Funktionen: Es unterstützt die Arbeit der zuständigen Behörden und stellt die über Altflächen vorhandenen Daten für Auskünfte (z. B. beim Grundstückskauf) und Planungen auf Landes- oder kommunaler Ebene zur Verfügung. ALTIS speichert Daten über Altablagerungen, Altstandorte sowie schädliche Bodenveränderungen. Ebenfalls enthalten sind Ergebnisse aus Boden- und Grundwasseruntersuchungen sowie durchgeführte Sanierungsmaßnahmen. Mit der Analysendatei ist es möglich, ausgehend von einer Altablagerung oder einem Altstandort die dazugehörigen Messstellen mit ihren Untersuchungsergebnissen einzusehen, zu bearbeiten und die Lage von Standorten und Messstellen in einer Karte (GIS-Viewer) anzeigen zu lassen. Außerdem können durch die direkte Einbindung der Bürokommunikation Informationsblätter, Schreiben oder Excel-Blätter direkt aus der Anwendung heraus generiert werden.

Die neue HUMANIS-Applikation FIS AG wird im Auftrag des Umweltministeriums auf einem Windows-Terminal-Server der HZD betrieben. Aktuell

greifen neben dem HLUG und dem HMULV die Regierungspräsidien online auf das Fachinformationssystem zu. Auch elf der Unteren Wasser- und Bodenschutzbehörden der Landkreise und kreisfreien Städte nutzen bereits das System, fünf weitere haben den Anschluss beantragt.

Alle Anwenderinnen und Anwender werden einen Tag lang geschult, bevor die HZD den Zugriff freischaltet. Fachanwendungsbetreuer und -betreuerinnen der Stufe 1, die sog. FAB-1, erhalten eine intensivere Schulung. Zweimal im Jahr treffen sich

alle FAB-1 mit dem Fachanwendungverantwortlichen (FAV) des HMULV und den Betreuerinnen des HLUG (FAB-2) zur sog. FAB AG, um die fachlichen und technischen Anforderungen und Fragen zu erörtern und Lösungen zu erarbeiten (s. S. 38 Aktuell).

Der Erfolg unserer Arbeit hängt nicht zuletzt vom intensiven Austausch mit den Kolleginnen und Kollegen innerhalb und außerhalb des HLUG ab. Bei allen, die sich in Arbeitskreisen oder Projektgruppen an der fachlichen Diskussion beteiligt haben, möchte ich mich herzlich bedanken.

Zahlen und Fakten 2007

Dezernat G5, Altlasten

Dieser Zahlenspiegel stellt die Situation der Altlastenbearbeitung in Hessen mit Datenstand 1.7.2007 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 mit Datenstand vom 1. Juli.

Eine **altlastverdächtige Fläche** ist durch den Verdacht schädlicher Bodenveränderungen oder sonstiger Gefahren für den Einzelnen oder die Allgemeinheit definiert. Sie wird nur bei hinreichendem Verdacht in der Altflächendatei gekennzeichnet. Bei einer **Altlast** ist die Notwendigkeit einer Sanierung aufgrund von Untersuchungen festgestellt worden.

Altablagerungen

In Hessen sind zum genannten Stichtag 7 091 Altablagerungen bekannt. Davon sind durch Entscheidungen der Regierungspräsidien 324 als altlastverdächtige Flächen und 101 als Altlasten eingestuft. In 228 Fällen wurde der Altlastverdacht und bei 39 Flächen die Altlast aufgehoben (Tab. 1).

Die Umweltrelevanz der vorhandenen Altablagerungen ist recht unterschiedlich. Sie orientiert sich an den tatsächlichen Emissionen, dem Schadstoffpotenzial und der Bedeutung betroffener Schutzgüter (Menschen, Boden, Wasser, Luft, Tiere, Pflanzen ...). Die Umweltrelevanz lässt sich am Beispiel der Volumina darstellen, wenn man das Volumen als Indikator für das Schadstoffpotenzial bewertet (Abb. 1).

Bei der Mehrzahl der Ablagerungen handelt es sich um kleinere und bei einer Minderheit um große bis sehr große Objekte bzw. Volumina der Altablagerungen.

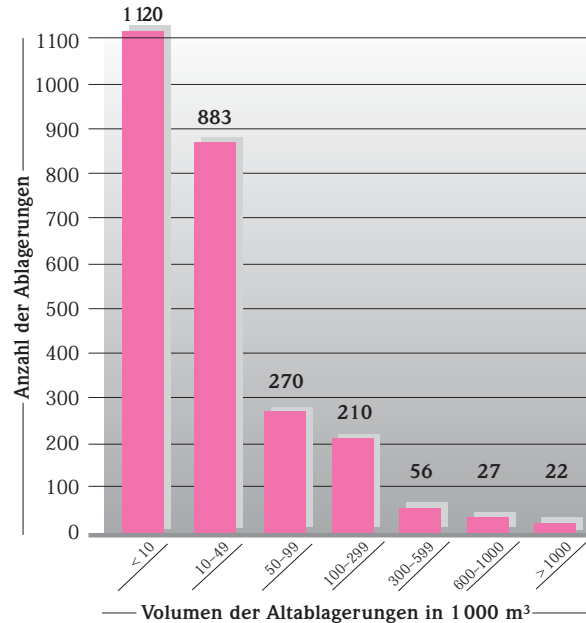


Abb. 1: Altablagerungen nach Größenklassen

Tab. 1: Anzahl der Altablagerungen

Kreis/ kreisfreie Stadt	Altablagerungen	klasse 4 und 5 Gefährdungspotenzial sehr hoch	altlastverdächtige Flächen	Altlasten	aufgehobene altlastverdächtige Flächen	Gefährdungs- abschätzung abgeschlossen	aufgehobene Altlasten
1	2	3	4	5	6	7	8
Stadt Darmstadt	40	30	3	1	2	3	1
Stadt Frankfurt	327	81	25	14	2	16	4
Stadt Offenbach	77	17	5	7	1	8	4
Stadt Wiesbaden	79	36	27	1		1	
Lkr. Bergstraße	158	118	17	2		2	1
Lkr. Darmstadt-Dieburg	168	104	6	2		2	2
Lkr. Groß-Gerau	155	111	5	11	2	13	1
Hochtaunuskreis	393	113	6	2	4	6	1
Main-Kinzig-Kreis	562	294	69	12	18	30	3
Main-Taunus-Kreis	221	50	9	2	1	3	2
Odenwaldkreis	91	71	2				
Lkr. Offenbach	391	66	25	8	58	66	3
Rheingau-Taunus-Kreis	232	173	23	1	3	4	1
Wetteraukreis	367	253	22	2	2	5	
RB Darmstadt	3261	1517	244	65	94	159	23
Lkr. Gießen	314	185	10	2	16	18	4
Lahn-Dill-Kreis	417	305	12	7	28	35	5
Lkr. Limburg-Weilburg	249	182	8	5	25	30	3
Lkr. Marburg-Biedenkopf	560	455	12	5	19	24	3
Vogelsbergkreis	308	223	5		5	5	
RB Gießen	1848	1350	47	19	93	112	15
Stadt Kassel	54	26	1	3		3	
Lkr. Fulda	283	205	16	3	4	7	
Lkr. Hersfeld-Rotenburg	258	204	1	2	2	4	
Lkr. Kassel	318	226	5	1	13	14	1
Schwalm-Eder-Kreis	437	242	2	4	8	12	
Lkr. Waldeck-Frankenberg	338	216	1	4	13	17	
Werra-Meißner-Kreis	294	204	7		1	1	
RB Kassel	1982	1323	33	17	41	58	1
Hessen	7091	4190	324	101	228	329	39

Anmerkung: Die Spalte 3 enthält die Flächen mit den Ablagerungsklassen 4 und 5, die das hohe und sehr hohe Gefährdungspotenzial darstellen (s. S. 11). Die Spalten 3, 4, 5, 6, 7 und 8 sind Teilmengen der Spalte 2. Spalte 7 „Gefährdungsabschätzung abgeschlossen“ ist die Summe der Spalten 5 „Altlasten“ und 6 „aufgehobene altlastverdächtige Flächen“.

Altstandorte

Während die Altablagerungen zu einem hohen Anteil bekannt sind, liegt die Quote der Ermittlung der Altstandorte noch unter 70 %. Nach Tab. 2 sind in Hessen 104347 Altstandorte ermittelt. Von den erfassten Altstandorten sind 432 als altlastverdächtige Flächen und 363 als Altlasten eingestuft. Darüber hinaus wurde in 203 Fällen der Altlastverdacht und bei 366 Standorten die Altlast aufgehoben.

Wie bei den Altablagerungen ist auch bei den Altstandorten der Regierungsbezirk Darmstadt stärker betroffen als die Regierungsbezirke Gießen und Kassel. Das ist Ausdruck der Konzentration von Gewerbe und Industrie im südhessischen Raum. Die Altstandorte sind untereinander hinsichtlich Umweltrelevanz, Sanierungsnotwendigkeit, Größe usw. sehr unterschiedlich. In Abb. 2 wird das mit Hilfe der jeweiligen Anzahl der Flurstücke näherungsweise verdeutlicht. Die Größe des Objektes ist ein geeignetes Kriterium für das Ausmaß der möglichen Schäden.

Tab. 2: Anzahl der Altstandorte

Kreis/ kreisfreie Stadt	Altstandorte	klasse 5 Gefährdungspotenzial sehr hoch	altlastverdächtige Flächen	Altlasten	aufgehobene altlastverdächtige Flächen	Gefährdungs- abschätzung abgeschlossen	aufgehobene Altlasten
1	2	3	4	5	6	7	8
Stadt Darmstadt	2 899	573	5	7	3	10	7
Stadt Frankfurt	34 076	5 418	99	81	14	95	47
Stadt Offenbach	5 118	1 229	22	24	2	26	12
Stadt Wiesbaden	7 318	1 838	21	20	10	30	19
Lkr. Bergstraße	6 086	952	7	13	1	14	6
Lkr. Darmstadt-Dieburg	3 580	627	8	9	1	10	18
Lkr. Groß-Gerau	3 662	496	3	10	2	12	15
Hochtaunuskreis	2 719	549	7	9	6	15	17
Main-Kinzig-Kreis	7 324	1 236	48	42	10	52	32
Main-Taunus-Kreis	2 410	362	17	3	15	18	7
Odenwaldkreis	660	149	4	3	1	4	1
Lkr. Offenbach	6 179	979	17	33	14	47	31
Rheingau-Taunus-Kreis	2 849	383	14	9	18	27	13
Wetteraukreis	1 928	464	25	12	12	24	14
RB Darmstadt	86 808	15 255	297	275	109	384	239
Lkr. Gießen	1 666	368	15	17	3	20	17
Lahn-Dill-Kreis	3 968	545	16	13	41	54	30
Lkr. Limburg-Weilburg	1 857	310	7	6	11	17	24
Lkr. Marburg-Biedenkopf	3 775	486	55	8	3	11	13
Vogelsbergkreis	268	87	8	4	1	5	3
RB Gießen	11 534	1 796	101	48	59	107	87
Stadt Kassel	182	118	17	20	9	29	10
Lkr. Fulda	1 049	194	3	2	1	3	8
Lkr. Hersfeld-Rotenburg	355	108	4	2	1	3	6
Lkr. Kassel	1 542	293	6	7	10	17	6
Schwalm-Eder-Kreis	1 358	191	2	4	7	11	3
Lkr. Waldeck-Frankenberg	1 158	246	2	4	4	8	4
Werra-Meißner-Kreis	361	108		1	3	4	3
RB Kassel	6 005	1 258	34	40	35	75	40
Hessen	104 347	18 309	432	363	203	566	366

Anmerkung: Die Spalte 3 enthält die Flächen mit der Branchenklasse 5, die das sehr hohe Gefährdungspotenzial darstellt (s.S. 11).

Die Spalten 3, 4, 5, 6, 7 und 8 sind Teilmengen der Spalte 2. Spalte 6 „Gefährdungsabschätzung abgeschlossen“ ist die Summe der Spalten 5 „Altlasten“ und 6 „aufgehobene altlastverdächtige Flächen“.

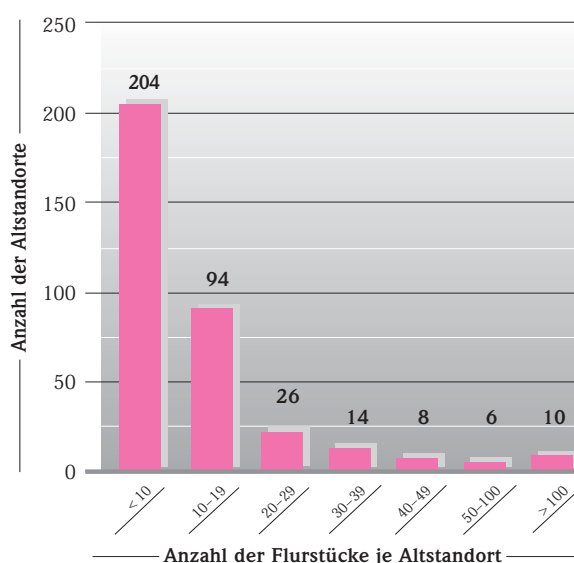
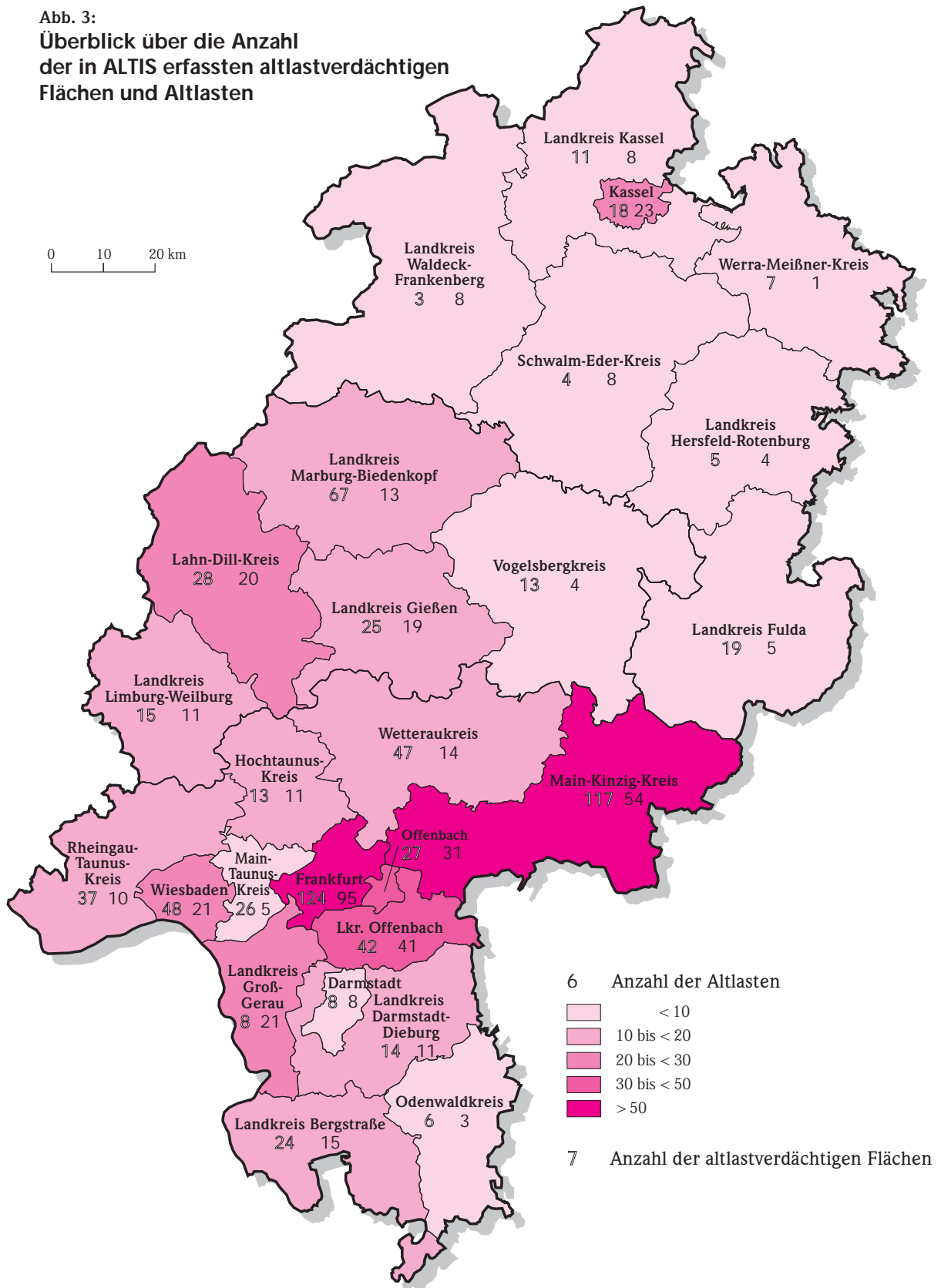


Abb. 2: Altstandorte nach Anzahl der Flurstücke

Abb. 3:
**Überblick über die Anzahl
 der in ALTIS erfassten altlastverdächtigen
 Flächen und Altlasten**



Rüstungsaltstandorte und militärische Liegenschaften

- Unter den Altstandorten spielen militärische und rüstungsbedingte Objekte wegen ihrer Größe oder der vorkommenden Stoffe eine besondere Rolle. Sie sind Teilmenge der Altstandorte.

Unter Rüstungsaltstandorten versteht man z. B. ehemalige Rüstungsbetriebe und kriegsbedingte militärische Einrichtungen, auf denen mit rüstungsspezifischen Stoffen (z. B. Kampf- und Sprengstoffen, Treibladungen u. ä.) umgegangen wurde. Militärische Altstandorte sind Grundstücke der militärischen Infrastruktur (z. B. Kasernen, Depots, Übungs- und Flugplätze), deren militärische Nutzung durch den Abzug von Streitkräften im Rahmen der international vereinbarten Truppenreduzierungen aufgegeben wurde. Bei 462 der insgesamt

bekanntesten 104347 Altstandorte handelt es sich um Militär- und Rüstungsaltstandorte. Davon sind z. Z. 52 als altlastverdächtig und 31 als Altlast eingestuft.

In Wasser- und Heilquellenschutzgebieten liegen 87 Fälle:

Tab. 4: Rüstungsaltstandorte und militärische Liegenschaften in Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebieten

Schutzzone	Fallzahlen
1	2
Schutzzone II, Trinkwasser	5
Schutzzone III, Trinkwasser	40
Schutzzone III, Heilquelle	5
Schutzzone IIIA, Trinkwasser	13
Schutzzone IIIB, Trinkwasser	13
Schutzzone IV, Heilquelle	11

Tab. 3: Anzahl der Rüstungsaltstandorte und militärische Liegenschaften

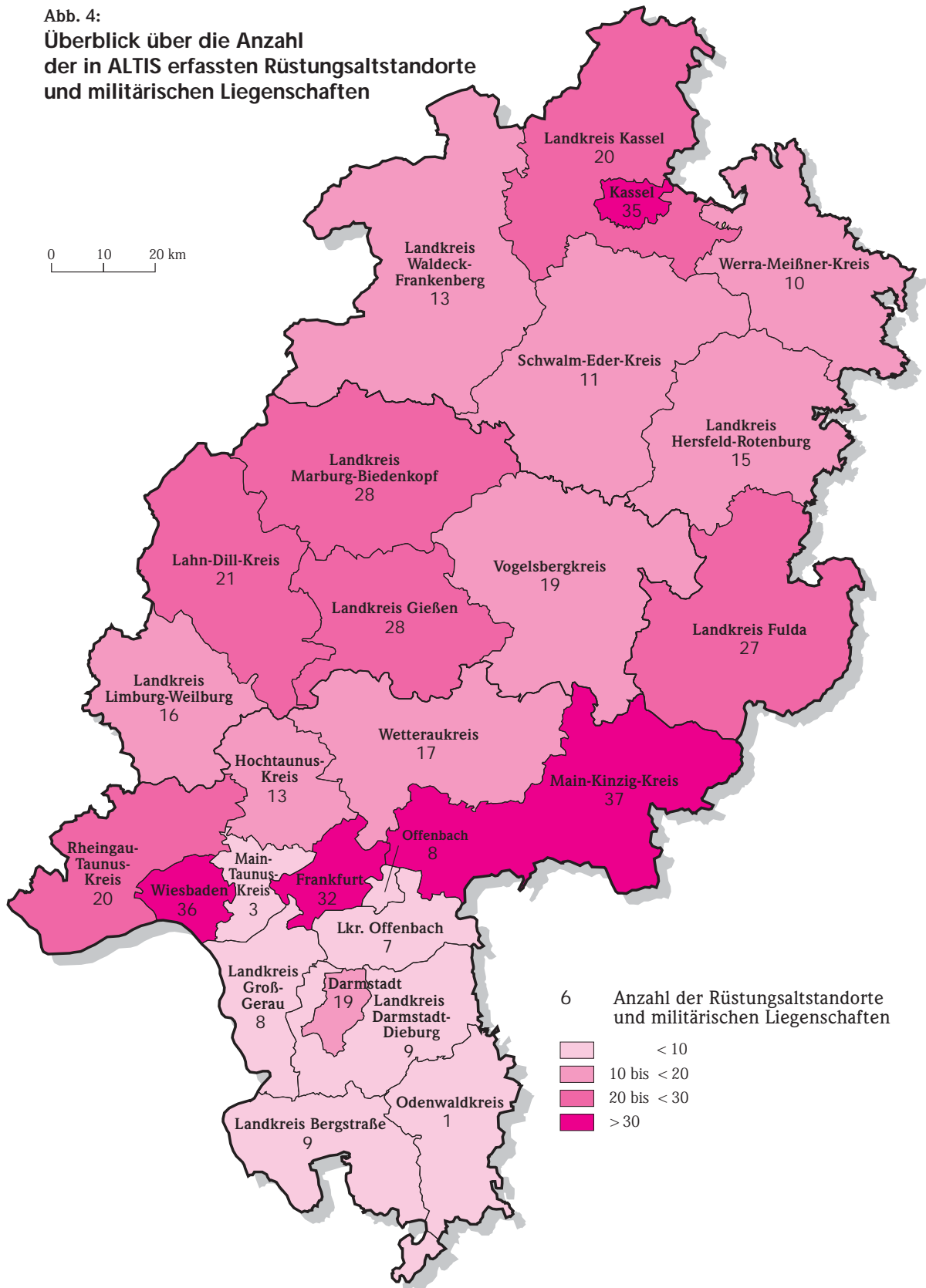
Kreis/ kreisfreie Stadt	Rüstungs- altstandorte	klasse 5 Gefährdungspoten- zial sehr hoch	altlastverdächtige Flächen	Altlasten	aufgehobene altlastverdächtige Flächen	Gefährdungs- abschätzung abgeschlossen	aufgehobene Altlasten
1	2	3	4	5	6	7	8
Stadt Darmstadt	19	8	1	1	1	2	
Stadt Frankfurt	32	15	6	8	3	11	3
Stadt Offenbach	8	3	1	1		1	
Stadt Wiesbaden	36	3	3	1	2	3	2
Lkr. Bergstraße	9	7	1				
Lkr. Darmstadt-Dieburg	9	7	4	2		2	
Lkr. Groß-Gerau	8	5		1		1	
Hochtaunuskreis	13	8					
Main-Kinzig-Kreis	37	19	5	3		3	3
Main-Taunus-Kreis	3	3		1	1	2	
Odenwaldkreis	1	1					
Lkr. Offenbach	7	4		1		1	
Rheingau-Taunus-Kreis	20	9	1		3	3	
Wetteraukreis	17	11	1	2		2	3
RB Darmstadt	219	103	23	21	10	31	11
Lkr. Gießen	28	15	5	1	1	2	6
Lahn-Dill-Kreis	21	6	3		4	4	
Lkr. Limburg-Weilburg	16	7					
Lkr. Marburg-Biedenkopf	28	18	10	2	1	3	3
Vogelsbergkreis	19	14	6	2	1	3	
RB Gießen	112	60	24	5	7	12	9
Stadt Kassel	35	19	1	1		1	
Lkr. Fulda	27	13	2				2
Lkr. Hersfeld-Rotenburg	15	8		1		1	
Lkr. Kassel	20	14	1		2	2	1
Schwalm-Eder-Kreis	11	6	1		1	1	1
Lkr. Waldeck-Frankenberg	13	8		2		2	1
Werra-Meißner-Kreis	10	5		1	1	2	
RB Kassel	131	73	5	5	4	9	5
Hessen	462	236	52	31	21	52	25

Anmerkung: Die Spalte 3 enthält die Flächen mit der Branchenklasse 5, die das sehr hohe Gefährdungspotenzial darstellt (s.S. 11).

Die Spalten 3, 4, 5, 6, 7 und 8 sind Teilmengen der Spalte 2.

Spalte 6 „Gefährdungsabschätzung abgeschlossen“ ist die Summe der Spalten 5 „Altlasten“ und 6 „aufgehobene altlastverdächtige Flächen“.

Abb. 4:
**Überblick über die Anzahl
 der in ALTIS erfassten Rüstungsaltestandorte
 und militärischen Liegenschaften**



Schädliche Bodenveränderungen

- Unter Schädlichen Bodenveränderungen werden hier
- Boden- und Gewässerverunreinigungen auf gewerblich
- und industriell genutzten Grundstücken und bei Unfällen mit umweltgefährdenden Stoffen subsumiert, die nach BBodSchG untersucht und saniert werden.

Es verteilen sich 1 066 Fälle auf die Abteilungen Umwelt der Regierungspräsidien:

Tab. 5: Verteilung der schädlichen Bodenveränderungen auf die Abteilungen Umwelt der RPen

Abteilung Umwelt	Anzahl	Sanierungsbedarf	Abgeschlossene Sanierungen
1	2	3	4
Darmstadt	174	24	4
Frankfurt	228	26	38
Kassel	380	133	1
Gießen	215	81	29
Wiesbaden	69	10	2
Summe	1 066	274	74

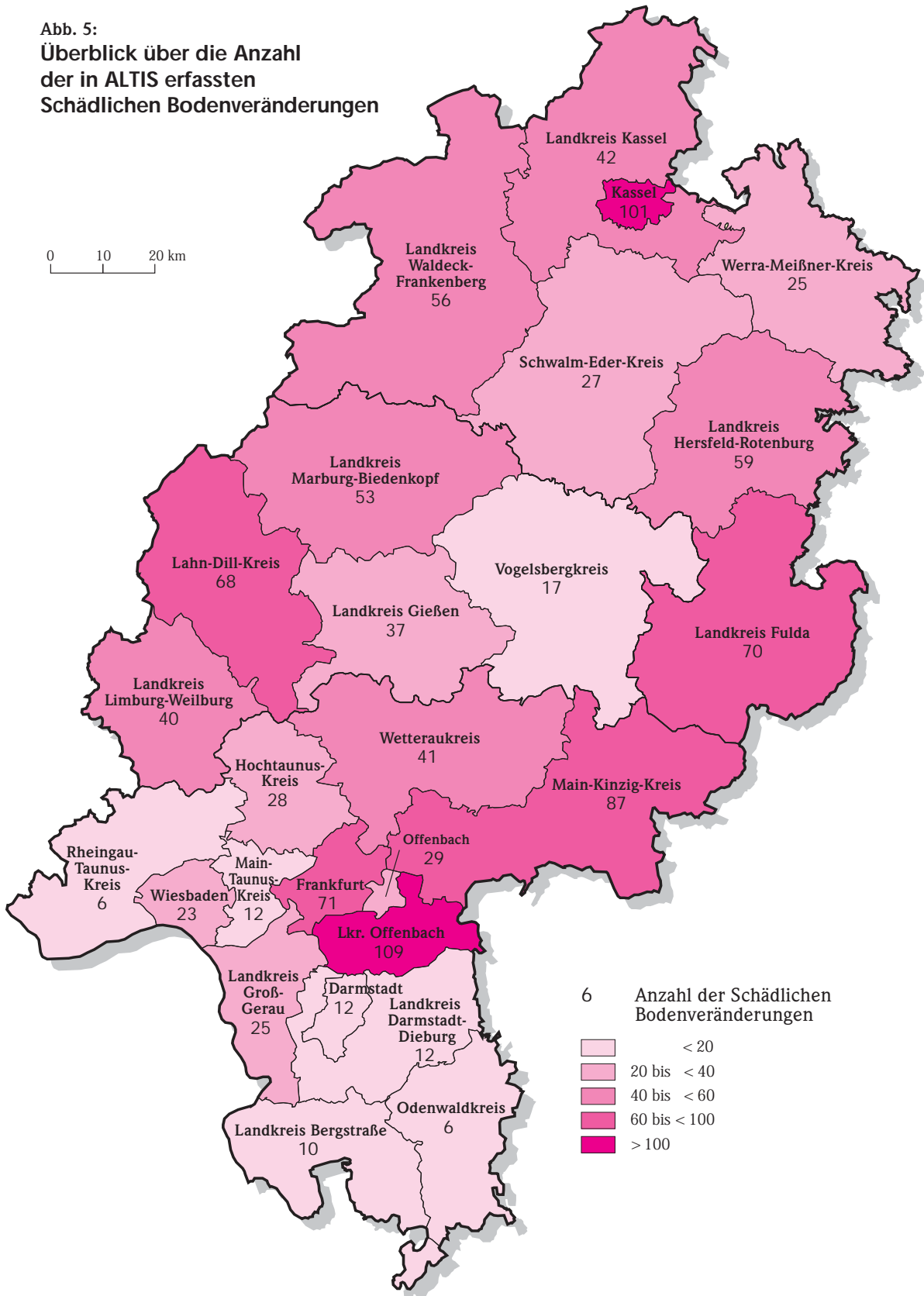
Unter den 1 066 Fällen sind auch 33 Grundwasserschäden, die durch Unfälle (Mineralölnfälle, Heizöl-schäden, Tanklastzugunfälle) hervorgerufen wurden.

In Wasser- und Heilquellenschutzgebieten liegen 212 Fälle:

Tab. 6: Schädliche Bodenveränderungen in Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebieten

Schutzzone	Fallzahlen
1	2
Schutzzone II, Trinkwasser	10
Schutzzone III, Trinkwasser	34
Schutzzone III, Heilquelle	3
Schutzzone IIIA, Trinkwasser	90
Schutzzone IIIB, Trinkwasser	30
Schutzzone IV, Heilquelle	45

Abb. 5:
**Überblick über die Anzahl
 der in ALTIS erfassten
 Schädlichen Bodenveränderungen**



Bewertung von Altflächen

- Bewertungen sind auf allen Bearbeitungsebenen mit dem Ziel der Bildung von Bearbeitungsreihenfolgen oder der Gefährdungsabschätzung möglich und notwendig.
- Für eine erste Abschätzung des Gefährdungspotenzials werden Altflächen zunächst nach Ablagerungsklassen und Branchenklassen sortiert.

Die Zuordnungen der Klassen zu bestimmten Ablagerungsarten und zu Wirtschaftszweigen sind in den Tab. 7 und 8 illustriert. Bei den Altablagerungen fällt insbesondere die große Gruppe der „ehemaligen Müllplätze mit unbekanntem Einlagerungen“ mit 3501 Flächen auf, die erst in weiteren Bearbeitungsstufen differenziert werden kann (Tab. 7). Bei den Altstandorten ergeben sich in den Branchenklassen 4 und 5 bereits über 58 000 weitere zu bearbeitende Flächen. In dem betrachteten Datenkollektiv der Schädlichen Bodenveränderungen befinden sich 632 Fälle in den Branchenklassen 4 und 5 (Tab. 8).

Tab. 7: Altablagerungen mit Ablagerungsklassen

Art der Altablagerung	Anzahl	
	1	2
Sehr hohes Gefährdungspotenzial (Klasse 5)		
Deponie für Schlacke aus Müllverbrennungsanlagen		6
Deponie für besonders überwachungsbedürftige Abfälle		67
HIM-Anlage		3
firmeneigene Deponie für besonders überwachungsbedürftige Abfälle		136
private Deponie für besonders überwachungsbedürftige Abfälle		9
Hohes Gefährdungspotenzial (Klasse 4)		
Hausmülldeponie		311
ehemaliger Müllplatz mit unbekanntem Einlagerungen		3 501
firmeneigene Deponie unbekannter Inhalts		173
Mäßiges Gefährdungspotenzial (Klasse 3)		
Deponie für bestimmte hausmüllähnliche Gewerbeabfälle		48
firmeneigene Deponie für hausmüllähnliche Gewerbeabfälle		144
private Deponie für hausmüllähnliche Gewerbeabfälle		11
Geringes Gefährdungspotenzial (Klasse 2)		
Deponie für Erdaushub und Bauschutt		1 361
Deponie für Klärschlamm/Fäkalschlamm		20
Sehr geringes Gefährdungspotenzial (Klasse 1)		
Deponie für Erdaushub		150
Gefährdungspotenzial der Klasse 0		
Lagerplatz		11
illegale Ablagerungsstelle		514
Trümmerfeld		11
vermutete Ablagerungsstelle unbekannter Art		746

Da auf einer Altablagerung mehrere Ablagerungsarten (z.B. Hausmüll, Erdaushub, Bauschutt) existiert haben können, kann die Anzahl der betroffenen Ablagerungsklassen in Tab. 7 die Angaben der Tab. 10 übersteigen.

Da auf einer Flächenadresse mehrere Betriebe existiert haben können, ist es möglich, dass die Zahl der betroffenen Wirtschaftszweige in der Tab. 8 von den Angaben der Tab. 11 und der Abb. 7 abweicht.

Tab. 8: Wirtschaftszweige mit hohem Gefährdungspotenzial auf Altstandorten und Schädlichen Bodenveränderungen

Wirtschaftszweige	Altstandorte		Schädliche Bodenveränderungen	
	Branchenklasse			
	Klasse 4 hoch	Klasse 5 sehr hoch	Klasse 4 hoch	Klasse 5 sehr hoch
1	2	3	4	5
Energiewirtschaft	39	136	1	3
Verarbeitendes Gewerbe				
Chemische Industrie	232	2 143		29
Mineralöl		63		8
Kunststoff	135	11		
Gummi und Asbest	380	35	13	
Steine/Keramik/Glas	43	462	2	2
Eisen und Stahl	732	474	3	15
Metall- und Maschinenbau	10 752	1 576	97	20
Elektrotechnik/Elektronik	2 717	171	10	2
Werkzeug/Metallwaren/Feinmechanik	3 377	14	28	
Holz	513	398	6	2
Papier und Pappe	461	11	1	
Druckerei und Vervielfältigung	1 322	2 886		3
Leder- und Lederwaren		280		1
Textilien	38	210		1
Baugewerbe	6 351		13	
Handel				
Waren aller Art	1 502	3 345	3	42
Tankstellen/Tanklager		4 575		208
Verkehr				
Verkehr	10 326	14	36	
Unfälle				33
Dienstleistungen				
Reinigungen		2 519		50
Recycling	38	62		
Laboratorien/Desinfektionsanstalten		295		
Summe	38 958	19 680	213	419

Tab. 9: Rüstungsalstandorte und militärische Liegenschaften mit hohem oder sehr hohem Gefährdungspotenzial

	Anzahl	
	1	2
Sehr hohes Gefährdungspotenzial (Klasse 5)		
Flugplatz (militärisch)		52
Heeresmunitionsanstalt		12
Luftmunitionsanstalt		6
Munitionsdepot		59
Munitionsfundstelle		6
Munitionssammelstelle		5
Tanklager (militärisch)		25
Bombenabwurfplatz/Schießplatz (Artillerie)		25
Pionierübungsplatz/Exerzierplatz		46
Militärschrottlagerplätze		12
Sprengplatz		61
Flak-Stellung		2
Chemische Rüstungsproduktion		12
Hohes Gefährdungspotenzial (Klasse 4)		
Kaserne		113
Richtfunk- Radarstation		5
Werkstatt (Motorpool)		25
Schießgelände		25
CEM Lager		54

Da auf einem Rüstungsaltsstandort oder einer militärischen Liegenschaft mehrere Einrichtungen existiert haben können, ist es möglich, dass ihre Anzahl in Tab. 9 die Anzahl in Abb. 6 übersteigt.

In Tab. 10 sind die Altablagerungen nach Ablagerungsklassen aufgelistet.

Tab. 10: Einteilung der Altablagerungen in Ablagerungsklassen

Regierungsbezirk	Anzahl (gesamt)	Ablagerungsklasse						
		Klasse 0	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5	
		0	1	2	3	4	5	
1	2	3	4	5	6	7	8	
RB Darmstadt	3 261	1 135	90	401	118	1 385	132	
RB Gießen	1 848	48	33	382	35	1 301	49	
RB Kassel	1 982	87	23	505	44	1 284	39	
Hessen	7 091	1 270	146	1 288	197	3 970	220	

Erläuterung der Ablagerungsklassen/Branchenklassen:

- Klasse 0: Gefährdungspotenzial unbedenklich
- Klasse 1: Gefährdungspotenzial sehr gering
- Klasse 2: Gefährdungspotenzial gering
- Klasse 3: Gefährdungspotenzial mäßig
- Klasse 4: Gefährdungspotenzial hoch
- Klasse 5: Gefährdungspotenzial sehr hoch

In Tab. 11 sind die codierten und zu Flächenadressen zusammengefassten Altstandorte nach Branchenklassen getrennt dargestellt. Codiert bedeutet, dass eine Zuordnung zu einer Branchenklasse stattgefunden hat. Eine Flächenadresse ist das Ergebnis der Zusammenfassung mehrerer Betriebe auf einem Standort.

Tab. 11: Einteilung der Altstandorte in Branchenklassen

Regierungsbezirk	Anzahl der Flächenadressen	Branchenklassen						
		Klasse 0	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5	
		0	1	2	3	4	5	
1	2	3	4	5	6	7	8	
RB Darmstadt	86 808	452	9 193	18 560	18 589	24 759	15 255	
RB Gießen	11 534	247	1 249	2 585	2 513	3 144	1 796	
RB Kassel	6 005	100	344	1 213	1 452	1 638	1 258	
Hessen	104 347	799	10 786	22 358	22 554	29 541	18 309	

Erläuterung der Branchenklassen: siehe Tab. 10

Die Zuordnung der Rüstungsaltsstandorte und militärischen Liegenschaften zeigt, dass die Anzahl der Objekte in den Branchen mit sehr hohem Gefährdungspotenzial (Klasse 5) höher (236) ist als die Zahl der bearbeiteten Fälle (226) in den Klassen 1 bis 4 zusammen (Abb. 6).

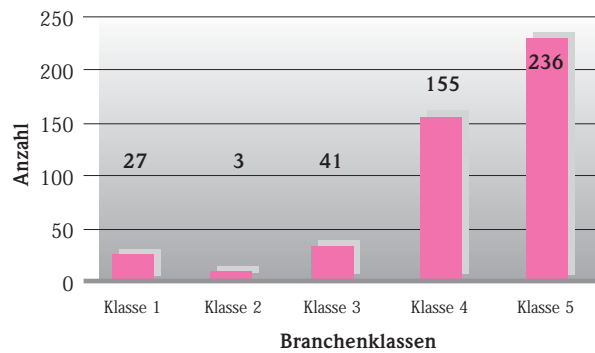


Abb. 6: Rüstungsaltsstandorte und militärische Liegenschaften nach Branchenklassen

Bei der Zuordnung der Schädlichen Bodenveränderungen zu Branchenklassen zeigt sich, dass die Anzahl der bearbeiteten Objekte in den Branchen mit sehr hohem Gefährdungspotenzial (Klasse 5) (415) etwa 40 % der Gesamtzahl der bearbeiteten Fälle (1 053) beträgt (Abb. 7).

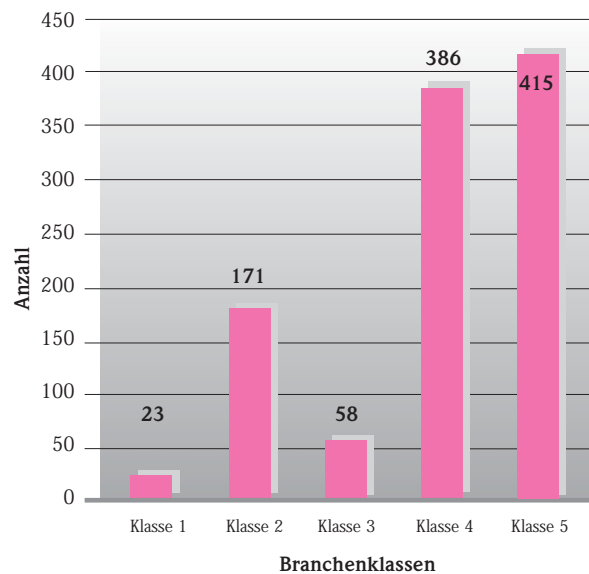


Abb. 7: Schädliche Bodenveränderungen nach Branchenklassen. Anmerkung: Unter den 386 Schädlichen Bodenveränderungen der Klasse 4 befinden sich 192 Kieselrotflächen, die in der Tab. 8 nicht berücksichtigt wurden.

Unter Berücksichtigung der vorhandenen oder geplanten Nutzungen können im Rahmen einer Erfassungsbewertung Bearbeitungsprioritäten für die nächsten Schritte gebildet werden. Weitere Bewertungen finden bei der Einzelfallrecherche, der orientierenden und der Detailuntersuchung statt (vgl. Handbuch Altlasten, Band 1).

Untersuchungen

- Im Rahmen verschiedener Bearbeitungsstufen stellen Untersuchungen wichtige, aber auch kostenträchtige Schritte dar. Insgesamt wurden bisher 2 808 orientierende Untersuchungen (985 Altablagerungen, 1327 Altstandorte und 496 Schädliche Bodenveränderungen) sowie 1441 Detailuntersuchungen, ferner 801 Sanierungsuntersuchungen und weitere Spezialuntersuchungen durchgeführt.

Tab. 12: Untersuchungen von Altablagerungen

Regierungsbezirk	Orientierende Untersuchungen	Detailuntersuchungen	Sanierungsuntersuchungen	Nachkontrolle	Sonstige Untersuchungen
1	2	3	4	5	6
RB Darmstadt	530	262	95	26	196
RB Gießen	281	93	19	39	86
RB Kassel	174	88	13	9	90
Hessen	985	443	127	74	372

Tab. 13: Untersuchungen von Altstandorten

Regierungsbezirk	Orientierende Untersuchungen	Detailuntersuchungen	Sanierungsuntersuchungen	Nachkontrolle	Sonstige Untersuchungen
1	2	3	4	5	6
RB Darmstadt	807	601	386	43	332
RB Gießen	303	161	120	27	79
RB Kassel	217	150	88	19	140
Hessen	1327	912	594	89	551

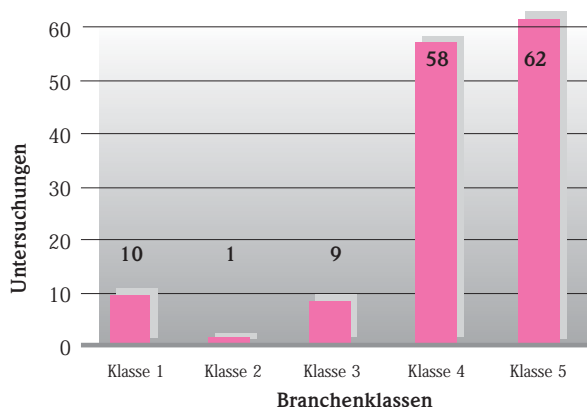


Abb. 8: Untersuchungen von Rüstungsaltstandorten und militärischen Liegenschaften

Die durchgeführten Untersuchungen auf den Rüstungsaltstandorten und militärischen Liegenschaften konzentrieren sich auf die Fälle mit dem höchsten Gefährdungspotenzial. Etwa 86 % aller Untersuchungen (120 von 140) wurden in Fällen durchgeführt, die den Branchenklassen 4 und 5 zugeordnet sind (Abb. 8).

Auch die durchgeführten Untersuchungen auf Schädlichen Bodenveränderungen spiegeln Fälle mit dem höchsten Gefährdungspotenzial wider. Etwa 51 % aller Untersuchungen (306 von 596) wurden in Fällen durchgeführt, die der Branchenklasse 5 zugeordnet sind (Abb. 9).

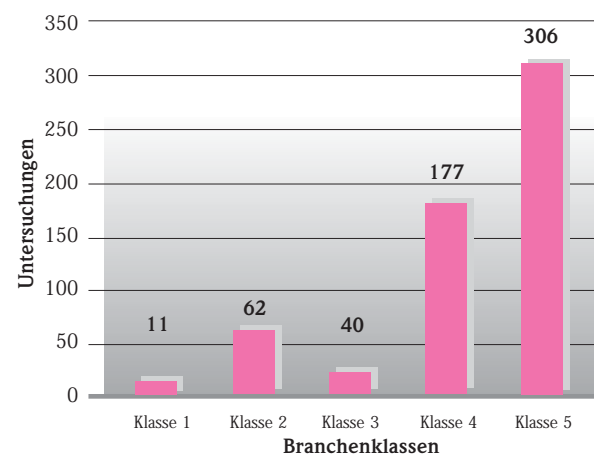


Abb. 9: Untersuchungen von Schädlichen Bodenveränderungen

Bei den in Untersuchungen festgestellten Beeinträchtigungen treten bei Altablagerungen Boden- und Bodenluftverunreinigungen (447 bzw. 495 Fälle) als häufigste Schadensart auf. Bei den Altstandorten sind Bodenverunreinigungen mit 604 Fällen vor Bodenluftverunreinigungen mit 429 Fällen dominant (Tab. 14).

Tab. 14: Beeinträchtigungen auf Altablagerungen und Altstandorten

Beeinträchtigungen	Altablagerungen	Altstandorte
Bodenverunreinigung	447	604
Sickerwasserverunreinigung	93	12
Oberflächenwasserverunreinigung	117	15
Bodenluftverunreinigung	495	429
Raumluftverunreinigung	54	34
Schaden an Flora	25	1
Schaden an Fauna	1	
Personenschäden	3	2
sonstiges	62	100

Sanierungsmaßnahmen

Die erheblichen Bemühungen insbesondere der letzten fünfzehn Jahre ergeben 635 abgeschlossene Sanierungsmaßnahmen, davon entfallen 67 auf Altablagerungen, 494 auf Altstandorte und 74 auf Schädlichen Bodenveränderungen (Tab. 15). Bei den abgeschlossenen Sanierungsmaßnahmen hat die Anzahl der Altstandorte die der Altablagerungen überrundet; ein Verhältnis, das deutlich die erheblich größere Anzahl der Altstandorte widerspiegelt.

Bis Juli 2007 sind bei 35 Altablagerungen, 162 Altstandorten und 274 Schädlichen Bodenveränderungen Sanierungsmaßnahmen eingeleitet worden (Tab. 15).

Grundsätzlich gilt auch bei der Altlastensanierung das Verursacherprinzip. In den Fällen, in denen Sanierungsverantwortliche nicht oder nicht rechtzeitig herangezogen werden können, wird die Sanierung der Hessischen Industriemüll GmbH, Bereich Altlastensanierung (HIM-ASG) übertragen.

Die Zahl der Untersuchungen (orientierende und Detailuntersuchung) und Sanierungen (Sanierungsplanung und Durchführung der Sanierung sowie Erfolgskontrolle) spiegelt in etwa die Gefährdung wider, die von den Altlasten ausgeht. Die Balkendiagramme der Abb. 10 bis 13 zeigen die Differenzierung der Altablagerungen, Altstandorte, Rüstungsalstandorte und militärischen Liegenschaften

Tab. 15: Abgeschlossene und eingeleitete Sanierungsmaßnahmen

Kreis/kreisfreie Stadt	Alt- ablagerungen		Alt- standorte		Rüstungs- altstandorte		Schädliche Bodenver- änderungen		Σ Sanierungs- maßnahmen
	abgeschlossen	eingeleitet	abgeschlossen	eingeleitet	abgeschlossen	eingeleitet	abgeschlossen	eingeleitet	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Stadt Darmstadt	2		4	3			1	3	13
Stadt Frankfurt	8	7	117	27	5	2	29	9	197
Stadt Offenbach	1	1	7	2				1	12
Stadt Wiesbaden	1	1	18	6	3			3	29
Lkr. Bergstraße		2	5	6			1	4	18
Lkr. Darmstadt-Dieburg	1		8	7			1	5	22
Lkr. Groß-Gerau	1	4	8	7				9	29
Hochtaunuskreis	5	1	24	5				1	36
Main-Kinzig-Kreis	1		12	17	1				30
Main-Taunus-Kreis	1		8	2			2	6	19
Odenwaldkreis		1	4	2				2	9
Lkr. Offenbach	6		26	22		1	1	1	56
Rheingau-Taunus-Kreis	1		8	8					17
Wetteraukreis	6		32	7	3	1	9	16	70
RB Darmstadt	32	19	281	121	12	4	44	60	557
Lkr. Gießen	9	2	28	7	7	1	5	7	58
Lahn-Dill-Kreis	5	4	41	4	1		2	43	99
Lkr. Limburg-Weilburg	8		37	2			2	29	78
Lkr. Marburg-Biedenkopf	7	1	29	6	3	1	13	2	58
Vogelsbergkreis		1	6				7		14
RB Gießen	29	8	141	19	11	2	29	81	307
Stadt Kassel	1		29	8	1			15	53
Lkr. Fulda	2	1	13	2	3			42	60
Lkr. Hersfeld-Rotenburg		1	8	5	1	1		30	44
Lkr. Kassel	1	1	8	4				15	29
Schwalm-Eder-Kreis	1	1	3	2				13	20
Lkr. Waldeck-Frankenberg	1	2	7	1	2	1	1	11	23
Werra-Meißner-Kreis	1	1	4		1			7	13
RB Kassel	6	6	72	22	8	2	1	133	242
Hessen	67	35	494	162	31	8	74	274	1106

Die Rüstungsalstandorte und militärischen Liegenschaften sind Teilmenge der Altstandorte. Daher werden die Zahlen der Spalten 6 und 7 nicht in der Summe der Sanierungsmaßnahmen (Spalte 10) berücksichtigt.

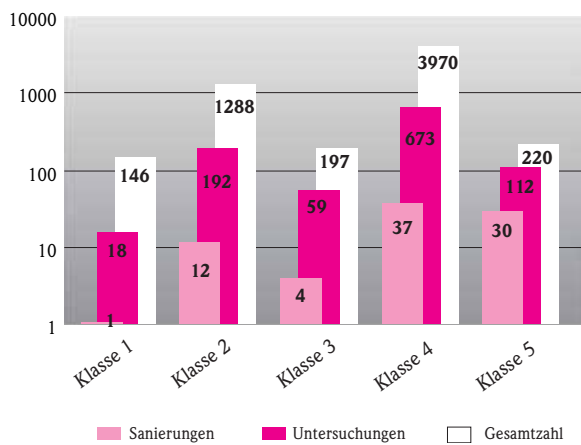


Abb. 10: Differenzierung der Altablagerungen nach Untersuchung und Sanierung

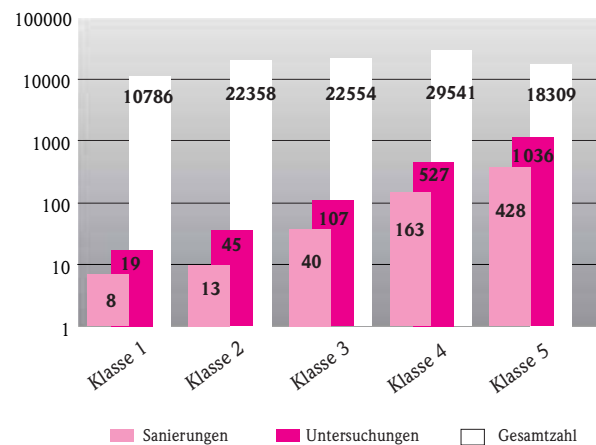


Abb. 11: Differenzierung der Altstandorte nach Untersuchung und Sanierung

sowie der Schädlichen Bodenveränderungen nach Untersuchung und Sanierung. Die Differenzierung berücksichtigt nicht die Ablagerungs- bzw. Branchenklasse 0. Daher weichen die Fallzahlen leicht von denen der Tab. 15 ab.

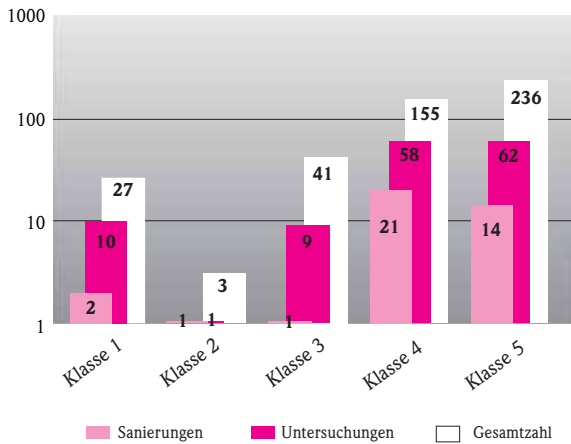


Abb. 12: Differenzierung der Rüstungsaltsstandorte und militärischen Liegenschaften nach Untersuchung und Sanierung

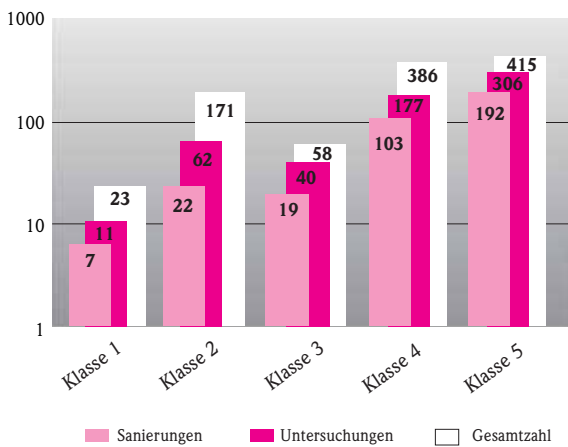


Abb. 13: Differenzierung der Schädlichen Bodenveränderungen nach Untersuchung und Sanierung

Altlasten werden durch die Anwendung geeigneter technischer Maßnahmen dekontaminiert oder langfristig gesichert. Zu den Dekontaminationsverfahren zählen aktive hydraulische und pneumatische Maßnahmen (z.B. Grundwasserentnahmen oder Bodenluftabsaugungen mit angeschlossener Reinigung), chemisch-physikalische Behandlungen (z.B. Extraktionen, Adsorptionen, Oxidationen, Reduktionen oder Fällungen) und biologische oder thermische Behandlungen.

Die Sicherungsmaßnahmen dienen der Unterbrechung der Kontaminationswege und der Verhinderung von Emissionen. Hier können passive hydraulische und pneumatische Maßnahmen (z.B. Grundwasserabsenkung, Gasfassungen, Einkapselung oder Immobilisierung) vorgenommen werden.

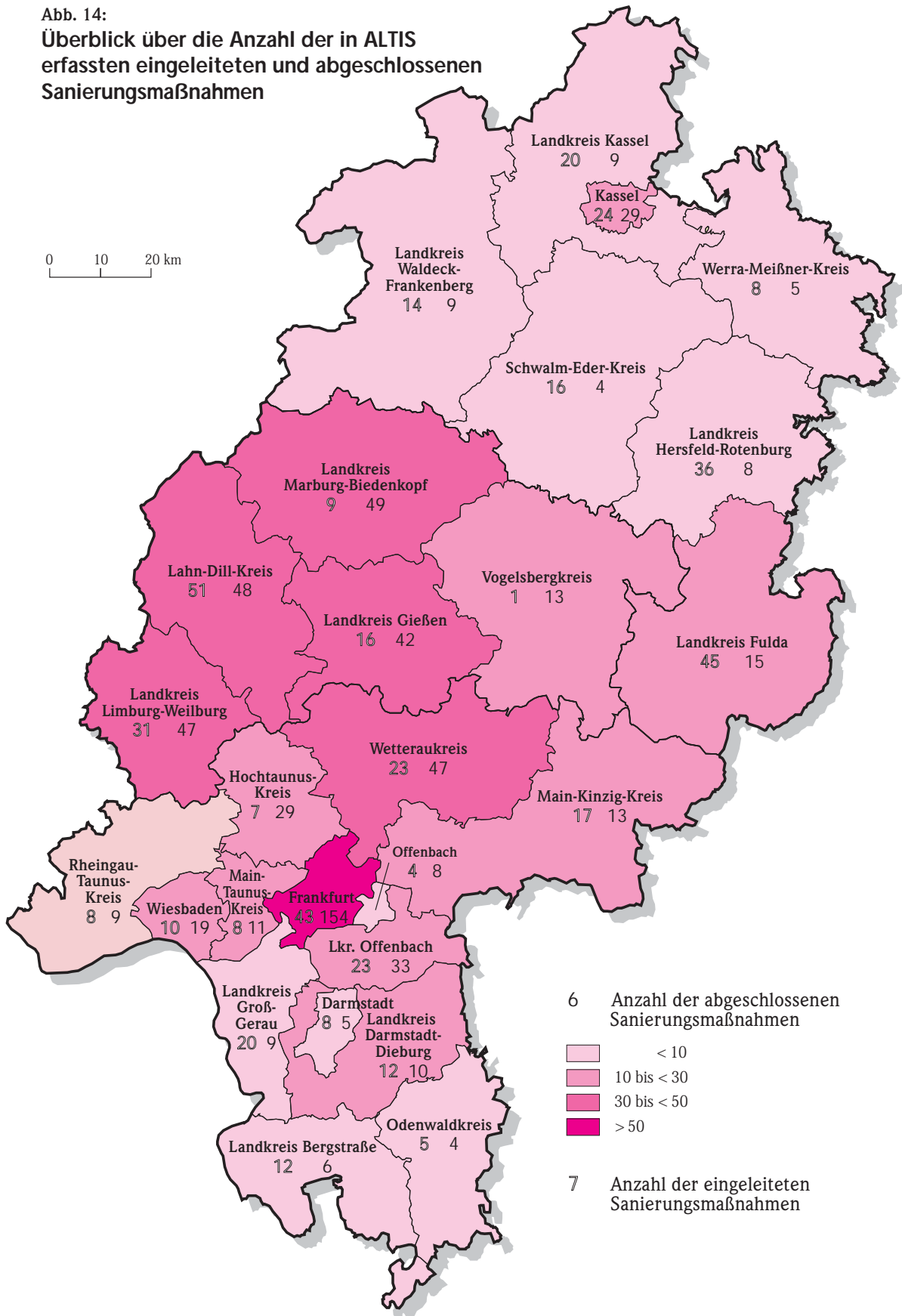
Umlagerung bedeutet Ausräumung bzw. Auskoffnung. Das kontaminierte Material wird entweder an anderer Stelle wieder eingebaut (deponiert) oder sortiert, behandelt und wiederverwertet. In Tab.16 sind die in Hessen angewandten Sanierungsmaßnahmen zusammengestellt. In vielen Sanierungs- oder Sicherungsvorhaben sind mehrere Medien (Wasser, Boden, Luft) betroffen. Da deswegen oft auch verschiedene Verfahren (z.B. Einschließung, Aushub und Umlagerung von Teilbereichen, Reinigung der verschmutzten Grundwasserfahne) kombiniert werden, übersteigt die Zahl der Verfahren in Tab. 16 die Angaben der Tab. 15.

Tab. 16: Angewandte Sanierungsverfahren

Sanierungsverfahren	abgeschlossen eingeleitet		
	1	2	3
Dekontaminationsverfahren			
Grundwasserreinigung		51	166
mikrobiologische Bodenbehandlung	-in situ-	3	19
	-on site-	5	3
	-off site-	21	
thermische Bodensanierung		6	4
Bodenwäsche		13	1
Bodenluftabsaugung (aktive Entgasung)		97	92
Bodenluftreinigung		45	158
sonstige Verfahren		126	294
Sicherungsverfahren			
Spund-/Dichtwand		10	1
Oberflächenabdichtung		1	15
Verfestigung/Immobilisierung		2	2
Oberflächenversiegelung		44	31
passive Entgasung		1	7
Umlagerung			
Aushub - Beseitigung		391	366
Aushub - Verwertung vor Ort		26	3
Aushub - Verwertung		105	8
sonstige Verfahren			
Sanierungsbrunnen		11	13

In Hessen sind 1106 Sanierungsfälle bekannt, an denen in unterschiedlichen Stufen gearbeitet wird oder die bereits saniert bzw. gesichert sind. Diese Zahl wird auf Jahre hinaus noch weiter anwachsen.

Abb. 14:
**Überblick über die Anzahl der in ALTIS
 erfassten eingeleiteten und abgeschlossenen
 Sanierungsmaßnahmen**



Einsatz öffentlicher Mittel

Öffentliche Mittel werden für die Untersuchung und Sanierung von Altlasten im kommunalen und gewerblich-industriellen Bereich eingesetzt.

Auf der Grundlage der Altlasten-Finanzierungsrichtlinie werden Untersuchungen und Sanierungen von kommunal verursachten Altlasten (z. B. ehemalige Gaswerke, Deponien) gefördert bzw. finanziert. Seit 1990 wurden jährlich bis zu 14 Mio. € als Zuschüsse (Tab. 17) zur Verfügung gestellt. Nicht enthalten ist in der Aufstellung die spezifische Eigenbeteiligung der Sanierungsverantwortlichen (Kreis, Gemeinde) mit mindestens 10 %.

Die HIM GmbH (vormals Hessische Industriemüll GmbH) hat von 1990 bis 2005 im Durchschnitt 35–40 Mio. € Landesmittel für die Untersuchung und Sanierung von gewerblichen und Rüstungsaltpasten gem. § 14 AltlastG erhalten. Ab 2006 reduzierte sich die Höhe der Landesmittel auf rd. 28–30 Mio. € pro Jahr, da die Sanierung erheblicher Teile der großen und bewohnten Altlasten abgeschlossen ist, bzw. vor dem baldigen Abschluss steht.

Bis Ende 2005 sind damit Haushaltsmittel des

Landes von rd. 428,2 Mio. € für die gewerbliche (Tab. 18) und von rd. 140 Mio. € für die kommunale Altlastensanierung (Tab. 17) eingesetzt worden. Unter Berücksichtigung der Aufwendungen der Kommunen und der privaten Sanierungspflichtigen betragen die Gesamtaufwendungen für Altlastensanierungsvorhaben ein Mehrfaches der oben genannten Summen.

Tab. 17: Zuwendungen des Landes an die Kommunen

Jahr	Anzahl der Projekte	Zuwendungen des Landes an die Kommunen in Mio. € inkl. Verpflichtungsermächtigungen	Kumulierte Gesamtzusammenfassungen in Mio. €
1	2	3	4
1990–2001	640	89,27	89,27
2002	42	14,03	103,30
2003	31	3,06	106,36
2004	28	7,59	113,95
2005	37	12,84	126,79
2006	31	13,41	140,20
2007		5,00	145,20

Die Angaben in den Tab. 17 und 18 wurden vom Hessischen Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz übermittelt.

Tab. 18: Finanzielle Aufwendungen des Landes Hessen für die gewerbliche Altlastensanierung inkl. Rüstungsaltpasten in Mio. €

Jahr	Anzahl der Projekte ¹	Kosten der gewerblichen Altlastensanierung ² (komplett)	Kosten der gewerblichen Altlastensanierung (ohne Rüstungsaltpasten)	Kosten für die Sanierung von Rüstungsaltpasten	Kumulierte Gesamtkosten
ab 1992–2001		278,1	149,1	129	278,1
2002	61	39,1	14,7	24,4	317,2
2003	64	39,5	15,3	24,2	356,7
2004	60	39,3	9,4	29,9	396
2005	54	32,2	17,9	14,3	428,2
2006	54	28,4	17,5	10,9	456,6
2007 ³	ca. 50	27,3	18,4	8,9	483,9

1 Fälle in der Sanierung oder in der Überwachung bzw. Sicherung. 2 Ist-Kosten, inkl. Verwaltungskosten, MwSt, Gewinnzuschlag für die HIM-ASG, ohne Drittmittel. 3 Kosten lt. Jahresvertrag

Datenquellen

Die altlastrelevanten Informationen werden in einer Altflächendatei vorgehalten. Sie besteht aus zwei Programmen, welche im Fachinformationssystem Altflächen und Grundwasserschadensfälle (FIS AG) miteinander verknüpft sind:

- Im Altflächen-Informationssystem Hessen (ALTIS) werden die Altflächen erfasst und deren Daten verwaltet.
- In der Analysendatei Altlasten und Grundwasserschadensfälle (ANAG) werden die Daten zu Mess-

stellen, Probennahmen und Analysenergebnissen von untersuchten Altflächen geführt.

Mit der Anbindung an ein Geographisches Informationssystem (GIS-Viewer) bietet das FIS AG die Möglichkeit, Kartendarstellungen mit Informationen aus der Altflächendatei zu Altflächen und Messstellen aufzurufen.

Das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie führt die Altflächendatei zusammen mit den Regierungspräsidien.

Brennpunkt:

Abschlussprogramm Kommunale Altlasten- sanierung

THOMAS BRÜGGEMANN

Anlass für das Abschlussprogramm Kommunale Altlastensanierung

Kommunale Altlasten und Altlastenverdachtsflächen werden seit Mitte der 80er Jahre weitgehend systematisch erfasst. Es war jedoch relativ schnell klar, dass die kommunalen Gebietskörperschaften diese Aufgabe finanziell alleine nicht leisten können. Insbesondere die Gaswerke und großen Deponien erforderten immense Mittel, um sie zu sichern oder zu sanieren. Das Hessische Abfallwirtschafts- und Altlastengesetz von 1989 sah deshalb zunächst vor, dass eine Altlastenfinanzierungsumlage von den Landkreisen und kreisfreien Städten erhoben wird. Die daraus resultierenden Finanzmittel waren jedoch zu gering, um in einer angemessenen Zeit das kommunale Altlastenproblem zu lösen. Es wurden deshalb zusätzlich Mittel

aus dem kommunalen Finanzausgleich zur Verfügung gestellt und entsprechende Richtlinien erlassen (Altlasten-Finanzierungs-Richtlinien, AFR).

Seit 1990 wurden den kommunalen Gebietskörperschaften Mittel in Höhe von über 145 Mio. Euro für die Untersuchung von Altlastenverdachtsflächen und die Sanierung von Altlasten zur Verfügung gestellt. Damit sind insgesamt
1 305 Verdachtsflächen untersucht und
115 Altlasten saniert worden.

Ziel des Abschlussprogramms

Die hessische Landesregierung hat sich das Ziel gesetzt, die Altlastenproblematik in einer definierten Zeitspanne vollständig abzarbeiten, soweit sie mit öffentlichen Mitteln gefördert wird. Die Sanierung von gewerblichen Altlasten, für die ein Verantwortlicher nicht mehr herangezogen werden kann, wird im Jahre 2010 weitestgehend abgeschlossen sein. Nur noch Nachsorgemaßnahmen (Monitoring und Grundwasserreinigung) werden dann noch betrieben und finanziert werden.

Die Bearbeitung und Finanzierung der kommunalen Altlasten soll bis zum Jahre 2015 ebenso weitestgehend beendet sein. Zu diesem Zweck wurde in 2007 das Abschlussprogramm Kommunale Altlasten vom 26.06.2007 formuliert und verabschiedet [1].

Für die Umsetzung dieses Programms stellt die Hessische Landesregierung zunächst 50 Mio. Euro zur Verfügung. Im Haushaltsplan 2007 ist deshalb dieser Betrag als Verpflichtungsermächtigung veranschlagt.

Ziel ist es, dass die Erstuntersuchungen bis Ende 2008 abgeschlossen werden. Finanzierungshilfeanträge für Sanierungsvorhaben sollen spätestens bis Ende 2010 auf der Basis genehmigter Sanierungspläne gestellt werden, sodass Bewilligungen letztmalig in 2011 gewährt werden. Dieses ehrgeizige Ziel kann nur erreicht werden, wenn die kommunalen Gebietskörperschaften (als Verant-

wortliche), die Regierungspräsidien (als Vollzugsbehörden) und die hessische Landesregierung (Mittelbereitstellung) eng zusammenarbeiten und sich an dieser Zielstellung orientieren.

Randbedingungen

Wichtigste Neuerung gegenüber dem bisherigen AFR-Programm stellen die gesetzten Fristen dar. So mussten die kommunalen Gebietskörperschaften bis zum 31. März 2007 die Standorte oder Maßnahmen anmelden, die in den nächsten Jahren bearbeitet und durchgeführt werden sollen. Dies ist erfolgt. Maßnahmen auf weiteren, bisher nicht genannten Standorten können danach nur dann zu einem späteren Zeitpunkt durchgeführt werden, wenn sie erst im Rahmen von Erfassung und Einzelfallrecherche neu bekannt wurden. Ansonsten stellen die Anmeldungen den Rahmen dar, in dem die künftigen Förderungen ausgesprochen werden. Maßnahmen auf allen anderen Standorten werden dann nicht mehr im Rahmen der AFR gefördert und müssen ggf. von den kommunalen Gebietskörperschaften alleine finanziert werden. Es ist auch nicht ausgeschlossen, dass die zuständigen Behörden ordnungsrechtlich einschreiten, wenn auf einzelnen Standorten keine Maßnahmen ergriffen werden, die nach Ansicht der zuständigen Behörden notwendig wären, um Gefahren abzuwehren.

Zusätzlich zu den Richtlinien ist eine Arbeitshilfe in Form eines Merkblattes für die Regierungspräsidien und die kommunalen Gebietskörperschaften im Internet veröffentlicht [2]. Damit können die Beteiligten bereits im Vorfeld sicherstellen, dass die Projekte zügig durchgeführt werden können.

Stand September 2007

Im September 2007 wurde das Jahresprogramm 2007 im Staatsanzeiger (und im Internet) veröffentlicht [3]. Danach sind für 2007 Zuwendungen/Darlehen in Höhe von ca. 4,6 Mio. Euro für die kommunalen Gebietskörperschaften vorgesehen. Angesichts der kurzen Anlauf- und Vorbereitungszeit stellt dies einen guten Start für das Abschlussprogramm dar. Alle Beteiligten, einschließlich der Ingenieurbüros und der Baufirmen, haben nun die Aufgabe, dieses entsprechend umzusetzen.

Ausblick

Die bisherigen Voranmeldungen und verbindlichen Anmeldungen für das Abschlussprogramm lassen eine erfolgreiche Durchführung des Programms erwarten. Nach ersten – aber noch sehr unsicheren – Schätzungen ist es möglich, dass die zur Verfügung stehenden Mittel in Höhe von 50 Mio. Euro ausreichen, die Maßnahmen vollständig durchzuführen und abzuschließen.

Literatur

- [1] Richtlinien für die Förderung von Untersuchungen, Sanierungsmaßnahmen kommunaler Altlasten (Alt-ablagerungen, Altstandorte und Gaswerkstandorte) – Abschlussprogramm kommunale Altlastenbeseitigung – vom 26.06.2007. StAnz. Nr. 28, S. 1357.
- [2] Merkblatt zum Abschlussprogramm kommunale Altlastenbeseitigung. www.hmuly.hessen.de, weiter Pfad: Umwelt–Boden–Altlasten–Abschlussprogramm kommunale Altlastenbeseitigung.
- [3] Jahresprogramm 2007 zum Abschlussprogramm kommunale Altlastenbeseitigung. StAnz. Nr. 38, S. 1837.

Aktualisierung der ALTIS-Daten für Altstandorte am Beispiel einer mittelhessischen Gemeinde

MARIE-ANNE FELDMANN, SABINE RUWWE & WINFRIED STAUDT

1 Einleitung

Die Industrialisierung hatte zur Folge, dass bei Betrieben auch umweltrelevante Stoffe eingesetzt wurden und diese bei unsachgemäßem Gebrauch die Umwelt belastet haben. Möglicherweise resultieren daraus Gefährdungen für den Menschen und die Umwelt. Man muss also wissen, wo es solche alten Standorte (Altstandorte) gab.

Um etwaige Belastungen für den Boden und somit die Gefährdung für den Menschen und die Umwelt erkennen und geeignete Maßnahmen ergreifen zu können, verabschiedete das Land Hessen am 20. Dezember 1994 das Gesetz über die Erkundung, Sicherung und Sanierung von Altlasten (Hessisches Altlastengesetz). Dieses besagt in § 1 Abs. 1: „Zweck des Gesetzes ist es, altlastenverdächtige Flächen zu erfassen, zu untersuchen, zu bewerten, zu überwachen sowie Altlasten zu sanieren...“. In § 10 Abs. 1 des Gesetzes sind die Aufgaben klar geregelt: „Die Gemeinden, die für Immissionsschutz und Arbeitssicherheit zuständigen Behörden und die kommunalen Entsorgungspflichtigen sind verpflichtet, die ihnen vorliegenden Erkenntnisse über Altflächen der Hessischen Landesanstalt für Umwelt [jetzt Hessisches Landesamt Umwelt und Geologie, HLUG] mitzuteilen. Zu diesem Zweck sind verfügbare Daten zu erheben oder bereits erhobene Daten fortzuschreiben und dem

HLUG unverzüglich zu übermitteln, damit sie in einer von ihm zu führenden Altflächendatei erfasst werden.“

Aufgrund dieser Gesetzeslage wurde in Hessen das Altflächeninformationssystem (ALTIS) beim HLUG eingerichtet. Darin werden u. a. die Informationen aus der systematischen Erfassung von Altablagernungen und Altstandorten gesammelt und für Planungen oder die Bearbeitung von Altlastenfällen bereitgestellt.

Die Ersterfassung der Altstandorte erfolgte durch die Auswertung der Gewerberegister. Dabei wurden im ersten Schritt möglichst viele Standorte erfasst, um zeitaufwändige Nachrecherchen zu vermeiden. Es ist an dieser Stelle noch nichts über die tatsächliche Altlastenrelevanz der erfassten Standorte bekannt. Es muss also ein zweiter Arbeitsschritt folgen, in dem die Standorte überprüft werden, ob sie altlastenrelevant sind. Dies ist in der Regel nicht systematisch erfolgt. Dadurch sind in ALTIS viele Standorte erfasst, deren Altlastenrelevanz noch nicht überprüft wurde.

Um herauszufinden, wie am besten vorzugehen ist, wie viel Arbeitszeit und Aufwand erforderlich ist und wie viele Standorte durch diese Standortüberprüfung aus ALTIS herausgenommen werden können, hat das RPU Marburg ein Pilotprojekt durchgeführt.

Am Beispiel einer mittelhessischen Kleinstadt sollte überprüft werden, ob für die erfassten Altstandorte tatsächlich eine Altlastenrelevanz zu vermuten ist. Altablagernungen wurden nicht betrachtet. Das Ergebnis wird hier vorgestellt.

2 Ausgangslage

Die Pilotgemeinde besteht aus der Kernstadt und 8 Ortsteilen und hat rd. 14 000 Einwohner. Während der Gebietsreform in den 70er Jahren wurden die Ortsteile eingemeindet.

Ihrer Meldepflicht nach dem Hessischen Altlastengesetz kam die Gemeinde im Jahre 1996 nach, indem ein Mitarbeiter der Bauverwaltung die Gewerbekarteien der Stadt sichtete und eine Liste mit den entsprechenden Betrieben erstellte. Im März 1997 erfolgte durch die damalige Hessische Landesanstalt für Umwelt die Aufnahme der gemeldeten Altstandorte in ALTIS.

Zu Beginn der Überprüfung im Januar 2005 waren in ALTIS für die Gemeinde 252 Altstandorte eingetragen. Seit der Ersterfassung in 1996 wurden von Seiten der Gemeinde keine neuen Standorte mehr gemeldet, das zuständige RPU hatte zwei Altstandorte ergänzt.

3 Systematisches Vorgehen bei der Standortüberprüfung

3.1 Arbeitsgrundlagen, Adressenprüfung

In eine Arbeitsliste (Exceltabelle) wurden die wichtigsten Daten aus ALTIS wie Art des Gewerbes, Name des Betreibers, Adresse, Branchencode, An- und Abmeldung übertragen. Parallel dazu wurden im Liegenschaftskataster (LIKA-Online; heute Geodaten-Online) die bereits in ALTIS eingetragenen Adressen auf Richtigkeit überprüft und kontrolliert, ob sie auch wirklich existieren. Diese Überprüfung ist wichtig, da es im Zuge der Gebietsreform in den 70er Jahren zu Straßenumbenennungen kam. Es sollte pro Gemeinde schließlich nur eine „Bahnhofstraße“ oder „Hauptstraße“ geben.

3.2 Datenabgleich bezüglich der Gewerbean- und -abmeldungen (Nachrecherche)

Bei der Erstellung der Arbeitsliste fiel auf, dass bei der Ersterfassung häufig nur das Datum der Gewerbeabmeldung erfasst wurde.

Die Betriebsdauer ist für die Altlastenrelevanz bedeutsam. Deshalb wurden zunächst alle Gewerbean- und -abmeldungen der Gemeinde gesichtet, um die Betriebsdauer zu ermitteln.

Diese Tätigkeit ist sehr zeitaufwändig, da etwa ein bis drei Ordner je Kalenderjahr existierten.

Während dieses Überprüfungsschrittes sind folgende Probleme aufgetreten: bei den lange zurückliegenden Gewerbemeldungen wurden immer nur der Name und die Art des Gewerbes mit dem entsprechenden Ortsteil vermerkt. Zu dieser Zeit war es unüblich, Straßen oder Hausnummern zu erfassen.

Mit Hilfe der „Suche-Funktion“ bei Excel konnte in den entsprechenden Ortsteilen nach Familiennamen gesucht werden. Bei Übereinstimmungen wurden lediglich alle weiteren Informationen geprüft. Damit war es möglich, alle Daten aus den lange zurückliegenden Gewerbemeldungen mit den ALTIS-Daten abzugleichen. Diese Methode hat sich am Beispiel der Pilotgemeinde bewährt. Bei größeren Städten wird diese Methode aber möglicherweise an softwarebedingte Grenzen stoßen.

Als weiteres Problem zeigte sich, dass viele alte Gewerbemeldungen in Sütterlin bzw. altdeutscher Schrift erfasst waren, diese Schrift aber heute nicht mehr allgemein bekannt ist.

Während der Durchsicht der Gewerbean- und -abmeldungen wurden Informationen über weitere Betriebe bekannt, die noch nicht gemeldet wurden, aber ggf. altlastenrelevant sind. Diese Betriebe wurden in einer separaten Liste aufgenommen und ebenfalls auf Altlastenrelevanz überprüft. Hierbei handelte es sich i. W. um Standorte, die nach 1996 abgemeldet wurden.

3.3 Abgleich mit der Negativliste

In der Negativliste, die das HLUG mit Einführung von ALTIS erarbeitete, sind diejenigen Bezeichnungen für Betriebe, Anlagen, Gewerbe und Berufe enthalten, von denen mit hoher Wahrscheinlichkeit keine Altlastenrelevanz ausgeht. Bei der Auswertung von Gewerberegistern kann anhand der Negativliste entschieden werden, welche Betriebe oder Gewerbe nicht aufgenommen werden müssen (z. B. Versicherungen, Banken, etc.).

Zu beachten ist, dass in der Negativliste die Berufsbezeichnung „Schlosser“ oder „Schmied“ steht, die Begriffe „Schlosserei“ oder „Schmiede“ (Betrieb mit mehreren Angestellten) aber nicht auftauchen. Damit wird der Einfluss der Betriebsgröße auf mögliche Verunreinigungen berücksichtigt: Erst bei größeren Betrieben wurde bei einzelnen Branchen mit relevanten Mengen umweltschädlicher Stoffe gearbeitet. Dies führt zu einer Unterscheidung nach Betriebsgröße, die als eigener Punkt unter Ziffer 4.1.4 betrachtet wird, allerdings hier schon als Kriterium der Negativliste zu nennen ist.

Die Feststellung der relevanten Betriebsgröße lässt sich meist nicht aus der Gewerbemeldung klären. Beispiel: Ursprünglich hatte sich ein Schmied (Einzelperson) angemeldet, der Betrieb hat sich im Laufe seines Bestehens aber zu einem größeren Betrieb mit mehreren Beschäftigten entwickelt. Diese Informationen werden durch andere Quellen (z. B. Gespräche) erschlossen.

3.4 Datenabgleich mit dem Bauamt der Gemeinde

Um zu prüfen, ob die eingetragene Anschrift den Betriebsstandort oder die Wohnanschrift des Fabrikanten (Eigentümers) bezeichnete, wurden beim Bauamt die Bebauungspläne eingesehen. So war zu erfahren, ob und wie bei der gemeldeten Adresse auf Grund der örtlichen und baulichen Gegebenheiten überhaupt eine Gewerbe existieren konnte. Beispielfall sei hier ein in ALTIS erfasstes Dachdecker-gewerbe erwähnt. Bei dessen Überprüfung hat sich anhand des Bebauungsplans gezeigt, dass sich dort zum Zeitpunkt der Gewerbemeldung ein reines Wohngebiet mit Wohnblöcken befand. Somit wäre das Gewerbe dort nicht nur unzulässig, sondern auch aus Platzgründen gar nicht möglich gewesen.

3.5 Vor-Ort-Besichtigung (Außenbesichtigung)

Man muss berücksichtigen, dass die Gewerbeab-meldungen zum Teil schon weit über 30 Jahre zurückliegen und die Grundstücke dementspre-chend längst umgestaltet bzw. neu bebaut wurden.

Die Ortsbesichtigung lieferte wertvolle Informationen und führte zu unterschiedlichen Ergebnissen:

- der Betrieb existiert noch;
- es ist zu erkennen, wo die eigentliche Betriebs-stätte war;
- aufgrund der Örtlichkeit ist ersichtlich, dass die Betriebsstätte dort nicht gewesen sein konnte (z. B. Gründerzeitvilla des Fabrikanten);
- das Gelände ist neu gestaltet, die Bebauung ist nach dem Ende des Betriebes entstanden → über Altlastenrelevanz kann nichts gesagt werden;
- ein genauer Einblick in die Örtlichkeit ist von außen nicht möglich.

Letzteres hätte man nur mit Betretungserlaubnis weitergehend prüfen können, was auf Grund der Vielzahl der Fälle im Pilotprojekt zu aufwändig erschien und nicht weiter verfolgt wurde.

3.6 Gespräche mit Ortsvorstehern und Alteingesessenen

Die Gespräche mit Ortsvorstehern, Anwohnern und Alteingesessenen erwiesen sich als die wichtigste und informativste Quelle. Man erfährt, welche Tätigkeiten an den einzelnen Standorten verrichtet wurden, wie viele Personen beschäftigt waren, inwieweit es sich nur um einen Nebenerwerb handelte oder ob es die Wohnanschrift des Gewerbetreibenden war.

4 Ergebnis

4.1 Bewertung der gesammelten Informationen anhand von Kriterien

Sämtliche Informationen wurden in die schon erwähnte Excel-Arbeitsliste eingetragen und einander gegenüber gestellt, um jeden einzelnen Standort abschließend beurteilen zu können.

Für die Bewertung, ob tatsächlich eine potentiell altlastenrelevante Fläche vorliegt, wurden folgende Kriterien aufgestellt:

4.1.1 Laufender Betrieb, Gewerbe unverändert

Wenn ein Betrieb oder Gewerbe abgemeldet wird, ist er als Altstandort zu registrieren, sofern die Branche nicht in der Negativliste steht. Es ist nicht relevant, ob das gleiche Gewerbe (Erbfolge) oder ein anderes Gewerbe angemeldet wird oder eine völlig andere Nutzung stattfindet. Auf diese Weise wird die Historie des Standortes dokumentiert, Informationen über potentiell altlastenverdächtige Nutzungen bleiben erhalten.

4.1.2 Laufender Betrieb, Gewerbe geändert

Wenn auf einem Standort heute ein anderer als der ursprünglich gemeldete Gewerbebetrieb ansässig ist, verbleibt der ursprüngliche Eintrag in ALTIS, damit diese Standortinformationen nicht unwiederbringlich verloren gehen.

Beispiel: Ein noch existierender Kfz-Betrieb befindet sich auf dem gemeldeten Standort einer ehemaligen Tankstelle. Der Kfz-Betrieb gehört – als laufender Betrieb – nicht in ALTIS. Aber die Standortinformation aus der Vornutzung (Tankstelle) soll erhalten bleiben.

Hier besteht für die Kommunen die Möglichkeit, diesen Betrieb in AltPro vorzumerken. Im Falle der Abmeldung kann dann der Standort einfach in ALTIS importiert werden. Für die Gemeinde stehen damit die Informationen über den Betrieb schon jetzt zur Verfügung.

4.1.3 Branche, Beruf oder Betrieb der Negativliste

Es liegt keine Altlastenrelevanz vor, wenn es sich um Branche, Betrieb oder Beruf aus der Negativliste handelt.

Wenn auf einem Standort nur Betriebe aus der Negativliste waren, dann kann dieser Standort von der autorisierten Behörde aus ALTIS gelöscht werden.

4.1.4 Betriebsgröße

Manche Betriebe sind aufgrund ihrer Betriebs-

größe nicht unbedingt altlastenrelevant. Dazu zählen z. B. die sogenannten Einmannbetriebe. Auch Handwerksbetriebe oder handwerkliche Tätigkeiten, die nur in kleinem Maßstab ausgeführt wurden oder/und bei denen kein Umgang mit umweltrelevanten Stoffen in bedeutenden Mengen angenommen wird, müssen nicht unbedingt in ALTIS geführt werden.

So war beispielsweise ursprünglich eine Schmiede, Schreinerei usw. gemeldet. Auf Grund der Gespräche stellte sich heraus, dass es sich um einen Einmannbetrieb handelte, der als unbedenklich einzustufen ist.

4.1.5 Informationen unzureichend oder nicht eindeutig

Sind die Informationen unzureichend (u. a. keine aussagekräftigen Mitteilungen des Ortsvorstehers, Gewerbean- und -abmeldungen nicht eindeutig, keine Hinweise aus Ortsbesichtigung usw.) für eine abschließende Bewertung der Altlastenrelevanz, verbleiben die Betriebe in ALTIS.

4.1.6 Ergänzende Informationen

Die durch die Recherchen gewonnenen Informationen wurden mit den vorhandenen Daten abgeglichen und in ALTIS ergänzt.

4.1.7 Aufnahme von bisher nicht erfassten Standorten

Während der Recherchen bei den Gewerbemeldungen wurden Informationen über Standorte bekannt, die von der Pilotgemeinde in 1996 noch nicht erfasst waren, aber durchaus als Altstandorte in Betracht kamen. Eine Fortschreibung der Daten – wie im HAltlastG gefordert – war bei der Pilotgemeinde nicht erfolgt. Deshalb wurden im Zuge dieser Datenvalidierung auch die Standorte aufgenommen, die seit der Ersterfassung abgemeldet worden waren. Diese wurden – genau wie die bereits erfassten Standorte – wie vor beschrieben überprüft und die potentiell altlastenrelevanten aufgenommen.

Nach Abschluss der ersten Rechenschritte ergaben sich 37 weitere Flächen, von denen nach Überprüfung neun ehemalige Betriebe als altlastenrelevante Altstandorte aufgenommen wurden.

4.2 Aktualisierung der Daten in ALTIS

Nach Abschluss der Standortbewertung wurden drei Ergebnis-Listen erstellt:

1. Eine Exceltabelle mit den aus ALTIS zu löschenden Standorten.
2. Eine Liste mit den Standorten, bei denen Korrekturen/Aktualisierungen der Stammdaten durchzuführen sind.
3. Eine Liste mit neu aufzunehmenden Standorten.

Die Löschungen wurden beim dafür zuständigen HLUG durchgeführt, die Korrekturen/Aktualisierungen der in ALTIS verbleibenden Standorte wurden beim RPU durchgeführt.

4.3 Ergebnis

Von den 252 ursprünglich gemeldeten Altstandorten verbleiben nach Prüfung und Bewertung der erfassten Informationen noch 75 Altstandorte in ALTIS (30,6 %). 177 Einträge (69,4 %) wurden gelöscht, da nach den gewonnenen Informationen die Standorte keine Altlastenrelevanz aufzeigen. (siehe Abb.1).

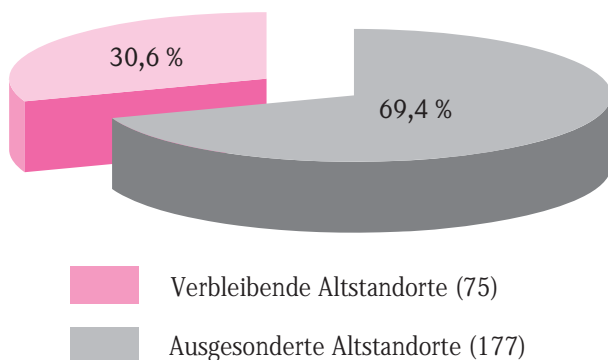


Abb. 1: Ergebnis der Validierung der ursprünglich gemeldeten Altstandorte.

Nach Beendigung der Datenrecherche und -bewertung sind nunmehr insgesamt 84 Altstandorte

(75 verbleibende und neun neu erfasste) für das gesamte Stadtgebiet in ALTIS gemeldet.

5 Schlussfolgerungen, Anregungen

Das Ergebnis dieser Arbeit am Beispiel einer überschaubaren Gemeinde bestätigt, dass die in ALTIS nach der Gewereregisterauswertung eingetragenen Altstandorte einer Überprüfung bedürfen. Hierbei stellte sich u. a. heraus, dass viele zunächst erfasste Betriebe aufgrund von weiteren Informationen nicht altlastenrelevant waren.

Die Überprüfung und Aktualisierung der ALTIS-Daten erfolgt am besten durch die Kommunen selbst, da sich alle wichtigen Unterlagen wie Gewerbean- und -abmeldungen und Bauunterlagen vor Ort befinden. Es bestehen in der Regel gute Kontakte zwischen den ortskundigen Ortsvorstehern und der Kommunalverwaltung. Zudem arbeiten oft Bedienstete in der Kommunalverwaltung, die man als „Alteingesessene“ in die Recherchen einbinden kann. Die notwendigen Vor-Ort-Besichtigungen könnten kommunale Mitarbeiter im Rahmen von Außendienstleistungen vornehmen.

Bei aufkommenden fachtechnischen oder altlastenrechtlichen Fragen sind das HLUG und die zuständigen Altlastendezernate bei den Regierungspräsidien gern bereit, die Gemeinden zu unterstützen.

Nicht zuletzt besteht auch die Möglichkeit, ein auf Altlastenbewertung spezialisiertes Gutachterbüro zu beauftragen.

Mehr Planungssicherheit für die Kommunen durch Datenaktualität

Die Überprüfung der eigenen ALTIS-Daten ist für die Gemeinden von Vorteil. Es entsteht mehr Planungssicherheit für die Kommunen durch die Datenaktualität. Die Validierung und Datenpflege der Altflächendaten ist eine Investition, die langfristig die kommunale Haushaltskasse entlastet und die Bearbeitung beschleunigt. Zumal eine Gemeinde in

Zeiten der intensiven Informationsverarbeitung und -bereitstellung immer „besser dasteht“, wenn sie über exakte und korrekte Daten ihres Gemeindegebietes verfügt.

Durch eine möglichst vollständige und aktuelle Datei werden kostspielige und aufwändige Recherchen vermieden, wenn im Bauleitplanungs- und Bauantragsverfahren Informationen über die Altflächen erforderlich sind. In diesen Verfahren ist die tatsächliche Altlastenrelevanz von der Gemeinde zu prüfen und sie muss die relevanten Standorte auf Altlastenverdacht hin untersuchen.

Für die Kommunen ist die Vervollständigung der Daten eine Zeit- und Kostenersparnis sowie eine Arbeitserleichterung. Hilfreich wäre es, wenn das Ordnungsamt alle Gewerbean- und -abmeldungen dem die Altlastendaten pflegenden Mitarbeiter (Umweltbeauftragte usw.) automatisch und unaufgefordert zur Kenntnis gibt. Dieser kann dann die Altlastenrelevanz des Betriebes z. B. anhand der Negativliste prüfen und entscheiden, ob der Standort in ALTIS (AltPro) aufgenommen werden soll. Somit wäre gewährleistet, dass die Datenbank auch aktuell wird und bleibt.

Dazu steht den Kommunen nach wie vor das Programm AltPro, das kostenfrei beim HLUG erhältlich ist, zur Verfügung.

Hier sei auch auf die **„Richtlinien für die Förderung von Untersuchungen, Sanierungsmaßnahmen kommunaler Altlasten (Altablagerun-**

gen, Altstandorte und Gaswerkstandorte) – Abschlussprogramm kommunale Altlastenbeseitigung“ hingewiesen.

Das Land gewährt nach den Altlasten-Finanzierungs-Richtlinien (AFR) Darlehen und Zuwendungen an hessische Kommunen, Landkreise oder deren Zusammenschlüsse für die Erfassung von Altflächen, Untersuchung und Sanierung von kommunalen altlastverdächtigen Flächen und Altlasten (Altablagerungen, Altstandorte und Gaswerkstandorte).

Gefördert werden auch – das ist neu – kommunale Vorhaben für die systematische Erfassung, Fortschreibung und Validierung von Altflächen und altlastverdächtigen Flächen zur Meldung in die Altflächendatei. Neu ist auch die Förderung der Einzelfallrecherche als kommunale Aufgabe.

Die Richtlinien, weitere Hilfestellung und Informationen sowie die notwendigen Formulare finden sich auf der Website des Hessischen Umweltministeriums unter:
www.hmulv.hessen.de/umwelt/boden/altlasten/abschlussprogrammkommunalealtlastenbeseitigung

Literatur

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie: Handbuch Altlasten, Band 2, Teil 2 Erfassung von Altstandorten in Hessen, Wiesbaden 2003

aktuell:

Das neue Fachinformationssystem Altflächen und Grundwasserschadensfälle in Hessen – FIS AG –

MARGARETA JAEGER-WUNDERER, MARGOT KRUG &
ANDREA SCHÜTZ LERMANN

1 Einführung

Einordnung in die rechtliche Situation

Die Landesverwaltung verfügt nach § 8 des Hessischen Altlasten- und Bodenschutzgesetzes (HALtBodSchG) über ein zentrales Informationssystem für Altflächen: die Altflächendatei. In der Altflächendatei werden Daten über Ablagerungen, Altstandorte, altlastenverdächtige Flächen, Altlasten und schädliche Bodenveränderungen in Hessen erfasst, die erforderlich sind

- für die Ermittlung und Bewertung der von diesen Flächen ausgehenden Beeinträchtigungen des Wohls der Allgemeinheit
- für die Entscheidung über das Vorliegen einer Altlast
- für die Durchführung oder Anordnung von Überwachungs- und Gefahrenabwehrmaßnahmen und für die Ermittlung und Bewertung des Umfangs der Sanierungsmaßnahmen.

Das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie führt die Altflächendatei als automatisierte Datei in Zusammenarbeit mit den Regierungspräsidien, Abteilungen Umwelt. Die Gemeinden und die kommunalen Entsorgungspflichtigen sind verpflichtet, ihre Informationen über Altflächen dem HLUG mitzuteilen.

§ 9 HALtBodSchG berechtigt Behörden, Gebietskörperschaften und die Träger der Altlastensanierung auch, erforderliche personenbezogene Daten für folgende Zwecke zu erheben und in automatisierter Form zu verarbeiten:

1. Vorbereitung, Überwachung und Durchführung der ordnungsgemäßen bodenschutzrechtlichen Verfahren sowie Bauleitplanung und Baugenehmigungsverfahren,
2. Durchführung von Anzeige-, Genehmigungs-, Planfeststellungs- und sonstigen Zulassungsverfahren, die im Zusammenhang mit den Zwecken in Nr. 1 stehen.

Ziele

Folgende Aufgaben sind mit Hilfe entsprechender IT-Unterstützung zu bewältigen:

1. Als modernes Instrument des Altlastenmanagements unterstützen die Anwendungen die Arbeit der Altlastenbehörden zum Vollzug des Altlasten- und Bodenschutzgesetzes.
2. Sie stellen die über Altflächen vorhandenen Daten für Planungen auf Landes- oder kommunaler Ebene und für Auskünfte nach dem Umweltinformationsgesetz zur Verfügung. Darüber hinaus sind Berichtspflichten gegenüber dem Bund, z. B. bundesweite Altlastenstatistik, Beiträge zur Bestandsaufnahme nach EU-WRRL, evtl. künftig auch Beiträge zu Berichten nach der geplanten EU-Bodenschutzrahmen-Richtlinie zu erfüllen.
3. Sie ermöglichen den Datenaustausch mit anderen Fachinformationssystemen durch Integration der Altflächendatei in die IT-Landschaft des Umweltressorts.
4. Kartendarstellungen mit ihren Möglichkeiten der Visualisierung von Flächen ergänzen die Auswertemöglichkeiten der Fachinformationssysteme.

2 Fachliche Aufgaben

Unterstützung der Altlastenbehörden bei der Projektbearbeitung

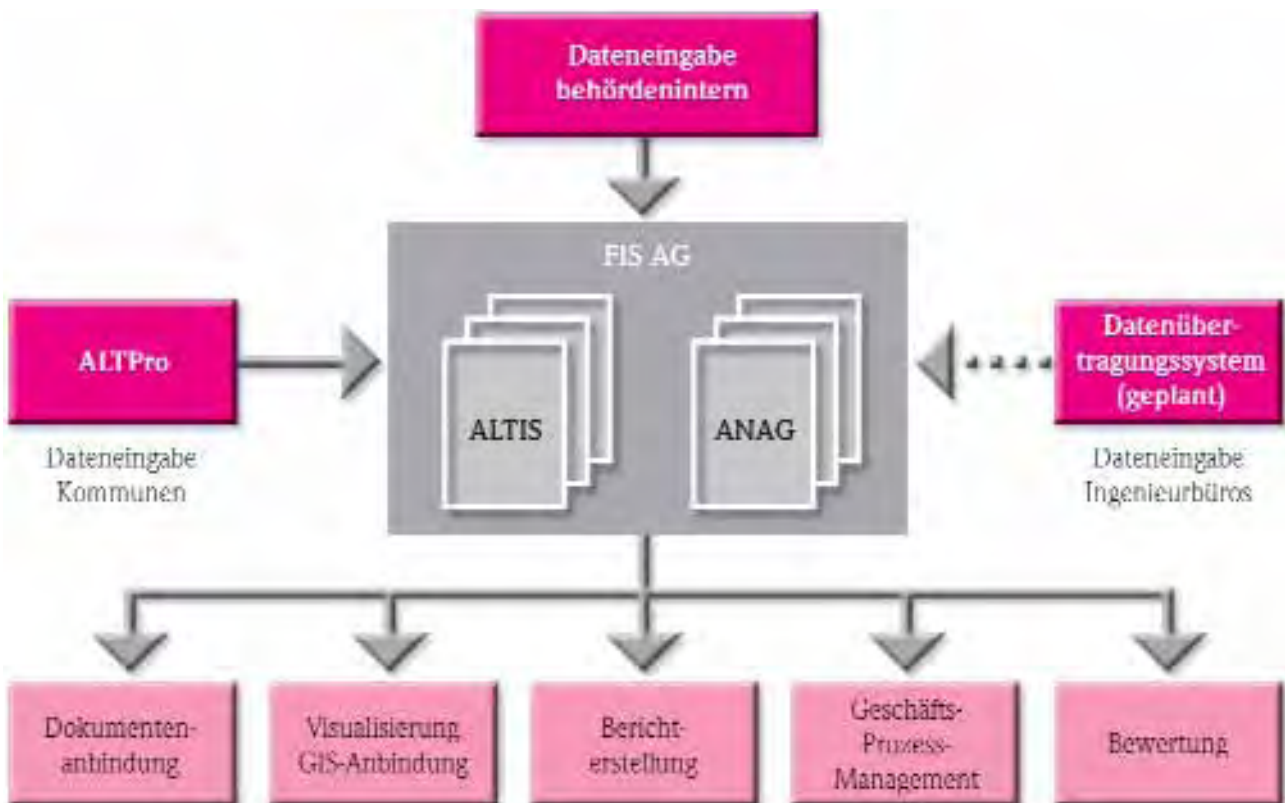
Die Unterstützung des Vollzugs der Altlastensanierung steht im Vordergrund. Dabei sind auch die notwendigen Berichtspflichten an das Ministerium und den Bund zu berücksichtigen.

Die Aufgabenerledigung im Altlastenbereich soll mit Hilfe entsprechender IT-Instrumente erleichtert und rationalisiert werden. Damit löst sich FIS AG von dem Konzept eines reinen Informationssystems und wird um Funktionalitäten wie Bewertungen/ Auswertungen und Schnittstellen zur Bürokommunikation ausgeweitet. Später sollen noch Module zur Abwicklung der Geschäftsprozesse, des Termin- und Kostenmanagements dazu kommen.

Welche Funktionen des FIS AG können und müssen bei der täglichen Abwicklung von Altlastenvorgängen behilflich sein?

- Informationen, die für die Bearbeitung eines Projektes relevant sind, müssen schnell, einfach und effektiv zur Verfügung stehen.
- Die Altflächendatei soll projektrelevante Fachinformationen verwalten und mit Hilfe der Verwaltungsinformationen über den Verfahrensstand informieren.
- Die Altflächendatei vereinfacht die Aufgabe der Behörden, Informationen über Altlasten für Betroffene und die Öffentlichkeit zugänglich zu machen und entsprechende Anfragen zu beantworten. Dazu ist die öffentliche Verwaltung grundsätzlich verpflichtet. Dieses Recht garantiert in Hessen das Hessische Umweltinformationsgesetz vom 14.12.2006.
- Die Altflächendatei soll die Planung und Abwicklung der Altlastenfinanzierung unterstützen.

Nachfolgendes Schema zeigt die Komponenten, die zukünftig die Arbeit der Behörden unterstützen werden:



Voraussetzungen

Eine wichtige Voraussetzung, um diese Ziele zu erreichen, ist die Weiterentwicklung des Fachinformationssystems. Zu nennen sind hier:

- Informationsverarbeitung über alle Ebenen der öffentlichen Verwaltung
- Qualitätssicherung
- Anpassung an den Stand der (IT-)Technik
- Verbesserung der Benutzerfreundlichkeit
- Schnelle Fehlerbeseitigung
- Anpassung an die unterschiedlichen fachlichen Anforderungen.

Eine zweite unabdingbare Voraussetzung ist die Vollständigkeit der Datengrundlage. Soll die Arbeit der zuständigen Behörden wirkungsvoll unterstützt werden, ist der Datenbestand quantitativ und qualitativ deutlich zu verbessern. Vorrangiges Ziel ist dabei die möglichst vollständige Erfassung der Altflächen über die Gewereregisterauswertung seitens der Kommunen. Die Fördermöglichkeiten über das Abschlussprogramm zur kommunalen Altlastenbeseitigung sind hier ein wichtiger Meilenstein.

3 Fachanwendungen

Technische Realisierung

Die gewachsenen fachlichen und technischen Anforderungen der Datenverarbeitung im Altlastenbereich haben ein Gesamtkonzept erforderlich werden lassen. Aus diesem Grund hat das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie das „Altflächen-Informationssystem Hessen – ALTIS“ weiterentwickelt. Im Jahr 1998 wurde mit der Erarbeitung der „Analysedatei Altlasten und Grundwasserschadensfälle-ANAG“ und seit 2000 mit der Neuentwicklung von ALTIS begonnen. Im März dieses Jahres konnte das HLUG das „Fachinformationssystem Altflächen und Grundwasserschadensfälle – FIS AG“ in Betrieb nehmen. Das neue System fasst die beiden Einzellösungen unter dem Kernsystem HUMANIS (= Hessisches Umweltmanagement- und Informationssystem) zusammen.

FIS AG ist eine HUMANIS-Anwendung und besteht aus den Anwendungen

1. ALTIS Altflächen-Informationssystem Hessen (Abb. 1)
2. ANAG Analysedatei Altlasten und Grundwasserschadensfälle
3. AltPro Altstandorte-Erfassungsprogramm Schnittstelle zu ALTIS, soll künftig abgelöst werden durch ein allgemeines Datenübertragungssystem

4. GIS-Viewer (Arc-IMS-Anwendung) mit einer Schnittstelle zu ALTIS und ANAG (Abb. 2).

Unter ALTIS werden sog. Sach- und Verwaltungsdaten gespeichert. Der Datenumfang beträgt etwa 160 Datenfelder pro Fläche. Ungefähr 50 % der Datenfelder in ALTIS sind mit Katalogen hinterlegt, die normierte Einträge enthalten. Dadurch sind die Datenbankeinträge weitgehend qualitativ gesichert und besser auszuwerten.

Mit dem GIS FIS AG werden die Lage von Standorten und Messstellen visualisiert. Über das GIS kann online auf das GeoLIKA-ALK zugegriffen werden.

Die Zuständigkeit und Verantwortung für Datenaufnahme und die Datenpflege sind wie folgt geregelt:

- Die Datenbankpflege, die Pflege der Kataloge (Referenzlisten) und die Weiterentwicklung des Fachinformationssystems ist Aufgabe des HLUG.
- Kommunen teilen ihre Erkenntnisse über Altflächen dem HLUG mit und erhalten, soweit es ihre Aufgaben betrifft, Daten auf automatisiertem Weg (AltPro) zur Kenntnis. Der Datenaustausch erfolgt beim HLUG.

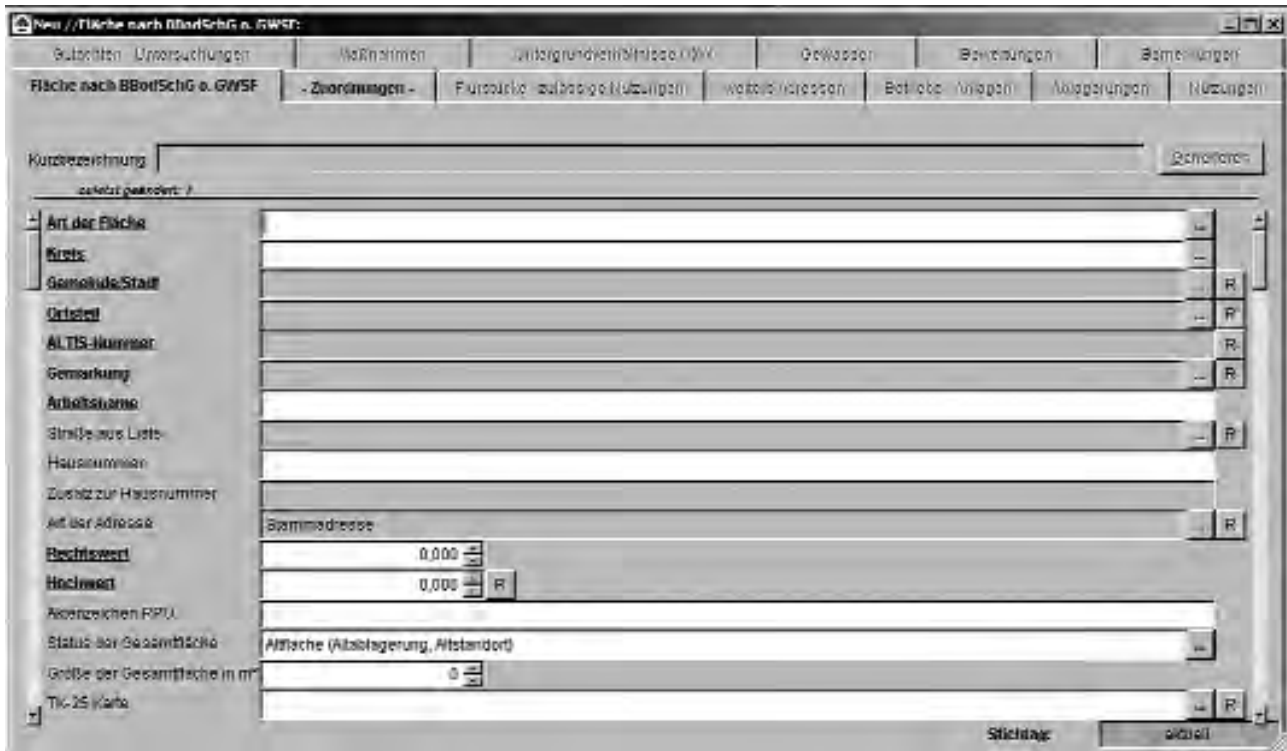


Abb. 1: ALTIS Altflächen-Informationssystem Hessen.



Abb. 2: GISViewer (Arc-IMS-Anwendung) mit einer Schnittstelle zu ALTIS und ANAG.

- Während des Altlastenverfahrens übernimmt die zuständige Behörde (Regierungspräsidium Abt. Umwelt und Arbeitsschutz oder die Untere Wasser- und Bodenschutzbehörde der Landkreise und kreisfreien Städte) die Fortschreibung der Daten.
- Altlasten, schädliche Bodenveränderungen und gesicherte Altlasten werden nachrichtlich im Liegenschaftskataster erfasst. Sie können künftig mit Hilfe des Geobasisdatenverbundes im Internet dargestellt und abgerufen werden.

Datentransfer

Für die Erfassung von Altstandorten und die Kommunikation mit Kommunen und Landkreisen verfügt ALTIS über eine Schnittstelle für den Datenimport und den Datenexport. Die DV-Anwendung für diesen Zweck heißt **AltPro** = **Altstandorte-ErfassungsProgram**.

Dieses PC-Programm ist eine Windows-Anwendung und steht den Kommunen und Landkreisen kostenfrei zur Verfügung. Mit jeder Bestellung von AltPro erhält der Anwender gleichzeitig die bisher vorhandenen Daten über Altflächen in seinem Gebiet. Kommunen, die nicht mit entsprechender PC-Ausrüstung oder AltPro arbeiten, können weiterhin die ermittelten Altstandorte – zur Not – über Erfassungsbögen mitteilen.

Für die Übermittlung der Ergebnisse aus den verschiedenen Untersuchungsschritten der Altlastenbearbeitung stehen ALTIS- und ANAG-kompa-

tible **Formulare** zur Verfügung. Als kleine Arbeitshilfe für Analysendaten kann ein sog. Kopierassistent die Eingabe der Daten per Hand erleichtern.

Vorhandene EXCEL-Dateien können mittels eines Referenzlisten-Import-Moduls eingelesen werden, jedoch erst nach umfangreicher Umformatierung. In Bearbeitung sind EXCEL-basierte und auf das Datenmodell abgestimmte Formulare, die dann direkt in die Datenbank eingelesen werden können.

Längerfristig ist als weiteres Instrument für den vereinfachten, papierlosen Datentransfer von Sachdaten aus Erkundungen und Untersuchungen ein WEB-basiertes Datenübertragungssystem für das Internet vorgesehen.

Einige technische Daten:

Das Fachinformationssystem FIS AG ist im März 2007 in Produktion gegangen. Dabei wurden die beiden unabhängig voneinander entwickelten Programme ALTIS und ANAG miteinander zu einem Fachinformationssystem verknüpft. ALTIS und ANAG wurden als HUMANIS-Anwendungen in der HUMANIS-Entwicklungs- und Betriebsumgebung erstellt. Im Zuge der zentralen Bereitstellung der Umwelt-Fachinformationssysteme erfolgt die Produktionssetzung auf dem Datenbankcluster des Umweltministeriums bei der Hessischen Zentrale für Datenverarbeitung – HZD – mit Hilfe der Technologie WTS (Windows Terminal Server).

4. Organisation

Beteiligte Organisationseinheiten

Beteiligte Organisationseinheiten sind die Abteilungen Umwelt und Arbeitsschutz der Regierungspräsidien – RPen und die Unteren Wasser- und Bodenschutzbehörden der Landkreise und kreisfreien Städte – UWBn, das Landesamt für Umwelt und Geologie – HLUG, das Hessische Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz – HMULV und die Hessische Zentrale für Datenverarbeitung – HZD.

Betriebsorganisation

HMULV:

- Zentrale IT-Koordination der Fachinformationssysteme, zentrale HUMANIS Administration und Verwaltung der Dienststellenanträge zur Steuerung der Benutzerverwaltung
- Fachanwendungsverantwortung

HMdIS:

- Verwaltung der Dienststellenanträge für die Mitarbeiter/innen der RPen und UWBn
- Hard- und Software-Ausstattung der Dienststellen

HLUG:

- Betreuungsstufe 2 (FAB-2), inhaltliche Datenbankpflege, Pflege der Referenzlisten, Datenaustausch AltPro, Datenimporte von Untersuchungsergebnissen aus externen Anwendungen, fachliche Änderungen und Weiterentwicklung der Fachinformationssysteme
- Die Administration des FIS AG-Viewers wird von der GIS-Zentrale im HLUG wahrgenommen

HZD:

- Datenbank-Administration, Datensicherung und technische Datenbankpflege
- Pflege der Benutzerverwaltung
- Änderungen und Weiterentwicklungen von HUMANIS und der Fachinformationssysteme (in Zusammenarbeit mit und im Auftrag des HLUG)

RP:

- Datenpflege und Dateneingabe
- Betreuungsstufe 1 (FAB-1)

UWB:

- Datenpflege und Dateneingabe
- Betreuungsstufe 1 (FAB-1).

Die UWBn sind (Stand Anfang Juni) zum größten Teil über ekom21 angeschlossen. Die Anbindung über den „HAA-PC“ wird ab dem 30. Juni 2007 nicht mehr unterstützt. Sie können sukzessive die Freischaltung für FIS AG beantragen.

Organisationseinheiten und Anwenderzahlen

Die Anwendung wird derzeit in folgenden Dienststellen eingesetzt:

Dienststelle	Anzahl der Anwender/innen
RP-U	ca. 80
UWB	ca. 70
HMULV/HLUG	ca. 30
Gesamt	ca. 180

Im Endausbau ist voraussichtlich mit ca. 250 Anwenderinnen und Anwendern zu rechnen.

Organisation der Fachanwendungsbetreuung

Die Fachanwendungsbetreuung ist grundsätzlich zweistufig organisiert. Die erste Anlaufstelle der Anwenderinnen und Anwender in allen Standorten für die direkte Hilfe vor Ort ist die sog. Fachanwendungsbetreuung Stufe 1 (FAB-1). Bei größeren Problemen und technischen Fragen wenden sich die FAB-1 an ihre FAB-2 (Fachanwendungsbetreuung Stufe 2). Im Fall von FIS AG ist die FAB-2 beim HLUG angesiedelt. Hier werden Fehlermeldungen bearbeitet und ggf. an die HZD weitergeleitet, Vorschläge und Wünsche zur Verbesserung der Weiterentwicklung des Fachinformationssystems entgegenommen.



Alle Fachanwendungsbetreuer und -betreuerinnen (FAB-1 und -2) treffen sich zweimal jährlich in

der sog. FAB AG. Auf der Tagesordnung dieser FAB AG stehen nicht nur technische Punkte zur Klärung an sondern auch Fragen zur fachlichen, inhaltlichen und technischen Weiterentwicklung.

Das Konzept der Fachanwendungsbetreuung inkl. einer Beschreibung der Aufgaben aller Betreuerinnen und Betreuer der Anwendung FIS AG ist dem Betriebshandbuch zu entnehmen. Dieses Handbuch ist im Info-Verzeichnis der WTS-Dateiablage: Laufwerk K:\FIS AG\Allgemein\Info\Handbücher eingestellt und dort abrufbar.

Der technische Betreuungsaufwand von FIS AG für die Dienststellen wird durch die zentrale Bereitstellung der Fachanwendung in der HZD als WTS-Applikation auf ein Minimum reduziert. Für die Hardwareausstattung bei den RPen (PCs, Monitore, Leitungen) ist jedoch das Innenministerium – HMDIS zuständig.

5 Qualifizierungsmaßnahmen

Die FAB-1 und Stellvertreterinnen und Stellvertreter der Regierungspräsidien Abteilung Umwelt wurden vertieft in einer dreitägigen Schulung in das System FIS AG eingeführt. Weitere vertiefende Schulungen sind geplant.

Eine zweitägige einführende Schulung in HUMANIS und Anleitung für die ersten Schritte erhielten alle Anwenderinnen und Anwender der RPen. Für die weitere Hilfe sind die FAB-1 Ansprechpartner. Außerdem ist für die beiden Fachinformationssysteme ALTIS und ANAG unter der WTS-Dateiablage: Laufwerk K:\FIS AG\Allgemein\Info\Handbücher jeweils ein ausführliches Handbuch im pdf-Format hinterlegt. In diesen Handbüchern werden die einzelnen Funktionen der

Fachinformationssysteme und deren Bearbeitung schrittweise erklärt.

Zur Einführung des FIS AG-Viewers wurden die FAB-1 während der dreitägigen Schulung auch mit diesem System vertraut gemacht. Es ist dann die Aufgabe der FAB-1, die Anwender/innen in den RPUen darin zu schulen.

Für die generelle Benutzung des FIS AG-Viewers sind keine weiteren Schulungsmaßnahmen erforderlich, da die Funktionen des Viewers weitgehend selbsterklärend sind. Auf der Viewer-Oberfläche sind unter „Hilfe“ die Icons für die Themen kurz erklärt. Außerdem gibt es einen Hilfe-Button, dem ein ausführliches Handbuch im pdf-Format hinterlegt ist.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Informationen über Altflächen werden in der Altflächendatei vorgehalten, die vom HLUG in Zusammenarbeit mit den zuständigen Behörden in automatisierter Form geführt wird. Diese Altflächendatei besteht aus zwei Datenbanksystemen: dem Altflächen-Informationssystem Hessen (ALTIS) und der Analysendatei Altlasten und Grundwasserschadensfälle (ANAG). Die verschiedenen Einzelösungen werden unter HUMANIS in einem Fachinformationssystem Altflächen und Grundwasserschadensfälle (FIS AG) zusammengeschlossen. FIS AG wird auf einem zentralen Datenbankcluster des Umweltministeriums in der HZD betrieben.

Gleichzeitig mit FIS AG wird über das Intranet ein zentraler GIS-Viewer (GIS FIS AG) zur Verfügung gestellt. Die Administration des FIS AG-Viewers erfolgt zentral beim HLUG.

Altstandorte werden über das Altstandorte-Erfassungsprogramm AltPro erfasst und über eine Schnittstelle in ALTIS eingelesen. Die Daten über Altablagerungen und Altstandorte stehen auf diesem Wege den kommunalen Gebietskörperschaften zur Verfügung. Die Datenpflege der erfassten Altfläche ist Aufgabe der zuständigen Behörden.

Durch die zentrale Applikation des Fachinformationssystems können verschiedene Behörden wie z. B. die Bodenschutz und Altlastenbehörden der Regierungspräsidien und der Unteren Wasserbehörden gemeinsam auf die Fälle ihrer Dienstbezirke zugreifen und die entsprechenden Informationen abrufen. Die Daten stehen allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern jeweils für ihren Arbeitsbereich zur Verfügung.

Auf der Agenda zur Weiterentwicklung des Fachinformationssystems steht als nächster Schritt der Ersatz des bestehenden Altstandorte-Erfassungsprogramms (AltPro) durch eine Internet-Applikation. Damit wird eine Basis für den weiteren Ausbau als Programm zur Datenerfassung durch Ingenieur- und Planungsbüros zur Verfügung stehen. Das wichtigste Ziel von FIS AG, nämlich die Unterstützung der Arbeit der zuständigen Behörden, ist allerdings unmittelbar von der Vollständigkeit und Qualität der Datengrundlage abhängig, so die Feststellung der im April dieses Jahres neu gegründeten FAB AG. Dies bedarf grundsätzlich einer großen Anstrengung auf allen Ebenen, angefangen bei der Erfassung und Datenvalidierung durch die Kommunen, das Eintragen von Untersuchungsergebnissen und Maßnahmen durch die zuständigen Behörden bis hin zur kontinuierlichen Weiterentwicklung durch das HLUG und HMULV, wie z. B. die Schaffung eines Instruments zur Datenerfassung durch Ingenieurbüros. Das Abschlussprogramm zur kommunalen Altlastenbeseitigung und die damit verbundene Förderung der Erfassung ist dafür ein wichtiger Meilenstein.

Fazit

Auch wenn der Aufwand für eine sachgerechte flächendeckende Erfassung beträchtlich ist, die Vorteile sind unabweisbar: Eine verbesserte Altflächendatei schafft mehr Planungs- und Rechtssicherheit für Bürgerinnen und Bürger, bei Investitionen und politischen Entscheidungen und führt zu einer deutlichen Zeitersparnis für die Sachbearbeitung.

Das neue Hessische Altlasten- und Bodenschutzgesetz

JÖRG MARTIN

Das neue Hessische Altlasten- und Bodenschutzgesetz vom 28. September 2007 ist am 1. November 2007 in Kraft getreten¹. Altlastenbearbeitung und Bodenschutz in Hessen werden damit auf eine moderne Grundlage gestellt.

Der Boden ist wie Wasser und Luft eine unersetzbare Lebensgrundlage für Menschen, Tiere und Pflanzen. Darüber hinaus erfüllt er vielfältige und essentielle Funktionen im Naturhaushalt. Beispielsweise schützt der Boden durch seine Filter- und Pufferfunktion das Grundwasser und ist die Basis für gesunde landwirtschaftliche Produkte. Diese für die Gesellschaft und Ökosysteme unersetzbaren Funktionen des Bodens gilt es auch für die Zukunft zu sichern. Ein vorsorgender und nachsorgender Bodenschutz ist eine unerlässliche Grundlage für nachhaltige Investitionen.

Der Weg zum Hessischen Altlasten- und Bodenschutzgesetz

Seine eigenständige Anerkennung als rechtlich schützenswertes Umweltmedium hat der Boden im Wesentlichen aber erst 1998 und 1999 erfahren, als

das Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG)² und die Bundes-Bodenschutzverordnung (BBodSchV)³ erlassen wurden. In der Folgezeit verabschiedeten viele andere Bundesländer Landesgesetze zur Ausführung des BBodSchG, die die bundesrechtlichen Regelungen ergänzten. Hessen ließ damit jedoch lange auf sich warten.

Dabei musste sich Hessen zumindest in dem Bereich der Altlastensanierung bestimmt nicht verstecken. Es hatte bereits seit 1989 spezifische Altlastenregelungen im damaligen Hessischen Abfallwirtschafts- und Altlastengesetz⁴ und seit 1994 ein eigenes Altlastengesetz (HAltlastG)⁵. Dieses enthielt zahlreiche innovative Elemente und hatte Vorbildfunktion für etliche Regelungen im BBodSchG. Mit Inkrafttreten des BBodSchG wurde das HAltlastG in starkem Maße durch die bundesrechtlichen Regelungen überlagert oder gar verdrängt. Es bildete jedoch gemeinsam mit dem Bundesrecht die Rechtsgrundlage für eine bemerkenswert erfolgreiche Praxis der Altlastensanierung. Diese umfasste insbesondere auch solche Grundstücke, für die keine zahlungsfähigen Sanierungsverantwortlichen mehr heranziehbar sind.

Zahlreiche lange vorbereitete Großvorhaben kamen ab Ende der 90er-Jahre in die Umsetzungsphase, also etwa zeitgleich mit den rechtlichen Neuregelungen durch das BBodSchG. Die Mehrzahl der großen bewohnten Altlasten ist inzwischen saniert oder steht vor dem Sanierungsabschluss. In ganz erheblichem Umfang wurden und werden dafür Mittel aus dem Landeshaushalt zur Verfügung gestellt⁶. Wohl kein anderes Bundesland kann derartiges vorweisen. Daneben fanden umfangreiche weitere Sanierungsvorhaben statt.

¹ Hessisches Gesetz zur Ausführung des Bundes-Bodenschutzgesetzes und zur Altlastensanierung (Hessisches Altlasten- und Bodenschutzgesetz – HAltBodSchG) vom 28. September 2007, GVBl. I S. 652. – Siehe dazu auch die unter www.hmulv.hessen.de unter dem Pfad Umwelt/Boden/Bodenschutz- und Altlastenrecht enthaltenen Materialien und Links.

² Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502), zuletzt geändert durch Gesetz vom 9. Dezember 2004 (BGBl. I S. 3214).

³ Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S. 1554), geändert durch Verordnung vom 23. Dezember 2004 (BGBl. I S. 3758).

⁴ Hessisches Abfallwirtschafts- und Altlastengesetz in der Fassung vom 10. Juli 1989 (GVBl. I S. 198; 247).

⁵ Gesetz über die Erkundung, Sicherung und Sanierung von Altlasten (Hessisches Altlastengesetz – HAltlastG) vom 20. Dezember 1994 (GVBl. I S. 764), zuletzt geändert durch Gesetz vom 31. Oktober 1998 (GVBl. I S. 413).

⁶ Seit 1992 bis 2007 wurden für Rüstungsaltlasten und gewerbliche Altlasten rund 460 Mio. Euro an Haushaltsmitteln aufgewandt; weitere 145 Mio. Euro wurden für die Sanierung kommunaler Altlasten zur Verfügung gestellt. Näheres unter www.hmulv.hessen.de/ unter dem Pfad Umwelt/Boden/Altlasten/Finanzierung.

Der Umgang mit den nach dem Inkrafttreten des BBodSchG noch anwendbaren Teilen des HAltlastG und dem Bundesrecht hat somit weitgehend gut funktioniert. Eine Rechtsbereinigung und Novellierung wurde aber dennoch zunehmend unabwieslich, zumal die Praxis einigen Bedarf an fortgeschriebenen Regelungen angemeldet hatte. Zudem sollten mit der Novellierung klare Regelungen geschaffen werden, die dem Anwender mühsame Diskussionen zu strittigen Einzelfragen ersparen, und so zu effektivem Verwaltungshandeln beitragen. Nicht zuletzt sollten zerstreute Regelungen zusammengeführt und sich aufzeigende Lücken geschlossen werden.

Ein neues Bodenschutzgesetz war schon lange angekündigt. Das Regierungsprogramm der 16. Legislaturperiode in Hessen (2003–2008) sah ausdrücklich vor, dass ein Ausführungsgesetz zum Bundes-Bodenschutzgesetz erarbeitet werde. Genaueres wurde aber erst im Frühjahr 2006 kundgetan. Ein ausformulierter Entwurf werde noch in jenem Jahr vorgelegt. Nach internen Vorbereitungen und Abstimmungen innerhalb der Umweltverwaltung wie auch mit anderen Ministerien wurde im Dezember 2006 ein Entwurf vom Kabinett gebilligt und eine schriftliche Verbändeanhörung durchgeführt. Es gab viel Zustimmung. Gar nicht selten wurde aber kritisiert, insbesondere der vorsorgende Bodenschutz sei zu schwach ausgeprägt. Harsche Kritik kam von Wirtschaftsverbänden, deren Einwände jedoch mehr von allgemeinem Unwillen über Umweltgesetze überhaupt getragen als fachlich begründet schienen. Da die von den Verbänden vorgebrachten Argumente auch schon in den internen Diskussionen innerhalb der Landesregierung und dort, was die Kritik an vermeintlich zu viel Bodenschutz anging, namentlich mit dem Wirtschaftsministerium ausgiebig erörtert und berücksichtigt worden waren, ergaben sich aus dieser Beteiligung aber keine grundsätzlich neuen Aspekte.

Mit relativ wenigen Überarbeitungen wurde der Entwurf denn auch im April 2007 als Gesetzentwurf der Landesregierung in den Landtag eingebracht⁷. Dieser führte am 2. Juli 2007 eine Öffentliche Anhörung durch, in der im Wesentlichen das Gleiche vorgetragen wurde wie bereits zuvor in der Verbändeanhörung⁸. Die im Regierungsentwurf vorgesehene Vorschrift zur Ausweisung von Bodenschutzflächen fiel der Kritik dann doch zum Opfer⁹. Im Übrigen aber blieb der Entwurf nahezu unverändert. Sehr zügig wurde am 27. September 2007 das mit nur 22 Paragraphen knapp und prägnant gehaltene Gesetz verabschiedet. Es ist am 1. November 2007 in Kraft getreten.

Inhalte des Gesetzes

Das hessische Gesetz beruht auf zwei wesentlichen Einflüssen. Zum einen lehnt es sich an die Landes-Bodenschutzgesetze anderer Bundesländer an, die wiederum mehr oder weniger geprägt sind durch einen vom Arbeitskreis Recht der Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) schon 1998 erstellten Musterentwurf für ein Landes-Bodenschutzgesetz¹⁰. Zum anderen haben Regelungen des HAltlastG Pate gestanden. Darüber hinaus sind aber immer wieder eigene Fortentwicklungen zu finden.

Das Gesetz enthält Regelungen zum vorsorgenden Bodenschutz, zur Gefahrenabwehr und Sanierung von Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen, und zum Umgang mit Informationen über den Boden. Im Einzelnen:

Die Allgemeinen Vorschriften

Im Ersten Teil des Gesetzes finden sich die **Allgemeinen Vorschriften**. Diese beginnen in § 1 mit den **Zielen des Bodenschutzes**. Besonders akzen-

⁷ Landtags-Drucksache 16/7240 vom 24. April 2007.

⁸ Die schriftlichen Stellungnahmen und weitere parlamentarische Informationen sind im Internet zu finden über die Parlamentsdatenbank unter http://starweb.hessen.de/starweb/LIS/servlet.starweb?path=LIS/PdPi_FLMore16.web&search=WP%3d16+and+R%3d20814

⁹ Dort § 7 des Entwurfs, Landtags-Drucksache 16/7240 vom 24. April 2007.

¹⁰ Abgedruckt (nur) in: TerraTech (1998), 6/1998, S. 35 ff.

tuiert wird dabei der Aspekt des sparsamen und schonenden Umgangs mit Boden. Ob Zielbestimmungen rechtlich von eigenständiger Bedeutung sind, wird unterschiedlich gesehen. Sie erleichtern aber zumindest das Verständnis des Gewollten. Sie sind dem Gesetz als Leitlinie vorangestellt und haben damit bestimmenden Einfluss auf die Auslegung der Vorschriften des Bodenschutzes.

Die **Aufgaben der Bodenschutzbehörde** werden in § 2 Abs. 1 beschrieben. Diese hat darüber zu wachen, dass die gesetzlichen Bestimmungen des Bodenschutzes eingehalten werden. Auch wenn man mittels juristischer Auslegung zu dem Ergebnis gelangen würde, dass diese Vorschrift – die es ähnlich auch in allen anderen Umweltgesetzen gibt – keinen eigenständigen Regelungsgehalt hat, ist sie keineswegs überflüssig. Denn zumindest ist so für jeden deutlich lesbar, dass Bodenschutz eine gesetzliche Aufgabe ist, die auch in Zeiten des Sparzwangs nicht einfach wegpriorisiert werden kann. Die anschließend in § 2 Abs. 2 geregelte **Befugnis der Behörden, Anordnungen zu erlassen**, ist rechtstechnisch notwendig. Die Durchsetzung von Rechtspflichten, die sich aus Landesrecht ergeben, ist auf diese Norm zu stützen. Soweit Bundesrecht umzusetzen ist, finden sich die dafür notwendigen Rechtsgrundlagen demgegenüber bereits im Bundes-Bodenschutzgesetz (insbes. § 10 BBodSchG).

Der bodenschutzrechtlichen Vorsorge dient § 3, der die **Pflichten der öffentlichen Hand** benennt. Nach Abs. 1 sind die staatlichen und sonstigen öffentlichen Stellen verpflichtet, vorbildhaft zur Erreichung der Ziele des Bodenschutzes beizutragen. Insbesondere betrifft dies eigene Planungen und Maßnahmen. Bereits in einem frühen Stadium ist also zum Beispiel die Flächenschonung bei Bauvorhaben zu berücksichtigen. Diese der bayerischen Regelung¹¹ folgende Vorschrift mag nicht vor

Gericht einklagbar sein; sie erleichtert jedoch die Durchsetzung der Bodenschutzbelange.

Dem schließt sich in § 3 Abs. 2 die Pflicht an, bei Planfeststellungen und Plangenehmigungen zunächst zu prüfen, ob vor einer Inanspruchnahme von unversiegeltem und unverändertem Boden eine **Wiedernutzung von bereits versiegelten, sanierten, baulich veränderten oder bebauten Flächen** in Betracht kommt. Die formale Berücksichtigung und damit die Prüfung dieser Belange wird durch die Vorschrift unterstrichen. Eine materiellrechtliche Vorrangregelung zugunsten bestimmter Belange ergibt sich aus dieser Vorschrift nicht. Nicht erfasst ist damit das Bauplanungsrecht, da bereits das Baugesetzbuch in § 1a die Verpflichtung enthält, Bodenversiegelungen auf das notwendige Maß zu beschränken und damit eine nach § 3 Abs. 1 Nr. 9 BBodSchG vorrangige Regelung getroffen hat.

Schließlich bestimmt § 3 Abs. 3: „**Soweit Belange des Bodenschutzes berührt sind, ist die Bodenschutzbehörde zu beteiligen.**“ Damit soll erreicht werden, dass die Bodenrelevanz von Maßnahmen hinreichend beachtet wird. Belange des Bodenschutzes führen häufig ein Schattendasein oder werden auf die Frage reduziert, ob einem beabsichtigten Bauvorhaben eine Altlast oder ein entsprechender Verdacht im Wege stehe. Dass dies zu kurz gegriffen ist, drängt sich auf. Mit der Aufnahme dieses Beteiligungsgebotes in das Gesetz wird die Bodenschutzbehörde in die Lage versetzt, frühzeitig Anregungen zu geben oder Maßnahmen zu treffen. Dies soll zu einer besseren Durchsetzung der Bodenschutzbelange beitragen.

Spezifisch auf die bodenschutzrechtliche Vorsorge ausgerichtet ist auch eine weitere Vorschrift: Nach § 4 Abs. 3 ist das **Aufbringen von Materialien** auf oder in den Boden ab einer Gesamtmenge

¹¹ Art. 12 des Bayerischen Bodenschutzgesetzes vom 23. Februar 1999 (GVBl S. 36), zuletzt geändert durch Gesetz vom 5. April 2006.

von 600 m³ je Vorhaben vorher der Behörde anzuzeigen¹². Diese **Anzeigepflicht** korrespondiert mit § 12 BBodSchV, der materielle Anforderungen an das Auf- und Einbringen von Materialien in die durchwurzelbare Bodenschicht beinhaltet. Diese Anforderungen sind nur prüfbar, wenn die Behörde Kenntnis von den beabsichtigten Maßnahmen erhält. Das grundsätzliche Auf- und Einbringungsverbot bei Böden, die in besonderem Maße die Bodenfunktionen erfüllen oder sonst besonders geschützt sind (§ 12 Abs. 8 BBodSchV), wird ohne Kenntnis der Bodeneigenschaften nur lückenhaft durchsetzbar sein. Die bundesrechtliche Ermächtigung für die Behörden, zusätzliche Untersuchungen zu fordern (§ 12 Abs. 3 BBodSchV), würde in erheblichen Teilen leer laufen. § 4 Abs. 3 soll es der zuständigen Behörde ermöglichen, ihre Aufgaben effektiv wahrzunehmen und frühzeitig Gefahren für die natürlichen Bodenfunktionen oder für die Archivfunktion des Bodens abzuwehren.

Zur fachlichen Notwendigkeit für diese Vorschrift lohnt ein Blick in eine baden-württembergische Studie¹³. Bei 9 von 13 untersuchten Fällen waren die Auffüllmaßnahmen mit Bodenverschlechterungen verbunden. Dabei ließ sich ein Zusammenhang zwischen dem Erfolg der Maßnahmen und dem Genehmigungsstatus feststellen. Ungenehmigte oder nachträglich genehmigte Auffüllungen ohne entsprechende fachtechnische Begleitung besitzen nach dieser Studie wesentlich ungünstigere Bodeneigenschaften als genehmigte Auffüllungen.

Diese Anzeigepflicht gilt nicht, wenn die Beteiligung der Bodenschutzbehörde nach anderen Rechtsvorschriften sichergestellt ist oder die Maßnahme Gegenstand einer Zulassung nach anderen Rechtsvorschriften ist. In diesen Fällen ist es Sache der federführenden Behörden, die Bodenschutzbe-

hörde zu beteiligen (vgl. § 3 Abs. 3 HAltBodSchG). Eine weitere Ausnahme wurde schließlich im Gesetzgebungsvorhaben aufgenommen¹⁴. Auch Maßnahmen nach § 13 Abs. 3 Nr. 10 HENatSchG¹⁵ werden ausgenommen. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um den Ausbau auf gleicher Wegetrasse von land- und forstwirtschaftlichen Wegen mit wassergebundenen Decken, von Radwegen und die Verlegung unterirdischer Niederspannungs- und Datenübertragungsleitungen.

Damit sind bereits die wesentlichen Vorschriften vorgestellt, die aus Sicht des Bodenschutzes auch vorsorgenden Charakter haben. Bemerkenswert daran ist – oder auch gerade nicht! –, dass diese sowohl im Vorfeld des Regierungsentwurfes als auch in den nachfolgenden Anhörungen in besonderem Maße kritisiert worden waren. Teilweise hieß es, diese Vorschriften seien überflüssig, weil selbstverständlich. Doch welche Botschaft wäre vermittelt worden, wenn z. B. alle anderen Umweltgesetze Zielbestimmungen und Aufgaben der Behörden enthalten, nur das Bodenschutzgesetz nicht? Es hätte nur als Hintanstellung dieser Belange gegenüber anderen verstanden werden können, mindestens aber als Relativierung von gesetzlichen Aufgaben. Auch wurde davor gewarnt, dass bürokratischer Mehraufwand entstünde. Zieht man aber in Betracht, dass sich die materiellen Anforderungen des vorsorgenden Bodenschutzes weitestgehend bereits aus anderen Vorschriften ergeben, so drängt sich eher die Folgerung auf, dass die geltenden Regelungen nicht immer richtig wahrgenommen wurden. Die Diskussionen über das künftige Bodenschutzgesetz haben so vielleicht auch einen Umdenkprozess bei manchem Zuständigen eingeleitet.

Die sonstigen Regelungen über **Mitwirkungs- und Duldungspflichten, Betretungs- und Unter-**

¹² Dieser Schwellenwert lehnt sich an eine baurechtliche Schwelle an: Nach § 55 HBO i. V. m. Anlage 2, Ziffer 12, sind selbständige Aufschüttungen bis 2 m Höhe und bis 30 m², im Außenbereich bis 300 m², baurechtlich nicht genehmigungspflichtig.

¹³ Erhebungsuntersuchungen zur Qualität von Geländeauffüllungen, Karlsruhe 2000; im Internet unter <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/17006/>

¹⁴ Änderungsantrag der CDU-Fraktion, Landtags-Drucksache 16/7750 vom 11. September 2007.

¹⁵ Hessisches Naturschutzgesetz (HENatSchG) vom 4. Dezember 2006 (GVBl. I S. 619).

suchungsrechte in den §§ 4 und 5 sind im Kern dieselben, wie sie auch in den Bodenschutzgesetzen aller anderen Bundesländer zu finden sind. Anhaltspunkte für schädliche Bodenveränderungen sind mitzuteilen, Auskünfte zu geben, erforderliche Maßnahmen zu dulden. Hervorzuheben sind aber einige Besonderheiten zu praktisch bedeutsamen Sachverhalten. So sind bei **Hinweisen auf Schadstoffe im Zuge von Baumaßnahmen** Handlungen zu unterlassen, welche die Feststellung des Sachverhaltes oder die Sanierung behindern können, bis die Bodenschutzbehörde dies freigegeben hat (§ 4 Abs. 2). Dies wird fälschlicherweise gelegentlich als gesetzlicher Baustopp missverstanden, der unnötige Kosten verursache. Richtig ist die Sichtweise, dass Maßnahmen unterbleiben müssen, die die Feststellung des Sachverhalts und gegebenenfalls die Sanierung stören; untersagt wird also die Behinderung der Bodenschutzbehörde und die Vergrößerung des Schadens. Dieses Verbot liegt auch im objektiven Interesse der Betroffenen, da ansonsten der bundesrechtlich geforderte Nachweis einer erfolgreichen Sanierung gegenüber der zuständigen Behörde (§ 5 Abs. 1 und 3 BBodSchV) oftmals nicht mehr oder nur mit wesentlich höherem Aufwand geführt werden könnte. In § 4 Abs. 2 Satz 2 ist, um den Bedenken entgegenzukommen, ausdrücklich die Pflicht der Behörden festgehalten, über die Freigabe von Maßnahmen unverzüglich zu entscheiden. Damit wird sichergestellt, dass „Baustellen-Stilllegungen“ auf das notwendige Maß beschränkt sein werden.

Eine weitere Besonderheit, die andere Länder nicht kennen, findet sich in § 4 Abs. 4. Danach ist es der Bodenschutzbehörde möglich, für bestimmte, vor allem hinsichtlich der Kostentragung relevante Auskünfte die Glaubhaftmachung durch **eidesstattliche Versicherung** zu fordern. Damit soll die Rich-

tigkeitsgewähr dieser Auskünfte erhöht werden. Die Abgabe falscher eidesstattlicher Versicherung erfüllt nur dann einen Straftatbestand (§§ 156, 163 StGB), wenn es eine ausdrückliche Ermächtigung gibt, eine solche Erklärung zu fordern. Da dies bislang nicht der Fall war, waren falsche Auskünfte und die Abgabe einer falschen Versicherung kaum sanktioniert. Dies wissen viele und Rechtsanwälte allemal, und entsprechend wurden Behörden gelegentlich in die Irre geleitet. Dies wird nun deutlich erschwert. Selbstverständlich kann eine eidesstattliche Erklärung nicht ins Blaue hinein gefordert werden, sondern unter Wahrung der Verhältnismäßigkeit nur dann, wenn Sachverhalte ansonsten besonders schwer aufzuklären wären.

Duldungspflichten und Betretungsrechte für die Bodenschutzbehörden und von ihr Beauftragte sind in § 5 geregelt. Dass dabei ein Betretungsrecht für das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie nicht zu finden ist, hat einen einfachen Grund: Ein solches ist schon in einer anderen Vorschrift enthalten¹⁶.

§ 5 Abs. 2 betrifft die bei der Sanierung des Öfteren erforderliche **Inanspruchnahme von Nichtstörern**. Eine solche Inanspruchnahme Dritter wäre unter den Voraussetzungen des § 9 HSOG¹⁷ auch ohne ausdrückliche spezialgesetzliche Regelung möglich. Oftmals kann bei der Sanierung aber fraglich sein, ob die Voraussetzungen zur Inanspruchnahme nach § 9 HSOG vorliegen, etwa wenn eine Gefahrenabwehr ohne Eingriffe in andere Grundstücke zwar möglich wäre, jedoch erheblich aufwändiger oder schwieriger. Beispiele sind die Verankerung von Spundwänden im Nachbargrundstück oder Messstellen im Oberstrom einer Altlast. Daher wird insoweit eine Spezialregelung getroffen.

¹⁶ In § 2 Abs. 4 des Gesetzes zur Errichtung des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie vom 23. Dezember 1999 (GVBl. 2000 I S. 18).

¹⁷ Diese Vorschrift regelt, wann nicht als Störer verantwortliche Personen zu Maßnahmen herangezogen werden können, Hessisches Gesetz über die öffentliche Sicherheit und Ordnung (HSOG) in der Fassung vom 14. Januar 2005 (GVBl. I S. 14).

Als letzte Vorschrift des Ersten Teils des Gesetzes enthält § 6 eine umfassende Verordnungsermächtigung zu **Sachverständigen und Untersuchungsstellen**. Die seit 2006 bestehende Sachverständigenverordnung¹⁸ musste ja noch auf Altlastenrecht und Gewerberecht gestützt werden, und für eine Rechtsverordnung zu Anforderungen an Untersuchungsstellen fehlte es an einer Rechtsgrundlage.

Der Gesetzentwurf der Landesregierung enthielt als Zweiten Teil noch Regelungen zum **gebietsbezogenen Bodenschutz**. Vorgesehen war eine Verordnungsermächtigung im Wesentlichen zum Umgang mit flächenhaften Schadstoffbelastungen. Um hier eine Grundlage für situationsangepasste Maßnahmen zu haben und die Rechtssicherheit auch für die betroffenen Grundeigentümer zu verbessern, sollten belastete Gebiete oder von flächenhaften Belastungen bedrohte Gebiete ausgewiesen und geeignete Maßnahmen dabei vorgeschrieben werden können; etwa dass bestimmte Nutzungen eingeschränkt oder bestimmte Stoffe nicht aufgebracht werden, damit Gefahren gar nicht erst entstehen. Als Ergänzung zu Naturschutzrecht und Denkmalschutz, die insoweit zumindest in der Praxis Lücken lassen, sollten kleinräumig auch besonders schützenswerte Böden geschützt werden können (§ 7 Abs. 1 Nr. 3 des Entwurfs). Bei den Anhörungen entlud sich der Zorn vieler Verbände besonders an dieser Vorschrift. Geschuldet war dies wohl der Befürchtung, Hessen solle zusätzlich zu den von vielen ohnehin ungelittenen Naturschutz-, Wasserschutz-, FFH- und sonstigen Schutzgebieten flächenhaft mit einem weiteren Typus von Gebietschutz überzogen werden. Diese Sorge war zwar unberechtigt, denn es geht nicht um einen zusätzlichen Schutzgebietstypus, sondern um die Bewältigung von Gefahrenlagen mit einem chancenreichen Instrument¹⁹. Im Ergebnis ließ sich dies aber nicht gegen die plakative Abwehrhaltung durchsetzen, so dass die Vorschrift ersatzlos gestrichen wurde mit

der Begründung, die Behörden seien auch in Zukunft erforderlichenfalls in der Lage, angemessene Einzelfallentscheidungen zu treffen²⁰.

Bodeninformationen, Datenschutz

Regelungen über ein **Bodeninformationssystem einschließlich der Altflächendatei** sowie über die damit verbundene Datenverarbeitung bilden somit den Zweiten Teil des Gesetzes (§§ 7 bis 9). Sie stellen eine sichere Rechtsgrundlage für die bestehenden Informationssysteme dar. Wesentlicher Inhalt des Bodeninformationssystems sind Daten zu den Standort- und Umwelteigenschaften von Böden, deren Funktionen und Belastungen. Eine Pflicht, alle in § 7 Abs. 2 genannten Daten auch zu erheben, ergibt sich aus der Vorschrift aber nicht. Vielmehr werden in der Praxis voraussichtlich im Wesentlichen nur die bisherig bereits erfassten Informationen enthalten sein, weil für Erweiterungen keine wesentlichen Finanzmittel zu erwarten sein dürften. Rechtlich wird aber die notwendige Grundlage für die Aufnahme weiterer sinnvoller Informationen geschaffen. Spezielle Regelungen gibt es zur **Altflächendatei** in § 8. Ausdrücklich vorgeschrieben ist, dass gesicherte schädliche Bodenveränderungen und Altlasten – für die ja häufig noch Nachsorgemaßnahmen erforderlich sind! – besonders auszuweisen sind. Auch sind manche Daten unbeschränkt aufzubewahren. Dieser Punkt war Anlass für manche Diskussion. Teilweise wurde gemutmaßt, damit würde ein den Grundstückswert beeinträchtigender Makel auf Dauer festgeschrieben. Dies ist jedoch nicht der Fall: Wenn es einen Makel eines Grundstückes gibt, dann besteht er darin, dass es aufgrund seiner Vergangenheit verdächtig ist. Ohne Vorhalten der gewonnenen näheren Erkenntnisse bliebe dieser Verdacht erhalten, und es wäre ihm gegebenenfalls immer wieder nachzugehen. Daher liegt es gerade im Interesse des laute- ren Eigentümers, wenn die Tatsache, dass ein

¹⁸ Hessische Verordnung über Sachverständige für Bodenschutz und Altlasten nach § 18 des Bundes-Bodenschutzgesetzes vom 27. September 2006 (GVBl. I S. 534).

¹⁹ Siehe exemplarisch das Bodenplanungsgebiet Harz in Goslar; dazu <http://www.landkreis-goslar.de/> unter dem Pfad Umwelt/Bodenschutz/Bodenplanungsgebiet Harz.

²⁰ Änderungsantrag der CDU-Fraktion, Landtags-Drucksache 16/7750 vom 11. September 2007.

Grundstück saniert ist oder dass sich ein anfänglicher Verdacht nicht bestätigt hat, jederzeit ersichtlich ist.

Einzelheiten können in einer Rechtsverordnung geregelt werden. Eine entsprechende Verordnung, die die aus der altlastenrechtlichen Frühzeit stammende Verdachtsflächendatei-Verordnung²¹ ablösen soll, ist in Vorbereitung.

Besonders bemerkenswert ist schließlich, dass über die bisherige Rechtslage hinaus in gewissem Umfang das Zur-Verfügung-Stellen der **Daten im Internet** ausdrücklich ermöglicht wird. Dies war problematisch, wenn Grundstücksdaten bestimmten Personen zugeordnet werden konnten und wegen dieser Verknüpfbarkeit als personenbezogene Daten galten. Datenschutzrechtliche Bestimmungen machten dann bei Anfragen eine Einzelfallentscheidung erforderlich. Die Nutzung des Internet als Informationsmedium war damit Zweifeln unterworfen²². § 9 Abs. 3 trifft jetzt für die Daten zu Bodeneigenschaften und -funktionen eine bislang einmalige Spezialregelung und lässt deren Veröffentlichung in Druckwerken und elektronisch zu, was zu erheblicher praktischer Vereinfachung führen kann.

Sanierung von Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen

Der Dritte Teil des Gesetzes befasst sich mit der **Sanierung von Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen**. Zunächst wird, wie in den anderen Bundesländern auch, in § 10 von der Option Gebrauch gemacht, einige bundesrechtliche **Altlastenregelungen auch für komplexe Bodenschädigungen** anzuwenden, die keine Altlasten sind. Die nachfolgenden Vorschriften gelten dann ebenfalls sowohl für Altlasten wie für komplexe schädliche Bodenveränderungen. **Bewährte Regelungen des Hessischen Altlastengesetzes blei-**

ben erhalten, soweit dies bundesrechtlich möglich ist. Sie fassen in wenigen Paragraphen den Kernbereich des alten Hessischen Altlastengesetzes zusammen. Es werden zudem einige Neuerungen eingeführt, und das bisherige Recht wird erheblich entschlackt.

Verfahrensvorschriften bei der Sanierung enthält § 11. Vorhaben sind der Behörde anzuzeigen und bedürfen ihrer Zustimmung. Damit ist die mitunter anzutreffende Unsicherheit, ob die Durchführung einer Sanierung genehmigungsbedürftig war, behoben: Sie ist es. Schon bisher war es für viele Vorschriften des Bundesrechts eigentlich selbstverständlich, dass sie einer genauen behördlichen Begleitung bedurften. So ist im Bundesrecht die behördliche Mitwirkung ausdrücklich vorgesehen, mindestens aber stillschweigend vorausgesetzt (vgl. die Vorgabe in § 5 Abs. 1 und 3 BBodSchV, den Sanierungserfolg sowohl bei Dekontamination als auch bei Sicherungsmaßnahmen nachzuweisen, und § 8 USchadG).

Auch die Institution der **Altlastenfeststellung** bleibt grundsätzlich erhalten. Dass eine schädliche Bodenveränderung oder Altlast vorliegt, kann durch Verwaltungsakt festgestellt werden, sofern die Sanierungsbedürftigkeit strittig ist. Es steht im Ermessen der Bodenschutzbehörde, einen entsprechenden feststellenden Verwaltungsakt zu erlassen. Er kann vor der Heranziehung eines Verantwortlichen zur Sanierung ergehen, ist aber keine zwingende Voraussetzung dafür, wie dies nach dem Wortlaut der bisherigen Regelung im HALastG der Fall war. Damit ist die Regelung vereinbar mit dem Urteil des Bundesverwaltungsgerichts vom 26. April 2006, das eine konstitutive Altlastenfeststellung (wie sie § 11 HALastG als Voraussetzung für das weitere Handeln der Behörde vorsah) als mit dem System des BBodSchG als unvereinbar erachtete, da dieses eine unmittelbare Handlungspflicht des Ver-

²¹ Verordnung über die Einrichtung und Führung einer Verdachtsflächendatei (Verdachtsflächendatei-Verordnung) vom 1. Oktober 1991 (GVBl. I S. 314).

²² Umfassend zur Problematik die Studie des Unabhängigen Landeszentrums für Datenschutz Schleswig-Holstein (ULD), Datenschutz und Geoinformation, 2007.

antwortlichen enthalte²³. Nach der Entscheidung über die Sanierungsbedürftigkeit ist in einer großen Zahl von Sanierungsfällen keine ordnungsrechtliche Anordnung mehr notwendig. Vielmehr erfolgt die Sanierung danach häufig einvernehmlich. § 11 Abs. 6 eröffnet der Bodenschutzbehörde zudem die Möglichkeit, auch die Frage der Sanierungspflichtigkeit durch feststellenden Verwaltungsakt zu entscheiden. Dies bietet die Chance, strittige Rechtsfragen und Bewertungen in Auseinandersetzungen auf ihren Kern zu beschränken, anstatt alles und jedes in Streit zu stellen, wie es sonst geschehen würde, was der effektiven Gefahrenabwehr nur förderlich sein kann.

§ 11 Absatz 7 ermöglicht und fordert die **Eintragung einer Baulast** für Sicherungs-, Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen. Mit der Eintragung einer Baulast wird sichergestellt, dass die entsprechenden Maßnahmen, wie zum Beispiel die Versiegelung einer Fläche, nicht ohne Wissen und Zustimmung der Bodenschutzbehörde rückgängig gemacht werden. Sicherungsmaßnahmen an Stelle von Sanierungsmaßnahmen sind nach den bundesrechtlichen Vorgaben nur zulässig, wenn dauerhaft und wirksam die Gefahr verhindert wird (§ 4 Abs. 3 BBodSchG, § 5 Abs. 3 BBodSchV). Hierfür sind technische wie administrative Voraussetzungen zu erfüllen. Ohne administrative Verpflichtung ist die Einhaltung von Sicherungsmaßnahmen nicht dauerhaft gewährleistet. Daher fordert das Gesetz ausdrücklich, dass die Maßnahmen durch Eintragung einer Baulast abgesichert werden müssen; ansonsten sind sie nicht zulässig.

Nicht in das neue Gesetz übernommen wurden die Regelungen zur Bildung von Beiräten aus § 11 Abs. 4 und 5 HAltlastG, denn sie werden nicht mehr benötigt. Teilweise ergibt sich die Beteiligung Betroffener nämlich bereits aus § 12 und § 13

Abs. 3 BBodSchG. Im Übrigen kann auch ohne ausdrückliche Normierung die angemessene Beteiligung und Mitwirkung der Betroffenen in der Art eines Beirats ermöglicht werden, wenn dies zweckmäßig ist.

Das Institut des **Trägers der Altlastensanierung**, das eine systematisierte Bearbeitung auch dann ermöglicht, wenn Sanierungsverantwortliche nicht oder nicht rechtzeitig herangezogen werden können, wird beibehalten (§ 12). Änderungen ergeben sich aber in wichtigen Details: Eine Beauftragung des Trägers ist – weitergehend als bisher – auch zulässig bei schädlichen Bodenveränderungen, die keine Altlast sind. Klargestellt wird, dass eine Übertragung auf den Träger der Altlastensanierung auch möglich ist in Fällen, in denen ein Sanierungsverantwortlicher zur Sanierung nicht in der Lage ist, etwa wenn er nicht hinreichend leistungsfähig ist oder seine Haftung begrenzt ist. Damit soll vermieden werden, dass jemand mit der Sanierung nur beginnt, ohne sie zu Ende führen zu können.

Andererseits ist es nicht mehr zwingend, einen Fall beim Fehlen eines Verantwortlichen auf den Träger der Sanierung zu übertragen. Die Behörde kann dies tun, muss es aber nicht. In geeigneten Fällen kann sie vielmehr selbst tätig werden und entsprechende Aufträge vergeben. Da sie hierzu über die entsprechenden Finanzmittel verfügen muss, diese jedoch vom Umweltministerium gesteuert werden, ist dies faktisch aber nur im Einvernehmen mit dem Ministerium möglich.

Von den **Kostenregelungen** in § 13 sind zwei Punkte hervorzuheben: Zum einen ruhen staatliche Erstattungsforderungen nach Abs. 3 als öffentliche Last auf dem Grundstück, wie dies bisher auch teilweise nach § 15 HAltlastG der Fall war. Neu ist aber, dass sie nunmehr – wie schon nach § 25 BBodSchG

²³ BVerwG, Urteil vom 26.04.2006, Az. 7 C 15.05, NVwZ 2006, 1067. Dabei hat das BVerwG allerdings ein Sanierungsvorgehen aufgrund dieses Gesetzes angenommen, das es in der Praxis so nicht gab. – In der Gesetzesbegründung wird im Einzelnen dargelegt, wieso die neue Vorschrift nicht gegen diese Entscheidung verstößt. Da die Norm jünger ist als das Bundes-Bodenschutzgesetz, sind übrigens nicht mehr die Verwaltungsgerichte befugt, über die Vereinbarkeit der Vorschrift mit Bundesrecht zu entscheiden, sondern nur noch das Bundesverfassungsgericht.

der Wertausgleichsanspruch – in das **Grundbuch** einzutragen und damit besser abgesichert sind. Schließlich ist in Abs. 5 eine **Verjährungsregelung** getroffen worden. Der Hessische Verwaltungsgerichtshof hatte überraschend entschieden, dass Ersatzvornahmekosten in drei Jahren verjähren²⁴. Alleine die Klärung der Frage, wer sanierungsverantwortlich ist, bedarf aber häufig wesentlich längerer Zeit, weil oft Nachweise erst aufgrund der Erkenntnisse der Sanierung geführt werden können, oder die Gerichtsverfahren länger dauern. Daher wird jetzt eine ausdrückliche Regelung getroffen, wonach die Verjährung vier Jahre dauert und diese Frist erst mit Bestandskraft der Heranziehung als Sanierungsverantwortlicher beginnt.

Deutlich vereinfacht wird das Verfahren zur Festlegung der **Altlastenfinanzierungsumlage** für kommunal verursachte Altlasten. Maßgebend ist jetzt nicht mehr die Abfallmenge, die in den Körperschaften anfällt; diese war aufgrund vielfacher Änderungen im Abfallbegriff nur noch schwer ermittelbar. Stattdessen wird nun die Einwohnerzahl als Grundlage genommen.

Sonstige Regelungen

Im Vierten Teil des Gesetzes sind Regelungen zum **Behördenaufbau** und zu **Zuständigkeiten** enthalten (§§ 16 bis 18). Grundsätzlich bleibt es hier beim Alten, wie es in dem bisherigen Zuständigkeitsgesetz und der dazu ergangenen Verordnung auch schon geregelt war²⁵. Der Behördenaufbau bleibt dreigliedrig. Anders als etwa im Wasserrecht liegt die Regelzuständigkeit aber nicht bei den unteren Behörden, sondern bei den Regierungspräsidien. Grund dafür ist, dass die teilweise sehr spezialisierten und komplexen Aufgaben nur in größeren Organisationseinheiten sinnvoll bewältigt werden können. Mitgeregelt wird, dass die Zuständigkeit

auch für bodenbezogene Maßnahmen nach dem Umweltschadensgesetz gilt.

Durch Rechtsverordnung können die Zuständigkeiten anders bestimmt werden. Dies geschieht in der redaktionell neu gefassten und teilweise inhaltlich geänderten **Verordnung über Zuständigkeiten nach dem Hessischen Altlasten- und Bodenschutzgesetz** vom 3. Januar 2008²⁶. Danach sind die unteren Behörden – wie bisher – zuständig, soweit Grundstücke mit Anlagen oder sonstige Grundstücke betroffen sind, auf denen mit wassergefährdenden Stoffen umgegangen wird, wenn nach Wasserrecht ebenfalls die untere Behörde zuständig ist. Neu ist, dass die untere Bodenschutzbehörde auch zuständig ist für Maßnahmen, die den Vorsorgebereich im Sinne des § 7 BBodSchG betreffen, soweit der Kreisausschuss oder der Magistrat der kreisfreien Stadt für die Maßnahme nach anderen Vorschriften zuständig ist. Dafür ist übrigens nicht erforderlich, dass es sich um Genehmigungsverfahren handelt; vielmehr kann auch eine aufsichtliche Zuständigkeit etwa der Baubehörden ausreichen. Übergeordnete Aufgaben werden nach § 17 des Gesetzes vom Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie sowie nach § 2 der Zuständigkeitsverordnung vom Hessischen Landeslabor, dem Landesbetrieb Hessen-Forst und dem Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen wahrgenommen.

In den verbleibenden fünf Paragraphen finden sich Regelungen zum Ausgleich für Nutzungsbeschränkungen (§ 18), **Bußgeldvorschriften** (§ 19), zum Erlass von Rechtsverordnungen (§ 20), die **Aufhebung des Hessischen Altlastengesetzes**, des alten Zuständigkeitsgesetzes sowie einer Verordnung, die 2006 nur für einen Übergangszeitraum geschaffen wurde (§ 21). Der letzte Paragraph (§ 22) enthält die Inkrafttretens-Regelung mit einer Befristung auf den 31. Dezember 2012.

²⁴ Hessischer Verwaltungsgerichtshof, Urteil vom 8. November 2006, Az. 6 UE 2498/05, NVwZ-RR 2007, 367.

²⁵ Gesetz über Zuständigkeiten nach dem Bundes-Bodenschutzgesetz vom 9. November 2000 (GVBl. I S. 508); Verordnung über die Bestimmung der zuständigen Behörden nach dem Bundes-Bodenschutzgesetz vom 9. März 1999 (GVBl. I S. 188).

²⁶ Verordnung über Zuständigkeiten nach dem Hessischen Altlasten- und Bodenschutzgesetz vom 3. Januar 2008, GVBl. I S. 7. – Aus rechtsformalen Gründen konnte die Verordnung vom 9. März 1999 noch nicht aufgehoben werden. Dies wird gelegentlich nachgeholt. Anwendbar ist nur die neue Verordnung von 2008, denn sie ist das neuere und das speziellere Recht.

Fazit

Es währte zwar lange bis zum neuen Hessischen Altlasten- und Bodenschutzgesetz. Doch dafür wurde es ganz gut. Auf diesen Nenner lässt sich die Gesamtbewertung bringen. Es ist kurz und – jedenfalls für ein Gesetz – gut lesbar geblieben. Auch enthält es zahlreiche innovative Elemente. Es ist für die Altlastensanierung ein modernes Gesetz geworden, das die Bedürfnisse einer erfahrenen und bewährten Verwaltung aufgreift. Vielleicht sollte auch hervorgehoben werden, dass manche schwierige Rechtsfrage im Gesetz geklärt wurde und nicht dem Anwender aufgebürdet. Es ist insoweit auf breite Zustimmung gestoßen – wobei zu hoffen bleibt, dass dies zu Recht geschah.

Etwas differenzierter wird man es in Bezug auf den vorsorgenden Bodenschutzes beurteilen müssen. Bei realistischer Betrachtung wird man zu dem Ergebnis kommen, dass auch dieser Bereich recht

ansprechend ausgefallen ist, zumindest für eine Zeit, in der ökologische Interessen einen schweren Stand haben. Dennoch bleiben hier Wünsche offen. Der Bodenschutz wäre entscheidend gestärkt worden, wenn er nicht nur beteiligt würde, sondern in wichtigen Fragen Einvernehmens- oder wenigstens Benehmensregelungen gälten, oder wenn seine Rolle in der Landesplanung gestärkt worden wäre. Dennoch sollte man nicht gering schätzen, dass der in den Anfangsjahren des BBodSchG in Hessen fast tabuisierte Begriff Bodenschutzbehörde nun selbstverständlich Verwendung findet. Zwar sind die vorsorgenden Regelungen eher verfahrensrechtlicher Art. Sie können aber dennoch eine Stärkung des Bodenschutzes bewirken. Es ist eine gute Gelegenheit, die vorsorgenden Regelungen des BBodSchG, der BBodSchV und auch des anderen Fachrechts besser wahrzunehmen. Damit wäre schon viel gewonnen!

Anhang

**Verordnung
über Zuständigkeiten nach dem Hessischen Altlasten- und Bodenschutzgesetz*)
Vom 3. Januar 2008**

Aufgrund des § 16 Abs. 2 Satz 1, insoweit im Einvernehmen mit dem Minister des Innern und für Sport, und des § 17 Abs. 2, jeweils in Verbindung mit § 20, des Hessischen Altlasten- und Bodenschutzgesetzes vom 28. September 2007 (GVBl. I S. 652) wird verordnet:

§ 1

**Zuständigkeit der unteren
Bodenschutzbehörde**

(1) Abweichend von § 16 Abs. 1 des Hessischen Altlasten- und Bodenschutzgesetzes ist die untere Bodenschutzbehörde für schädliche Bodenveränderungen zuständig, die durch Bodenverunreinigungen hervorgerufen werden oder worden sind, soweit Grundstücke mit Anlagen oder sonstige Grundstücke betroffen sind, auf denen mit wassergefährdenden Stoffen umgegangen wird oder sich Unfälle mit wassergefährdenden Stoffen ereignet haben; dies gilt auch für Grundstücke, die durch einen solchen Umgang oder Unfall betroffen sein können oder sind. Satz 1 gilt nicht, wenn

1. eine altlastverdächtige Fläche oder Altlast vorliegt,
2. das Regierungspräsidium
 - a) als obere Wasserbehörde nach § 1 Abs. 2 der Verordnung über die Zuständigkeit der Wasserbehörden vom 13. Mai 2005 (GVBl. I S. 419), geändert durch Verordnung vom 3. Januar 2008 (GVBl. I S. 8), zuständig ist oder nach § 1 Abs. 1 Nr. 14 der vorgenannten Verordnung in die Angelegenheit wegen ihrer besonderen Bedeutung oder Schwierigkeit eintritt oder
 - b) als obere Bodenschutzbehörde in die Angelegenheit wegen ihrer besonderen Bedeutung oder Schwierigkeit eintritt.

(2) Abs. 1 gilt entsprechend für die Aufgaben nach dem Umweltschadensgesetz vom 10. Mai 2007 (BGBl. I S. 666), geändert durch Gesetz vom 19. Juli 2007

(GVBl. I S. 1462), soweit ein Umweltschaden oder die Gefahr eines Umweltschadens nach § 2 Nr. 1 Buchst. c des Umweltschadensgesetzes vorliegt.

(3) Die untere Bodenschutzbehörde ist auch zuständig für Maßnahmen, die den Vorsorgebereich im Sinne des § 7 des Bundes-Bodenschutzgesetzes vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502), zuletzt geändert durch Gesetz vom 9. Dezember 2004 (BGBl. I S. 3214), betreffen, soweit der Kreisausschuss oder der Magistrat der kreisfreien Stadt für die Maßnahme nach anderen Vorschriften zuständig ist.

(4) Ist die untere Bodenschutzbehörde nach Abs. 1 zuständig, entscheidet sie über Anordnungen, die zu Beschränkungen oder Bewirtschaftungsauflagen der forstwirtschaftlichen Bodennutzung führen, im Benehmen mit dem Forstamt.

§ 2

Übergeordnete Aufgaben

Neben dem Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie nehmen auch das Hessische Landeslabor, der Landesbetrieb Hessen-Forst und der Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen übergeordnete wissenschaftlich-fachliche Aufgaben im Sinne von § 17 Abs. 1 des Hessischen Altlasten- und Bodenschutzgesetzes wahr.

§ 3

Übergangsvorschrift

Für Verwaltungsverfahren, die bei Inkrafttreten dieser Verordnung anhängig sind, bleibt die Behörde zuständig, die bis zu diesem Zeitpunkt zuständig war, soweit nicht die obere Bodenschutzbehörde mit Rücksicht auf den Verfahrensstand eine andere Regelung trifft.

§ 4

Inkrafttreten, Außerkrafttreten

Diese Verordnung tritt am Tage nach der Verkündung in Kraft. Sie tritt mit Ablauf des 31. Dezember 2012 außer Kraft.

Wiesbaden, den 3. Januar 2008

Der Hessische Minister für Umwelt,
ländlichen Raum und Verbraucherschutz

Dietzel

Der Landtag hat das folgende Gesetz beschlossen:

**Hessisches Gesetz
zur Ausführung des Bundes-Bodenschutzgesetzes und zur Altlastensanierung
(Hessisches Altlasten- und Bodenschutzgesetz – HAltBodSchG)**

Vom 28. September 2007

Inhaltsübersicht

ERSTER TEIL

Allgemeine Vorschriften

§ 1 Ziele des Bodenschutzes

§ 2 Aufgaben und Anordnungen der Bodenschutzbehörde

§ 3 Pflichten der öffentlichen Hand

§ 4 Mitwirkungsspflichten

§ 5 Duldungspflichten, Zutritts- und Untersuchungsrechte

§ 6 Sachverständige und Unterstützungstellen

ZWEITER TEIL

Bodeninformationen, Datenschutz

§ 7 Bodeninformationssystem

§ 8 Altlastendatei

§ 9 Datenverarbeitung

DREITER TEIL

**Sanierung von Altlasten und
schädlichen Bodenveränderungen**

§ 10 Ergänzende Vorschriften bei
schädlichen Bodenveränderungen

§ 11 Verfahrensvorschriften bei der
Sanierung

§ 12 Träger der Altlastensanierung

§ 13 Kostenerstattung; öffentliche Last,
Vorsprung

§ 14 Altlastenfinanzierungsumlage

VIERTER TEIL

**Zuständigkeiten, Ausgleich,
Bußgeldvorschriften**

§ 15 Bodenschutzbehörden

§ 16 Zuständigkeiten der Bodenschutz-
behörden

§ 17 Übergewandete Aufgaben

§ 18 Ausgleich für Nutzungsbeschrän-
kungen

§ 19 Bußgeldvorschriften

FÜNFTER TEIL

Schlussvorschriften

§ 20 Erlass von Rechtsverordnungen

§ 21 Aufhebung von Vorschriften

§ 22 Inkrafttreten, Außerkrafttreten

VERGLEICHEN SIE

ERSTER TEIL

Allgemeine Vorschriften

§ 1

Ziele des Bodenschutzes

Die Funktionen des Bodens sind auf der Grundlage des Bundes-Bodenschutzgesetzes vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 302), zuletzt geändert durch Gesetz vom 9. Dezember 2004 (BGBl. I S. 3214), dieses Gesetzes sowie der aufgrund dieses Gesetzes erlassenen Rechtsverordnungen nachhaltig zu sichern oder wiederherzustellen. Dies beinhaltet insbesondere

1. die Vorsorge gegen das Entstehen schadstoffhaltiger schädlicher Bodenveränderungen,
2. den Schutz der Böden vor Erosion, Verfrachtung und vor anderen nachteiligen Einwirkungen auf die Bodenstruktur,
3. einen sparsamen und schonenden Umgang mit dem Boden, unter anderem durch Begrenzung der Flächeninanspruchnahme und Bodenversiegelungen auf das notwendige Maß,
4. die Sanierung von schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten sowie hiermit verursachten Gewässerverunreinigungen.

§ 2

Aufgaben und Anordnungen der Bodenschutzbehörde

(1) Die Bodenschutzbehörde hat darüber zu wachen, dass die Bestimmungen des Bundes-Bodenschutzgesetzes, dieses Gesetzes sowie der aufgrund dieses Gesetzes erlassenen Rechtsverordnungen eingehalten und auferlegte Verpflichtungen erfüllt werden.

(2) Zur Erfüllung der Pflichten, die sich aus diesem Gesetz und den aufgrund dieses Gesetzes erlassenen Rechtsverordnungen ergeben, kann die Bodenschutzbehörde die erforderlichen Maßnahmen treffen.

§ 3

Pflichten der öffentlichen Hand

(1) Die Behörden des Landes, die Gemeinden, die Landkreise und die sonstigen der Aufsicht des Landes unterstehenden Körperschaften, Anstalten und Stiftungen des öffentlichen Rechts haben vorbildhaft dazu beizutragen, dass die Zielsetzungen und Grundsätze des § 1 des Bundes-Bodenschutzgesetzes und des § 1 erreicht werden.

(2) Bei Planfeststellungs- und Pflegevereinbarungsverfahren ist im Rahmen der planerischen Abwägung vor der Inanspruchnahme von nicht versiegelten, nicht baulich veränderten oder umbebauten Flächen zu prüfen, ob eine Wiedernutzung von bereits versiegelten, sanierten, sanibel veroderten oder bebauten Flächen möglich ist.

(3) Soweit Belange des Bodenschutzes berührt sind, ist die Bodenschutzbehörde zu beteiligen.

§ 1

Mitwirkungspflichten

(1) Die nach § 4 Abs. 3, 5 und 6 des Bundes-Bodenschutzgesetzes Verpflichteten haben ihren bekannten Anhaltspunkte für das Vorliegen einer schädlichen Bodenveränderung oder Allast unverzüglich der Bodenschutzbehörde mitzuteilen. Sie haben ihr und ihrem Beauftragten auf Verlangen alle Auskünfte zu erteilen und die Unterlagen vorzulegen, die diese zur Erfüllung der Aufgaben nach dem Bundes-Bodenschutzgesetz, diesem Gesetz oder der aufgrund dieses Gesetzes erlassenen Rechtsverordnungen benötigen. Die Verpflichtungen nach Satz 1 sind 2 bestehen nicht, soweit die verpflichteten Personen durch die Mittellosigkeit oder die Auskraft sich selbst oder einen der in § 363 Abs. 1 Nr. 1 bis 3 der Zivilprozessordnung bezeichneten Angehörigen der Gefahr einer strafechtlichen Verfolgung oder eines Verfahrens nach dem Gesetz über Ordnungswidrigkeiten aussetzen würden.

(2) Ergeben sich im Zuge von Baumaßnahmen, Baugrunduntersuchungen, Ausschachtungen oder ähnlichen Eingriffen Hinweise auf schadstoffbedingte schädliche Bodenveränderungen, so sind Maßnahmen, die die Feststellung des Sachverhalts oder die Sanierung behindern können, bis zur Freigabe durch die Bodenschutzbehörde zu unterlassen. Die Bodenschutzbehörde hat über die Freigabe unverzüglich zu entscheiden.

(3) Wer Materialien in einer Gesamtmenge je Vorhaben von über 600 m³ auf oder in den Boden einbringt oder einbringen lässt, hat dies vor Beginn der Maßnahme unter Angabe der betroffenen Fläche, der Art und des Zwecks der Maßnahme, des Materials sowie dessen Inhaltsstoffen und Menge der Bodenschutzbehörde anzuzeigen. Die Anzeigepflicht nach Satz 1 besteht nicht, wenn es sich um Maßnahmen nach § 13 Abs. 3 Nr. 10 des Hessischen Naturschutzgesetzes vom 4. Dezember 2006 (GVBl. I S. 619) handelt, deren Beteiligung nach anderen Rechtsvorschriften sichergestellt oder die Maßnahme Gegenstand einer Zulassung nach anderen Rechtsvorschriften ist.

(4) Die Bodenschutzbehörde kann verlangen, dass Sanierungsunternehmer Angaben über Tatsachen, die ihre Sanierungsverantwortlichkeit oder ihre wirtschaftlichen Verhältnisse betreffen, durch eine

Versicherung an Trides statt glaubhaft machen.

§ 3

Bildungspflichten, Kontrollungs- und Untersuchungsrechte

(1) Die Eigentümerinnen und Eigentümer sowie sonstige Nutzungsberechtigte von Grundstücken sind verpflichtet, Behörden und anderen von der Bodenschutzbehörde beauftragten Personen zur Durchführung ihrer Aufgaben nach dem Bundes-Bodenschutzgesetz, diesem Gesetz und den aufgrund dieses Gesetzes erlassenen Rechtsverordnungen das Betreten der Grundstücke, Geschäfte und Betriebsräume zu gestatten sowie die Vornahme von Ermittlungen, die Einrichtung von Messstellen und die Durchführung von Beprobungen zu dulden. Bestehen Anhaltspunkte dafür, dass von einer schädlichen Bodenveränderung oder Allast eine Gefahr für die menschliche Gesundheit ausgeht, haben die Eigentümerinnen und Eigentümer sowie sonstige Nutzungsberechtigte auch das Betreten der Wohnung und die Durchführung von Messungen zu gestatten. Das Grundrecht der Unverletzlichkeit der Wohnung (Art. 13 des Grundgesetzes und Art. 8 der Verfassung des Landes Hessen) wird in soweit eingeschränkt.

(2) Sind für die Sanierung von Allasten oder schädlichen Bodenveränderungen Maßnahmen auf anderen Grundstücken insbesondere im möglichen Einwirkungsbereich einer Allast oder schädlichen Bodenveränderung notwendig, so haben deren Eigentümerinnen und Eigentümer sowie sonstige Nutzungsberechtigte von Grundstücken diese Maßnahmen zu dulden.

(3) Soweit Eigentümerinnen und Eigentümer sowie sonstige Nutzungsberechtigte von Grundstücken zur Duldung von Maßnahmen nach Abs. 1 verpflichtet sind, die ausschließlich für das Bodensanitionssystem erforderlich sind, ist ihnen für einen dadurch entstehenden Schaden ein angemessener Ausgleich zu leisten. Das Gleiche gilt, wenn eine Person infolge von Maßnahmen nach Abs. 2 oder durch rechtswidrige Maßnahmen nach Abs. 1 einen Schaden erleidet. Die §§ 64 bis 70 des Hessischen Gesetzes über die Sicherheit und Ordnung in der Fassung vom 14. Januar 2005 (GVBl. I S. 13), zuletzt geändert durch Gesetz vom 14. Oktober 2006 (GVBl. I S. 694), gelten entsprechend.

§ 6

Sachverständige und Untersuchungsstellen

(1) Sachverständige und Untersuchungsstellen nach § 10 des Bundes-Bodenschutzgesetzes werden auf Antrag zugelassen, wenn sie die erforderliche Sachkunde und Zuverlässigkeit nachweisen. Die Zulassung kann befristet und auf bestimmte Aufgabenbereiche beschränkt sowie widerrufen werden.

(2) Durch Rechtsverordnung können geregelt werden:

1. Einzelheiten der an Sachverständige und Untersuchungsstellen nach § 13 Satz 1 des Bundes-Bodenschutzgesetzes zu stellenden Anforderungen,
2. Art und Umfang der von ihnen wahrzunehmenden Aufgaben,
3. Einzelheiten zur Vorlage von Unterlagen sowie der Ergebnisse ihrer Tätigkeit,
4. das Verfahren zum Nachweis der Anforderungen,
5. die für die Zulassung zuständige Stelle,
6. die Bekanntgabe der zugelassenen Sachverständigen und Untersuchungsstellen sowie
7. die Voraussetzungen für Beweistung, Widerruf und Frieren der Zulassung.

ZWEITER TEIL

Bodeninformationen, Datenschutz

§ 7

Bodeninformationssystem

(1) Dem Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie wird zur Erfüllung der Aufgaben nach dem Bundes-Bodenschutzgesetz, diesem Gesetz und den aufgrund dieser Gesetze erlassenen Rechtsverordnungen ein Bodeninformationssystem geführt. Das Bodeninformationssystem umfasst oder verweist auf bodenschutzrelevante Daten, die bei den Behörden des Landes, den Gemeinden, den Landkreisen und den sonstigen der Aufsicht des Landes unterstehenden Körperschaften, Anstalten und Stiftungen des öffentlichen Rechts sowie Behörden vorhanden oder verfügbar sind.

(2) Das Bodeninformationssystem kann insbesondere punkt- und flächenbezogene Daten, bei Bedarf flurstücksbezogen und mit Bezeichnung, Größe und Lage von Flächen, enthalten über

1. Art und Beschaffenheit der Boden und ihre Funktionen,
2. Erkenntnisse aus Bodendauerbeobachtungsflächen und anderen von Behörden eingerichteten Versuchsflächen,
3. die Festsetzung von Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen,
4. Heimtrachtungen der Bodenfunktionen, Verdachtsflächen, schädliche Bodenveränderungen, altlastverträgliche Flächen und Altlasten,
5. schädliche Umwelteinwirkungen, die von Boden ausgehen oder von dort zu besorgen sind,
6. Stoffeinträge, Materialauf und Ablage, Verfestigung sowie sonstige nicht stoffliche Veränderungen der Boden,

7. gegenwärtige, frühere und geplante Nutzungen, insbesondere stillgelegte Anlagen und Einrichtungen, sowie die Nutzungsfähigkeit,
8. Art, Menge und Beschaffenheit von Abfällen und Stoffen, die abgelagert oder verwertet wurden oder mit denen umgegangen worden ist,
9. derzeitige und ehemalige Eigentümer und Nutzungsberechtigte sowie Inhaber von bestehenden und stillgelegten Anlagen,
10. sonstige für die Ermittlung und Abwehr von Gefahren und die Feststellung der Ordnungspflichten bedeutsame Sachverhalte und Rechtsverhältnisse.

(3) Durch Rechtsverordnung können Einzelheiten des Bodeninformationssystems, insbesondere zu dessen Inhalt, Änderung, Führung und Nutzung, zur Einsicht und zur Weitergabe gespeicherter Informationen, auch im automatisierten Abrufverfahren, einschließlich im erheblicher Kosten bestimmt werden.

§ 8

Altlastendaten

(1) Als Teil des Bodeninformationssystems wird eine Altlastendatei geführt. Darin werden die Flächen nach § 2 Abs. 3 bis 6 des Bundes-Bodenschutzgesetzes geführt. In die Altlastendatei sind die Daten, Tatsachen und Erkenntnisse aufzunehmen, die über diese Flächen erfasst und bei deren Untersuchung, Bewertung und Sanierung sowie bei der Durchführung sonstiger Maßnahmen oder der Überwachung ermittelt werden. Durch Sicherungsmaßnahmen nach § 2 Abs. 7 Nr. 2 des Bundes-Bodenschutzgesetzes schädliche Altlasten und schädliche Bodenveränderungen (geschädigte Altlasten und geschädigte schädliche Bodenveränderungen) sind besonders auszuweisen.

(2) Die Altlastendatei ist fortlaufend fortzuschreiben. Die darin enthaltenen Daten sind zeitlich unbeschränkt aufzubewahren. Dies gilt auch für Altstättelagerungen und Altstandorte, bei denen sich ein Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung oder sonstiger Gefahren für den einzelnen oder die Allgemeinheit nicht bestätigt hat, und für bereits sanierte Flächen. In diesen Fällen ist auf den Wegfall des Verdachts oder auf die erfolgte Sanierung in der Altlastendatei besonders hinzuweisen.

(3) Werden Grundstücke in der Altlastendatei als altlastverdächtige Flächen oder Verdachtsflächen ausgewiesen, ist dies den Eigentümerinnen oder Eigentümerinnen sowie sonstigen Nutzungsberechtigten, soweit bekannt, mitzuteilen. Diese können die Beschaffung der Daten verlangen, wenn die über ein Grundstück in der Altlastendatei vorhandenen Daten unrichtig sind. Personenbezogene Daten sind zu löschen, soweit ihre Aufbewahrung für die Aufgabenerfüllung der

zuständigen Behörden nicht mehr erforderlich ist.

(4) Gemeinden und öffentlich-rechtliche Entsorgungspflichtige sind verpflichtet, die ihnen vorliegenden Erkenntnisse über schmutzstoffbedingte Verdachtsflächen nach § 7 Abs. 1 des Bundes-Bodenschutzgesetzes, Altablagierungen und Altstandorte unverzüglich dem Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie mitzuteilen. Zu diesem Zweck haben sie vorrangige Daten zu erheben, die Gewässerregister auszuwerten und bereits erhaltene Daten fortzuschreiben. Die Daten sind dem Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie so zu übersmitteln, dass sie im Bodeninformationssystem nach § 7 erfasst werden können.

(5) Angaben zu Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen sind zur nachrichtlichen Führung im Liegenschaftskataster der dafür zuständigen Behörde mitzuteilen. Die Verpflichtung nach Satz 1 entfällt, wenn die entsprechenden Inhalte des Bodeninformationssystems nach § 8 gemeinsam mit den Geobasisinformationen des Liegenschaftskatasters über öffentliche Telekommunikationsmittel für jedermann zugänglich präsentiert werden können.

§ 9

Datenverarbeitung

(1) Die Bodenschutzbehörden, das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie, die Gebietskörperschaften und der Träger der Altlastensanierung sind berechtigt, die zum Zwecke der Altlastenbearbeitung nach dem Bundes-Bodenschutzgesetz, diesem Gesetz sowie den aufgrund dieses Gesetzes erlassenen Rechtsverordnungen erhobenen Daten zu erheben und weiterzuverarbeiten. Soweit die Überwachungs- und Kontrollfunktionsziele nicht abschließend geregelt sind, ist eine Erhebung auch ohne Kenntnis des Betroffenen zulässig, wenn anderfalls die Erfüllung der Aufgaben für die in Satz 1 genannten Zwecke gefährdet würde. Zwecke nach Satz 1 sind:

1. Vorbereitung, Überwachung und Durchführung der ordnungsgemäßen bodenschutzrechtlichen Verfahren sowie Bauplanung und Baugenehmigungsverfahren,
2. Durchführung von Anzeige-, Genehmigungs-, Planfeststellungs- und sonstigen Zulassungsverfahren, die im Zusammenhang mit den Zwecken nach Nr. 1 stehen.

Die zu einem der in Satz 1 genannten Zwecke verarbeiteten personenbezogenen Daten dürfen auch ohne Vorliegen der Voraussetzungen des § 13 Abs. 2 des Hessischen Datenschutzgesetzes in der Fassung vom 1. Januar 1999 (GVBl. I S. 96) zu jedem anderen in Satz 1 genannten Zweck weiterverarbeitet werden.

(2) An die in Abs. 1 genannten und an die für die Aufnahme in den Liegenschaftskataster zuständigen Stellen könn-

nem Daten auch durch automatisierte Abfrufeverfahren gegeben werden.

(3) Die in § 7 Abs. 2 genannten Daten zu Bodeneigenschaften und funktionen dürfen im Blattschnitt topografischer Karten, Blattmitteln, genehmigungs- und flurstückbezogenen in Druckwerken oder elektronisch veröffentlicht werden.

(4) Im Übrigen bleiben die Vorschriften des Hessischen Datenschutzgesetzes in der jeweils geltenden Fassung unberührt.

DRITTER TEIL

Sanierung von Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen

§ 10

Erhöhte Vorschriften bei schädlichen Bodenveränderungen

Bei schädlichen Bodenveränderungen von denen aufgrund von Art, Ausbreitung oder Menge der Schadstoffe in besonderem Maße Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den Einzelnen oder die Allgemeinheit ausgehen, kann die Bodenschutzbehörde Sanierungsuntersuchungen, die Ermittlung von Sanierungsplänen und die Durchführung von Eigenkontrollmaßnahmen verlangen. Die §§ 13 und 14, § 15 Abs. 2 und 3 sowie § 24 des Bundes-Bodenschutzgesetzes gelten entsprechend.

§ 11

Verfahrensvorschriften bei der Sanierung

(1) Wer beabsichtigt, eine Altlast oder ein Grundstück mit einer schädlichen Bodenveränderung nach § 10 zu sanieren oder anderweitig zu verändern, hat der Bodenschutzbehörde vorher sein Vorhaben schriftlich anzuzeigen. Dies gilt nicht, wenn die von der Altlast oder schädlichen Bodenveränderung ausgehenden Gefahren, erheblichen Nachteile oder erheblichen Belästigungen mit statischen Mitteln beseitigt werden können. Die Anzeige nach Satz 1 hat mindestens Angaben über den Ist-Zustand mit den bekannten und vermuteten Verunreinigungen und baulichen Anlagen bezogen auf einen Auszug aus der Liegenschaftskarte sowie die vorgesehene Sanierungs- und Nachsorgemaßnahmen zu enthalten. Die Behörde kann weitere Unterlagen fordern.

(2) Die Durchführung einer Sanierung oder sonstigen Veränderung bedarf der Zustimmung der Behörde, soweit es sich nicht um Maßnahmen der unmittelbaren Gefahrenabwehr handelt. Abs. 1 Satz 2 gilt entsprechend.

(3) Die Vorlage der Darstellung gilt als Antrag für alle für die Durchführung der geplanten Sanierung oder sonstigen Veränderung erforderlichen Zulassungen.

(4) Die Zustimmung zur Sanierung oder sonstigen Veränderung kann insbesondere mit Nebenbestimmungen versehen werden, die die Erfüllung der Sanie-

trungspflicht sicherstellen, die Anforderungen an den Nachweis des Erfolges festlegen und die Gefahren und Schäden aufgrund der Durchführung der Maßnahmen für die Betroffenen nach § 12 des Bundes-Bodenschutzgesetzes, für die Bodenfunktionen und das Grundwasser mindern sollen.

(5) Ist streitig, ob eine schädliche Bodenveränderung oder Alllast vorliegt, kann die Bodenschutzbehörde die Sanierungsbedürftigkeit durch Verwaltungsakt feststellen.

(6) Ist streitig, ob eine Person zum Kreis der Sanierungspflichtigen gehört, kann die Bodenschutzbehörde die Sanierungspflichtigkeit durch Verwaltungsakt feststellen.

(7) Gegenstand einer öffentlich-rechtlichen Verpflichtung nach § 76 Abs. 1 der Hessischen Bauordnung vom 10. Juni 2002 (GVBl. I S. 274), zuletzt geändert durch Gesetz vom 6. September 2007 (GVBl. I S. 548), kann auch die Aufrechterhaltung von Sicherungs-, Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen nach § 2 Abs. 7 und Abs. 8 des Bundes-Bodenschutzgesetzes sein. Diese Maßnahmen sind nur zulässig, wenn ihre Aufrechterhaltung durch Eintragung eines Baulast gesichert ist.

§ 12

Träger der Altlastensanierung

(1) In den Fällen, in denen Sanierungsverantwortliche nicht oder nicht rechtzeitig herangezogen werden können, insbesondere wegen der Dringlichkeit der Sanierung der Alllast oder schädlichen Bodenveränderungen nach § 10 die Restriktivität einer Anordnung nicht abgewartet werden kann, oder die Sanierungsverantwortlichen zur Durchführung der Sanierung nicht in der Lage sind, kann die Bodenschutzbehörde dem Träger der Altlastensanierung die Durchführung von Maßnahmen nach § 4 Abs. 3, §§ 9, 10 und 15 des Bundes-Bodenschutzgesetzes übertragen, ohne dass dieser Sanierungsverantwortlicher war. Sie legt die Zielvorgaben fest. Sie kann ihm in den Fällen, in denen eine behördliche Sanierungsplanung nach § 14 Abs. 1 des Bundes-Bodenschutzgesetzes und § 10 zulässig ist, auch die Erstellung des Sanierungsplanes übertragen.

(2) Mit der Übertragung wird ein öffentlich-rechtliches Auftragsverhältnis begründet. Die §§ 663 bis 674 des Bürgerlichen Gesetzbuches finden entsprechende Anwendung, soweit nichts anderes bestimmt ist.

(3) Nach der Übertragung der Sanierung auf den Träger der Altlastensanierung darf nur dieser die Sanierung durchführen. Die Pflicht zur unmittelbaren Gefahrenabwehr bleibt davon unberührt. Die Bodenschutzbehörde nimmt die Übertragung zurück, wenn vor Beginn der Durchführung von Maßnahmen die Gründe der Übertragung wegfallen. Nach Be-

ginn der Sanierung erfolgt eine Rücknahme nur nach Abschluss von Untersuchungs- oder Sanierungsabschnitten.

(4) Der Träger der Altlastensanierung wird durch Rechtsverordnung bestimmt. In einem Vertrag zwischen der obersten Bodenschutzbehörde und dem Träger der Altlastensanierung werden die Vergütung, die Anforderungen an ein Sanierungsprogramm, in dem alle Vorhaben im Zuständigkeitsbereich dieses Gesetzes aufgeführt werden, die Art der Finanzierungspläne, die Rechnungsprüfung und die Zuständigkeit der Behörden bei der Überwachung und in der Ausgestaltung der einzelnen Verträge geregelt.

(5) Wird der Träger der Altlastensanierung mit der Durchführung einer Ersatzvornahme beauftragt, gelten die Abs. 2 und 3 entsprechend.

§ 13

Kostenersatzung, öffentliche Last, Vergütung

(1) Die Kosten der nach § 2 Abs. 2 angeordneten Maßnahmen tragen die zur Durchführung Verpflichteten. Die §§ 24 und 25 des Bundes-Bodenschutzgesetzes gelten entsprechend.

(2) In den Fällen des § 12 Abs. 1 hat das Land gegenüber dem Sanierungsverantwortlichen einen Kostenersatzungsanspruch. Dieser wird durch Verwaltungsakt geltend gemacht. Es können ab Wegfall des Hinderungsgrundes der Heranziehung auch die bis dahin entstandenen Aufwendungen vor Abschluss der Sanierung geltend gemacht werden.

(3) Kosten für Maßnahmen, die im Wege der Ersatzvornahme oder vom Träger der Altlastensanierung durchgeführt werden, ruhen als öffentliche Last auf dem Grundstück. Die öffentliche Last ist in das Grundbuch einzutragen.

(4) Die Bodenschutzbehörde kann Grundstücke auf Antrag von der öffentlichen Last befreien, wenn der staatliche Anspruch auf Erstattung nicht geführt wird.

(5) Der Anspruch auf Kostenersatzung verjährt mit dem Ende des vierten auf den Abschluss der Sanierung folgenden Kalenderjahres. Ist die Sanierungsverantwortlichkeit ungeklärt, so beginnt der Lauf der Frist mit Bestandskraft der Heranziehung des Verantwortlichen.

§ 14

Altlastenfinanzierungsumlage

(1) Das Land erhebt jährlich von den entscheidungspflichtigen Gebietskörperschaften eine Altlastenfinanzierungsumlage. Das Aufkommen der Umlage wird zweckgebunden für die Untersuchung und Sanierung von altlastenverdächtigen Flächen und Alllasten verwendet, die kommunal vertragsbedingt sind.

(2) Die Höhe der Umlage wird von dem für die Altlastensanierung zuständigen Ministerium im Einvernehmen mit dem Ministerium der Finanzen und dem für kommunale Angelegenheiten zuständigen Ministerium und im Benehmen mit den kommunalen Spitzenverbänden durch Verwaltungsakt festgelegt. Sie bemisst sich nach dem vorgelegenen Untersuchungs- und Sanierungsplan.

(3) Umlagegrundlage ist die Einwohnerzahl im Gebiet der Umlagepflichtigen.

(4) Bei der Vergabe von Zuwendungen aus dem Umlageertrag kommen die Leistungsfähigkeit der kommunalen Sanierungsverantwortlichen nach Maßgabe des § 33 Abs. 3 und Abs. 4 des Finanzausgleichsgesetzes in der Fassung vom 29. Mai 2007 (GVBl. I S. 310) durch einen angemessenen eigenen Anteil zu berücksichtigen.

Vierter Teil Zuständigkeiten, Ausgleich, Bußgeldvorschriften

§ 15

Bodenschutzbehörden

(1) Oberste Bodenschutzbehörde ist das für die Altlastensanierung und den Bodenschutz zuständige Ministerium.

(2) Obere Bodenschutzbehörde ist das Regierungspräsidium.

(3) Die Aufgaben der unteren Bodenschutzbehörden werden dem Kreisausschuss (oder dem Magistrat der kreisfreien Städte) zur Erfüllung nach Weisung übertragen.

(4) Weisungen nach Abs. 3 sollen sich auf allgemeine Anordnungen beschränken; Weisungen im Einzelfall sind zulässig, wenn

1. die Aufgaben nicht im Einklang mit dem Gesetz zu wahrgenommen werden,
2. allgemeine Weisungen nicht befolgt werden,
3. Fälle von übergeordneter oder überörtlicher Bedeutung vorliegen oder
4. ein besonders öffentliches Interesse besteht.

(5) Ist eine kreisfreie Stadt, ein Landkreis oder eine Gesellschaft oder Vereinigung mit eigener Rechtspersönlichkeit, an der eine kreisfreie Stadt oder ein Landkreis mehrheitlich beteiligt ist, selber verpflichtet im Sinne des Bundes-Bodenschutzgesetzes oder dieses Gesetzes, nimmt die obere Bodenschutzbehörde die Aufgaben der zuständigen Bodenschutzbehörde wahr.

§ 16

Zuständigkeiten der Bodenschutzbehörden

(1) Die Wahrnehmung der Aufgaben nach dem Bundes-Bodenschutzgesetz,

diesem Gesetz, den aufgrund dieser Gesetze erlassenen Rechtsverordnungen und dem Umweltschadensgesetz vom 10. Mai 2007 (BGBl. I S. 666), soweit ein Umweltschaden oder die Gefahr eines Umweltschadens nach § 2 Nr. 1c des Umweltschadensgesetzes vorliegt, obliegt der oberen Bodenschutzbehörde, wenn nichts anderes bestimmt ist.

(2) Durch Rechtsverordnung können abweichend von Abs. 1 die dort genannten Aufgaben auf andere Behörden übertragen werden. Soweit Zuständigkeiten auf die unteren Bodenschutzbehörden übertragen werden, bedarf es des Einverständnisses mit der für die Angelegenheiten der inneren Landesverwaltung zuständigen Ministerin oder dem für die zuständigen Minister.

(3) Die oberste Bodenschutzbehörde kann die Zuständigkeit im Einzelfall darüber hinaus auf eine andere Behörde übertragen, wenn dies wegen der besonderen bodenschutzrechtlichen Bedeutung oder Schweregrad der Angelegenheit, der Zuständigkeit mehrerer Bodenschutzbehörden in derselben Sache oder für einen einheitlichen Vollzug des Bodenschutzrechts zweckmäßig ist.

§ 17

Übergeordnete Aufgaben

(1) Das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie erfasst, bewertet und veröffentlicht teilweise die für den Bodenschutz erforderlichen quantitativen und qualitativen Daten. Es erarbeitet fachliche Vorkundhilfen und nimmt übergeordnete wissenschaftlich-technische Aufgaben für den Bereich des Bundes-Bodenschutzgesetzes, dieses Gesetzes und der mit diesem Gesetz gestützten Rechtsverordnungen wahr. Es unterstützt die Bodenschutzbehörden bei der Erfüllung ihrer Aufgaben.

(2) Die Zuständigkeit zur Wahrnehmung übergeordneter wissenschaftlich-technischer Aufgaben durch andere Stellen kann durch Rechtsverordnung bestimmt werden.

§ 18

Ausgleich für Nutzungsbeschränkungen

(1) Über die Gewährung eines Ausgleichs nach § 10 Abs. 2 des Bundes-Bodenschutzgesetzes entscheidet die Bodenschutzbehörde auf Antrag des Betroffenen durch Verwaltungsakt.

(2) Der Anspruch verjährt in drei Jahren. Die Verjährungsfrist beginnt mit dem Ende des Jahres, in dem der Anspruch entstanden ist.

§ 19

Bußgeldvorschriften

(1) Ordnungswidrig handelt, wer vorsätzlich oder fahrlässig

1. einer vollziehbaren Anordnung nach § 3 Abs. 2 zuwiderhandelt,
2. entgegen § 4 Abs. 1 Satz 1 eine Meldung nicht oder nicht unverzüglich erstattet,
3. entgegen § 4 Abs. 3 Satz 1 Ankünfte nicht nicht richtig, nicht vollständig oder nicht rechtzeitig erstellt oder Unterlagen nicht oder nicht vollständig vorlegt,
4. entgegen § 4 Abs. 3 Satz 1 eine Anzeige nicht oder nicht rechtzeitig erstattet,
5. einer vollziehbaren Anordnung nach § 10 dieses Gesetzes in Verbindung mit § 21 Abs. 1 oder § 23 Abs. 2 Satz 1, 3 oder 4 des Bundes-Bodenschutzgesetzes zuwiderhandelt, oder
6. entgegen § 15 Abs. 3 Satz 1 des Bundes-Bodenschutzgesetzes in Verbindung mit § 10 eine Mitteilung nicht, nicht richtig, nicht vollständig oder nicht rechtzeitig macht.

(3) Die Ordnungswidrigkeit kann mit einer Geldstrafe bis zu fünfzigtausend Euro geahndet werden.

(3) Zuständige Verwaltungsbehörde im Sinne des § 36 Abs. 1 Nr. 1 des Gesetzes über Ordnungswidrigkeiten in der Fassung vom 19. Februar 1997 (BGBl. I S. 603), zuletzt geändert durch Gesetz vom 7. August 2007 (BGBl. I S. 1766), für die Verfolgung und Abmilderung von Ordnungswidrigkeiten nach dem Bundes-Bodenschutzgesetz, diesem Gesetz und dem aufgrund dieses Gesetzes erlassenen Rechtsverordnungen ist die jeweils für die Vollzugsartprobe zuständige Behörde.

FUNFTER TEIL Schlussvorschriften

§ 20

Erläss von Rechtsverordnungen

Rechtsverordnungen nach diesem Gesetz erlässt die für Altfestsanierung und Bodenschutz zuständige Ministerin oder der hierfür zuständige Minister, soweit nichts anderes bestimmt ist.

§ 21

Aufhebung von Vorschriften

Es werden aufgehoben:

1. das Hessische Altlastengesetz vom 26. Dezember 1994 (GVBl. I S. 7631), zuletzt geändert durch Gesetz vom 31. Oktober 1998 (GVBl. I S. 473),
2. das Gesetz über Zuständigkeiten nach dem Bundes-Bodenschutzgesetz vom 9. November 2000 (GVBl. I S. 3087), geändert durch Gesetz vom 29. November 2005 (GVBl. I S. 769), und
3. die Verordnung zur Übertragung der Befugnis zum Erlass von Rechtsverordnungen über Sachverständige im Bereich des Bodenschutzes vom 19. Juli 2006 (GVBl. I S. 367).

§ 22

Inkrafttreten Außenkaltkreis

§ 9 Abs. 3, § 16 Abs. 1, § 17 Abs. 2 und § 20 treten am Tage nach der Verkündung in Kraft. Im Übrigen tritt dieses Gesetz am ersten Tag des auf die Verkündung folgenden Monats in Kraft. Es tritt mit Ablauf des 31. Dezember 2012 außer Kraft.

(Die verfassungsmäßigen Rechte der Landesregierung sind gewahrt.)

Das vorstehende Gesetz wird hiermit verkündet.

Wiesbaden, den 28. September 2007

Der Hessische Ministerpräsident
Klein

Der Hessische Minister
für Umwelt, ländlichen Raum
und Verbraucherschutz
Diefel

Grundwassersanierungen – Stand der Technik und mehr

HANS-GEORG EDEL

1 Einleitung

Unsere Umwelt ist durch die jahrzehntelange industrielle Produktion und intensive Agrarbewirtschaftung erheblich mit Schadstoffen belastet, was häufig mit negativen Auswirkungen auf das Grundwasser verbunden ist. Vor dem Hintergrund, dass unser Trinkwasser überwiegend aus dem Grundwasser gewonnen wird, kommt der Sanierung von schadstoffbelastetem Grundwasser eine besondere Bedeutung zu.

Im Vortrag wird ein Überblick über verschiedene Sanierungsverfahren zur Grundwassersanierung nach dem Stand der Technik gegeben. Darüber hinaus wird ein kurzer Ausblick auf einige innovative Verfahren gegeben, wobei die In-situ-chemische Oxidation (ISCO) etwas näher erläutert wird. Einige ausgewählte Fallbeispiele veranschaulichen die Praxis der Grundwassersanierung.

1.1 Begriffe und Definitionen

1.1.1 Stand der Technik

Der Begriff „Stand der Technik“ (engl. state-of-the-art) findet sich in einigen deutschen Umweltgesetzen (vgl. § 7a Wasserhaushaltsgesetz, § 5 Nr. 2 BImSchG). Er stellt die technischen Möglichkeiten zu einem bestimmten Zeitpunkt, basierend auf ge-

sicherten Erkenntnissen von Wissenschaft und Technik dar.

Der Stand der Technik beinhaltet auch, dass er wirtschaftlich durchführbar ist. Das heißt nicht, dass jedes Unternehmen sich den Stand der Technik leisten kann, aber die Mehrheit in dem betreffenden industriellen Sektor.

Stand der Technik ist der Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen, der die praktische Eignung der Maßnahme im Hinblick auf die angestrebten Ziele insgesamt gesichert erscheinen lässt. Er ist aber noch nicht hinreichend und langjährig erprobt und meist nur Spezialisten bekannt.

Im Patentrecht bezeichnet „Stand der Technik“ diejenigen Verfahren oder Vorrichtungen, welche bereits in irgendeiner Form veröffentlicht wurden und damit bekannt sind. Wichtigste Bedingung für die Erteilung eines Patents ist es, dass die Erfindung neu ist, sich also vom Stand der Technik abhebt.

1.1.2 Sanierungs- und Reinigungsverfahren

Unter Sanierungs- oder Dekontaminationsverfahren werden technische Maßnahmen verstanden, die

der Beseitigung oder Verringerung von Kontaminationen in den Umweltmedien Boden, Wasser und Luft dienen [1]. Dazu zählen z. B. die Bodenluftabsaugung oder die Grundwassersanierung. Reinigungsverfahren beschreiben die spezifischen Pro-

zedesse zur Schadstoffbeseitigung oder -minderung in Boden, Wasser oder Luft. Die Strippung ist ein Reinigungsverfahren für leichtflüchtige Schadstoffe im Grundwasser, die katalytische Oxidation eines zur Abluftreinigung.

2 Grundwassersanierung

Bei der Grundwassersanierung wird zwischen aktiven und passiven Verfahren unterschieden. Die aktiven Verfahren sind dadurch gekennzeichnet, dass kontaminiertes Grundwasser unter Energieeintrag gefördert und gereinigt wird. Hierzu zählen die klassische pump-and-treat-Methode sowie die so genannten Grundwasserzirkulationsbrunnen (GZB) [2]. Bei den passiven Verfahren [3] durchströmt das belastete Grundwasser ohne Energieaufwand eine Wand im Aquifer, die reaktive oder adsorptive Materialien zur Schadstoffentfernung enthält.

Durch hydraulische Maßnahmen wird nicht nur eine Sicherung des kontaminierten Standorts sondern auch eine Sanierung der gesättigten Zone erreicht. Sowohl die Kontamination des Grundwassers als auch des Bodens werden beseitigt.

Der Einsatz hydraulischer Maßnahmen ist eng mit der Mobilität der Schadstoffe im Grundwasser verknüpft. Sind sie gut wasserlöslich, so sind hydraulische Grundwassersanierungen die Methode der Wahl. Schlecht wasserlösliche oder adsorptiv ans Bodenkorn angelagerte Verbindungen lassen sich hydraulisch nur bis zum Erreichen der jeweiligen Residualsättigung entfernen.

Limitierende Faktoren für den erfolgreichen Einsatz von Grundwassersanierungen sind in erster Linie die hydraulischen Parameter des Standortes. Schlecht durchlässige oder inhomogen aufgebaute Böden gestalten Grundwassersanierungen technisch aufwendig oder machen sie gar unmöglich.

Das hängt damit zusammen, dass die Schadstoffe in den Bereichen geringer Durchlässigkeit angereichert, aber durch die Sanierungsmaßnahme nur unzureichend oder gar nicht erfasst werden. In diesen Fällen ist meist mit einer mehrjährigen Sanierungsdauer zu rechnen.

2.1 Pump-and-treat

Bei der pump-and-treat-Technik wird belastetes Grundwasser über einen oder mehrere Brunnen abgepumpt und on-site in einer nachgeschalteten Anlage mit geeigneten Reinigungsverfahren behandelt (Abb. 1). Je nach Anforderung und Qualität wird das gereinigte Wasser anschließend in ein Oberflächengewässer oder in die Kanalisation eingeleitet oder wieder in den Aquifer infiltriert.

Die Förderrate kann individuell entsprechend den hydraulischen Erfordernissen angepasst werden und die verschiedenen Reinigungsverfahren lassen sich miteinander kombinieren. Durch die Trennung von Grundwasserentnahme und -reinigung mit ihren vielfältigen Variationsmöglichkeiten lässt sich die pump-and-treat-Technik sehr gut an die jeweiligen standortspezifischen Verhältnisse anpassen. In Tab. 1 ist eine Übersicht der wichtigsten Reinigungsverfahren für belastetes Grundwasser dargestellt.

Die Reinigung erfolgt je nach Schadstoffart und -fracht durch chemisch-physikalische oder biologische Verfahren. Für organische Kontaminationen

eignen sich Strippung, Aktivkohleabsorption und biologischer Abbau. Die chemische Oxidation von Schadstoffen ist nur in Ausnahmefällen anwendbar. Fällung/Flockung und Ionenaustauscher eignen sich zur Eliminierung von Schwermetallen. Schwermetallcyanide lassen sich durch Ionenaustauscher, Ammonium durch biologischen Abbau (Nitrifikation/Denitrifikation) aus dem Grundwasser entfernen.

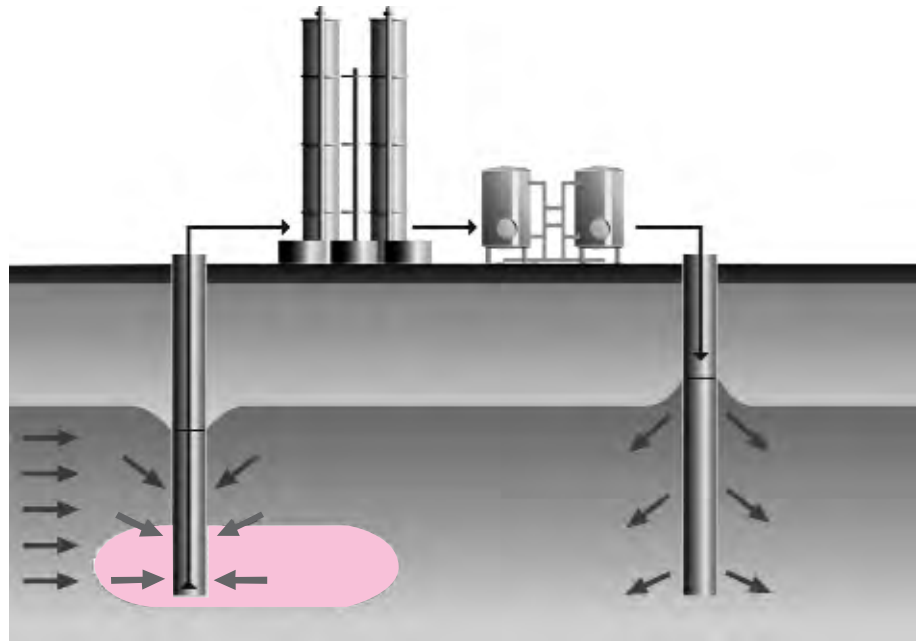


Abb. 1: Pump-and-treat, Funktionsprinzip.

In Tab. 2 sind die Ablaufwerte aufgelistet, die Grundwasserreinigungsanlagen mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand erreichen. In bestimmten Ausnahmefällen werden niedrigere Ablaufwerte gefordert, was technisch machbar ist, aber zu deutlichen Mehrkosten führt.

Werden bei der Anwendung des Reinigungsverfahrens weitere behandlungsbedürftige Medien erzeugt, so ist eine entsprechende Nachbehandlung erforderlich. Bei der Strippung werden zum Beispiel die Schadstoffe aus dem Wasser in die Luft transferiert, die deshalb gereinigt werden muss.

Unabhängig von der Kontamination können je nach Wasserqualität zusätzliche Aufbereitungsschritte oder verfahrenstechnische Maßnahmen erforderlich werden. Dies ist notwendig, wenn das Grundwasser sehr kalkhaltig ist, erhöhte Gehalte an Eisen- und Manganionen oder sonstigen Störstoffen enthält.

Ob ein Einzel- oder Kombinationsverfahren zum Einsatz kommt, richtet

sich vor allem nach dem Schadstoffspektrum, der Schadstofffracht, dem Reinigungsziel, den behördlichen Auflagen und infrastrukturellen Randbedingungen. Sind mehrere Varianten möglich, um eine hinreichende Reinigungsleistung zu erzielen, so ist in der Regel der wirtschaftliche Aspekt ausschlaggebend für die Verfahrensauswahl.

Tab. 1: Reinigungsverfahren für kontaminiertes Grundwasser

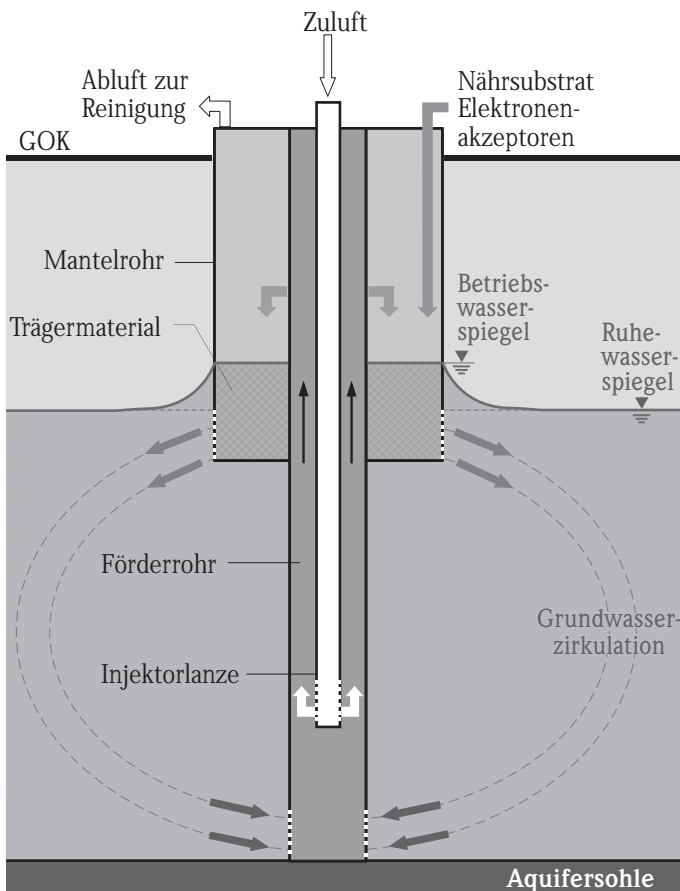
Schadstoffe	Aktivkohle-adsorption	Strippung	Biologischer Abbau	UV/ H ₂ O ₂ / O ₃ -Oxidation
AKW	+	+	+	+
BTEX	+	+	+	+
MTBE	±	±	±	±
LHKW	+	+	±	±
VC, FCKW	-	+	±	+
Phenole	+	-	+	+
PAK	+	±	±	+
KW	+	±	±	-
NH ₄ ⁺	-	-	+	-
CN _{ges.}	-	-	-	-
Schwermetalle	-	-	-	-

Tab. 2: Reinigungsleistung von Grundwasserreinigungsanlagen

Schadstoff	Ablaufwerte [$\mu\text{g/L}$]
LCKW	< 1
FCKW	< 1
BTEX	< 1
MKW	< 1
MTBE	< 20
PAK	< 1
CrO_4^-	< 20
AsO_3^-	< 10
Hg^{2+}	< 1
$\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$	< 10

2.2 Grundwasserzirkulationsbrunnen (GZB)

Grundwasserzirkulationsbrunnen (GZB) bestehen aus einem kombinierten Förder- und Schluck-


Abb. 2: BioAirlift-Verfahren, Funktionsprinzip.

brunnen und sind eine Variante der pump-and-treat-Technologie. Durch die Grundwasserentnahme und Infiltration wird im Untergrund eine Grundwasserzirkulation erzeugt. Der Bereich innerhalb dieser Zirkulationswalze wird dabei intensiv durchspült und abgereinigt. Die Reinigung des belasteten Grundwassers kann direkt im GZB selber, aber auch in einer entsprechenden Aufbereitungsanlage erfolgen.

Unter den GZB gibt es verschiedene Verfahren, wobei sich das HydroAirlift-System durch sehr gute Reinigungsleistungen von bis zu 99 % bei einmaligem Brunnendurchsatz auszeichnet [4]. Es eignet sich zur Sanierung aller leichtflüchtigen Schadstoffe wie LHKW und BTEX-Aromaten. Die Reinigung des Grundwassers erfolgt in-situ durch Strippping, wobei die belastete Striplotluft abgesaugt und gereinigt wird.

Das HydroAirlift-System wurde an der Universität Stuttgart am Institut für Wasserbau eingehend untersucht und optimiert. Die Reinigungsleistung ist einstellbar über:

- Stripstrecke (Eintauchtiefe der Injektorlanze)
- Luft/Wasserverhältnis
- Druck

Da das GZB-Verfahren im Aquifer eine vertikale Strömung erzeugt, weist es insbesondere bei schwach geschichteten Aquiferen Vorteile gegenüber dem konventionellen pump-and-treat-Verfahren auf, das bevorzugt die besser durchlässigen Schichten erfasst [5].

Das BioAirlift-Verfahren (Abb. 2) stellt eine Erweiterung des HydroAirlift-Systems für biologisch abbaubare Schadstoffe dar [6]. Durch die erzeugte Grundwasserzirkulation werden Nährstoffe und vor allem Sauerstoff im Einflussbereich des Brunnens optimal verteilt und steigern somit zusätzlich den biologischen Abbau der Schadstoffe im Untergrund, der als riesiger Bioreaktor fungiert.

2.3 Passive Verfahren

Die passiven Verfahren zur Grundwassersanierung verfolgen einen neuartigen Ansatz. Das belastete Grundwasser wird nicht mehr abgepumpt, sondern durchströmt ohne oder nur mit geringem Energieeinsatz eine Wand, die im Aquifer in Grundwasserfließrichtung eingestellt wird (Abb. 3). Mit Hilfe von Eisenspänen lassen sich CKW reduktiv dehalogenieren. Nichtchlorierte Schadstoffe wie z. B. PAK können an Aktivkohle adsorbiert werden. Die Reaktions- und auch die Adsorberwände werden zumeist als Funnel-and-gate konzipiert. Das belastete Grundwasser wird vom undurchlässigen Funnel (Trichter) zum durchlässigen Gate (Tor) geleitet, wo die Schadstoffe durch geeignete Materialien entfernt werden.

Die passiven Verfahren nehmen bewusst sehr lange Sanierungszeiten von 30 bis 50 Jahre oder mehr in Kauf. Aufgrund der Energieeinsparungen können sich die passiven Systeme auch wirtschaftlich einsetzen lassen, da zu Beginn der Sanierung zwar hohe Invest- später aber nur noch geringe Betriebskosten entstehen.

Die passive Grundwassersanierung kann inzwischen als Stand der Technik angesehen werden, wenngleich es noch an umfassenden Langzeiterfahrungen fehlt. Die erste Pilotanlage einer Reaktiven Wand zur Behandlung von LCKW-Schäden in Deutschland wurde 1998 in Edenkoben installiert. Die ZÜBLIN Umwelttechnik hat die erste Full-scale Adsorberwand Deutschlands für einen LHKW-Schaden in Reichenbach/Fils gebaut. Inwieweit passive Systeme als Alternative zur aktiven Grundwassersanierung in Betracht kommen, hängt von den jeweiligen standortspezifischen Bedingungen ab.

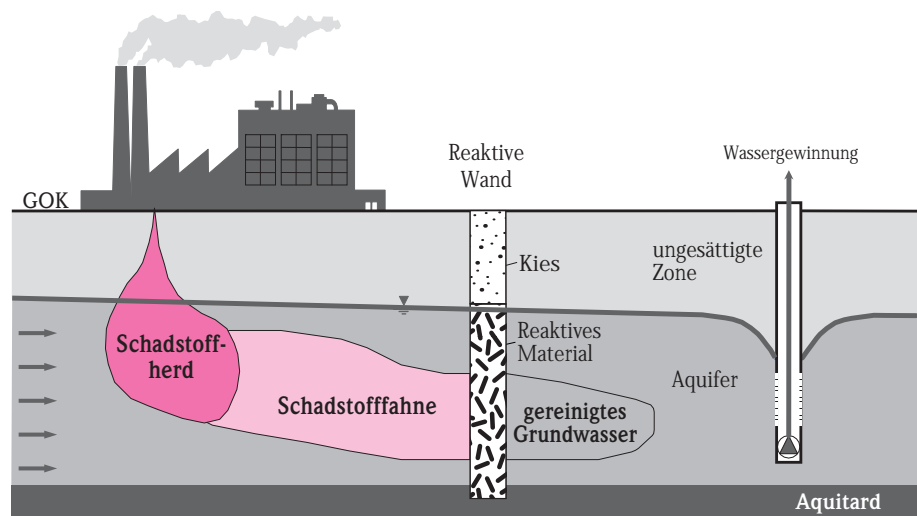


Abb. 3: Reaktive Wände, Funktionsprinzip.

2.4 Innovative Verfahren zur Grundwassersanierung

Die Sanierung von Grundwasserschäden ist auch in Deutschland nach wie vor ein aktuelles Thema, obwohl hier seit etwa 25 Jahren saniert wird. Deshalb kommen immer wieder neue, innovative Verfahren auf den Markt, die noch nicht als Stand der Technik gelten und deren Eignung erst in der Praxis belegt werden muss. Großes Interesse wird gegenwärtig folgenden innovativen Verfahren entgegengebracht:

- ISCO In-situ-chemische Oxidation
- Nano-Eisen
- Reduktiver in-situ Abbau von CKW

2.4.1 ISCO In-situ-chemische Oxidation

Das Verfahren der In-situ-chemischen Oxidation (ISCO) zur Grundwassersanierung wurde zunächst in den USA entwickelt und an verschiedenen Standorten erprobt. Sein Funktionsprinzip beruht darauf, dass geeignete Oxidationsmittel in den Untergrund eingebracht werden, um die vorhandenen Schadstoffe in-situ zu eliminieren (Abb. 4). Als Oxidationsmittel dienen vor allem Permanganat, Fenton's Reagenz und neuerdings auch Peroxodisulfat. Ein besonderer Vorteil von ISCO gegenüber herkömmlichen Verfahren besteht darin, dass die Schadstoffe

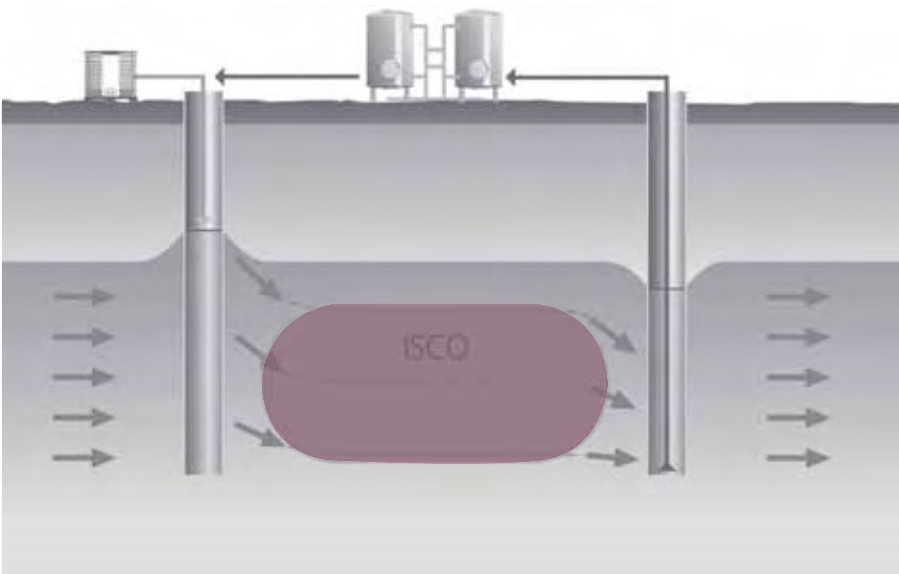


Abb. 4: In-situ-chemische Oxidation (ISCO), Funktionsprinzip.

sehr rasch zerstört werden und die Sanierungsdauer beträchtlich verkürzt werden kann.

In Deutschland wurde das ISCO-Verfahren mit Permanganat als Oxidationsmittel erstmals großtechnisch zur Sanierung eines LCKW-Schadens der DaimlerChrysler AG Werk Sindelfingen eingesetzt [7,8]. Einige Ergebnisse werden im Vortrag kurz erläutert.

3 Zusammenfassung und Ausblick

In den letzten Jahren hat sich das Spektrum an Verfahren zur Grundwassersanierung, die als Stand der Technik gelten, beträchtlich erweitert. Für einige neue Verfahren muss dieser Nachweis in Pilotversuchen und praktischen Anwendungen erst noch erbracht werden.

Der Stand der Technik beinhaltet auch, dass er

wirtschaftlich durchführbar ist. Angesichts knapper Kassen und Kostendruck werden sich letztendlich nur wirtschaftliche Lösungen durchsetzen, die mit vertretbaren finanziellen Mitteln die gesetzten Zielvorgaben sicher einhalten können. Und genau das ist die treibende Kraft für die Neu- und Weiterentwicklung von Verfahren zur Grundwassersanierung.

4 Literatur

- [1] VDI-Richtlinie 3897 (1997): Emissionsminderung. Anlagen zur Bodenluftabsaugung und zum Grundwasserstrippen, 25–26, Hrsg. Verein Deutscher Ingenieure; Beuth-Verlag, Berlin
- [2] VDI-Richtlinie 3897 (1997): Grundwasser-Zirkulations-Brunnen (GZB); in: Emissionsminderung. Anlagen zur Bodenluftabsaugung und zum Grundwasserstrippen, 25–26, Hrsg. Verein Deutscher Ingenieure; Beuth-Verlag, Berlin
- [3] EDEL, H.-G. und VOIGT, T. (2001): Aktive und passive Grundwassersanierung – ein Verfahrens- und Kostenvergleich; TerraTech 1, 40–44
- [4] BRÜHL, H., ENNUSCHAT, U., NAUMANN, J. und VERLEGER, H. (1995): In-situ-Sanierung von Grundwasser – Erfahrungen mit dem Hydro-Airlift-Brunnen; gwf 136 Nr.1: 25–33; R. Oldenbourg Verlag München
- [5] STAMM, J. (1997): Funktionsweise und Bemessung von Grundwasser-Zirkulations-Brunnen (GZB) in: Workshop „Zirkulationsverfahren zur In-situ-Boden- und Grundwassersanierung“ 37–88, Hrsg. J. STAMM; Ernst Grässer Druckerei, Karlsruhe
- [6] EDEL, H.-G., WEBER, W., HUTSCHENREUTER, O. (1997): Das BioAirlift-Verfahren – in situ-Sanierung des Militärstandortes Wallsbüll, IWS-Schriftenreihe, Kongreß Grundwassersanierung, 28: 195–205; Erich Schmidt Verlag Berlin
- [7] EDEL, H.-G., SCHWARZ, M., SEIDEL, U. FRIEDRICH, M., GERWECK, H., STÄBLEIN, H. und MAIER-OBWALD, W. (2004): In-situ-chemische Oxidation (ISCO) Einsatz eines neuartigen Verfahrens zur Sanierung eines LCKW-Grundwasserschadens, Teil 1, altlasten spektrum 5/2004, 251–258; Erich Schmidt Verlag, Berlin
- [8] EDEL, H.-G., SCHWARZ, M., SEIDEL, U. FRIEDRICH, M., GERWECK, H., STÄBLEIN, H. und MAIER-OBWALD, W. (2005): In-situ-chemische Oxidation (ISCO) Einsatz eines neuartigen Verfahrens zur Sanierung eines LCKW-Grundwasserschadens, Teil 2, altlasten spektrum 5/2005, 281–285; Erich Schmidt Verlag, Berlin

Alles im Fluss – Beenden einer Grundwasser-Sanierung

ULRIKE KÖPPEL

Zusammenfassung

Als Fallbeispiel wird ein Gewerbegrundstück vorgestellt, auf dem in den vergangenen Jahrzehnten mit chlorierten Kohlenwasserstoffen umgegangen wurde und es dadurch zu Boden- und Grundwasser-Verunreinigungen gekommen ist.

Die Kontaminationen wurden bewertet und die verunreinigten Bereiche wurden saniert. Über einige Jahre hinweg wurde eine Bodenluft- und eine Grundwassersanierung durchgeführt bis es zur Fragestellung kam, ob eine Weiterführung der Sanierung ökonomisch und ökologisch noch vertretbar ist.

Um diese Entscheidung zukünftig zu erleichtern, wird derzeit in Hessen eine „Arbeitshilfe zur Sanierung von Grundwasserverunreinigungen“ erstellt. Eine Entwurfsfassung mit Stand 04/2007 liegt vor. Im vorliegenden Fall kam man zu dem Resultat, dass die Sanierung und auch das Monitoring abgeschlossen werden kann.

Es wird auch dargestellt, wie die Sichtweise bezüglich der Bewertung von Umweltverunreinigungen sich im Laufe der Jahre geändert hat – alles befindet sich im Fluss.



Abb. 1:
Luftbild des Standortes in der Neckarschleife.

Der Standort

In der Stadt Hirschhorn am Neckar befindet sich ein Gewerbegrundstück, das bis ca. 1935 als Stein- schneidewerk für den benachbarten Steinbruch genutzt wurde und vermutlich gleichzeitig die Ver- ladestelle am Neckarufer war (Abb. 1). Seit 1949 fand auf dem Gelände Metallverarbeitung zur Her- stellung feinmechanischer Geräte der Firma Esselte Meto statt.

Mitte der neunziger Jahre wurden umwelttech- nische Untersuchungen [2] durchgeführt, da es

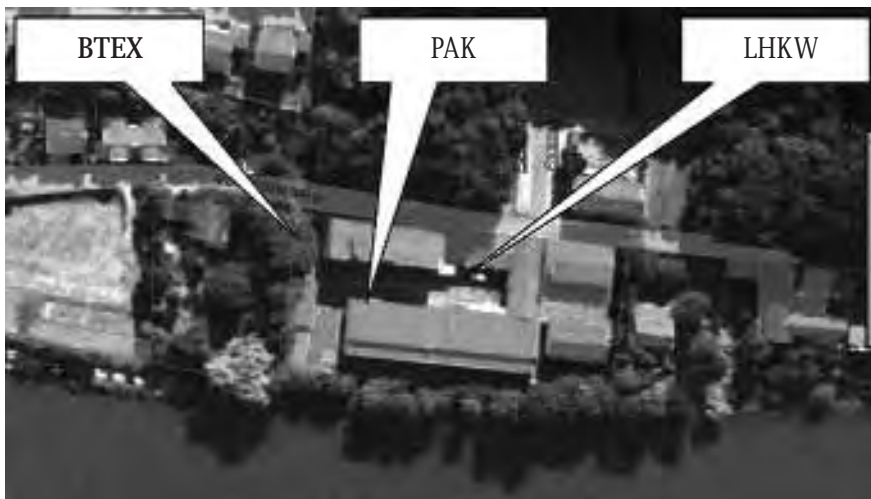


Abb. 2: Nutzungsschwerpunkte mit Schadstoffen.

angedacht war, das Grundstück zu veräußern. Die Historische Recherche zeigte verschiedene Nut- zungsschwerpunkte des Geländes: eine Betriebs- tankstelle, einen Lagerplatz (aus ehemaligen Auffül- lungen) sowie den ehemaligen Standort der Metall- entfettungsanlage, der später als Lackiererei und Lösemittellager genutzt wurde.

Bei diesen branchentypischen Nutzungsschwer- punkten (Abb. 2) wurden erwartungsgemäß die jeweiligen branchentypischen Kontaminationen gefunden: An der Betriebs- tankstelle BTEX (leichtflüchtige aromatische Kohlenwas- serstoffe), am Lagerplatz PAK (polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe) und an der Metallentfettungsanlage LHKW (leichtflüchtige haloge- nierte Kohlenwasserstoffe). Es folgte die Eingrenzung und Bewertung der vorgefundenen Kontaminationen und der Vor- schlag eines Sanierungskon- zeptes.

Die Sanierung

Der PAK-Schaden wurde belassen. Es handelt sich um eine relativ kleinräumige Belastung in einer 0,2 m mächtigen Schlackeschicht, die sich zum Großteil unter einem Gebäude befindet und sich nicht dem Grundwasser mitteilt. Bei zukünftigen Erdbaumaßnahmen in diesem Bereich ist die Schla- ckeschicht zu entfernen.

Der BTEX-Schaden an der Betriebstankstelle wurde 1997 über Aushub [4] saniert. Es verblieb eine Restbelastung ($\sim 0,1 \text{ m}^3$, 1.460 mg/kg BTEX) im anstehenden Buntsandstein, die sich jedoch weder der Bodenluft noch dem Grundwasser mit- teilt.

Das bedeutet, dass sich der Schwerpunkt der Sanierungsmaßnahmen auf den Bereich des Lösemittelagers/Lackiererei bezieht. Durch weiterführende Bodenluftuntersuchungen [3] wurde die Schadensausdehnung ermittelt (Abb. 3).

Die höchsten Bodenluftkonzentrationen wurden bei den Sondierungen 28 + 29 mit über 100 mg/m^3 ermittelt. Der Faustwert, dass bei LCKW-Gehalten in der Bodenluft von mehr als 10 mg/m^3 i. d. R. von einer GW-Verunreinigung auszugehen ist [5], wurde somit mehr als 10fach überschritten. Lateral wurde die Schadensausdehnung nach Norden, Osten und Süden eingegrenzt, abströmig wurden in unmittelbarer Ufernähe zum Neckar noch knapp 10 mg/m^3 nachgewiesen.

Im Abstrom davon wurden zwei Grundwassermessstellen (GWM 2 + 4) gesetzt und LHKW-Belastungen von $1255 \mu\text{g/l}$ im Grundwasser und 1437 mg/m^3 in der Bodenluft ermittelt.

Der Sanierungsbescheid gab vor, dass die Grundwassersanierung solange zu betreiben sei, bis ein LHKW-Gehalt von $10 \mu\text{g/l}$ dauerhaft unterschritten wird und die Einleitung des abgereinigten Grundwassers in einen Oberflächenwasserkanal der Stadt Hirschhorn zu erfolgen hat, dabei sind Gehalte von „n. n.“ einzuhalten.

Um die LHKW sowohl

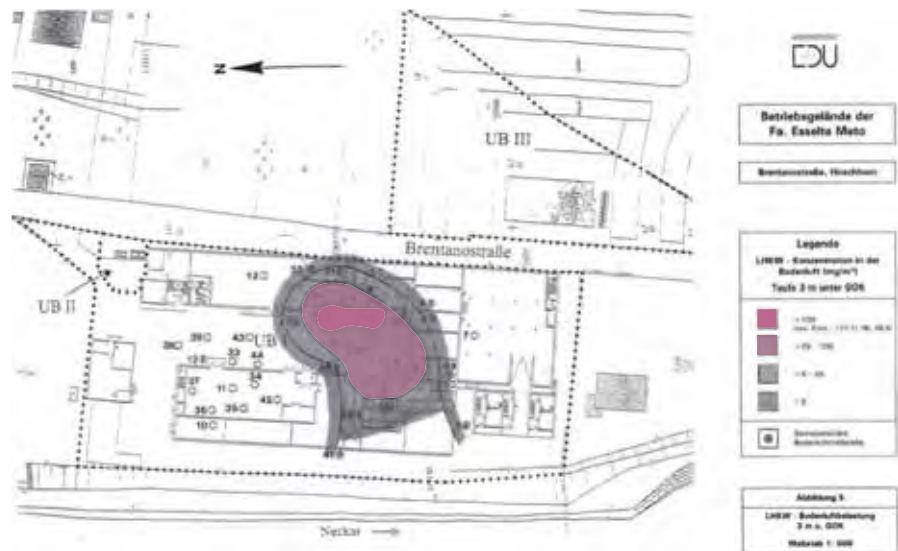


Abb. 3: Schadstoffverteilung (LHKW) in der Bodenluft.

aus der ungesättigten als auch der gesättigten Bodenzone abzureinigen, wurde ab März 1999 an vier reinen Bodenluftpegeln BLP1–4 und an zwei Kombipegeln GWM 2+ 4 Bodenluft abgesaugt. Die Grundwasserreinigung erfolgte über pump+ treat an GWM 2+ 4 (Abb. 4) [6].

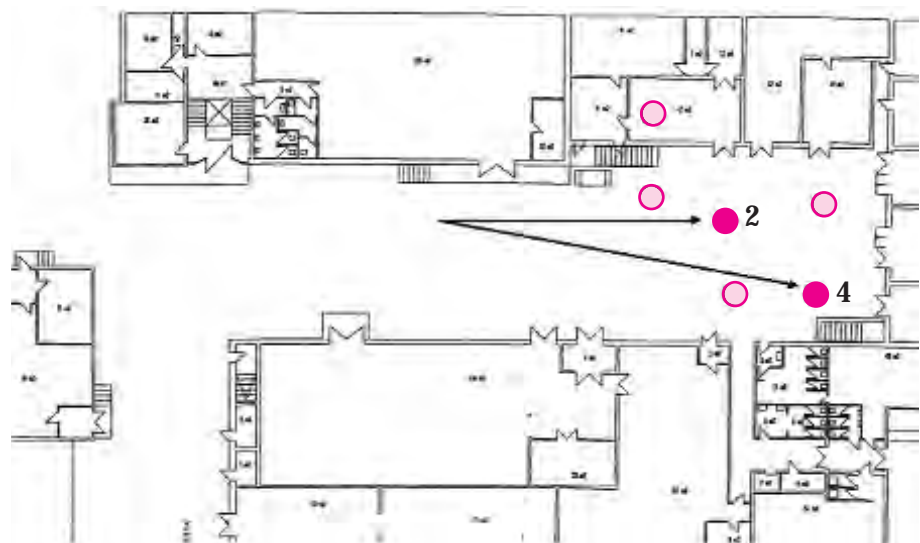


Abb. 4: Grundwassersanierungsbrunnen und Bodenluftpegel.

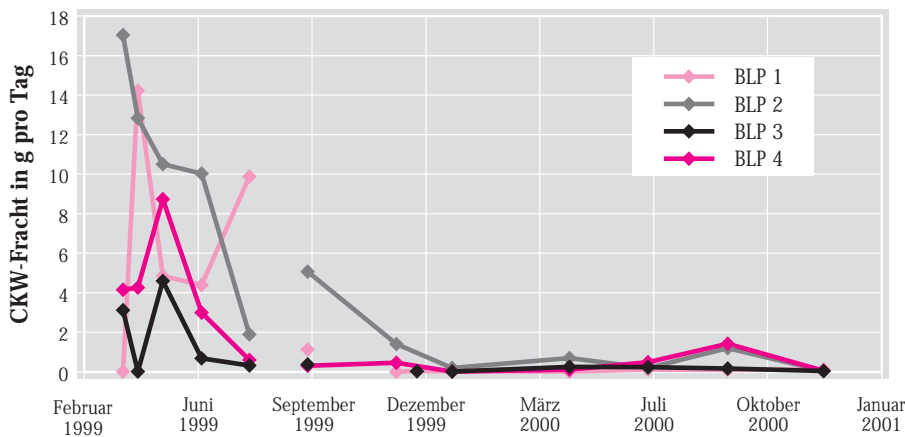


Abb. 5: CKW-Fracht in der Bodenluft an den Bodenluftpegeln.

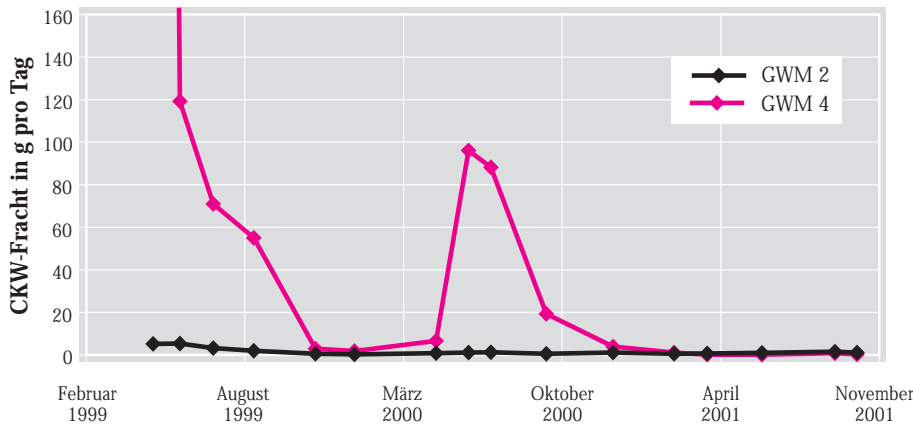


Abb. 6: CKW-Fracht in der Bodenluft an den Grundwassermessstellen.

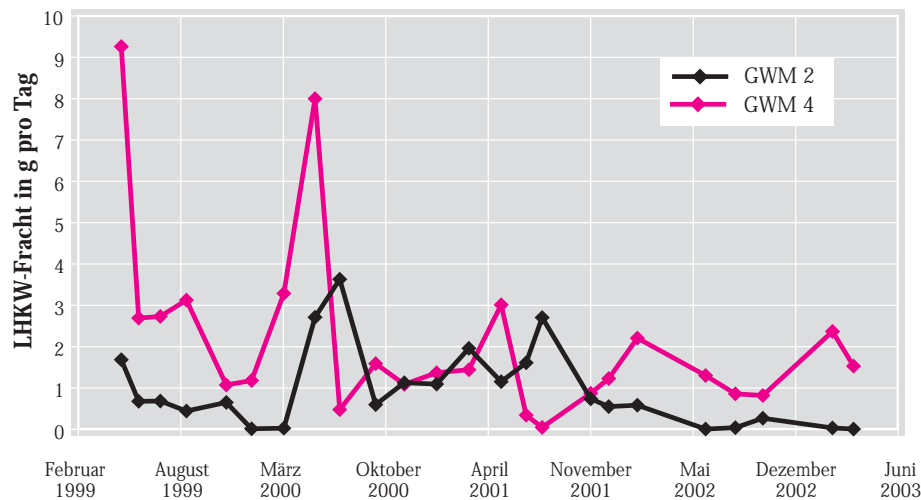


Abb. 7: CKW-Fracht im Grundwasser an den Grundwassermessstellen.

Die Bodenluftabsaugung wurde bis Dezember 2000 an BLP1–4 und bis März 2002 an den beiden Grundwassermessstellen betrieben. Der Austrag war von zunächst mehr als 1,3 kg pro Tag auf weniger als 1 g pro Tag abgesunken, so dass es unverhältnismäßig war, die Bodenluftabsaugung weiter zu betreiben.

Die Grundwassersanierung wurde fortgeführt, die Konzentration lag bei 200 µg/l, ausgetragen wurden einige Gramm LHKW pro Tag,

Anfangs verliefen alle Austragskurven steil abfallend (Abb. 5, 6 und 7), dann verharrten sie mehr oder weniger auf dem gleichen Niveau. Seit Beginn der Sanierung bis zum April 2003 waren aus der Bodenluft 50 kg und aus dem Grundwasser 4,4 kg LHKW ausgetragen worden. Man geht davon aus, dass die noch vorhandenen Restbelastungen in den schluffigen bzw. feinsandigen Schichten „hängen“.

Prüfung der Verhältnismäßigkeit

Das ist die Frage, die sich in der Praxis bei jedem Fall mindestens einmal stellt. Wie geht man damit um?

Die Bauchentscheidung: Die LHKW-Konzentrationen sind immer noch das x-fache des ursprünglichen Sanierungszielwertes, aber der Austrag liegt nur bei ~ 1 g pro Tag. Um den Sanierungszielwert dauerhaft zu unterschreiten müsste über einen nicht absehbar langen Zeitraum weiter saniert werden.

Aufgrund der räumlichen Nähe zu Baden-Württemberg lag es nahe zu schauen, wie derartige Fälle in Baden-Württemberg bewertet werden. Dazu gibt es seit 1998 die Immissions-/Emissionsbetrachtung (kurz: I/E-Betrachtung) [5], die zum Ziel hat, dass in nutzungswürdigen Grundwasservorkommen im direkten Abstrom einer zu sanierenden Fläche sowohl hinsichtlich der Schadstoffkonzentrationen (Immissionsbegrenzung) als auch hinsichtlich der täglichen Schadstofffrachten (Emissionsbegrenzung) gewisse Schwellenwerte eingehalten werden (Abb. 8). Für LHKW bedeutet dies, dass eine Abstromkonzentration $c_A < 10 \mu\text{g/l}$ und eine Emissionsbegrenzung von $E_{\text{max}} < 20$ g pro Tag einzuhalten wären.

Diese I/E-Betrachtung wurde durchgeführt [7]. Als „Worst-Case“ wurde eine Konzentration von $280 \mu\text{g/l}$ LHKW eingesetzt. Danach liegt eine Emission von $2,2$ g/d vor, also wird hinsichtlich der Fracht der Sollwert deutlich unterschritten. Die gemittelte Abstromkonzentration liegt weit über dem Sollwert, jedoch sieht die baden-württembergische I/E-Betrachtung die Sonderregelung vor, dass die Abstromkonzentration überschritten werden kann, wenn ein Vorfluter in unmittelbarer Nähe ist, d. h. nach diesem Bewertungsschema kann die Sanierung beendet werden.

Wir sind aber in Hessen und nicht in Baden-Württemberg. In Hessen hat sich im Jahr 2006 ein Arbeitskreis mit Vertretern des Umweltministeriums, der Regierungspräsidien und einer Unteren Wasserbehörde gebildet. Die Federführung liegt beim Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG). Ziel ist die Erstellung einer Arbeitshilfe [8] zur Sanierung von Grundwasserverunreinigungen in Ergänzung zu der „Verwaltungsvorschrift zur Erfassung, Bewertung und Sanierung von Grundwasserverunreinigungen (GWS-VwV) vom 30.10.2005.

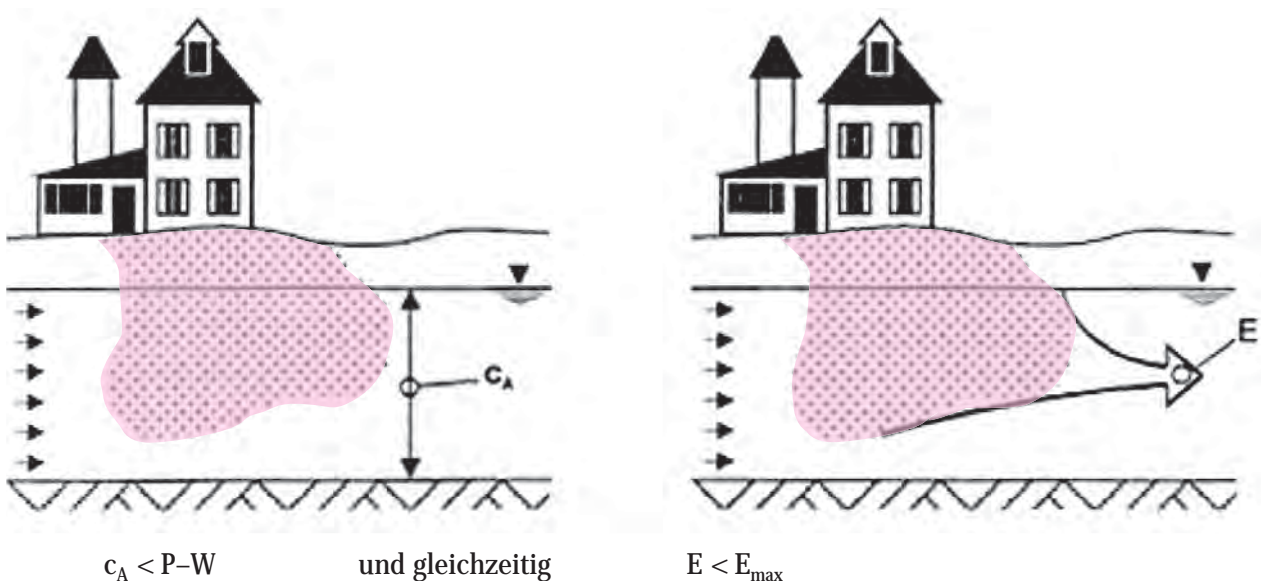


Abb. 8: Baden-württembergische Immissions-/Emissionsbetrachtung.

Mengen- und Frachtbewertung "Schadstoffe im Grundwasser" Stand 04-2007

Anhang 2 des Handbuchs Altlasten "Arbeitshilfe zur Sanierung von Grundwasserverunreinigungen"

Eingabedaten sind gelb hinterlegt

Wichtige Endergebnisse sind blau hinterlegt

Bezeichnung des Schadensfalls		ESSELTE-METO					
		LHKW			Genauigkeit der Daten		
Schadstoff-Name		①	②	③	hoch	mittel	gering
GFS	µg/l	20					
Stromröhre Nr.					↓	↓	↓
Bezeichnung der Stromröhre/Messstelle		GWM 2					
Mittlere Konzentration in der Stromröhre	C_{mittel} µg/l	280			x		
Max.-Konzentration in der Stromröhre	C_{max}	280			x		
Breite der Stromröhre	B m	30			x		
Höhe der Stromröhre	h_{GW} m	2				x	
Länge der Stromröhre/Fahne	L m	50			x		
Durchlässigkeitsbeiwert	k_f m/s	1,0E-04				x	
hydraulischer Gradient	I -	0,015			x		
nutzbare Porosität	P^* -	0,25				x	

gelöste Menge im Grundwasser	$M_{\text{gelöst}}$ kg	0,21
------------------------------	------------------------	------

Fracht im Grundwasser	E_{ab} g/d	2,18
-----------------------	---------------------	------

Einstufung nach Arbeitshilfe Kapitel 3

"Gelöste Menge im Grundwasser"

klein

"Fracht im Grundwasser"

klein

Abb. 9: Mengen- und Frachtbewertung nach der hessische Arbeitshilfe [8].

Die Arbeitshilfe behandelt sowohl die Frage, ob eine Grundwassersanierung erforderlich ist, als auch die Frage, ob eine laufende Grundwassersanierung beendet werden kann. Eine fortgeschrittene Entwurfsfassung mit Stand 04/2007 liegt vor. Die Arbeitshilfe ist ähnlich der Immissions- und Emissionsbetrachtung aus Baden-Württemberg, jedoch wird im hessischen Entwurf zusätzlich die im Grundwasser gelöste Schadstoffmenge bewertet. Dazu gibt es ein Excel-Arbeitsblatt „Mengen- und

Frachtbewertung“ (Abb. 9). Bei der Anwendung des Excel-Arbeitsblattes ermittelt man im vorliegenden Fall für die im Grundwasser gelöste LHKW-Menge einen Wert von ca. 0,2 kg und für die Fracht einen Wert von ca. 2 g/d. Damit ist sowohl die „gelöste Menge im Grundwasser“ als auch die „Fracht im Grundwasser“ nur klein. Bei Anwendung der hessischen Arbeitshilfe kommt man deshalb zur Entscheidung, dass nur noch eine geringe schädliche Grundwasserverunreinigung vorliegt, so dass die

Sanierung beendet werden kann.

Die obigen Bewertungen sind alle mit der im Januar 2004 gemessenen Konzentration in GWM 4 von 280 µg/l berechnet. Mittlerweile sind drei weitere Jahre vergangen, die aktuellen Werte liegen jetzt bei ~ 50 µg/l (Abb. 10). Der Konzentrationsverlauf zeigt ein mehr oder weniger kontinuierliches Sinken der Konzentration, so dass derzeit noch ~ 50 µg/l an Belastungen vorliegen, die mit dem Grundwasser dem Neckar zufließen.

Fazit: Die Entscheidung war richtig, der Fall wird abgeschlossen.

Der Schadensfall Meto ist in mehrfacher Hinsicht typisch,

- einerseits für die gewerbliche Nutzung in Mittelstandsbetrieben im letzten Jahrhundert und ihren über Jahrzehnte hin verursachten branchentypischen Umweltbelastungen
- andererseits mit der Art und Weise der durchgeführten Sanierung (Auskoffern, Bodenluftabsaugung, pump+ treat, Abreinigung über Aktivkohle)
- aber auch hinsichtlich der unterschiedlichen, sich verändernden Sichtweise: „welche Belastung ist umweltrelevant?“

Zu Beginn der Sanierung war eine Abreinigung bis unter den Prüfwert (< 10 µg/l) nicht ausrei-

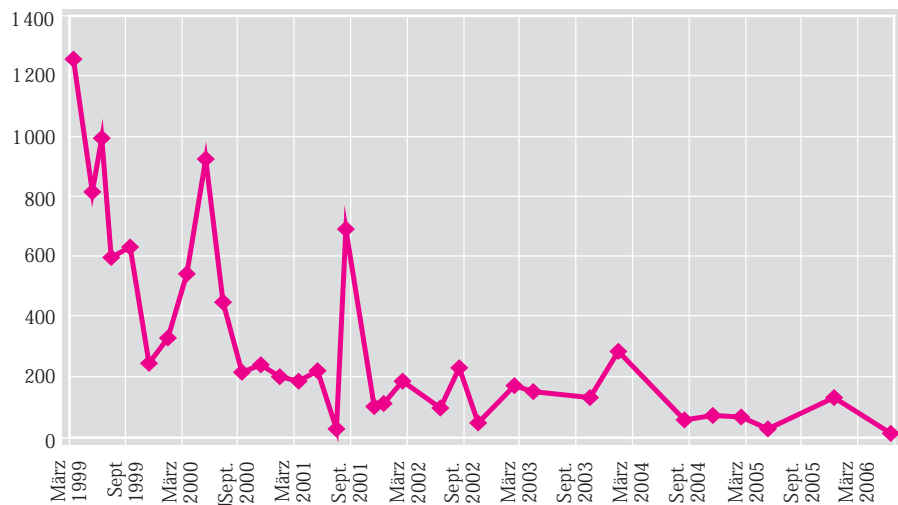


Abb. 10: CKW-Konzentrationsverlauf im Grundwasser (GWM 4).

chend, es musste bis auf „n. n.“ abgereinigt werden, um den Neckar nicht zusätzlich mit Schadstoffen zu beaufschlagen.

Heute kommen wir aufgrund von Fracht- und Mengenbetrachtung zu der Ansicht, dass wir die Vorfluter auch mit relativ hohen Schadstoffkonzentrationen beaufschlagen können.

Der Fall Meto ist einer der Praxisfälle, der zur Validierung der o. g. hessischen Arbeitshilfe herangezogen wurde.

Es wird sicherlich auch zukünftig noch Fälle geben, die sich nur schlecht in ein Bewertungsschema hineinpressen lassen. Aber bei der Mehrzahl unserer Sanierungsfälle kann uns die Arbeitshilfe bei der Bewertung und Entscheidungsfindung unterstützen.

Literatur

- [1] GIS, geographisches Informationssystem des Kreises Bergstraße
- [2] Historische Recherche und orientierende Erkundung Ing.büro EDU, Griesheim, 1995
- [3] Vertiefende Erkundung Ing.büro EDU, Griesheim, 1996
- [4] Aushubüberwachung IMA GmbH, Neu-Isenburg, 1997
- [5] Verwaltungsvorschrift über Orientierungswerte für die Bearbeitung von Altlasten und Schadensfällen, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 1998
- [6] Sanierung der CKW-Verunreinigung, 1.–5. Zwischenbericht der GfS Gesellschaft für Boden und Grundwassersanierung mbH, Grubingen, 1999 bis 2003
- [7] Vereinfachte Emissionsbetrachtung, GfS Gesellschaft für Boden und Grundwassersanierung mbH, Grubingen, 2004
- [8] Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG): Handbuch Altlasten „Arbeitshilfe zur Sanierung von Grundwasserverunreinigungen“ Entwurf 4–2007

Einsatz der online-MSR-Technologie bei Airsparging-Sanierungen – Minimierung der Risiken und Beschleunigung der Sanierung –

MANFRED FUNK

Teil I Risiko- und Gefährdungsabschätzung bei In-situ-Sanierungen

1 Sanierung von Schadensfällen mit Benzin-, BTEX- und MTBE-Kontaminationen

Insbesondere bei der Sanierung von Schadensfällen mit flüchtigen organischen Stoffen (volatile organic compounds VOC) sind entsprechende Risikoanalysen bzw. Gefährdungsabschätzungen durchzuführen.

1.1 Risikoanalyse und Gefährdungsabschätzung für alle Medien

Hierbei ist das u. a. gesamte Schadstoffpotential zu berücksichtigen. Es ist neben den arbeitsschutzrelevanten Risiken insbesondere auf Explosionsgefahren zu achten. Diese können auch durch in-situ-Sanierungsmaßnahmen entstehen bzw. hervorgerufen werden.

1.2 Ursachen des falsch definierten Risiko- bzw. Gefährdungspotentials

Die Verwendung der „Standard“-Untersuchungsparameter führt in vielen Fällen zu einer Fehleinschätzung des Risiko- bzw. Gefährdungspotentials. Diese Fehleinschätzungen haben Auswirkungen auf die

- Erkundungsstrategie,
- Risiko- und Gefährdungsabschätzung für alle Medien,
- Evaluation der Sanierungsmethode incl. der Defi-

nition des Arbeitsschutzes,

- Sanierungsplanung incl. der Definition des Arbeitsschutzes,
- Konzeption der Anlagentechnik,
- Sanierungsdauer,
- Sanierungskosten.

Deshalb ist die Erfassung des gesamten Schadstoffspektrums (BTEX, VOC, Methan etc.) in allen Medien Boden, Bodenluft und Grundwasser notwendig. Außerdem ist die eventuelle Mobilisierung von Schadstoffen durch Sanierungsmaßnahmen zu berücksichtigen.

1.3 Lösungsansätze zur Vermeidung von Fehleinschätzungen

Die Betrachtung des gesamten Schadstoff-Spektrums und -Potentials unter Berücksichtigung der physikalischen und chemischen Stoffeigenschaften ist bei der Durchführung von (in-situ) Sanierungen essentiell. Darüber hinaus ist die Entwicklung der Schadstoffkonzentrationen im Sanierungsverlauf online zu messen, um ggf. auftretende Schadstoffmobilisierungen und damit verbundene Risiken und Explosionsgefahren zu vermeiden bzw. um rechtzeitig Gegenmaßnahmen einleiten zu können.

Teil II Physikalische und biologische in situ Sanierungen

2 In situ Sanierung von Boden- und Grundwasser Schadensfällen (Benzin, Diesel, BTEX, MTBE, PAK)

2.1 Traditionelle Ansätze (z. B. pump and treat, SVE etc.)

Probleme – Lösungsansätze – Grenzen

sche Extraktion von Bodenluft und Injektion von Druckluft ins Grundwasser wird ein physikalisch/biologisch arbeitender Reaktor – „no wall reactor“ – im Untergrund generiert.

2.2 Neuere Verfahren (Air-Sparging, Bio-Sparging etc.)

Probleme – Lösungsansätze – Grenzen

Beim Airsparging drohen Gefahren durch die unkontrollierte Injektion von Luft in den Untergrund. Hierbei sind durch unsachgemäße Injektion von Luft in den Untergrund vor allem die Explosionsgefahr durch unkontrollierte Schadstoffmobilisierung, die Brunnenüberlastung durch zu hohe Injektionsmengen, sowie das Verlagern der Schadstoffe durch unangepasste Injektion/Extraktion als Gefahren zu nennen.

Hierbei kommt dem synchronen Monitoring der sanierungsrelevanten Parameter eine überragende Bedeutung zu. Der Einsatz von online-MSR-Technik (messen-steuern-regeln) und remote control via PC und Internet dient zur Kontrolle, Steuerung und Optimierung der sich ständig ändernden physikalischen und biologischen Prozesse im in-situ-Reaktor.

Die unmittelbare Auswertung der Daten in Verbindung mit sofortigen Optimierungsmaßnahmen verhindert die Entstehung von „kritischen“ Situationen und beschleunigt die Sanierung erheblich.

Ebenso kann es durch unkontrollierte Injektion zu Brunnenzerstörung und geysering-Effekten kommen.

Der Einsatz der MSR-Technik in Verbindung mit remote control ermöglicht eine

2.3 „No wall reactor“ – INSAAN terracure® Technologie

Die INSAAN terracure® Technologie ist eine konsequente Weiterentwicklung der Air-Sparging Technik. Durch die gesteuerte pulsierend dynamische

- steuerbare, kontrollierbare, beherrschbare, visualisierbare in-situ Sanierung via remote control,
- sichere Sanierung unter Berücksichtigung des Explosionsschutzes
- schnelle, nachhaltige und kostengünstige Sanierung
- transparente Sanierung für Kunden, Gutachter und Fachbehörden.

Teil III Fallbeispiele

Sanierung einer Toluol-Kontamination mit extremen Grundwasserbelastungen

(z. B. Toluol-Konzentrationen $\geq 150\,000 \mu\text{g/l}$)

Pilotversuch PAK-Kontamination mit z. T. extremen Grundwasserbelastungen

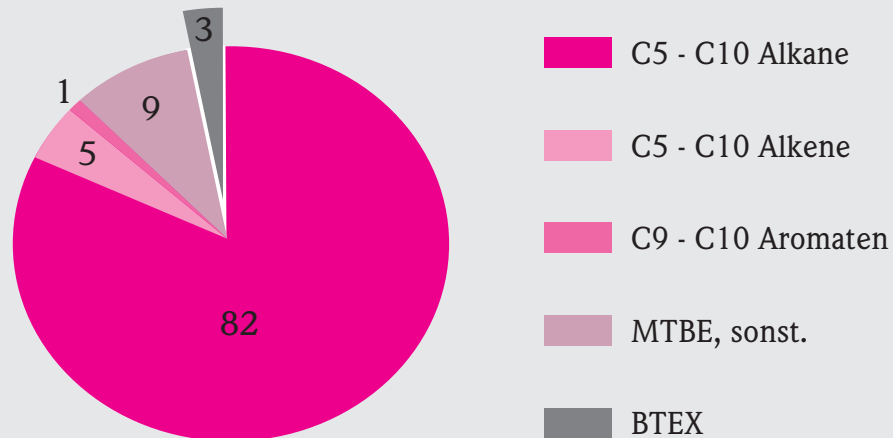
(z. B. PAK-Konzentrationen $> 15\,000 \mu\text{g/l}$)

Sanierung einer MTBE-Kontamination mit extremen Grundwasserbelastungen

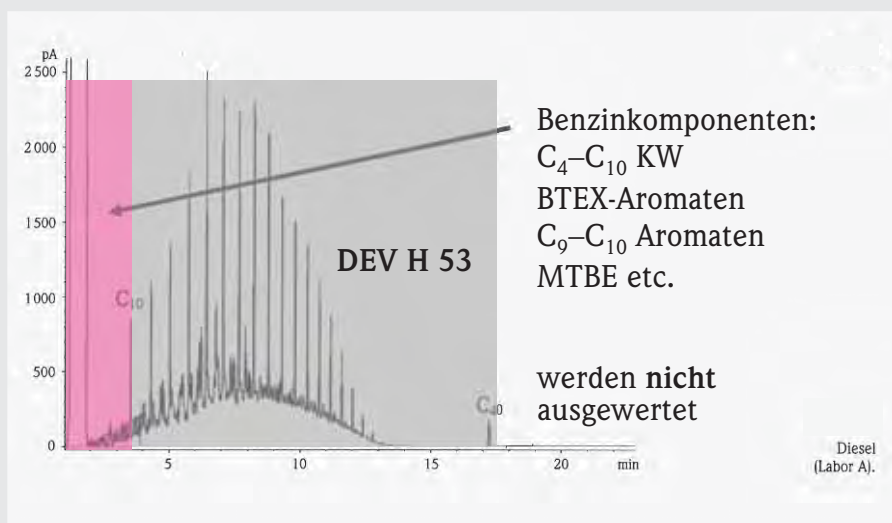
(z. B. MTBE-Konzentrationen $> 12\,000 \mu\text{g/l}$)

- Emissionen Luftpfad/Arbeitssicherheit
- Auswahl Analysenverfahren
- „Unvollständige“ Laboranalytik (DEV H 53)

Benzin-Zusammensetzung
Gasphase (Vol.-%)

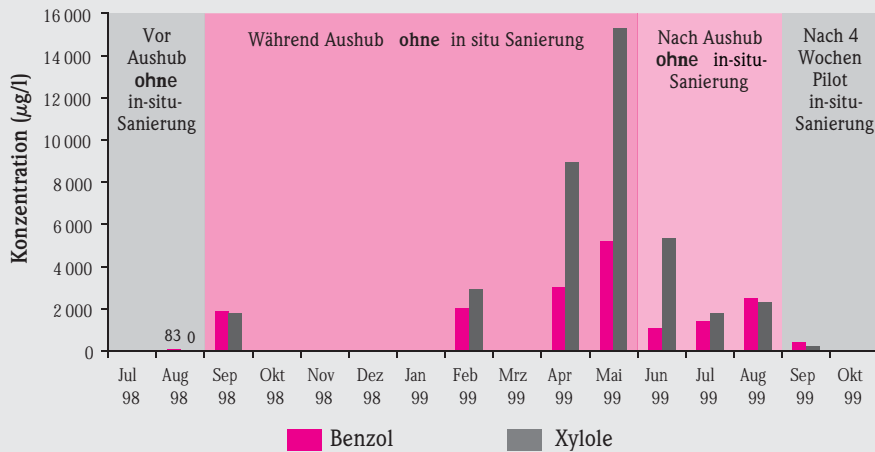


- Emissionen Luftpfad/Arbeitssicherheit
- „Unvollständige“ Laboranalytik (DEV H 53)



• **Emissionen ins Grundwasser**

Ehemaliges Tanklager Schweiz
 Grundwasser-Belastung durch Aushubmaßnahmen
ohne in-situ-Vorbehandlung



• **Emissionen Luftpfad/Arbeitssicherheit**

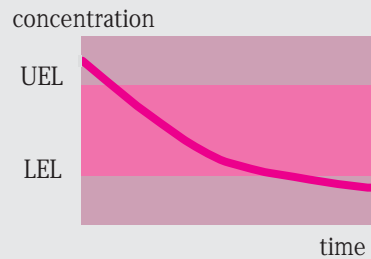


Beispiele für die Entstehung von Explosionsgefahren bei in-situ-Sanierungen

Ort: Bodenluftsanierung (unkontrollierte Anlagentechnik):

Sauerstoffkonzentration im Boden ~ immer >8 Vol.-%

Kohlenwasserstoffkonzentration: Benzin



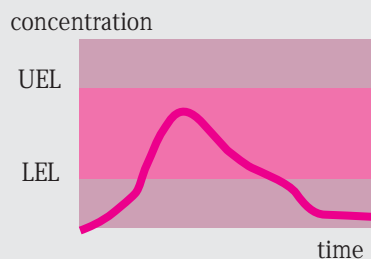
- Zündquellen z. B.:
- Absauggebläse
 - Statische Aufladung der Rohrleitung
 - Filterbrand

Beispiele für die Entstehung von Explosionsgefahren bei in-situ-Sanierungen

Ort: Erdreicherwärmung (z. B. Dampfinjektion) und Bodenluftsanierung (unkontrollierte Anlagentechnik):

Sauerstoffkonzentration im Boden ~ immer >8 Vol.-%

Kohlenwasserstoffkonzentration: Diesel-Schaden



- Zündquellen z. B.:
- Absauggebläse
 - Statische Aufladung der Rohrleitung
 - Filterbrand

Beispiele für die Entstehung von Explosionsgefahren bei in-situ-Sanierungen

Ort: Strippanlage und KW-Phase im Brunnen

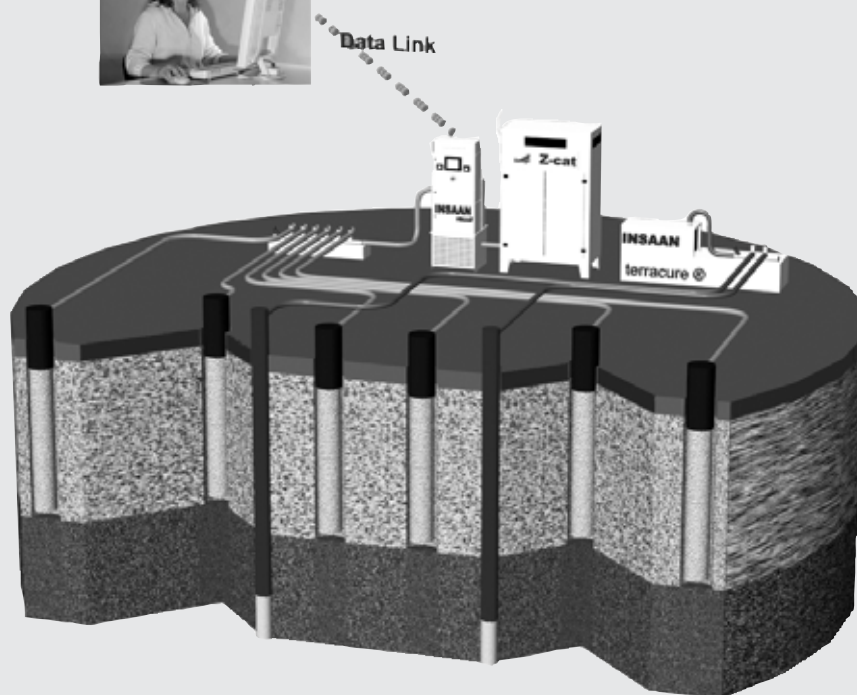
Sauerstoffkonzentration im Stripper ~ 20 Vol.-%

KW-Konzentration:

Strippanlage Ex-Gefahr		
Luftmenge m ³ /h	200,0	
Luftmenge m ³ /min	3,3	
KW ml/min	200,0	Dichte: 0,8
KW g/min	160,0	
Konzentration im Stripper g/m ³ =		48 UEG: 40g/m ³

Zündquelle: Niveaugeber, Strippgebläse, Filterbrand ...

Soil- and Groundwaterremediation INSAAN terracure® with control



Sanierung der Altablagerung Grix, Offenbach Planung, Durchführung und Erfolgskontrolle eines Abdichtungssystems mittels Kapillarsperre

BERTHOLD MEISE & JOHANNES WEIB

1 Einleitung

Ziel des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG, 1999) ist es, nachhaltig die Funktionen des Bodens zu sichern oder wiederherzustellen. Bereits entstandene Altlasten sind zu sanieren. Hierzu zählen auch die Deponien, soweit von ihnen schädliche Bodenveränderungen oder sonstige Gefahren für den Einzelnen oder die Allgemeinheit hervorgerufen werden. Bei Deponien – sogenannten „Altablagerungen“ im Sprachgebrauch des BBodSchG – ist nicht der Abfall selbst zu betrachten, da er kein „Boden“ im Sinne des Gesetzes ist, sondern es gilt, die Auswirkungen der Deponie auf die entsprechenden Schutzgüter zu bewerten. Dies sind bei Altablagerungen in aller Regel Verunreinigungen des Grundwassers und durch das Deponiegas resultierende Beeinträchtigungen des Allgemeinwohls.

Das BBodSchG ist im Bereich der Deponiesanierung reines Gefahrenabwehrrecht. Für Altablagerungen ist daher eine Sanierungsmaßnahme zu wählen, die den Gesichtspunkten der Gefahrenabwehr und Schadensbeseitigung gerecht wird. Diese Ausgangsüberlegung ist wichtig, da deswegen eine Orientierung an den abfallrechtlichen Vorsorgeregelungen, z. B. der Technischen Anleitung Siedlungsabfall (TASi), im Rahmen einer Deponiesanierung nach dem BBodSchG nicht zu fordern ist. Eine Deponie-

sanierungsmaßnahme nach dem BBodSchG muss sich allein daran messen lassen, ob sie geeignet ist, die eingetretenen Gefahren wirksam zu beherrschen und eingetretene Schäden zu beseitigen. Kommen mehrere Sanierungsvarianten in Frage, ist unter dem Gesichtspunkt der Verhältnismäßigkeit diejenige auszuwählen, die mit dem geringsten Aufwand verwirklicht werden kann.

Das Land Hessen hat im Jahr 2007 das „Abschlussprogramm kommunale Altlastenbeseitigung“ aufgelegt und unterstützt die Sanierung kommunaler Altablagerungen finanziell. Ziel dieses Abschlussprogramms ist es, dass die kommunalen Altlasten bis zum Jahr 2015 nahezu vollständig beseitigt werden. Im Haushalt 2007 wurden hierfür Verpflichtungsermächtigungen in Höhe von 50 Mio. € zur Verfügung gestellt. Die Voranmeldungen (Frist für die Voranmeldung war der 30. März 2007) werden gegenwärtig von den Staatlichen Umweltämtern ausgewertet. In Hessen waren im Jahr 2006 insgesamt 7044 Altablagerungen bekannt. Davon waren durch Entscheidungen der Regierungspräsidien 315 als altlastverdächtige Flächen und 107 als Altlasten eingestuft. Das neu aufgelegte 50 Mio. € Programm der Landesregierung wird zu einer intensiven Untersuchungsphase der hessischen Altablagerungen – und wenn notwendig – zu Sanierungen führen.

Die Sanierung der Deponie Grix ist dabei ein gutes Beispiel für eine kommunale Deponiesanierung, bei der alle Phasen bereits ausgeführt wurden.

2 Historie

Am östlichen Stadtrand von Offenbach wurde nach Kriegsende auf einer 6 ha großen Fläche von der Firma Grix bis 1962 Kalkstein abgebaut. Dieser bis zu 18 m tiefe Kalksteinbruch wurde anschließend von der Stadt Offenbach zur Ablagerung von Abfällen genutzt und mit 1,5 Mio. Tonnen Haus- und Industriemüll verfüllt. Aus den Jahren 1968/69 ist aktenkundig, dass jährlich rund 14 000 Tonnen Sondermüll (3 000 m³ Leder- und Plastikabfälle, 1 000 m³ Gebinde der Farbindustrie, 766 m³ Altöl, Benzine aus Ölhafen, Tankreinigung und Bezinabscheider, 1 127 m³ Bohrl, Ölemulsion, Fette aus Fettabscheidern und 985 m³ Säuren, Laugen, Austauschermassen aus Neutralisationsanlagen) eingelagert wurden. In den Folgejahren wurde die Abfallentsorgungsanlage dann mit 3 Mio. Tonnen Erdaushub, Bauschutt und Sperrmüll nochmals um 40 Meter aufgehaldet (Abb. 1).

Anfang der 80er Jahre wurde die Deponie nach dem damaligen Stand der Technik rekultiviert. Doch die Rekultivierung schlug fehl, der Schaden trat ein.

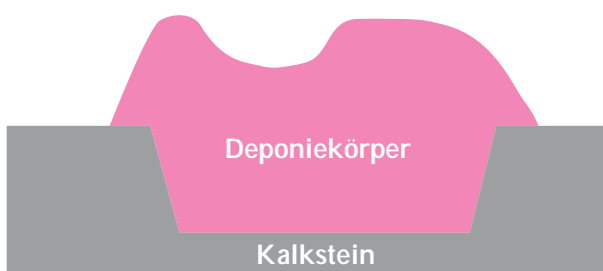


Abb. 1: Schematischer Schnitt Deponiekörper.

Die Ergebnisse von Untersuchung, Planung, Durchführung und Erfolgskontrolle werden im Folgenden vorgestellt.

Deponiegas ließ die Anpflanzungen absterben und – noch schlimmer – die Rekultivierung konnte nicht verhindern, dass jährlich 20 Mio. Liter Regenwasser in den Deponiekörper eintraten und, mit Schadstoffen befrachtet, das Grundwasser erreichten. Ende der 80er Jahre hatte das Land Hessen erstmals ein gesetzliches Instrumentarium zur Sanierung von Altlasten geschaffen, das Hessische Abfallwirtschafts- und Altlastengesetz (HAbfAG, 1989–1994). Gesetzliche Regelungen zum Betrieb von Abfallentsorgungsanlagen waren erst in den frühen 70er Jahren mit dem Abfallgesetz (AbfG, 1972–1996) eingeführt worden. Der Betrieb der Deponie Grix wurde daher erst in seiner Endphase von diesen Regelungen erreicht. Insgesamt waren rund 4,5 Mio. Tonnen Abfall ohne Basisabdichtung und ohne eine definierte Oberflächenabdichtung abgelagert worden. Die Deponie liegt heute innerhalb eines Heilquellenschutzgebietes und grenzt östlich an die Trinkwasserschutzzone III A einer Trinkwassergewinnungsanlage. Ferner liegt sie in einem Landschaftsschutzgebiet (Abb. 2).

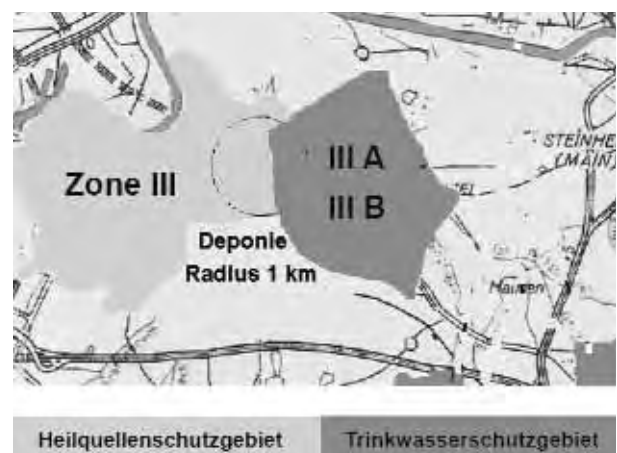


Abb. 2: Lage Schutzgebiete.

3 Gefährdungsabschätzung

Die 20 Mio. Liter Niederschlag, die jährlich in den Deponiekörper eindringen, lösten Schadstoffe und verfrachteten sie ins Grundwasser. Im Deponiebereich stehen unter mehr oder minder mächtigen quartären Kiesen und Sanden tertiäre Kalke, Mergel und Tone an. Bei dem 1. Grundwasserleiter handelt es sich um einen freien Poren- und Kluftgrundwasserleiter in den Cerithien-Schichten. Der Abstand von der Deponiesohle zum Aquifer beträgt 4–5 m. Bei dem tieferen zweiten Aquifer handelt es sich um einen gespannten Porengrundwasserleiter in dem tertiären Cyrenenmergel. Die beiden Grundwasserleiter werden durch eine 9 m mächtige Ton-schicht voneinander getrennt. Nördlich der Deponie liegt eine deutlich ausgeprägte Störungszone. Eine

hydraulische Verbindung zwischen den beiden Grundwasserleitern wurde trotz der geologischen Störungszone nicht nachgewiesen.

Im 1. Aquifer bilden vor allem hohe Mengen an organischen Kohlenwasserstoffen eine Schadstoff-fahne. Zur 1,4 km entfernten Trinkwassergewinnung besteht keine hydraulische Verbindung. Ihre Gefährdung kann ausgeschlossen werden. Das Heilquellenschutzgebiet wird durch eine ca. 100 m mächtige Tonschicht, den Rupelton, geschützt. Der Gasanfall mit rund 400 m³/h und das Grundwasser wurden als sanierungsbedürftig eingestuft. Daher wurde die ehemalige Abfallentsorgungsanlage Grix 1991 öffentlichrechtlich zur Altlast festgestellt

4 Mineralische Einfachdichtung

Zu Beginn der 90-iger Jahre war geplant, die Altdeponie Grix mit einer herkömmlichen mineralischen Abdichtung aus Ton, den die Stadt sich im Rahmen anderer städtischer Baumaßnahmen bereits auf Halde gelegt hatte, zu sichern.

Die Topografie der ungeordnet geschlossenen Deponie Grix wies sehr steile Böschungen mit Neigungen von 1 : 1,7 bis 1 : 2 auf. Mit dem vorhandenen Rupelton aus Offenbach wäre eine standsichere Herstellung des Abdichtungssystems nur mit einer Generalneigung von 1 : 3 möglich gewesen.

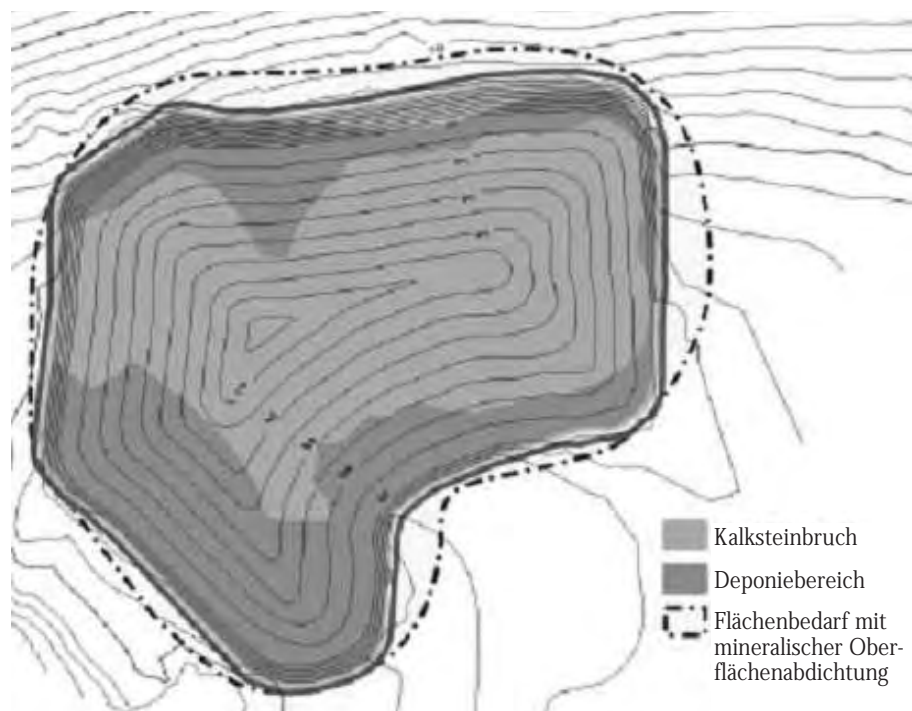


Abb. 3: Flächenanspruch für mineralische Oberflächenabdichtung und Kapillarsperre.

Schicht	Material
	Unterer Böschungsbereich weitgestufter Schluff $U \geq 10$; $d \leq 0,06$: $\geq 15\%$
	Oberer Böschungsbereich weitgestufter Sand $U \geq 10$; $d \leq 0,06$: $\leq 15\%$
Wasserhaushaltsschicht	schluffiger Sand $k_f \leq 10^{-7} \text{ m/s}$; verdichtet: 95 % Proctordichte
Kapillarschicht	Rheinsand $k_f \leq 10^{-3} \text{ m/s}$; Körnung: 0/1 mm
Kapillarblock	Schmelzkammergranulat $k_f \leq 10^{-2} \text{ m/s}$; Körnung: 1/4 mm
Profilierungsboden/Abfall	

Abb. 4:
 Aufbau der Oberflächen-
 abdichtung der Deponie
 Grix.

Die Herstellung der deutlich flacheren Böschungen hätte einen erheblichen Eingriff in den die Deponie umgebenden Wald erforderlich gemacht (strichpunktierte Linie in Abb. 3). Des Weiteren war zu diesem Zeitpunkt die Langzeitbeständigkeit reiner mineralischer Oberflächenabdichtungen in der Diskussion. Das Regierungspräsidium ließ daher eine Untersuchung mit Modellrechnungen mit dem HELP-Modell durchführen, die belegten, dass bei der exponierten Lage der Deponie Grix eine Austrocknung einer Tondichtung und die damit einhergehende Verminderung ihrer Dichtigkeit nicht ausgeschlossen werden konnte.

Aus den vorgenannten Gründen wurde als alternatives Abdichtungssystem eine Kapillarsperre vorgeschlagen. Einerseits besteht bei dieser Art der Abdichtung keine Gefahr, dass die Abdichtungswir-

kung durch Austrocknung vermindert wird und andererseits können für dieses System deutlich steilere Böschungen realisiert werden. Aufgrund der steileren Böschungen konnte an der Deponie Grix der Einschlag von 1,5 ha wertvollen Buchen-Orchideen-Waldes verhindert werden, der für die Herstellung der Böschungsausläufe bei einer tonmineralischen Dichtung hätte gerodet und in Anspruch genommen werden müssen (Vergleich zwischen Rodungslinie und strichpunktierter Linie in Abb. 3).

Der Aufbau des Abdichtungssystems der Deponie Grix ist in Abb. 4 dargestellt. Dort sind auch die geforderten bodenmechanischen Randbedingungen für die einzelnen Schichten angegeben. Als Sanierungsziel wurde ein Rückhalt von 97 % des Niederschlages festgelegt.

5 Fördermittel

Die Untersuchung und Sanierung der Deponie Grix werden insgesamt mit rund 10 Mio. € gefördert. Hierzu wurden zwei Finanzierungsabschnitte gebildet, deren Baumaßnahmen technisch bereits zu einer sinnvollen und abgeschlossenen Teilsanierung geführt hätten (Abb. 5). Dabei entfielen 4 Mio. € auf den ersten und 5,4 Mio. € auf den zweiten Finanzierungsabschnitt. Für die Untersuchungen und Sanierungsplanerstellung wurden vom Land Hessen 0,4 Mio. € bereitgestellt.

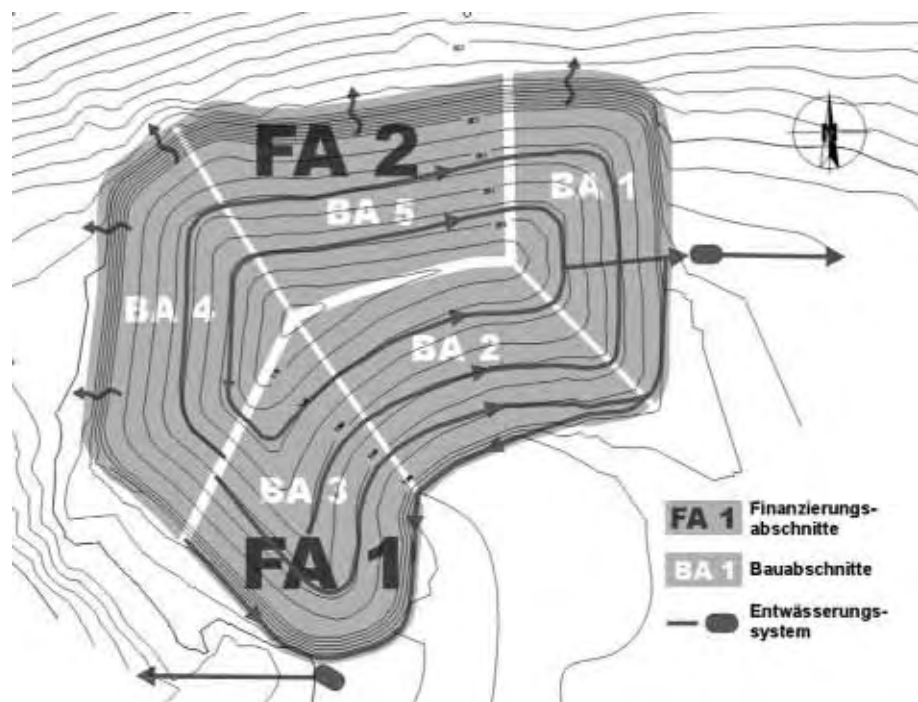


Abb. 5: Finanzierungs- und Bauabschnitte.

6 Qualitätssicherung

Die Qualitätssicherung hat die Aufgabe, die Baumaßnahmen so zu kontrollieren, dass die getroffenen Regelungen sicher eingehalten werden. Prüfmedium ist das Baumaterial (1,25 Mio. Tonnen). Das Baumaterial wird anhand von Materialanforderungen bestimmt. Dabei ist zwischen umwelthygienischen (chemischen) und bodenmechanischen (geotechnischen) Anforderungen zu unterscheiden. Die umwelthygienischen Regelungen fordern zum einen, dass alle von Niederschlagswasser durchflossenen Böden keinerlei Schadstoffbelastungen aufweisen (LAGA Z0) und zum anderen, dass die unterhalb der Barriere zugelassenen Böden nur Belastun-

gen definierter Höhe (< LAGA Z2) enthalten. Zudem müssen die Böden jeweils den geotechnischen Anforderungen, beispielsweise hinsichtlich Durchlässigkeit und Standfestigkeit, entsprechen. Darüber hinaus war die Bodenbeschaffung so zu organisieren, dass illegale Praktiken unterbunden bleiben. Hierzu wurde jeder Herkunftsort, die Gewinnungsstelle, geprüft und im einzelnen zugelassen. Die Ergiebigkeit einer Gewinnungsstelle wurde auf > 5 000 m³ festgelegt. Als Prüfinstanzen standen Eigenkontrolle, Fremdprüfung, Behördenüberwachung zur Verfügung.

7 System der Kapillarsperre

Das Dichtungselement Kapillarsperre besteht aus der Kombination von zwei Materialien mit ausgeprägten Unterschieden in ihren bodenphysikalischen Eigenschaften, die die vertikale Wasserbewegung unterbinden und das zusickernde Wasser lateral abführen. Bei beiden Materialien handelt es sich um rollige Stoffe, die sich in ihrer Kornverteilung deutlich unterscheiden.

Das feinere Material, die Kapillarschicht, wird über dem gröberen, dem Kapillarblock angeordnet. Die Dichtwirkung beruht auf den ausgeprägten Texturunterschieden der beiden Materialien. Im ungesättigten Zustand wird durch diese Unterschiede erreicht, dass die Kapillarschicht aufgrund der Saugspannungen in den feinen Kapillaren das perkolierende Wasser hält und es lateral der Böschungsneigung folgend als ungesättigter Fluss abführt. Das Material der Kapillarschicht muss daher die konkurrierenden Anforderungen erfüllen, einerseits ein hohes kapillares Haltevermögen (enge Poren) zu besitzen und andererseits eine große Durchlässigkeit (große Poren) aufzuweisen, um das zusickernde Wasser lateral ableiten zu können. Diese Anforderungen erfüllen Sande mit steilen Körnungslinien.

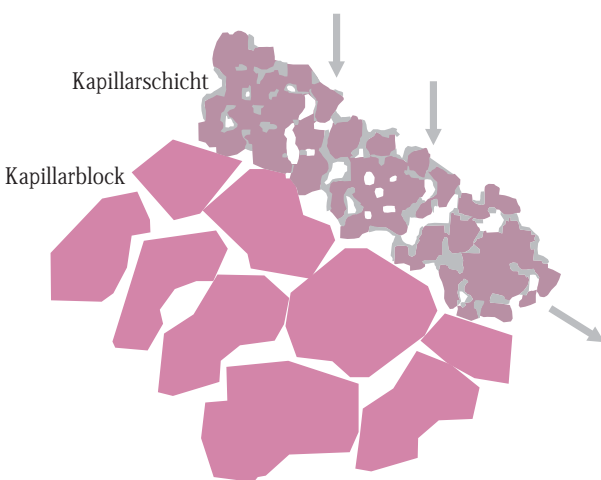


Abb. 6: Schematische Darstellung der Schichtgrenze einer Kapillarsperre.

Das Material des Kapillarblocks muss einen hinreichenden Texturunterschied zum Kapillarschichtmaterial aufweisen, um den notwendigen Kontrast in den bodenhydraulischen Eigenschaften sicherzustellen. Dies gelingt am besten durch sehr grobes Material. Allerdings muss hierbei beachtet werden, dass die Materialien von Kapillarschicht und -block zueinander filterstabil sind. Dies begrenzt die Wahl sehr groben Materials nach oben.

Die konkurrierenden Anforderungen, Wasser einerseits kapillar binden und andererseits lateral gut ableiten zu können, werden von gleichförmigen Fein- bis Mittelsanden erfüllt (Abb. 6). Der Kapillarblock hat Stütz- und Trennfunktionen indem er die Kapillaren und den Wassertransport in Richtung des Deponiekörpers unterbricht. Er wird filterstabil auf die Kapillarschicht abgestimmt. In Frage kommen hierfür je nach Textur der Kapillarschicht Grobsande bis Feinkiese.

Die Kombination aus Fein- und Grobsand (Kurven S in Abb. 7) wurde in Testfeldern auf der Deponie „Am Stempel“ in Marburg/Hessen getestet und später auf der 5 ha großen Deponie eingebaut. Die Kapillarschicht besteht aus Lahnsediment, der Kapillarblock aus Basaltspilt aus der Region.

Die Kombination des feinsandigen Mittelsandes und des Feinkieses (Kurven M in Abb. 7) wurde auf Testfelder auf der Deponie Monte Scherbelino, Frankfurt als Kapillarsperre erprobt. Als Kapillarschichtmaterial kommt hier Rheinsediment und als Kapillarblockmaterial Schmelzkammergranulat („Glasgranulat“) des Kohlekraftwerkes Staudinger in Groß-Krotzenburg zur Anwendung. Aufgrund der Verfügbarkeit und der günstigeren Anlieferungsmöglichkeit wurde für die Deponie die Kombination M für die Kapillarsperre auf der 12 ha großen Deponie „Grix“ in Offenbach eingesetzt. Das hier für die Kapillarschicht vorgesehene Material verfügt aufgrund seiner größeren Kornstruktur außerdem über ein höheres Wasserableitvermögen als der auf der Deponie „Am Stempel“ eingesetzte Feinsand.

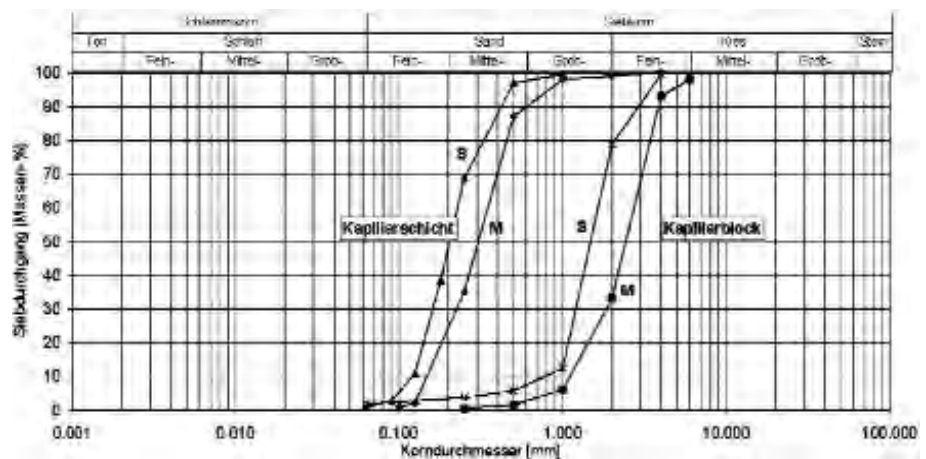


Abb. 7:
Körnungslinien bewährter Kapillarsperrenmaterialien.

8 Bauausführung

Zum Aufbringen des Abdichtungssystems war zunächst die Profilierung der Deponieoberfläche erforderlich. Zur Vermeidung von größeren Eingriffen in das Deponiegut wurde die geplante regelmäßige Oberflächenstruktur durch das Aufbringen großer Menge Profilierungsböden erzielt. Insgesamt waren rd. 450 000 m³ Böden zur Profilierung erforderlich. Der Deponiekörper selbst wurde nahezu gar nicht geöffnet, wodurch aufwendige Sicherungsmaßnahmen durch Arbeiten in erhöht kontaminierten Bereichen vermieden wurden.

Da der größte Teil der Profilierungsmassen unter der Abdichtung liegt, konnten hier kontaminierte Böden eingesetzt werden. Dies hatte den Nebeneffekt, dass durch die Verwertung der kontaminierten Böden dem Bauherrn von der Baufirma eine Rückvergütung gezahlt wurde, wodurch die tatsächlichen Kosten der Maßnahme deutlich reduziert wurden. Die für den Umgang mit kontaminierten Böden erforderlichen Sicherungsmaßnahmen wie Vermeidung von unkontrolliertem Ablauf von Oberflächenwasser sowie das Eindringen von Niederschlagswasser in auslauggefährdete Böden wurden hierbei abhängig von dem jeweiligen angelieferten Material aufgestellt und vor Ort durch die Baulei-

tung des Bauherrn, Fremdüberwachung und Behördenüberwachung kontrolliert.

Zur Vermeidung der Anlieferung zu hoch belasteter Böden bzw. aus geotechnischer Sicht ungeeigneter Böden wurde ein umfangreiches Begleitscheinverfahren aufgestellt. Über dieses Kontrollverfahren war es möglich, die Herkunft aller angelieferter Bodenchargen zu dokumentieren und über die zu den Anlieferungsmengen vorgelegten chemischen und bodenmechanischen Nachweise ihre Eignung zu belegen. Mit der Kontrolle der schriftlichen Dokumentation und einer visuellen Anlieferungskontrolle konnte die erforderliche Qualität der angelieferten Böden sichergestellt werden.

Nach der Profilierung lagen die erzielten Böschungsneigungen zwischen 1 : 2,5 bis 1 : 2,7. Auf den profilierten Böschungen wurde der Kapillarblock in einer Dicke von 30 cm aufgebracht. Diese Stärke wurde bautechnisch gewählt, obwohl für die Wirkungsweise der Kapillarsperre wenige Zentimeter ausreichend sind. Eine glatte Oberfläche des Kapillarblockes ist für die Wirkungsweise des Systems von hoher Bedeutung. Angepasst an vergleichbare Baumaßnahmen war ein Einbau der Dich-

tungsmaterialien mit einer leichten Moorraupe oder einer Pistenraupe vorgesehen. Die Firma wählte den Einbau mit Langarmbaggern, die das beige stellte Material in der gewünschten Stärke auflegten und abzogen.

Im zweiten Finanzierungsabschnitt wurde die Dicke des Kapillarblocks auf 20 cm reduziert, da die Erfahrungen im 1. Finanzierungsabschnitt gezeigt hatten, dass die Schicht auch in geringerer Dicke großflächig mit der geforderten Qualität hergestellt werden kann. Für die Wirkungsweise der Kapillarsperre ist die Dicke des Kapillarblockes von untergeordneter Bedeutung. Um den Kapillarsprung zwischen Kapillarblock und -schicht und damit den Rückhalt in der Kapillarschicht zu erreichen, würde ein nur wenige Zentimeter dicker Kapillarblock ausreichen.

Die Kapillarschicht wurde in gleicher Weise sorgfältig ohne Störung der Kapillarblockoberfläche in einer Dicke von 40 cm aufgebracht. Zur Ableitung der in den gewählten Haltungslängen berechneten Wassermengen wäre ein Schichtdicke von weniger als 30 cm gut ausreichend gewesen. Konstruktiv wurde hier mit einer zusätzlichen Sicher-

heit die Schichtdicke auf 40 cm festgelegt.

Über dem eigentlichen Dichtungssystem der Kapillarsperre wurde eine sog. Wasserhaushaltschicht mit einer Dicke von 50 cm eingebracht, die zu einer Vergleichmäßigung der absickernden Niederschläge beitragen soll.

Oberhalb der Wasserhaushaltschicht wurde eine Rekultivierungsschicht aufgebracht. Im unteren Böschungsbereich bis zur ersten Berme, in dem buschartiger Bewuchs vorgesehen ist, wurde diese Schicht in einer Dicke von 150 cm und im oberen Böschungsbereich, in dem Magerrasen eingesät wird, in einer Dicke von 50 cm eingebaut.

Zur Fassung des Dränagewassers in der Kapillarschicht ist am Ende der berechneten Haltungslänge eine mit mineralischer Dichtung und Kunststoffdichtungsbahn gesicherte Dränageleitung eingebaut. Die Entwässerung sowohl dieses Dränagewassers als auch des Oberflächenwassers erfolgt längst der über die Deponie verteilten Bermen. Das Dränage- und Oberflächenwasser wird in rd. 500 m Entfernung zur Deponie in einem Freigelände in das Grundwasser versickert.

9 Kontrolle des Systems

Zur Kontrolle des Dichtungssystems in der Nachsorgephase wurde ein Kontrollfeld in die Oberflächenabdichtung der Deponie Grix integriert. Dieses Feld liegt am Nordhang der Deponie, der der Sonnenexposition nicht so stark ausgesetzt ist. Mit dieser Lage des Kontrollfeldes wurden ungünstigere Randbedingungen (geringere Evapotranspiration und damit höherer Niederschlagseintrag) als auf der restlichen Deponie gewählt, wodurch die Ergebnisse aus diesem Feld auf der sicheren Seite liegen. Ferner wurde das Kontrollfeld in den Bereich mit nur 50 cm sandiger Rekultivierungsschicht gelegt, was

ebenfalls eine ungünstigere Situation als bei der 150 cm schluffigen Rekultivierungsschicht darstellt. Das Ergebnis ist eine größere Durchsickerungsmenge in die Kapillarschicht.

Das Kontrollfeld ist rd. 370 m² groß. Unterhalb des Kontrollfeldes befindet sich ein Messschacht. Auf dem Messschacht werden die relevanten Klimadaten und im Inneren des Schachtes die abgesickerten Wassermengen getrennt für die Kapillarschicht und den Kapillarblock erfasst. In Abb. 8 ist die Lage des Kontrollfeldes und des Messschachtes dargestellt.

Der Schichtenaufbau des Kontrollfeldes ist identisch mit dem der restlichen Deponie. Um das absickernde Wasser aus den einzelnen Schichten des Kontrollfeldes separat zu erfassen, wurde das Feld durch einen Holzrahmen von der restlichen Deponie abgetrennt. Die so eingerahmte Fläche wurde mit einer Kunststoffdichtungsbahn ausgekleidet bevor der Kapillarblock und die Kapillarschicht sowie die restlichen Schichten eingebracht wurden. Am unteren Ende ist eine getrennte Fassung des in der Kapillarschicht und im Kapillarblock abfließenden Wassers eingebaut. Die beiden Wässer werden über Rohrleitungen dem Messschacht zugeführt. Dort werden sie in getrennten Messbehältern gefasst.

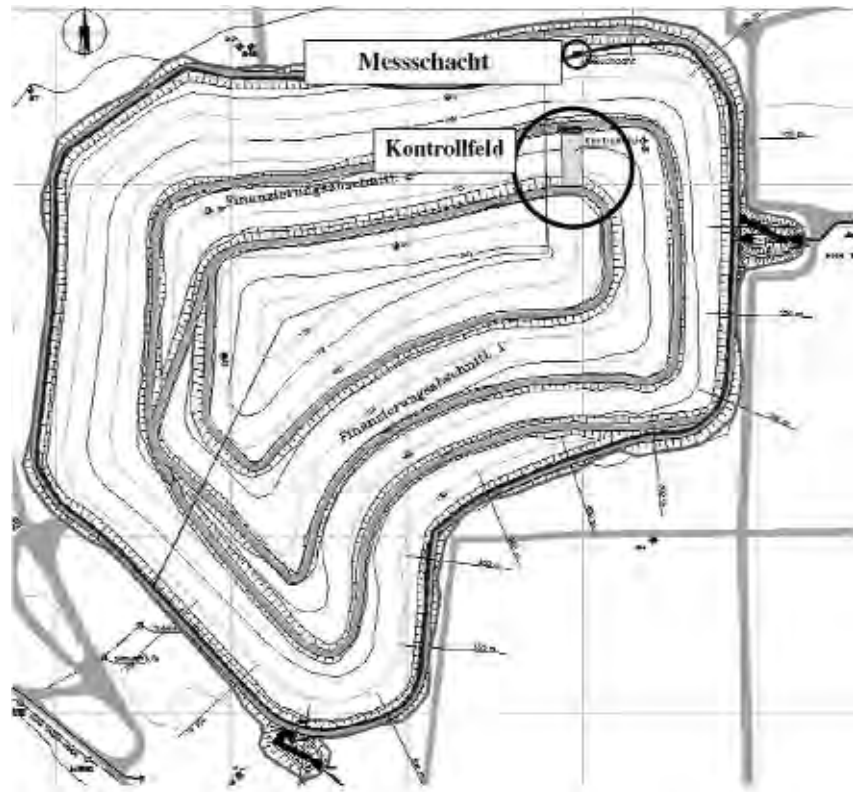


Abb. 8: Lage des Kontrollfeldes und des Messschachtes.

Der gemessene Abfluss im Kapillarblock dient als Nachweisgröße, welche Wassermenge in die Deponie durch die Kapillarsperre

gelangt. Sie wird aus dem Kontrollfeld auf die gesamte Deponie hochgerechnet.

10 Abdichtungserfolg

Die Ergebnisse der ersten drei Jahre der Kontrollmessungen auf der Deponie Grix, die mit einer Kapillarsperre als alleiniges Oberflächenabdichtungssystem gesichert wurde, zeigen, dass durch das System deutlich mehr als 98 % des Jahresniederschlags zurückgehalten werden können und somit nicht in die Deponie gelangen. In Tab. 1 sind die Jahresniederschlagsmengen den über das Kontrollfeld ermittelten abgesickerten prozentualen Anteilen gegenübergestellt. Trotz der sehr unterschiedlichen Niederschlagsmengen in den bisher vorliegenden

drei Beobachtungsjahren ist eine abnehmende Tendenz des die Kapillarsperre durchsickernden Nie-

Tab. 1: Niederschlag und in die Deponie abgesickertes prozentualer Anteil

Hydrologisches Jahr	Niederschlag [mm]	Absickerungsmenge in Prozent des Niederschlages [%]
2003	430,1	1,79
2004	672,5	1,5
2005	526,6	0,78

derschlags festzustellen. Dies ist einerseits bedingt durch die im dritten Jahr abgeschlossenen Bauleistungen im Umfeld des Kontrollfeldes und anderer-

seits durch die zunehmende Bewuchsdeckung auf dem Kontrollfeld.

11 Zusammenfassung

Bereits in der Planung konnte durch die Wahl der Kapillarsperre als Abdichtungssystem für die rd. 12 ha große Altdeponie Grix einerseits ein späteres mögliches Versagen durch Austrocknung einer mineralischen Abdichtung verhindert und der Flächenbedarf zur Herstellung des Abdichtungssystems minimiert werden.

Beim Bau der Kapillarsperre als Oberflächenabdichtung kamen sowohl natürliche Baustoffe, im vorliegenden Fall Sand, als auch Reststoffe, hier Schmelzkammergranulat zum Einsatz. Da diese einzelnen Stoffe keine Probleme bei dem Nachweis ihrer Langzeitbeständigkeit aufweisen, stellt es in der Regel auch kein Problem dar die Langzeitbeständigkeit des daraus erstellten Abdichtungssystems nachzuweisen.

Der Einsatz von belasteten Böden als Profilierungsmaterial stellte aufgrund der lückenlosen Überwachung sowohl der Anlieferung als auch des Einbaus keine zusätzliche Umweltbelastung dar. Diese wurde bei der Sanierung der Deponie Grix zusätzlich durch den Verzicht von Eingriffen in das Deponiegut im Zusammenhang mit den Profilierungsmaßnahmen vermieden. Allerdings war die

Aufprofilierung der Deponieoberflächen durch die diese Eingriffe vermieden werden konnten, wirtschaftlich nur durch den Einsatz belasteter Böden möglich.

Für die Kapillarsperre als Abdichtungssystem kann generell festgestellt werden, dass sie unter Beachtung der maßgeblichen Randbedingungen:

- Richtige Materialwahl für Kapillarschicht und Kapillarblock mit ausreichender Trennstufe
- Qualifizierte Wasserhaushaltsschicht mit ausreichender Leistung zur Vergleichmäßigung des absickernden Niederschlages
- Geeignete Wahl der Böschungsneigungen und Haltungslängen in Abhängigkeit von der gewählten Materialkombination für Kapillarschicht und -block
- Qualitative Herstellung der Schichtabfolgen und insbesondere des Trennhorizontes zwischen Kapillarschicht und -block

ein effektives alternatives Oberflächenabdichtungssystem darstellt. Sie erfüllt auch als alleiniges Abdichtungssystem die hohe Anforderung an die Fernhaltung des Niederschlages vom Deponiekörper, wie die Ergebnisse aus dem Kontrollfeld für die ersten drei Jahre belegen.

Biologische Testverfahren in der Bewertung von Altlasten

PETRA STAHLSCHEMIDT-ALLNER

Aus ökotoxikologischer Sicht sind bei der Bewertung von Altlasten zwei Aspekte mit besonderer Sorgfalt zu bearbeiten:

1. Altlasten stellen meist sehr heterogene Stoffgemische dar. Es muss mit Schadwirkungen gerechnet werden, die unterschiedliche Lebensvorgänge und Organismen beeinträchtigen können.
2. Bei der Analyse des Umweltrisikos, das von einer

Altlast ausgeht, ist neben der aktuell bioverfügbaren Schadstoffbelastung/-fracht das toxische Potenzial der stabil adsorbierten Schadstoffe einzubeziehen. Gerade bei umweltoffen gelagerten Fremdstoffen können schleichende Veränderungen der physiko-chemischen Rahmenbedingungen und Biotransformationsprozesse zu einer Mobilisierung von oberflächengebundenen Substanzen führen (Abb. 1).

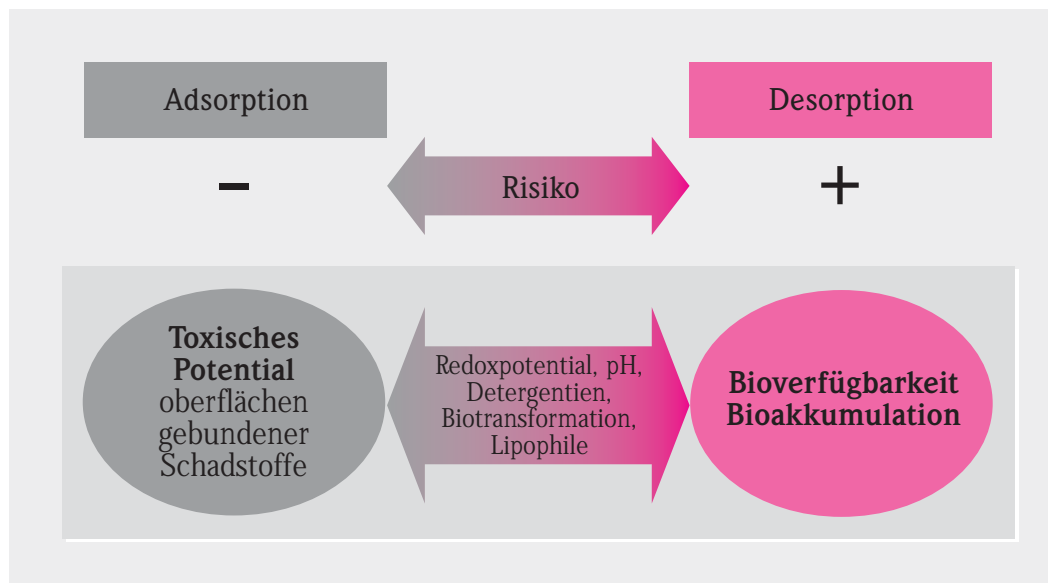


Abb. 1: Toxisches Potential und Bioverfügbarkeit.

Biologische Testverfahren können zur Beurteilung beider Aspekte einen wesentlichen Beitrag leisten. Der direkt bioverfügbare Anteil der Schadstoffbelastung wird ermittelt, indem die kontaminierte Matrix (Boden/Sediment, Wasser) direkt mit verschiedenen Testorganismen in Kontakt gebracht wird (Abb.2). Zur Ermittlung des toxischen Potenzials einer Altlast werden die gleichen Organismen unter vergleichbaren Testbedingungen gegenüber dem Substanzgemisch exponiert, das mit organischen Lösungsmitteln (z. B. Acetonitril) aus den kontaminierten Feststoffen extrahiert wurde.

Die Bewertung erfolgt in zwei Schritten. Zunächst werden akute Schädwirkungen gemessen. D.h. es wird geprüft, ob schon nach kurzer Exposition wesentliche Lebensfunktionen gestört sind, z. B. keine Bewegung mehr möglich ist. Im Gewässerschutz wird eine Testbatterie von fünf standardisierten Verfahren zur Abschätzung akuter Wirkungen eingesetzt. Dem Einsatz von mehreren aufeinander abgestimmten Verfahren liegt der Gedanke zugrunde, dass Schadstoffe auf Organismen verschiedener trophischer Ebenen vom Bakterium bis zum Wirbeltier unterschiedliche Wirkungen haben



Abb. 2: Mikroskopische Aufnahme eines Testorganismus (Fadenwurm, *Caenorhabditis elegans*) an der Oberfläche des zu untersuchenden Substrats, hier Bodenpartikel, 100fache Vergrößerung.

können. Zudem ist z.B. bei der Beeinträchtigung des bakteriellen Stoffwechsels mit anderen Störungen spezifischer Funktionen für das Ökosystem zu rechnen, als dies bei einer Entwicklungshemmung von Fischembryonen der Fall sein würde. Standardisierte Verfahren zur Bestimmung ökotoxischer Wirkungen sind in Tab. 1 aufgelistet.

Tab. 1: Testverfahren

	Test	Dauer	Organismus/Zweck
1	Daphnientest DIN/ISO 38 412 – L 30	24 Stunden	<i>Daphnia magna</i> Erfassung der akuten Toxizität gegenüber filtrierenden Wasserorganismen/Fischnährtieren
2	Fischarttest (DIN 38 415 T6)	48 Stunden	<i>Danio rerio</i> Der Fischarttest deckt neben der Erfassung von akuten toxischen Wirkungen auch das breite Spektrum der fruchtschädigenden Wirkungen ab und kann deshalb auch in diesem Kontext als Bestandteil einer Testbatterie mit chronischer, subletaler Ausrichtung eingesetzt werden.
3	Algentest (DIN 38 412 – L 33)	72 Stunden	<i>Scenedesmus subspicatus</i> Der Wachstums-/Vermehrungstest mit Algen erfasst akut toxische und chronische Effekte, die Vermehrung und Wachstum der Algen beeinflussen, mehrere Generationen.
4	Leuchtbakterientest (DIN EN ISO: 38 412 – L 34/11348-2)		<i>Vibrio fischeri</i> Bestimmung der akuten Bakterientoxizität, erfasst Wirkungen auf die Biolumineszenz und stellt ein indirektes Maß für Beeinträchtigungen des bakteriellen Stoffwechsels dar.
5	umu-Test (DIN 38 415 T3)		<i>Salmonella typhimurium</i> Test zur Erfassung der Gentoxizität. Dieser Test gibt Hinweise auf das gentoxische Potenzial des Testgutes.
8	Langzeittest mit Daphnien (OECD 211)	21 Tage	<i>Daphnia magna</i> Der 21 Tage <i>Daphnia magna</i> Test erfasst sowohl akut toxische als auch chronische Effekte, die Wachstum und Vermehrung der Daphnien beeinflussen.
9	Sedimentkontakttest	72 Stunden	Fischei (<i>Danio rerio</i>), Nematode (<i>Caenorhabditis elegans</i>)

In einer weitergehenden Prüfung können dann mittels Langzeittests chronische Schäden erfasst werden. Hier geht es um Beeinträchtigungen, die sich entweder erst lange nach der Exposition manifestieren wie z. B. Tumore oder um Schäden, die den Fortbestand der Population gefährden, wie z. B. Störungen der Fortpflanzungsfunktionen. Das Hauptanwendungsgebiet dieser Verfahren ist die Chemikaliengestaltung im Rahmen von Zulassungsverfahren. Es handelt sich hier also um Instrumente des vorsorgenden Umweltschutzes. Da in der Vergangenheit eine Vielzahl von Substanzen produziert und freigesetzt wurden, die eine solche Prüfung nicht durchliefen, ist eine nachträgliche Analyse von Stoffgemischen im Altlastenmanagement angeraten.

Zur Bewertung von Altlasten könnte eine Kombination der in Tab. 1 genannten Verfahren insbesondere dann beitragen, wenn man für diese Fragestellung angepasste zusätzliche Endpunkte definiert. Diese sollten über eine Auswertung nach DIN hinaus noch besondere Aspekte des vorsorgenden Umweltschutzes einbeziehen.

So haben wir bei der ökotoxikologischen Untersuchung eines kontaminierten Grundwassers eine Schädigung auf die Entwicklung von Fischeiern

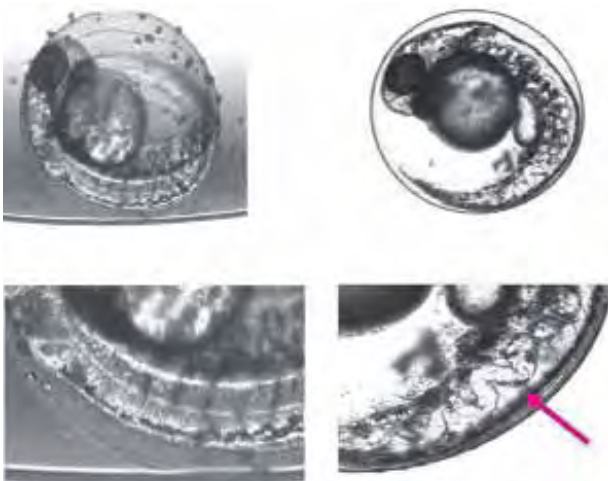


Abb. 3: links oben: normal entwickelter Fischembryo; rechts oben: ein Fischembryo mit missgebildeter, spiralförmig aufgewundener Wirbelsäule, 20 fache Vergrößerung; rechts unten: Ausschnittsvergrößerung der Wirbelsäule (Pfeil), 40 fach.

beobachtet. Die in Abb. 3 dargestellte Missbildung der Wirbelsäule stellt eine erhebliche Störung der Embryonalentwicklung dar.

Es ist sehr wahrscheinlich, dass die Exposition gegenüber den hier vorliegenden Kontaminanten auch bei Säugetieren einschließlich des Menschen zu einem vergleichbaren Schadbild führt. Bei der Untersuchung von Einleitungen in Oberflächengewässer (gereinigtes Abwasser) wurde dieser Effekt bisher nicht beobachtet. Unsere Vermutung, dass es sich hierbei um ein Schadbild handelt, das von Stoffen aus dem Bereich der Altlasten hervorgerufen wird, begründet sich aus der Untersuchung von Donausedimenten. Durch Behandlung der Sedimente mit organischen Lösungsmitteln (z. B. Acetonitril) ließen sich an etlichen Proben Stoffe lösen, die einen vergleichbaren Effekt auf die Entwicklung von Fischeiern hatten. Diese Kontamination wurde nur unterhalb der österreichischen Grenze an Standorten beobachtet, an denen besonders rückständige Produktions- und Entsorgungsbedingungen herrschten.

Diese eindeutige gravierende Missbildung wird nicht als akut toxische Wirkung bei der Bewertung von Einleitungen in Oberflächengewässer bewertet. Das Grundlagenwissen über die Kontrolle von Entwicklungsvorgängen ist derzeit noch sehr unvollständig. Infolgedessen ist auch nicht bekannt, welche Schadstoffe wie in diesen Prozess eingreifen können.

Einfache mechanistische Tests, die eine fruchtschädigende Wirkung voraussagen, stehen nicht zur

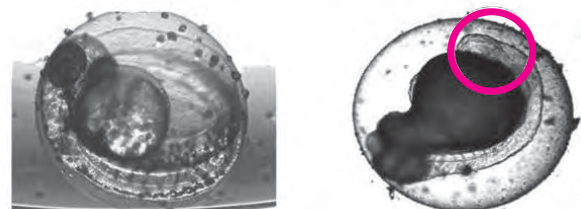


Abb. 4: links: normal entwickelter Embryo, rechts: Fruchtschädigung bei der keine Kopfregion (roter Ring) ausgebildet wird. Ca. 20 fache Vergrößerung.

Verfügung. Der Fischeitest sollte daher als ein zentrales Instrument des vorsorgenden Umweltschutzes bei der ökotoxikologischen Untersuchung von Altlasten Beachtung finden.

Wie das oben aufgeführte Beispiel der Rückgradverkrümmung zeigt, empfiehlt es sich, zusätzliche entwicklungsbiologisch relevante Endpunkte durch erfahrene Fachkräfte bewerten zu lassen. Dieses primär auf die Erkennung akuter Schäden ausgerichtete Verfahren sollte im Altlastenmanagement zur Erkennung fruchtschädigender (teratogener) Effekte herangezogen werden.

Zur umfassenden Voraussage von Schäden, die erst durch längere Exposition ausgelöst werden, steht der 21 Tage Daphnien Test zur Verfügung. Dieser Test erkennt auch solche Beeinträchtigungen, die sich schleichend ausbilden wie eine Hemmung des Wachstums oder der Reproduktion. Die Untersuchung erfasst das Risiko für die untersuchten Organismen (filtrierende Kleinkrebse) und deren biologische Funktionen im Ökosystem (z. B. Kontrolle von Wasserblüten einzelliger Algen). Zudem liefert der Test Hinweise auf Bioakkumulati-

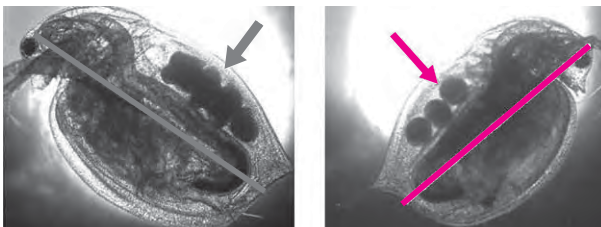


Abb. 5: Wasserflöhe, links: unbeeinträchtigtes Tier mit zahlreichen Embryonen in der Bruttasche im Rückenbereich (gauer Pfeil); rechts: Tier nach 21 Tagen Exposition gegenüber kontaminiertem Grundwasser, das Wachstum ist gehemmt und die Zahl der Embryonen (roter Pfeil) deutlich reduziert, ca. 20 fache Vergrößerung.

onsvorgänge, die dazu führen, dass Schadstoffe sich in Organismen anreichern und über die Nahrungskette verbreitet werden.

Die in Tab. 1 genannten biologischen Testverfahren stellen keine genehmigungspflichtigen Tierversuche dar. Der Einsatz von Tests mit Wirbeltieren ist aus Tierschutzgründen nicht ohne weiteres möglich. Da sich gerade im Altlastenmanagement immer wieder die Frage nach der Gefährdung von Trinkwasserressourcen insbesondere bei der Kontamination von Grundwasserleitern stellt, ist eine toxikologische Prüfung problematisch. Ein Ausweichen auf wirbellose Testorganismen ist oft nicht ausreichend. Insbesondere dann, wenn Schadstoffe über das Hormon- oder das Nervensystem wirksam werden, können Invertebraten (Wirbellose) nicht herangezogen werden. Wirbeltiere einschließlich des Menschen unterscheiden sich wesentlich im Hinblick auf Botenstoffe, Reizleitung und neuronale Koordination. Zudem liegen keine verwertbaren Kenntnisse darüber vor, ob und zu welchen sichtbaren Schäden hormonwirksame oder neurotoxische Substanzen am Fischembryo führen. Der derzeitige Stand des Wissens erlaubt keine Entscheidung darüber, ob Verfahren, die Tierversuche ersetzen, ausreichend sind. Viele suborganismische Tests erfassen nur ein begrenztes Spektrum an Schadwirkungen.

Als Fazit ist somit festzuhalten, dass der Einsatz von biologischen Testverfahren durchaus hilfreich sein kann, die besonders komplexen Stoffgemische der Altlasten mit vertretbarem Aufwand zu bewerten. Zur Gefährdungsabschätzung hinsichtlich einer direkten Belastung von Trinkwasserressourcen einschließlich einer Gefährdung des Menschen ist die Leistungsfähigkeit und Voraussagekraft der verfügbaren Testsysteme genauer einzugrenzen.

Monitoring von Grund- und Oberflächenwasser mit gaisafe-Passivsammlern

RAINER HAAS

Allgemeines

Die gaisafe Passivsammler bestehen aus wirkstoffhaltigen Fasermaterialien auf der Basis von Papier. Diese Materialien werden in einem speziellen textilen Gewebe eingehaust und sind zum Einsatz in Grund- und Oberflächenwasser geeignet. Abb. 1 zeigt einen Passivsammler zur Grundwasseruntersuchung sowie eine REM-Aufnahme des Fasermaterials.

In Feldversuchen wurden, abhängig vom Milieuzustand des Wassers, Einsatzzeiten von zwei

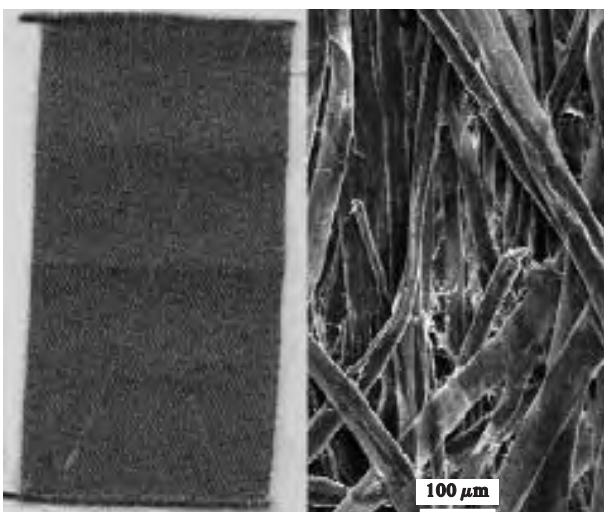


Abb. 1: gaisafe-Passivsammler.

Wochen bis zwei Monaten ermittelt. Der Passivsammler wird in die Messstelle verbracht, nach Tagen bis Wochen entnommen, getrocknet und in das Labor überführt.

Langzeitversuche haben gezeigt, daß die Substanzen stabil auf dem Sammler gebunden sind. Auch nach mehreren Wochen sind sie noch extrahierbar. Dies eröffnet die Möglichkeit der standardisierten Probenahme auch in entlegenen Gegenden der Welt, da der Sammler nach Trocknung mit der Post weltweit verschickt werden kann.

Auf den Sammlern werden Metalloide wie Arsen, Antimon und Selen, Schwermetalle wie z. B. Blei, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Chrom und Aluminium, Actiniden wie Uran und Thorium sowie organische Substanzen, z. B. Nitroaromaten, BTEX-Aromaten, Kohlenwasserstoffe und aromatische Amine, gebunden und können im Labor vom Sammler extrahiert werden. Exemplarisch wurde die Beladungskapazität für Arsen zu 9% und für Nitroaromaten zu 5% des Sammlergewichtes ermittelt.

Der Einsatz der Passivsammler bietet gegenüber herkömmlicher Wasserprobenahme eine Reihe von Vorteilen:

- Minimierung des Aufwandes für Probentrans-

- port, Konservierung, Kühlung und Lagerung
- Anreicherung von Spurenverunreinigungen durch lange Kollektionszeiten
- Mittelung von Konzentrationsschwankungen durch zeitintegrierende Sammlung
- Bestimmung von Schadstofffrachten
- Option von Rückstellproben
- tiefenorientierte Aufnahme von Kontaminationsprofilen in der ungestörten Messstelle
- keine Tiefenlimitierung, damit wirtschaftliche Probenahme z. B. aus Meeren möglich

- optimal geeignet zur Indirekteinleiter-Überwachung in Kanalisationssystemen.

Außer zum kontinuierlichen Monitoring können die gaiasafe-Passivsammler auch zur quantitativen Analyse eingesetzt werden, indem eine Festphasenextraktion vor Ort durchgeführt wird: Sammler werden in eine definierte Menge Wasser für 24 Stunden verbracht, danach sind die Wasserinhaltsstoffe am Sammler stabil sorbiert, der nach Trocknung in ein Labor verschickt werden kann.

Praxisbeispiele

Beispiel 1: Monitoring in einer ehemaligen Sprengstofffabrik

Im Rahmen des KORA-Verbundvorhabens, TV 5.1, werden die gaiasafe-Passivsammler zum

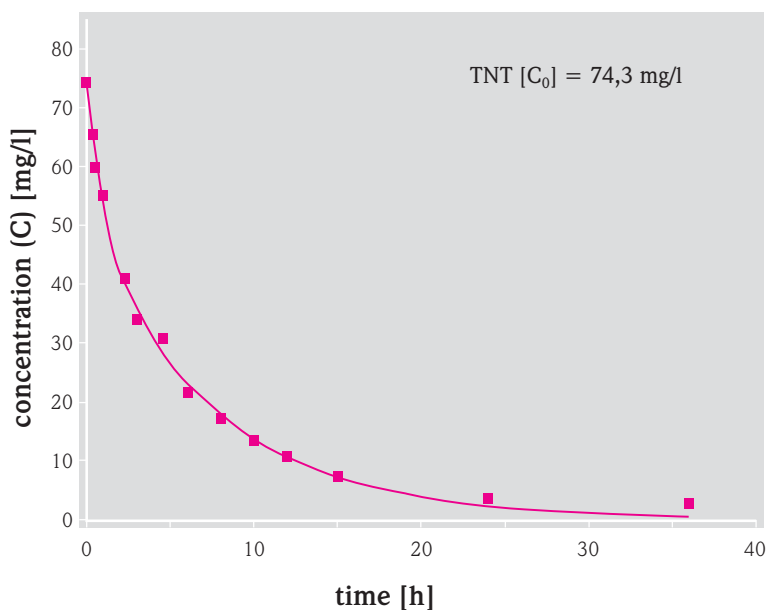


Abb. 2: Sorption von TNT ($c=74,3$ mg/l) an gaiasafe-Passivsammler.

Grund- und Oberflächenwasser-Monitoring in den ehemaligen Sprengstoff-Fabriken in Stadtallendorf und Clausthal-Zellerfeld eingesetzt. Im Rahmen der Validierung des Passivsammler-Verfahrens werden verschiedene Laborversuche durchgeführt. Da das Stoffspektrum der Sprengstoffe und Metaboliten polare und unpolare Substanzen enthält, sind die Ergebnisse auch übertragbar auf herkömmliche Altlasten-Substanzen.

Kinetische Studien

In Laborversuchen wurden die Sorptionseigenschaften von TNT, RDX, HMX, 2-Amino-4,6-dinitrotoluol, 2,4-Dinitrobenzoesäure und 2,4-Dinitrotoluolsulfonsäure(5) bestimmt. Nach 72 h wurden Sorptionsraten von 89–99 % festgestellt. Der Adsorptionsverlauf folgt einer Langmuirfunktion; Sorptionskurven von Arsen, Uran und Thorium zeigen eine vergleichbare Kinetik. In Abb. 2 ist die Sorptionskurve von TNT dargestellt.

Adsorptionsisothermen

Die Adsorptionsisothermen von TNT, RDX, HMX, 2-Amino-4,6-dinitrotoluol, 2,4-Dinitrobenzoesäure und 2,4-Dinitrotoluolsulfonsäure(5) zeigen, dass Sättigungseffekte i. A. bei Verwendung von 50 mg Passivsammler und 5 mg Substanz festgestellt werden.

Die Beladungskapazität der Passivsammler liegt für die untersuchten Substanzen bei einigen Gewichtsprozent der Passivsammler. Mit Realproben wurde z. B. für 2,4-Dinitrotoluolsulfonsäure(5) ein linearer Adsorptionsverlauf ohne erkennbaren Sättigungseffekt bestimmt ($c=2 \mu\text{g/l}$). In Abb. 3 ist die Adsorptionsisotherme von 2-Amino-4,6-dinitrotoluol dargestellt.

Anreicherung von Explosivstoffen in Realwässern

Nach 30 Tagen Kollektionszeit sind die untersuchten Substanzen auf dem Passivsammler gegenüber der Wasserprobe erheblich angereichert. Es werden aus der Passivsammlerprobe mehr Einzelsubstanzen in höheren Konzentrationen nachgewiesen.

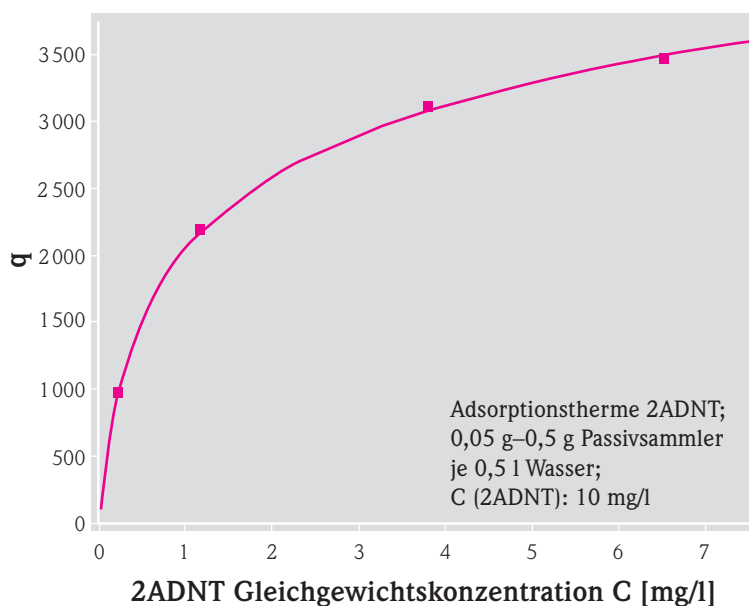


Abb. 3: Adsorptionsisotherme von 2-Amino-4,6-dinitrotoluol.

Reextraktion von beladenen Passivsammlern mit Wasser

Im Laborversuch wurden Einzelsubstanzen über sieben Tage mit 500 ml Wasser extrahiert. Dabei betragen die Gleichgewichtskonzentrationen auf den Passivsammlern 95 – 99,5 % für Explosivstoffe und 88–93 % für polare TNT-Metaboliten. Das Gleichgewicht der Sorption/Desorption liegt also stark auf der Seite der Passivsammler.

Auswirkungen von Fremdstoffen auf Adsorptionsvorgänge

Es wurde der mögliche Einfluss von Fremdstoffen auf die Sorptionsvorgänge durch Zugabe anorganischer Salze und Huminate untersucht.

Von den untersuchten Substanzen zeigten lediglich die polaren TNT-Metabolite bei hohen Huminatgehalten eine verminderte Adsorption. Dagegen war bei den anorganischen Salzzuschlägen keine Beeinflussung der Adsorptionsraten festzustellen.

Beispiel 2: Untersuchung von Standorten der Teerölverarbeitung

Verschiedene Standorte ehemaliger und heutiger Teerölverarbeitung in Hessen und Nordrhein-Westfalen wurden in den vergangenen Jahren mit gaisafe-Passivsammlern untersucht. Pro Standort wurden 15 Grundwassermessstellen strategisch so ausgewählt, dass sowohl Anstrom als auch Abstrom und der Schadensherd selbst erfasst wurden. Je Grundwassermessstelle wurden 10 Passivsammler in Meterabständen in die Messstellen verbracht und nach einem Monat entnommen. Die Passivsammler wurden im Labor chemisch-analytisch auf die Teeröl-Bestandteile PAK (16 Einzelsubstanzen nach EPA), Kresole sowie BTEX-Aromaten untersucht. Somit war eine dreidimensionale Kartierung der Schadstoff-Fahne mit einer vertikalen

Ortsauflösung von 1 m im ungestörten Grundwasserleiter möglich. Mit den erhaltenen Analysewerten war eine relative Bestimmung der Schadstoff-Fracht möglich.

Die Kalibrierung erfolgte folgendermaßen: Es wurde pro Standort eine Messstelle ausgewählt, bei der mit Wasseruntersuchungen in der Vergangenheit relativ konstante Schadstoff-Konzentrationen festgestellt wurden. Bei der Bestückung und Entnahme der Passivsammler sowie vier Wochen vor Bestückung mit Passivsammlern wurden Wasserproben entnommen. Die Analyseergebnisse wurden für die einzelnen Substanzen gemittelt. Von den 10 Passivsammlern wurde ebenfalls der Mittelwert der Ergebnisse gebildet. Durch Division beider Mittelwerte wurde ein stoffspezifischer Umrechnungskoeffizient von $\mu\text{g/g}$ Passivsammler in $\mu\text{g/l}$ Wasser ermittelt. Mit Kenntnis der Fließgeschwindigkeit war nun eine absolute Frachtbestimmung möglich. In verschiedenen Messstellen wurden schwebende Schadstoff-Fahnen kartiert. In Abb. 4 wird deutlich, dass in der untersuchten Grundwassermessstelle zwei Fahnen vorliegen. Die obere Fahne befindet sich 3–4 m unterhalb der Grundwasseroberfläche (8–9 m u. GOK), die untere Fahne ca. 10 m unterhalb der Grundwasseroberfläche (15 m u. GOK).

Beispiel 3: Monitoring von Deponie-Sickerwasser in Cote d'Ivoire

Im April 2006 wurden im Rahmen einer Machbarkeitsstudie mit der Univ. Abidjan, FB Chemie, exemplarisch das Sickerwasser der Deponie Acouedo/Abidjan in der Elfenbeinküste an folgenden vier Stellen mittels Passivsammlern untersucht, die Kollektionszeit betrug eine Woche:

Lix 1: schwarzer Wasseraustritt am Fuß der Deponie

Lix 2: Wasser von Lix 1, 1 km abstromig

Lix 3: nach Zulauf zu einem unbelasteten Bach

Lix 4: Einlauf des Baches in die Lagune.

Ende August 2006 fand die Verkippung kontaminierten Materials von der „Probo Koala“ an verschiedenen Stellen im Stadtgebiet von Abidjan statt, auch auf der Deponie in Acouedo. Vom 1.9.–7.9. (Probe AC 1) sowie 25.9.–3.10.06 (Probe AC 2/2) wurde die Messstelle Lix 1 erneut mit einem Passivsammler bestückt.

Alle Passivsammler wurden nach der Entnahme unverzüglich getrocknet und nach Deutschland transportiert. Dort wurden die Passivsammler extrahiert und die Extrakte mittels GC/MS auf ihre Inhaltsstoffe untersucht. Folgende Ergebnisse wurden erhalten:

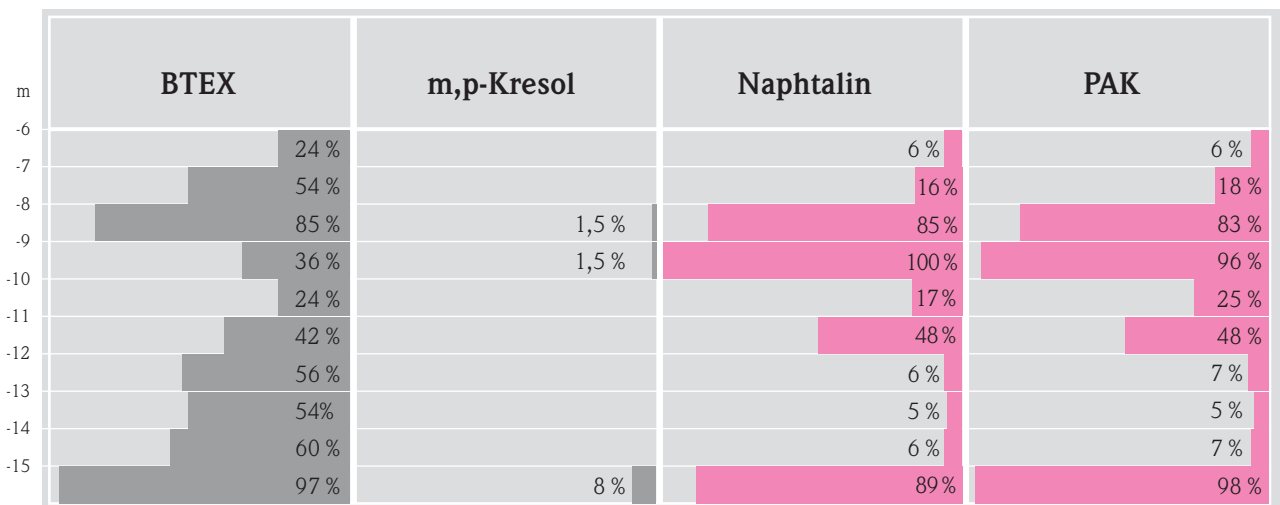


Abb. 4: Normierte Gehalte von BTEX, Kresolen, Naphtalin und PAK in einer Grundwassermessstelle.

- a) Lix 1: PAK: 2-Ethylacridin, Disopropyl-naphthalin, Tetramethyl-biphenyl
Kohlenwasserstoffe: Dimethylethylbenzen, Phenol, Methylphenol, 4,4'-Methylethylidenphenol
Phthalate: Ethylhexylphthalat.
- b) Lix 2: PAK: 2-Ethylacridin
Kohlenwasserstoffe: Dimethylbenzen, Dimethylethylbenzen, Trimethylbenzen, Methylphenol
Phthalate: Dibutylphthalat.
- c) Lix 3: PAK: 2-Ethylacridin
Kohlenwasserstoffe: Toluene, Trimethylbenzen.
- d) Lix 4: PAK: 2-Ethylacridin
Kohlenwasserstoffe: Toluene, Trimethylbenzen
Phthalate: Dibutylphthalat.
- e) AC 1: PAK: Indol, Diisopropyl-naphthalin
Aliphatic hydrocarbons: Dodecan
Kohlenwasserstoffe: Toluene, Ethylmethylbenzen, Trimethylbenzen, Phenol, Methylphenol (3 Isomere), Dimethylphenol, Ethylphenol, 4,4'-Methylethylidenphenol
Phthalate: Methylpropylphthalat, Butyldecylphthalat, Dioctylphthalat.
- f) AC 2/2: Kohlenwasserstoffe: Toluene, Xylene, 4,4'-Methylethylidenphenol
Phthalate: Dipropylphthalat.

Die Ergebnisse des Monitorings vom April 2006 zeigen eine Verdünnung der Schadstoffe von der Deponie zur Lagune. Der Einfluß der Verklappung der Rückstände der Probo Koala ist in der Probe AC 1 (im Vergleich zur April-Referenzprobe Lix 1) deutlich am wesentlich größeren Schadstoff-Spektrum zu erkennen. Schon zwei Wochen später sind diese Stoffe allerdings nicht mehr nachweisbar (Probe AC 2/2).

Diese Untersuchung zeigt, dass es mit den gaia-safe-Passivsammlern schnell und auf einfache Art möglich ist, Beweissicherung in Schadensfällen durchzuführen, auch wenn vor Ort keine geeignete Labor-Infrastruktur vorhanden ist.

Literatur:

- F.D. OESTE, R. HAAS: Wirkstoffhaltige Fasergebilde und Verfahren zu ihrer Herstellung, Europäisches Patent Nr. 1115469 v. 15.10.03
- R. HAAS, F.D. OESTE: Passivsammler zur Wasseruntersuchung, UWSF-Z. Umweltchem. Ökotox. 13 (2001), 2–4
- R. HAAS, F. PFEIFFER: Gaiasafe passive collectors for water and gas analysis, 2nd European Conference on Natural Attenuation, Soil and Groundwater Risk Management, May 18-20 2005, Book of Abstracts, 107–108 and Poster
- R. HAAS: Zeitlich integrierende Wasserprobenahme für STV auf dem Standort Clausthal-Zellerfeld, KORA Statusseminar 2005 am 22./23.11.05, Vortrag im „Speakers Corner“
- R. HAAS, F. PFEIFFER: Water-Monitoring in a WWII explosives factory with gaiasafe passive collectors, KORA Statusseminar 2005 am 22./23.11.05, Poster
- R. HAAS, C. SIE, A. KRIPPENDORF, F. PFEIFFER: Waste Water Monitoring in Akouedo/Abidjan, Cote d'Ivoire with Gaiasafe Passive Collectors, Symposium In-Situ-Sanierung 20./21.11.06, Dechema, Frankfurt/Main; Poster

Innovative in-situ-Sanierungen und deren Perspektiven

CHRISTOPH SCHÜTH

Die Erfahrungen der letzten 20 Jahre haben gezeigt, dass die hydraulische Sanierung von Schadensherden insbesondere im Grundwasser (gesättigte Zone) sehr viel schwieriger ist als zunächst erwartet. Die wichtigsten Gründe hierfür sind

1. die oft geringe Löslichkeit z. B. hydrophober organischer Substanzen,
2. die in vielen Fällen vorhandene separate residuale, d. h. immobile Phase,
3. die ungleichförmige Durchströmung des heterogenen Untergrundes sowie
- 4 die langsame Rückdiffusion der über Jahre und Jahrzehnte in die Gesteinsmatrix eingedrungenen Schadstoffe.

Folglich muss im Falle der Sanierung oder Sicherung der vom Schadensherd emittierten Grundwasser-Schadstofffahne mit sehr langen Betriebszeiten, eher im Bereich mehrerer Jahre oder auch Jahrzehnte als im Bereich von Monaten gerechnet werden.

Bei den klassischen **pump-and-treat** Maßnahmen im Abstrom eines Schadensherdes muss deshalb mit erheblichen Betriebskosten gerechnet werden. Die Erfahrung zeigt darüber hinaus, z. B. im „Superfund Projekt“ der Amerikanischen Umweltbehörde EPA, dass eine Sanierung mit pump-and-treat-Maßnahmen in den allermeisten Fällen als nicht möglich angesehen werden muss. Diese

Erkenntnisse haben zur Entwicklung von zahlreichen innovativen in-situ Technologien geführt, die die Limitierungen der **pump-and-treat** Konzepte überwinden sollten. Grundsätzlich können dabei zwei Ansätze unterschieden werden:

Verfahren, die an der Schadstofffahne ansetzen.

Die grundsätzliche Überlegung ist hier, dass die sehr lang anhaltenden Schadstoffausträge aus einer Quelle, insbesondere durch residuale Schadstoffphasen wie etwa CKW, nicht entscheidend durch partielles Entfernen der Quellen verkürzt werden können. Um die Gesamtkosten der langwierigen aktiven pump-and-treat Sanierungsmaßnahmen zu senken, wurden deshalb passive Sicherungskonzepte entwickelt, die in der Regel ohne nennenswerte Energiezufuhr auskommen und eine langfristige räumliche Eingrenzung der Schadstofffahnen zum Ziel haben.

Seit Anfang der 90'er Jahre wird dieses Konzept etwa durch den Bau Reaktiver Wände verfolgt, die im Abstrom von Schadstoffquellen errichtet werden und eine Entfernung der Schadstoffe über physikalische, chemische oder biologische Prozesse ermöglichen (Sorptions/Fällung/Abbau). Dabei wird der Tatsache Rechnung getragen, dass die sehr langen Schadensherd-Sanierungszeiten gleichzusetzen

sind mit meist geringen Grundwasser-Emissionsraten, die von einer Reaktiven Wand im Abstrom eines Schadensherdes zu behandeln sind. Zusätzlich können mit diesem Konzept die oft erheblichen Ableitungsgebühren gepumpter und aufbereiteter Grundwassermengen und unter Umständen auch die eigentliche Schadensherderkundung entfallen.

Heute stehen eine ganze Reihe vielversprechender Reaktor-Technologien bzw. reaktiver Medien zur Verfügung, wobei allerdings der Entwicklungsstand und insbesondere der Umfang der Anwendungserfahrung sehr unterschiedlich sind. Zurzeit sind kommerziell mehr oder weniger direkt einsetzbar:

- die Reduktion halogener organischer Lösemittel (LCKW) durch nullwertiges Eisen,
- die Reduktion und Immobilisierung von Metallen durch nullwertiges Eisen sowie
- die Sorption hydrophober Schadstoffe an Aktivkohle.

Weitere reaktive Materialien, etwa Edelmetalle zum katalytischen Abbau von chlorierten Kohlenwasserstoffen befinden sich in der Entwicklung. Um die wissenschaftlichen und technischen Entwicklungen im Bereich der Reaktiven Wände in Deutschland gezielt zu fördern, hat das BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) im Mai 2000 den Forschungsverbund RUBIN (Reinigungswände und -barrieren im Netzwerkverbund) eingerichtet.

Zur in der Schadstofffahne ansetzenden Verfahrensgruppe gehört auch das Konzept die natürlicherweise im Untergrund ablaufenden Abbau- und Rückhalteprozesse zu nutzen. Ziel ist auch hier die Ausbreitung von Schadstoffen im Grundwasser zu verlangsamen bzw. zu stoppen, oder unter günstigen Bedingungen ein Schrumpfen von Schadstofffahnen zu erreichen. Das Konzept wird unter dem von der US-EPA definierten Begriff **Natural Attenuation** zusammengefasst, wobei eine Akzeptanz des Konzepts nur bei einer Überwachung der im Untergrund ablaufenden Prozesse erreicht werden kann (**Monitored Natural Attenuation**). In der

Regel basiert Natural Attenuation auf biologischen Abbauprozessen, die auch bei Ausschluss der menschlichen Einflussnahme ablaufen. Es ist jedoch möglich gezielt die biologischen Abbauprozesse zu unterstützen um Ihre Leistungsfähigkeit zu steigern, etwa durch Zugabe geeigneter Substrate. Für diese Maßnahmen wurde der Begriff **Enhanced Natural Attenuation** geprägt. Der ebenfalls vom BMBF initiierte Förderschwerpunkt **KORA** (Kontrollierter natürlicher Rückhalt und Abbau von Schadstoffen bei der Sanierung kontaminierter Grundwässer und Böden) wurde 2002 gestartet. Hier werden die Forschungsanstrengungen im Bereich Natural Attenuation gebündelt, um zu ermitteln unter welchen Randbedingungen natürliche Abbau- und Rückhalteprozesse einen Beitrag bei der Gefahrenermittlung, Gefahrenbeurteilung und Gefahrenabwehr auch im Zusammenhang mit einer Wiedernutzbarmachung von schadstoffbelasteten Grundwasserleitern und Flächen liefern können.

Verfahren, die an der Schadstoffquelle ansetzen.

Verfahren, die in den Schadenszentren ansetzen haben in der Regel zum Ziel, eine deutliche Verringerung und im Idealfall eine vollständige Entfernung des Schadstoffinventars der Quelle zu erreichen. In der Regel sind diese Verfahren sehr technik- und kostenintensiv, die hohen kurzfristigen Investitionskosten werden aber mit den geringeren und im Idealfall ganz wegfallenden langfristigen Kosten gerechtfertigt. Auch ist oft eine uneingeschränkte Weiter- oder Neunutzung der kontaminierten Standorte gefordert, die nur durch Maßnahmen in der Quelle erreicht werden kann.

In-situ Verfahren für die Schadenszentren, in denen typischerweise die Kontamination als separate flüssige Phase vorliegt (Chlorierte Lösemittel, Vergaserkraftstoffe, Teeröle etc.) sind bereits seit den 90er Jahren in der Erprobung. In aller Regel sind hier abiotische Ansätze dominierend, da als Zielvorgabe die Entfernung einer substantiellen Schadstofffraktion in kurzer Zeit gefordert wird, die über mikrobiologische Prozesse nicht erreichbar ist. Grundsätzlich unter-

schieden werden müssen Verfahren, die eine Mobilisierung der Schadstoffe und ihren nachfolgenden Austrag zum Ziel haben, und Verfahren die die Schadstoffe in-situ zu unproblematischen Verbindungen umsetzen, also destruktiv wirken.

Eine Mobilisierung der Schadstoffe wird in der Regel durch eine Veränderung von Verteilungsgleichgewichten erreicht, also durch die Erhöhung der Schadstoffkonzentrationen in einer mobilisierbaren Phase. Das kann z. B. durch die Erhöhung von Wasserlöslichkeiten erreicht werden, etwa durch eine **Tensid-** oder **Alkoholspülung** des Untergrundes. Auch eine Mobilisierung von Flüssigphasen durch Einsatz von Tensid-basierten **Miroemulsionen** ist in der Entwicklung. Hierzu wird in der Regel eine Brunnendublette eingesetzt, wobei ein Brunnen als Injektionsbrunnen und ein anderer Brunnen als Extraktionsbrunnen fungiert.

Ein kompletter Phasentransfer der Schadstoffe, also etwa von der flüssigen Phase in die Gasphase, kann durch Temperaturerhöhung des Untergrundes erreicht werden. In der ungesättigten Bodenzone wird dazu heißer Wasserdampf, bzw. ein Dampf-Luft Gemisch in den Boden injiziert, um eine thermische Unterstützung einer Bodenluftabsaugung zu erreichen. Auch feste Wärmequellen können eingesetzt werden, mit denen die ungesättigte Bodenmatrix auf Temperaturen weit über 100 °C erwärmt werden kann. Damit wird der Siedepunkt mittel- und schwerflüchtiger Schadstoffe erreicht oder sogar überschritten. Prinzipiell sind diese Methoden auch auf die gesättigte Zone übertragbar.

Destruktive Verfahren, die eine in-situ Umwandlung von Schadstoffen in unproblematische Verbindungen verfolgen, beruhen in aller Regel auf der Injektion starker Oxidationsmittel. Zurzeit sind zum Zweck der Sanierung von kontaminierten Standorten vier Oxidationsmittel von Bedeutung:

- Permanganat (MnO_4^-),
- Wasserstoffperoxid (H_2O_2), auch mit Eisen (Fe) in einer Fenton Reaktion,
- Persulfat ($\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$) und
- Ozon (O_3).

Es gibt jedoch große Unterschiede zwischen den Oxidationsmitteln. Während etwa Permanganat im Boden für Monate aktiv sein kann, sind Wasserstoffperoxid und Ozon nur einige Minuten bis Stunden stabil. Der große Vorteil dieser Technologie ist aber die breite Anwendbarkeit auf eine Vielzahl von Schadstoffgruppen bei in der Regel relativ schnellen Umsatzraten. In den USA ist die chemische Oxidation wohl die sich am schnellsten entwickelnde in-situ Sanierungstechnologie, wobei vor allem Permanganat eingesetzt wird.

Relativ neu ist der in-situ Einsatz von nanoskaliertem nullwertigem Eisen zur reduktiven Dehalogenierung von chlorierten Kohlenwasserstoffen, analog zum Einsatz von Eisengranulat in einer reaktiven Wand. Durch die Partikelgrößen im sub-mikrometer Bereich ist dabei jetzt auch der Einsatz im Schadenszentrum möglich, da die Eisenpartikel als Suspension injiziert werden können.

Eine zentrale Einrichtung, die als Forschungsplattform zur Entwicklung von Methoden zur Quellenanierung genutzt wird, ist etwa die **VEGAS** Versuchshalle am Institut für Wasserbau der Universität Stuttgart, gefördert im wesentlichen vom BMBF und dem Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg (UM). Daneben werden zahlreiche Pilotprojekte durch das **UFZ** (Helmholtz Zentrum für Umweltforschung) in Leipzig an den Großstandorten im Osten Deutschlands (Bitterfeld, Leuna, Zeitz) betrieben.

Alle hier genannten Verfahren haben prinzipbedingte Vor- und Nachteile, die sich aus ihren chemisch-physikalischen Grundlagen erklären. Diese sind deshalb in der Regel weitgehend bekannt. So kommt es beispielsweise beim Einsatz von nullwertigem Eisen im Grundwasser zu einem deutlichen pH-Wert Anstieg, der zu Ausfällungen von pH-sensitiven Spezies führt. Oxidationsmittel sind nicht selektiv auf die Schadstoffe einzusetzen sondern oxidieren gleichzeitig die sensitiven Phasen des Bodens. Beim Einsatz von Heissdampf kann es zur Verlagerung von Phasen mit hoher spezifischer Dichte, etwa chlorierter Lösemittel, in die Tiefe kommen.

Alle Verfahren haben jedoch die gleichen Limitierungen, die sich aus dem in der Regel heterogenem Aufbau des Untergrundes ergeben. So sind die Lage der Schadenszentren und die Menge der Schadstoffe oft nicht ausreichend bekannt. Auch die hydraulischen Verhältnisse sind in der Regel komplex und nur schwer im Detail zu charakterisieren.

Der kritische Punkt bei der Bewertung der Verfahren nach ihrem Einsatz ist deshalb oft die Erfolgskontrolle. Wie bewertet man den Erfolg einer in-situ Maßnahme, wenn prinzipbedingt die Verringerung der Schadstoffmasse im Untergrund nur

schwer quantifiziert, und erst recht nicht mit der ursprünglichen Schadstoffmasse verglichen werden kann. Oft wird deshalb die Verringerung der Schadstoffemission aus einem Schadenszentrum als Maßstab herangezogen, wobei auch hier ein kurzfristiger Rückgang keine langfristige Verbesserung der Situation anzeigen muss.

Die Grundlagen der einzelnen hier angesprochenen Verfahren und auch Anwendungsbeispiele sind in großer Vielzahl im Internet als Berichte abrufbar. Deshalb im Folgenden noch einige relevante Internet-Adressen.

<http://www.natural-attenuation.de>

Internetauftritt des BMBF-Verbundprojekts KORA. Berichte können kostenfrei herunter geladen werden.
Downloads unter

<http://www.natural-attenuation.de/content.php?pageId=2091&lang=de>

<http://www.rubin-online.de>

Internetauftritt des BMBF-Verbundprojekts RUBIN. Berichte können kostenfrei herunter geladen werden.
Downloads unter

<http://www.rubin-online.de/deutsch/bibliothek/downloads/index.html>

<http://www.iws.uni-stuttgart.de/Vegas>

Internetauftritt der Versuchsanstalt Vegas. Berichte können kostenfrei herunter geladen werden.

<http://clu-in.org/techfocus>

Web-site der US-EPA. Zugriff auf das EPA Material zu allen relevanten Sanierungstechnologien mit Download-Möglichkeit. In-situ Oxidationsbericht etwa unter

http://clu-in.org/techfocus/default.focus/sec/In_Situ_Oxidation/cat/Overview/

Baumaßnahmen und Bodenschutz bei Altstandorten – Anspruch und Realität

DIETER HÜLPÜSCH

Der Vortrag soll anhand von Beispielen den Umgang bodenschutzrechtlicher Verfahren bei Baumaßnahmen und Bauanträgen vorstellen. Angestrebt wird eine Diskussion der Bodenschutzbehörden über den Umgang mit Bauanträgen und der Umsetzung bodenschutzrechtlicher Belange mit den Beteiligten des Verfahrens. Ziel des Vortrages ist die Ermittlung von Kriterien zur Bearbeitung von Altstandorten bei einer Neunutzung.

Erläuterungen zum Baurecht und zur HBO

Bereits im Rahmen des HLUG-Seminars Altlasten 2003 am 13./14. und 20./21. Mai 2003 – die Texte sind im Altlasten-annual 2003 abgedruckt – wurde anlässlich der Novellierung der HBO 2002 auf die Änderung des Baurechtsverfahren im Rahmen mehrerer Vorträge hingewiesen. Es stellt sich nun die Frage, inwieweit sich diese Änderung bewährte.

Für die Einhaltung der öffentlich-rechtlichen Vorschriften sind nach § 47 der Hessischen Bauordnung (HBO, GVBl. I 2002, Blatt 274) die Bauherrschaft sowie die anderen am Bau Beteiligten verantwortlich. Die Bauherrschaft hat sicherzustellen, dass der Standort keine schädliche Bodenveränderung aufweist, keinem Altlastenverdacht unterliegt oder festgestellte Altlast ist, welche die vorgese-

hene Nutzung ausschließt oder eine Sanierung erschweren könnte.

Es liegt in der Verantwortung der Bauherrschaft, sich an die Bodenschutzbehörde zu wenden. Sollte sie dies versäumen und im Rahmen der Baumaßnahmen werden schädliche Bodenveränderungen festgestellt, wird durch die Bauaufsichtsbehörde ein Baustopp verhängt. Die Bodenschutzbehörde klärt dann, wie mit der Verunreinigung zu verfahren ist.

Das Baurecht kennt (stark vereinfacht) drei Verfahrensvarianten:

- **genehmigungsfreie Bauvorhaben** nach § 55 und § 56 HBO für Wohngebäude und sonstige Bauten der Bauklassen 1–3, wenn sie im Geltungsbereich eines Bebauungsplanes liegen und Maßnahmen nach Anlage 2 der HBO,
- **das vereinfachte Baugenehmigungsverfahren** nach § 57 HBO für Wohngebäude und sonstige Bauten der Bauklassen 1–3 und
- **Baugenehmigungsverfahren** nach § 58 HBO für Sonderbauten und Bauten der Bauklassen 4 und 5 (Industrie- und größere Gewerbebauten, Hochhäuser) und für Abbruchmaßnahmen bei > 300 m³ umbauten Raum.

Erläuterungen hierzu finden sich in den Handlungsempfehlung zum Vollzug der HBO.

Die Bauaufsicht hat bei dem überwiegenden Teil der Bauanträge keinen Grund, die Bodenschutzbehörde zu beteiligen. Trotzdem ist es immer noch der Regelfall, dass bei Neu- oder Umnutzungen die

zuständige Bodenschutzbehörde, das Regierungspräsidium (RP), durch die Baugenehmigungsverfahren Kenntnis von diesen Vorhaben erhält. Die Landräte oder das RP wird im Bauverfahren beteiligt, da andere Rechtsbereiche wie Immissionsschutz oder Abfallrecht betroffen sind und die Anträge über das Bodenschutzdezernat geleitet werden.

Prüfung der Zuständigkeit

Zu Verfahrensbeginn ist die bodenschutzrechtliche Zuständigkeit zwischen Landrat und RP zu klären.

Hessisches Altlastengesetz (HAltlastG):

Nach § 2 des HAltlastG sind Altstandorte „Grundstücke mit stillgelegten Anlagen sofern auf ihnen mit umweltgefährdenden Stoffen umgegangen wurde“. Für diese Fälle liegt die Zuständigkeit bei den Regierungspräsidien.

Bodenschutzgesetz (BBodSchG):

Nach dem Gesetz zur Bestimmung der Zuständigkeiten aus 2000 ist „für die Wahrnehmung der Aufgaben ... der Landrat ... zuständig, ... ausgenommen altlastenverdächtige Flächen und Altlasten“. Die Definition Altlast entspricht dem im hessischen Altlastenrecht.

Hessisches Wassergesetz (HWG):

Das RP ist nach BBodSchG auch zuständig, wenn die Zuständigkeit der oberen Wasserbehörde gegeben ist. Nach § 55 HWG sind für die Wahrnehmung der Aufgaben aus dem Wasserrecht die Landräte zuständig. Die Zuständigkeitsverordnung aus 2005 begründet jedoch für VAWS-Anlagen die Zuständigkeit des RP, mit Ausnahme bestimmter Anlagen (Lageranlagen, Tankstellen, Kfz-Werkstätten, Speditionen und Chemischreinigungsanlagen).

Ergebnis: Nach Eingang von Bauanträgen ist zu prüfen, ob

- ein bodenschutzrechtliches oder altlastenrechtliches Verfahren auf dem Grundstück anhängig ist,
- eine VAWS-Anlage im Zuständigkeitsbereich des RPU betrieben wird oder
- eine Anlage mit umweltgefährdenden Stoffen stillgelegt wurde.

Wenn eine der drei Fragen mit ja beantwortet wurde, ist die Zuständigkeit des RPU gegeben und zu prüfen, ob ein Verdacht schädlicher Bodenverunreinigung besteht, bevor ein bodenschutzrechtliches Verfahren eingeleitet wird.

Häufig ist zu entscheiden, ob eine Anlage oder ein Betrieb stillgelegt wurde. Wenn ein Betrieb z. B. durch Verkauf auf einen Rechtsnachfolger übergeht, ist dies keine Still-Legung. Beim Rückbau einer Tankstelle und Neubau durch einen anderen Betreiber gibt es differierende Meinungen. Diese sind aufzulösen, indem im Einzelfall zwischen RPU und UWB die Zuständigkeit abgesprochen wird.

Ein Eintrag in ALTIS begründet einen Verdacht auf schädliche Bodenverunreinigungen. Es gilt der Amtsermittlungsgrundsatz, wonach die Behörde alle Tatsachen, die zur Beurteilung des Sachverhaltes erforderlich sind, ermitteln muss. Der Grundstückseigentümer wird zur Erstellung einer Historie aufgefordert.

Einzelfallrecherche

Die Einzelfallrecherche besteht in der beprobungslosen Erkundung einzelner Altflächen im Vorfeld des behördlichen Altlastenverfahrens aus aktuellem Anlass, wie z. B. bei der Aufstellung eines Bebauungsplans, bei Änderung von Besitzverhältnissen, bei Bauvorhaben oder auf Grund wasserwirtschaftlicher Bedeutung. Zu diesem Zweck wer-

den Akten, Karten- und Luftbilder ausgewertet, geologische Daten zusammengestellt und die Altfläche vor Ort besichtigt. Die Einzelfallbewertung unterstützt die Prüfung dieser Anhaltspunkte. Hierzu gehören die Historie und die Gefährdungsabschätzung.

Historie

Die frühere Nutzung des Grundstückes ist zu klären und die verwandten umweltgefährdenden Stoffe anzugeben.

Liegt lediglich eine Gewerbeanmeldung vor und das Grundstück wurde nur als Bürostandort genutzt wurde, entfällt der Altlastenverdacht.

Häufig kennt der Eigentümer die Vornutzung nicht oder gibt an, nie mit umweltgefährdenden Stoffen umgegangen zu sein: „Es wurden lediglich geringe Mengen an XYZ benutzt, flüssige Stoffe kamen nie zum Einsatz“. Daher hat die Behörde zu entscheiden, in welchem Fall eine Untersuchung des Untergrundes durchgeführt werden sollte.

Gefährdungsabschätzung

Liegen der zuständigen Behörde Anhaltspunkte dafür vor, dass eine schädliche Bodenveränderung oder Altlast oder eine hierdurch verursachte Gewässerverunreinigung vorliegt, so ergreift sie zur Ermittlung des Sachverhalts die geeigneten Maßnahmen.

§ 9 Absatz 1 Satz 1 BBodSchG bestimmt, unter welchen Voraussetzungen die Behörde von Amts wegen Ermittlungen durchführt. Anhaltspunkte für eine schädliche Bodenveränderung können sich aufgrund einer früheren oder noch bestehenden Nutzung eines Grundstückes ergeben. Wurde auf einem Grundstück über Jahre mit umweltgefährdenden Stoffen ohne dem jeweiligen Stand der Technik entsprechende Sicherheitsvorkehrungen

umgegangen oder lassen die jeweilige Betriebs-, Bewirtschaftungs- oder Verfahrensweise oder Störungen des bestimmungsgemäßen Betriebs nicht unerhebliche Einträge solcher Stoffe in den Boden vermuten, so liegen die im Gesetz genannten Anhaltspunkte vor; die Behörde hat nach § 9 Abs. 1 Ermittlungen einzuleiten.

§ 9 Abs. 1 umschreibt somit die bereits aus dem **Amtsermittlungsgrundsatz** (§ 24 Abs. 1 VwVfG) resultierende Pflicht der zuständigen Behörde zur Sachverhaltsermittlung. Die Behörde muss sich somit über den Zustand des Grundstückes informieren, es sei denn der Grundstückseigentümer oder ein von ihm beauftragtes Ing.-Büro übernimmt diese Aufgabe.

Wenn das Ing.-Büro nun ungenügende Unterlagen vorlegt, greift der Amtsermittlungsgrundsatz unmittelbar und die zuständige Bodenschutzbehörde muss sich die geeigneten Informationen selbst beschaffen. Hierbei stellt sich regelmäßig die Frage, ob zur Bewertung des Grundstückes und des Gebäudezustandes eine Besichtigung der Örtlichkeit erforderlich ist.

Anhand der Branchenklassen kann dies entschieden werden:

- Bei Klasse 0 bis 2 ist keine örtliche Überprüfung erforderlich,
- bei Klasse 3 nur, wenn kein Ing.-Büro eingeschaltet wurde und
- bei den Klassen 4 bis 5 wird die zuständige Bodenschutzbehörde immer eine Ortsbesichtigung durchführen.

Im Übrigen liegt es in jedem Einzelfall anhand des Erkenntnisstandes der Behördenmitarbeiter in

deren Ermessen, diese Ortsbesichtigung durchzuführen.

Kann ein Altlastenverdacht nicht ausgeschlossen werden, sind erste technische Erkundungen in Form der Orientierenden Untersuchung notwendig. Sie schließt die vertiefte historische Erkundung, die Probennahme und chemische Untersuchung von Wasser-, Boden- und Bodenluftproben ein.

Orientierende Untersuchungen werden entweder von den Behörden im Rahmen ihrer Amtsermittlung als Gefahrerforschung durchgeführt oder aber auch auf private Initiative mit dem Ziel der Aufhebung des Altlastenverdachtes unternommen.

Beurteilungsgrundlage sind für die Behörden die Orientierungswerte der Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung oder Grundwassersanierungs-Verwaltungsvorschrift.

Tab. 1: Branchenklassen mit Beispielen (aus Handbuch Altlasten Band 2 Erfassung von Altflächen Teil 4 Codierung und Einstufung von Altstandorten der HLfU aus 1996)

Branchenklasse	Gefährdungspotential	Beispiele für Branchen
5	sehr hoch	Chemische Reinigung, Galvanik, Kfz-Werkstatt mit Lackiererei, Großhandel für Mineralöl-erzeugnisse, Tankstelle
4	hoch	Chemikaliengroßhandel, Kfz-Werkstatt, Maschinenbau, Metallbau, Vulkanisierung, Sägewerk
3	mäßig	Chemikalieneinzelhandel, Gartenbau, Kunststoffverarbeitung, Schlosserei, Schreinerei, Schrottgroßhandel
2	gering	Kleintransporte, Kraftfahrzeuggroß- und -einzelhandel, Schmiede, Steinbruch, Verlag
1	sehr gering	Elektroinstallation, Glaserei, Lebensmittelgroßhandel, Stickerei, Textilgroßhandel
0	unbedenklich	Bäckerei, Imkerei, Metzgerei, Schuhmacherei, Wäschemangel

Sanierungsuntersuchungen

Nach § 13 BBodSchG soll die zuständige Behörde bei Altlasten, von denen in besonderem Maß schädliche Bodenveränderungen oder sonstige Gefahren für den Einzelnen oder die Allgemeinheit ausgehen, von den Sanierungspflichtigen die Durchführung von Sanierungsuntersuchungen und die Erstellung eines Sanierungsplanes verlangen.

Hierbei ist zuerst zu beurteilen, ob überhaupt eine schädliche Bodenveränderung vorliegt. Wenn

dies der Sanierungspflichtige mit ja beantwortet und eigenständig saniert, bleibt dies solange außerhalb behördlichen Handelns, bis die Bodenveränderung im besonderen Maß schädlich ist. Hierbei sind komplexe Altlastenfälle gemeint, einfache Kontaminationen können vom Sanierungspflichtigen eigenverantwortlich saniert werden. Ob ein Sanierungsplan mit vorgeschalteten Untersuchungen vorzulegen ist, liegt somit im eingeschränkten Ermessen der zuständigen Bodenschutzbehörde.

Umsetzung der Anforderungen nach Bodenschutzrecht

In der überwiegenden Zahl der Fälle wird eine Begleitung von Abbruchmaßnahmen durch ein Ing.-Büro ausreichend sein, hier wird folgende Auflage im Bescheid genutzt:

- Damit mögliche Bodenverunreinigungen erkannt werden, sind Eingriffe in den Untergrund wie Aufnahme von Bodenplatten und -versiegelungen von einem qualifizierten Ingenieurbüro zu überwachen. Der Boden ist organoleptisch zu überprüfen und das Ergebnis zu dokumentieren. Bei Auffälligkeiten oder Verunreinigungen ist die zuständige Bodenschutzbehörde – das Regierungspräsidium – zu informieren.

Für den Fall, dass im Vorfeld durch eine Ortsbeobachtung oder Untersuchungen eines Ing.-Büros keine Bodenverunreinigungen vermutet oder festgestellt wurden, ist die Begleitung des Abbruchs durch ein Ing.-Büro ausreichend. Umgesetzt wird auch dies durch eine Untersuchungsanordnung nach § 9 Abs. 2 BBodSchG. Dies ist die einzige Möglichkeit, Verwaltungskosten geltend machen zu können. Bei Maßnahmen nach § 9 Abs. 1 BBodSchG sind aufgelaufene Kosten sogar zu erstatten.

Wichtig zur Festlegung der Umsetzung von Untersuchungs- oder Sanierungsanordnungen kann auch die Frage sein, inwieweit das Grundstück bei einer zukünftigen Bebauung ausgehoben werden soll. Hier spielt die Frage der Errichtung von Tiefgaragen eine bedeutende Rolle und somit die Schnittstelle zum Abfallrecht. Häufig wird zwischen Eigentümer und Investor in Verträgen festgelegt, dass der Verkäufer gewährleistet, dass bei einem Neubau keine erhöhten Kosten auf den Käufer zukommen. Kriterium hierfür sind die Vorgaben des Abfallrechtes. Somit wird das Grundstück häufig weitaus stärker durch „Abfallrecht“ (bis zu Z 1.2) saniert, als dies nach Bodenschutzrecht erforderlich wäre. Eine Hilfestellung bei der Vertragsgestaltung durch das RPU wird zwar angeboten, aber regelmäßig nicht abgefragt.

Das Ergebnis der behördlichen Tätigkeiten ist nach Abschluss zu dokumentieren und in die Datenbank ALTIS einzutragen.

Die Betroffenen haben ein berechtigtes Interesse, die Ergebnisse der Untersuchung und Bewertung nach § 9 BBodSchG zu erfahren. Dies gilt vor

allem auch für den Fall, dass die Untersuchung günstige Feststellungen trifft. In diesem Fall kann der Betroffene nachweisen, dass dem Grundstück der Makel, der bereits durch das Ermittlungsverfahren entstanden ist, nicht mehr anhaftet. Der Betroffene sollte deshalb einen Anspruch auf entsprechende Information erhalten. Dies deckt sich mit der Verpflichtung nach dem HAltlastG zur Information der Eigentümer bei Änderung der Eintragung in ALTIS. Ein ALTIS-Auszug sollte immer übersandt werden, auch wenn der Eigentümer keinen schriftlichen Antrag stellt.

Die Kosten der nach § 9 Abs. 2, § 10 Abs. 1, §§ 12, 13, 14 Satz 1 Nr. 1, § 15 Abs. 2 und § 16 Abs. 1 BBodSchG angeordneten Maßnahmen tragen die zur Durchführung Verpflichteten. Bestätigen im Fall des § 9 Abs. 2 Satz 1 die Untersuchungen den Verdacht nicht oder liegen die Voraussetzungen des § 10 Abs. 2 vor, sind den zur Untersuchung Herangezogenen die Kosten zu erstatten, wenn sie die den Verdacht begründenden Umstände nicht zu vertreten haben.

Anhang:

Regierungspräsidium Darmstadt
Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt Wiesbaden
Dez. 41.1 Wasserversorgung, Bodenschutz



März 2007

RPU-Info für Bauträger

Baumaßnahmen und Bodenschutz

Bei einer Umnutzung oder der Neubebauung eines Grundstückes stellt sich häufig die Frage, ob das Grundstück verunreinigt ist und der Eigentümer oder Bauherr Maßnahmen zur Sanierung ergreifen muss. Dieser Artikel soll die Verantwortlichen in die Lage versetzen, bereits im Vorfeld die notwendigen Schritte einzuleiten, damit bei einem Neubau keine Verzögerungen eintreten.

Mit Wohnhäusern bebaute Grundstücke sind in fast allen Fällen frei von Verunreinigungen, es sei denn, früher war dort ein Betrieb ansässig oder das Haus wurde auf einer Deponie errichtet. In diesen Fällen sollte sicherheitshalber die zuständige Bodenschutzbehörde, die Abteilung Umwelt des Regierungspräsidiums Darmstadt eingeschaltet werden.

Das bodenschutzrechtliche Verfahren

Nach einer Betriebsstillegung handelt es sich um einen **Altstandort**. In den 90'er Jahren wurden diese in Hessen systematisch erfasst und in die Datenbank **ALTIS** – die hessische Verdachtsflächendatei – eingegeben. Es wurden der Name der Firma, Betriebszeitraum und das Grundstück eingegeben. Später kamen in vielen Fällen im Rahmen behördlicher Maßnahmen weitere Sachverhalte hinzu. Der Inhalt dieser Datei kann gegen eine Gebühr von 30 € bei der zuständigen Bodenschutzbehörde, dem Regierungspräsidium Darmstadt, Abteilung Umwelt Wiesbaden oder dem Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie abgefragt werden.

Ob eine schädliche Bodenveränderung zu erwarten ist und Untersuchungen erforderlich sind, kann häufig anhand dieser Datei nicht festgestellt werden. Daher sollte bei einem Hinweis auf einen Altstandort zuerst eine **historische Recherche** durchgeführt werden; Es ist die Dauer der gewerblichen oder industriellen Nutzung des Grundstückes zu ermitteln, die Art der Nutzung anzugeben und ob und mit welchen wassergefährdenden Flüssigkeiten umgegangen wurde. Kritisch sind unterirdische Tanks zu bewerten, hier sollte auf jeden Fall eine Stilllegungsbescheinigung durch einen anerkannten

Sachverständigen vorliegen. Anhand dieser Unterlagen stellt die zuständige Bodenschutzbehörde fest, ob ein **Verdacht** auf eine Bodenverunreinigung besteht. Besteht dieser nicht kann die geplante Baumaßnahme unter Begleitung eines im Bereich Altlastensanierung erfahrenen Ing.-Büros durchgeführt werden. Das Büro dokumentiert die augenscheinliche Überprüfung des Bodens in einem Bericht. Die zuständige Bodenschutzbehörde sollte jedoch eingeschaltet werden, damit die Eintragung in der Datenbank ALTIS korrigiert wird.

Wenn ein Verdacht auf Boden- oder Grundwasserverunreinigung besteht, werden Untersuchungen des Grundstückes (**altlastenverdächtige Fläche**) erforderlich. Diese haben in Abstimmung mit der zuständigen Bodenschutzbehörde zu erfolgen. Seit 2002 ist dies nicht mehr im Baugenehmigungsverfahren möglich. Die Bodenschutzbehörde muss ein eigenes kostenpflichtiges Verfahren nach dem Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetzes - BBodSchG) vom 17. März 1998 durchführen. Die weitere Bearbeitung wird je nach dem einzelnen Fall unterschiedlich sein. Es empfiehlt sich daher eine frühzeitige Beteiligung der zuständigen Bodenschutzbehörde, damit dies möglichst effizient und kostengünstig erfolgen kann.

Die Eigenverantwortung der Bauherrschaft

Für die Einhaltung der öffentlich-rechtlichen Vorschriften sind nach § 47 der Hessischen Bauordnung (HBO, GVBl. I 2002, Blatt 274) die Bauherrschaft sowie die anderen am Bau Beteiligten verantwortlich. Die Bauherrschaft hat sicherzustellen, dass der Standort keine schädliche Bodenveränderung aufweist, keinem Altlastenverdacht unterliegt oder festgestellte Altlast ist, welche die vorgesehene Nutzung ausschließt oder eine Sanierung erschweren könnte.

Es liegt in der Verantwortung der Bauherrschaft, sich an die Bodenschutzbehörde zu wenden. Sollte sie dies versäumen und im Rahmen der Baumaßnahmen werden schädliche Bodenveränderungen festgestellt, wird durch die Bauaufsichtsbehörde ein Baustopp verhängt. Die Bodenschutzbehörde klärt dann, wie mit der Verunreinigung zu verfahren ist.

Folgende Personen beantworten gerne Ihre Fragen:

Stadt Wiesbaden:	Marion Peine Blanca Behrens	Tel. 0611-3309-331 Tel. 0611-3309-335
Rheingau Taunus Kreis und Main Taunus Kreis	Michael Wolf	Tel. 0611-3309-326
Hochtaunuskreis	Dieter Hülpüsch	Tel. 0611-3309-327

Regierungspräsidium Darmstadt
Abteilung Umwelt Wiesbaden
Lehrstraße 16-18 65189 Wiesbaden

Das Chemiegebäude III vom Hauptbahnhof
Wiesbaden (B-Bahnanschluss) Fußgänger-
10 Minuten erreichbar

Servicezeiten:

Mo-Do 8.00 bis 16.30 Uhr
Freitag 8.00 bis 15.00 Uhr
Telefon: 0611 / 3309 - 0 (Zentrale)
Telefax: 0611 / 3309 - 444
0611 / 3309 - 445 (nur Adressen)

Postfachkasten:
Lützenplatz 2, 64283 Darmstadt
Internet: www.rpdg.de

Chromatsanierung zum Festpreis – Erfahrungen aus einem Pilotprojekt

WINFRIED SONNTAG & JÜRGEN FEHL

1 Einleitung

Eine in der Innenstadt Fuldas gelegene Altlast am Franzosenwäldchen 10 wurde Ende 2006/Anfang 2007 im Wege einer Festpreissanierung im Auftrag des RP Kassel, Außenstelle Bad Hersfeld

saniert. Die Erfahrungen aus dieser Maßnahme unter Darlegung der komplexen Vorgeschichte des Falles werden nachfolgend geschildert.

2 Technische und verwaltungsrechtliche Vorgeschichte

2.1 „Entdeckung“ des Schadens

Im April 1995 wurde ein Umweltschaden auf dem nordwestlich gelegenen Nachbargrundstück zum Franzosenwäldchen 10 in Fulda im Rahmen einer Baumaßnahme (Neubau einer Geschäftsstelle durch die Landeszentralbank Frankfurt/Main – LZB – in der Dalbergstraße 17) bekannt, indem während des Aushubs der Baugrube organoleptisch auffälliges Bodenmaterial angetroffen wurde. In die Baugrube eingetretenes Sickerwasser und angesammeltes Niederschlagswasser zeigten kurz darauf eine deutliche gelbe Verfärbung.

Sofort veranlasste Untersuchungen wiesen hohe Chromkonzentrationen im Baugrubenwasser sowie

eine im Randbereich des Grundstücks gelegene Alt-
ablagerung aus.

Im Rahmen der folgenden Untersuchungen

- Historische Recherche über Nutzungen (1995)
- Boden- und Gebäudeuntersuchungen (1995)
- Grundwasseruntersuchungen (1995/96)

wurde als **Schadstoffquelle für die Chromkontaminationen** das Nachbargrundstück Franzosenwäldchen 10 erkannt, auf dem sich ein Fabrikationsgebäude mit mehreren historischen Vornutzungen befand. Am Anfang der Nutzungshistorie stand eine Wachsbleiche.

Aktuell wurde das Grundstück von einem Stukkateurbetrieb genutzt.

2.2 Historische Recherche/Ursachenforschung

Die Ursache für diesen Chromschaden, der in den 20-iger Jahren des letzten Jahrhunderts eingetreten ist, und seinerzeit bereits die Baulichkeiten einschließlich eines ca. 30 m hohen Schornsteins betroffen hat, kann nicht eindeutig nachvollzogen werden, da mehrere Gewerbebetriebe auf dem seit vermutlich 1824 genutzten Grundstück ansässig waren.

Mögliche Ursachen könnten sein:

- Im Rahmen der Nutzung als Wachsbleiche wurde das Verfahren von einer Naturbleichung durch Sonnenlicht umgestellt auf das Bleichen mit chemischen Oxidationsmitteln wie z. B. Chromsalzen (z. B. Kalium- oder Natriumdichromat).
- Auch im Rahmen der Folgenutzung des Gebäudes zu Herstellung von Ofenzubehör durch einen Großhändler könnte ein Zusammenhang mit Chromverarbeitung bestanden haben.
- Ebenfalls nicht auszuschließen war eine Verbindung des Stuckateurbetriebes als pigmentverarbeitendes Gewerbe zu dem Chromschaden, da diese Firma zum Zeitpunkt des Schadenseintritts ebenfalls als Untermieter Teile des Gebäudes nutzte.

Der Zeitpunkt des Schadenseintritts kann zuverlässig auf „Beginn der 20-iger Jahre des letzten Jahrhunderts“ datiert werden, da in einem Schreiben des damaligen Eigentümers an die Polizeiverwaltung Fulda vom 07.04.1925 auf eine „Verseuchung des ehemaligen Fabrikgebäudes durch Chromgelb“ hingewiesen wurde.

Es kann vermutet werden, dass der Abbruch des Schornsteines sowie des zugehörigen Kesselhauses am 09. November 1929 auf Grund des Chromschadens erfolgt ist.

Ein Verursacher konnte nicht mit der erforderlichen Rechtssicherheit ermittelt werden.

2.3 Ergebnisse der technischen Erkundungen:

Aktuell betroffen von dem Chromschaden waren das bestehende Gebäude in seiner Substanz, Ab-

gerungshorizonte auf dem Grundstück (und Nachbargrundstücken), die von bereits abgebrochenen Gebäudeteilen herrühren und zur Auffüllung genutzt wurden, sowie das Grundwasser. Im Einzelnen zeigte sich folgendes Schadensbild:

- Massive Chromverunreinigungen von Boden und Gebäudeteilen in Form von Calciumchromat (CaCrO_4); Bodenwerte bis über 1 000 mgCr/kg; Probe aus einer Mauerwerksfuge ca. 18 gCr/kg TS.
- Flächenhafte Auffüllung eines Grundstücksbereiches außerhalb sowie auch innerhalb des Fabrikationsgebäudes durch chrombehafteten Bau-schutt; Belastungen im Auffüllungshorizont bis ca. 3 000 mg/kg.
- Hohe Belastungen des Grundwassers durch Chromverbindungen, mit Gesamtchromgehalten bis über 10 mg/l, davon über 90 % als Chrom VI, welches als humankanzerogen (MAK III A2) bekannt ist.

2.4 Verwaltungsverfahren

Auf Grund der deutlichen Überschreitung der Prüfwerte für Chrom im Boden und im Grundwasser wurde das Grundstück mit Bescheid vom 12. März 1998 zur Altlast erklärt.

Im Rahmen einer Störerauswahl wurde versucht, den Grundstückseigentümer als „bösgläubigen Zustandsstörer“ im Sinne des Hessischen Altlastengesetzes (HALTlastG) heranzuziehen und in einem weiteren Bescheid zu einer Sanierungsuntersuchung zu veranlassen. Eine „Verschleppung“ des Verfahrens von Seiten des Rechtsbeistandes des Grundstückseigentümers führte in der Folge zu einem Bescheid über den Sofortvollzug im Wege einer Ersatzvor-nahme für die Sanierungsuntersuchung.

Gegen alle drei Bescheide wurde nach Widerspruchsverfahren vor dem Verwaltungsgericht Kassel (VG) Klage erhoben.

Obwohl das zwischenzeitlich in Kraft getretene Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG) grundsätz-

lich die Zulässigkeit der Inanspruchnahme von Zustandsstörern vorsieht, ohne dabei nach dem Kenntnisstand über Umweltschäden zu differenzieren, ging das VG bei seinem Urteil von dem HAAltlastG als Grundlage aus, und machte damit die „Gutgläubigkeit“ des Grundstückseigentümers zur zentralen Frage.

Das Rechtsverfahren vor dem VG nahm einen Zeitraum von vier Jahren und drei Monaten in Anspruch und endete mit einer Aufhebung aller Verwaltungsakte, außer der Altlastenfeststellung gegen das Grundstück. Als Begründung wurde ausgeführt, dass der Grundstückseigentümer den Chromschaden nicht kennen konnte und somit gutgläubig im Sinne des HAAltlastG war. Damit waren alle weiteren Bescheide rechtswidrig.

Auf Empfehlung des Richters am VG wurde nicht erneut der Weg über eine Anordnung auf der Grundlage des nun anzuwendenden BBodSchG gewählt, sondern Verhandlungen über einen öffentlich-rechtlichen Vertrag gemäß § 13 Abs. 4 BBodSchG aufgenommen.

In den schwierigen Vertragsverhandlungen spielte das Urteil des Bundesverfassungsgerichtes vom 07.06.2000 über die Haftungsbegrenzung des Zustandstörers eine zentrale Rolle. Darüber hinaus war auch der nutzungsberechtigte Stuckateurbetrieb in die Verhandlungen einzubeziehen, da dieser aufgrund des erforderlichen Gebäudeabbruches den Standort verlassen musste. Letztlich konnten die Verhandlungen im April 2006 mit folgendem Ergebnis abgeschlossen werden:

- Eigentümer zahlt einen Sanierungsbeitrag in Höhe des Grundstückswertes abzüglich bisheriger Aufwendungen für Erkundung und Sanierungsplan;
- Nutzungsberechtigter räumt das Grundstück termingerecht;
- Land Hessen führt Sanierung zeitnah durch.

Parallel zu den Verhandlungen über die Inhalte der Vereinbarung erfolgte die Beauftragung eines Sanierungsplanes durch den Grundstückseigentü-

mer, nach dessen Vorlage im Juli 2005 eine behördliche Verbindlichkeitserklärung gemäß § 13 (6) BBodSchG vom 28. April 2006 die erforderliche Rechtsgrundlage für die Durchführung der Sanierung schuf.

Die über den Sanierungsbeitrag des Grundstückseigentümers hinausgehenden Aufwendungen für die Sanierung wurden vom Land Hessen im Haushaltsjahr 2006 bereitgestellt.

2.5 Bauabwicklung

Wesentliche Schritte im Sanierungsverlauf (Sanierungsbeginn Anfang November 2006):

- Information von Betroffenen im Sinne des § 12 BBodSchG;
- Beweissicherung für angrenzende Bebauungen sowie zu Staubemissionen;
- Baustelleneinrichtung unter Berücksichtigung des erforderlichen Arbeitsschutzes;
- Abbruch des kontaminierten Fabrikgebäudes und Teile eines Unterstandes;
- Sanierung durch Bodenaustausch bis zur Erreichung des Zielwertes für $\text{Chrom}_{\text{ges}}$ im Feststoff vom 300 mg/kg unter Kontrolle einer Fremdüberwachung;
- Abtransport von kontaminiertem Bauschutt und Boden zu einer zugelassenen Bodenwaschanlage (Umweltschutz Ost GmbH, NL Kriebitzsch);
- Verfüllung der Baugrube unter Kontrolle einer Fremdüberwachung nach bodenmechanischen Vorgaben mit Kalkschottermaterial.

Zum Nachweis des Sanierungserfolges wurde die Baugrube in Quadrate von 5,0 × 5,0 m eingeteilt, welche jeweils von Eigen- und Fremdüberwachung „freizumessen“ waren. Dabei konnte der Sanierungszielwert in allen Quadranten erreicht bzw. in einem Großteil der Flächen sogar deutlich (über 50 %) unterschritten werden.

Da trotz Erreichen des Zielwertes für $\text{Chrom}_{\text{ges}}$ im Feststoff der in der Baugrubensohle anstehende Kalksteinersatz beachtliche Eluatwerte aufwies

und die Baugrubensohle sich in einem sehr unebenen Relief darstellte (– der Zielwert wurde in unterschiedlichen Tiefen erreicht), wurde seitens des RP entschieden, die Sohle auf ein einheitliches Niveau zu vertiefen.

Hierfür wurde ein Nachtrag auf Basis eines Angebotes ausgelöst. Die Abrechnung erfolgte im Wesentlichen auf Nachweis der entsorgten Tonnage.

Durch diese Vertiefung konnte eine weitergehende Entfrachtung, sowie ein Rückgang der Eluatwerte erreicht werden. Zudem wird die Planung einer Folgenutzung erleichtert, wenn Restbelastungen erst ab einer konkret nachvollziehbaren Tiefenlage anzutreffen sind.

Zur Kenntlichmachung dieses Übergangs wurde ein Trennvlies eingebracht.

Der gesamte Aushub erfolgte im ungesättigten Bereich und ohne Inanspruchnahme einer Wasserhaltung. Bei einem erforderlichen Nachschnitt in zwei Quadranten wurde festgestellt, dass die Grundwasseroberfläche allerdings nur gering unterhalb der Baugrubensohle ansteht.

Zum Anwohnerschutz wurden Maßnahmen zur Minimierung der Staubentwicklung getroffen und der Erfolg dieser Maßnahmen auch durch eine entsprechende Erfassung der aktuellen Staubbelastung über eine Staubsammelpumpe mit täglichem Filterwechsel, sowie der Staubdeposition während der Gesamtbauteilzeit durch ein Bergerhoff-Gefäß überwacht.

Am 07. März 2007 wurden die Bauleistungen nach ca. vier Monaten Gesamtbauteilzeit mit der VOB-Abnahme abgeschlossen.

2.6 Massen und Kosten

Im Rahmen der Sanierungsarbeiten wurden

- ca. 1 300 t kontaminierter Bauschutt
- ca. 5 400 t kontaminierter Bodenaushub von dem Grundstück entfernt. Der rechnerische Anteil an reinem Chrom betrug ca. 5 000 kg.

Die Gesamtkosten der Maßnahme beliefen sich einschließlich der Fremdüberwachung auf ca. 680 000 Euro (brutto), womit der geplante Kostenrahmen eingehalten wurde. Die Bereitstellung der Mittel erfolgte ca. je zur Hälfte durch den Eigentümer und das Land Hessen.

3 Pilotprojekt Festpreissanierung

3.1 Motivation für das Pilotprojekt

Nach Abschluss der Sanierungsvereinbarung bestand aufgrund der langen Dauer des Verfahrens, der in diesem Stadtgebiet anstehenden städtebaulichen Entwicklung und der altlastenfachlichen Dringlichkeit seitens der zuständigen Behörde (RP Kassel, Außenstelle Bad Hersfeld) das Interesse an einer zügigen Abwicklung der Sanierung.

Es bot sich daher an, das in jüngerer Zeit von einzelnen im Altlastenbereich tätigen Unternehmen angebotene Prinzip der „Festpreissanierungen“, welches eine zeit- und kosteneffektive Sanierung verspricht, am Beispiel dieses Projektes probeweise anzuwenden.

Das RP hat daher dem Hessischen Umweltministerium vorgeschlagen, die Sanierung im Wege eines

Pilotprojektes, welches die folgenden Ziele verfolgt, durchzuführen:

- schnelle und günstige Sanierung des Grundstückes,
- Erfahrungen mit dem Prinzip der Festpreissanierung sammeln.

Innerhalb kurzer Zeit stimmte das Umweltministerium dem Pilotprojekt zu und stellte die entsprechenden Komplementärmittel, welche ca. die Hälfte der Gesamtkosten betragen, bereit. Damit waren die Grundlagen für die Vergabe geschaffen.

3.2 Ausschreibung und Vergabe

Da der Schwerpunkt der Sanierungsarbeiten (Gebäudeabbruch und Auskoffnung belasteten Bodens) aus Bauleistungen bestand und an das ausführende Unternehmen erhebliche Anforderungen (Arbeiten im kontaminierten Bereich, Immissionschutz wg. Nachbarschaft etc.) zu stellen waren, wurde als Vergabeart gemäß § 3 VOB eine beschränkte Ausschreibung nach öffentlichem Teilnahmewettbewerb (Präqualifikation) ausgewählt.

Die Veröffentlichung des Teilnahmewettbewerbs erfolgte in der Hessischen Ausschreibungsdatenbank (HAD), gleichzeitig wurden zwölf bekanntermaßen im Altlastenbereich tätige Unternehmen schriftlich auf die Veröffentlichung bzw. das Pilotprojekt hingewiesen.

Zum Ablauf der Bewerbungsfrist (vier Wochen) lagen 14 Bewerbungen vor.

Tab. 1: Bewerber mit zahlenmäßiger Verteilung

	„Bewerbergruppen“	Anzahl
1.	Große Bauunternehmen	6
2.	Ingenieurbüros in Verbindung mit mittelständischen Bauunternehmen (sowohl als Bietergemeinschaften als auch im Subunternehmerverhältnis)	4
3.	Sanierungsgesellschaften/Entsorgungsdienstleister	4
	Gesamtzahl der Bewerber	14

Dabei ließen sich drei Gruppen von Bewerbern mit folgender zahlenmäßiger Verteilung ausmachen (siehe Tab. 1).

Aus den 14 Bewerbern wurden acht für das geplante Projekt als geeignet ausgewählt und zur Abgabe eines Angebotes aufgefordert.

Die hierzu versandten Ausschreibungsunterlagen setzen sich im Wesentlichen aus:

- Leistungsbeschreibung (§ 9 VOB)
- Sanierungsplan (wurde bereits im Auftrag des Eigentümers erstellt)
- Verbindlichkeitserklärung nach (§ 13 Abs. 6 BBodSchG)

zusammen.

Da sowohl Ingenieur- als auch Bauleistungen gemeinsam vergeben werden sollten, wurde die Leistungsbeschreibung als Leistungsprogramm nach § 9 Nr. 10 VOB erstellt. Hierin wurde in einem kurzen Text (drei Seiten) Zweck, Ziele und Randbedingungen der Sanierung beschrieben, soweit dies noch nicht Gegenstand des Sanierungsplanes bzw. der Verbindlichkeitserklärung war. Weiterhin enthielt die Leistungsbeschreibung ein sogenanntes Musterleistungsverzeichnis (drei Seiten). Dieses Musterleistungsverzeichnis enthielt keine Massen und gliederte sich in die vier Hauptpositionen (siehe Tab. 2).

Die Angabe von Preisen für die vier Hauptpositionen wurde von den Bietern verlangt, wenngleich nur die Endsumme vertragsrelevant war.

In Position 2 und 3 wurde u. a. gefordert, den Aushub bis zum Erreichen des Sanierungszielwertes

Tab. 2: Leistungen

Pos.	Leistung
1.	Ingenieur- und Gutachterleistungen
2.	Bau- und Lieferleistungen
3.	Entsorgungsleistungen
4.	Analytik

(im Feststoff) gemäß Verbindlichkeitserklärung bzw. bis zur Freigabe durch die Behörde fortzuführen. Es wurde ausdrücklich darauf hingewiesen, dass eine Limitierung des Aushubes bezüglich Massen oder Tiefen im Hauptangebot nicht zulässig ist.

Während der Phase der Angebotserstellung wurde von der Mehrzahl der Bieter Einsicht in diverse Gutachten z. B. über die bereits abgeschlossene Sanierung auf dem Nachbargrundstück etc. genommen und eine Reihe von Fragen an die Behörde gerichtet. Darüber hinaus haben zwei Bieter auf eigene Kosten Untersuchungen auf dem zu sanierenden Gelände durchgeführt, um ihren Kenntnisstand zu erweitern.

In dieser Phase war tendenziell zu erkennen, dass Bietergemeinschaften unter Führung eines Ingenieurbüros einen größeren Aufwand zur Informationsbeschaffung betrieben als z. B. die großen Baufirmen.

Drei der insgesamt acht zur Angebotsabgabe aufgeforderten Unternehmen erklärten schriftlich, nicht an der Ausschreibung teilzunehmen. Dabei

begründeten zwei Unternehmen ihre Entscheidung damit, dass sie auf Basis der ihnen vorliegenden Ausschreibungsunterlagen nicht bereit sind, die mit einem Pauschalpreis verbundenen Risiken auf sich nehmen.

Zum Submissionstermin am 28.09.06 lagen somit die Angebote von fünf Bietern vor.

Das Ergebnis der Submission (nur Hauptangebote) ist in Abb. 1 dargestellt, dabei wurde dem günstigsten Bieter ein Wert von 100 % zugewiesen.

Dabei hat die Prüfung der Angebote ergeben, dass die Bieter 2 und 4 nicht die in der Ausschreibung geforderten Festpreisangebote abgegeben haben, sondern Ihre Angebote hinsichtlich der Aushubmassen, -tiefen oder anderer Sachverhalte begrenzten. Sie konnten somit nicht gewertet werden.

Das Ergebnis wurde hierdurch nicht beeinflusst, da das günstigste Angebot keinerlei Einschränkungen enthielt.

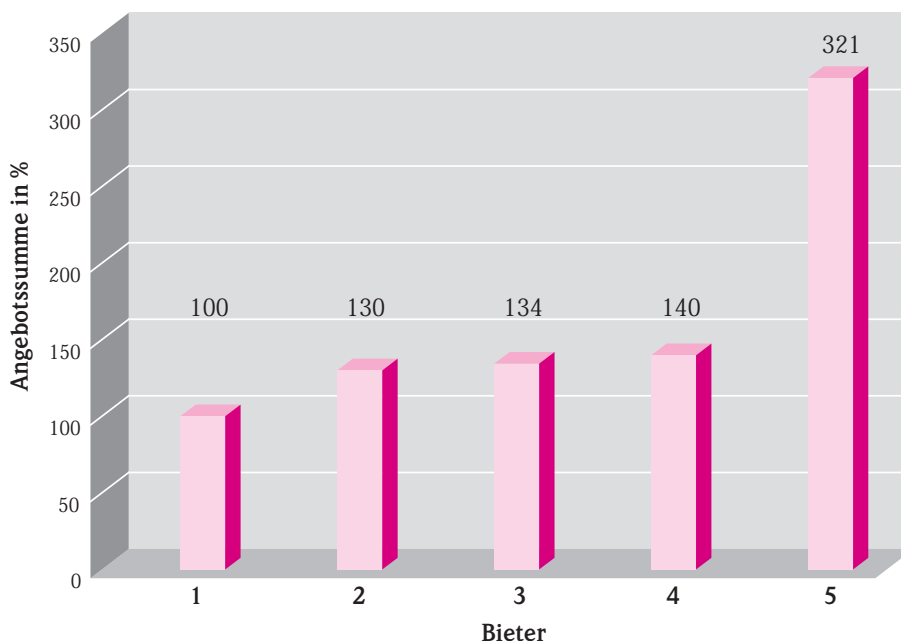


Abb. 1: Ergebnisse der Submission.

Auch die vorgelegten Nebenangebote (insgesamt sechs) waren nicht günstiger, so dass der Zuschlag nach einem Bietergespräch, in welchem letzte Details geklärt wurden, erteilt werden konnte.

3.3 Bauabwicklung

Die Bauabwicklung wies keine Besonderheiten auf, welche im Zusammenhang mit der Festpreisvergabe zu sehen sind. Lediglich die Zahlungstermine standen im Vorfeld konkret fest, so dass der Mittelabfluss planmäßig erfolgen konnte.

4 Erfahrungen aus dem Projekt

Ein positiver Aspekt der gemeinschaftlichen Vergabe aller Leistungen zu einem Festpreis ist der kürzere Vorlauf bis zum Sanierungsbeginn. Wird bei herkömmlicher Vorgehensweise zunächst ein Vergabeverfahren zur Auswahl eines Ingenieurbüros durchgeführt und erst danach mit der Erstellung der Ausschreibungsunterlagen für die Bauleistungen begonnen, ist im vorliegenden Fall nur eine Ausschreibung erforderlich.

Weiterhin positiv zu werten ist, dass die bei Pauschalvergaben anbietenden Bietergemeinschaften (Ingenieurbüros + Bauunternehmen) in der Regel bereits einige Projekte gemeinsam durchgeführt haben, sodass eine gute Abstimmung während des Bauablaufes zu erwarten ist.

Die gemeinsame Vergabe aller für die Sanierung erforderlichen Leistungen (Bau-, Ing-, Analytik- und Entsorgungsleistungen) macht es für den Bieter erforderlich, die Optimierungsmöglichkeiten innerhalb jeder Leistung und im Hinblick auf die Abstimmung der Leistungsbereiche untereinander zu nutzen, um ein wettbewerbsfähiges Angebot zu erstellen. Hierin liegen die Potentiale zur Kosteneinsparung bei der Festpreisvergabe.

Die Vergabe des gesamten Leistungsumfanges an einen Auftragnehmer minimiert den Steuerungsaufwand für den Auftraggeber, da es für die gesamte Sanierung nur einen Ansprechpartner gibt. Im beschriebenen Projekt gab es zudem für die Sanierungsdurchführung keine Subunternehmer, da das gesamte Baustellenpersonal direkt vom Auftragnehmer gestellt wurde. Aus dieser Konstellation ergaben sich eine extrem flache Hierarchie und zügige Abstimmungen.

Nach Einschätzung der Verfasser konnte die Sanierung kostengünstig durchgeführt werden, wobei ein tatsächlicher Vergleich mit einer Abwicklung nach „herkömmlicher Art“ nicht möglich ist.

Neben den vorgenannten positiven Aspekten

gibt es auch eine ganze Reihe kritisch zu betrachtender Effekte bei einer Festpreisvergabe.

Die Ausschreibung einer Altlastensanierung zu einem Pauschalpreis bürdet dem Bieter ein erhebliches Risiko auf. Hierzu ist nur ein kleiner Teil der am Markt tätigen Unternehmen bereit, wie die geringe Zahl „echter“, d. h. uneingeschränkter Festpreisangebote gezeigt hat. Auch viele im Zuge des Vergabeverfahrens mit den Bewerbern bzw. Bietern geführte Gespräche haben erkennen lassen, dass in der Festpreisvergabe keine faire Risikoverteilung zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer gesehen wird. Einige sehen hierin einen Verstoß gegen die VOB, welche in § 9 vorschreibt, dass die Leistung eindeutig zu beschreiben ist und dem Auftragnehmer kein ungewöhnliches Wagnis aufgebürdet werden darf. Dennoch sind einige Unternehmen bereit, dieses Wagnis einzugehen.

Einige Bieter wählten in ihren Nebenangeboten einen Ansatz das Unternehmerrisiko abzumildern, indem sie anboten, das Festpreisangebot auf eine bestimmte zu entsorgende Masse zu begrenzen und darüber hinaus lediglich die Mehrkosten nach entsorgter Tonnage abzurechnen, aber die übrigen Kosten fix zu lassen. Derartige Angebote führen zwar zu einer gerechteren Risikoverteilung zwischen AG und AN, sind allerdings schwierig zu werten, da der Endpreis von der tatsächlich anfallenden Masse abhängig ist. Da in der durchgeführten Ausschreibung keines der Nebenangebote unterhalb des günstigsten Hauptangebotes lag, ist diese Problematik nicht aufgetreten.

Da der Bieter die Kalkulation seines Festpreises im Wesentlichen auf die Ausschreibungsunterlagen aufbaut und somit sein Risiko erheblich von der Qualität der Unterlagen und insbesondere der Erkundung abhängt, werden hieran sehr hohe Anforderungen gestellt. Im durchgeführten Projekt wurden die Erkundung und die Sanierungsplanung im Auftrag des Pflichtigen erstellt und es stand zu diesem Zeitpunkt nicht fest, dass eine Festpreisver-

gabe durchgeführt werden soll. Hieraus resultierten Lücken in der Erkundung, welche eine Risikoerhöhung auf Seiten der Bieter zur Folge hatten. Daher sollte zukünftig bei einer vorgesehenen Festpreisvergabe dies bereits bei der Durchführung einer Sanierungsuntersuchung und der Erstellung eines Sanierungsplanes berücksichtigt werden.

Der Aufwand der Bieter zur Erstellung eines derartigen Festpreisangebotes ist erheblich. Neben dem Aufwand zur Beschaffung und Auswertung vor-

handener Daten (Gutachten etc.) wurden zum Teil eigene Erkundungen (Feldarbeiten) durchgeführt. Dieser Aufwand übersteigt das Maß, welches einem Bieter gemäß VOB zugemutet werden kann. Dabei hängt der Bedarf für eigene Erkundungen im Wesentlichen von der Dichte und der Qualität der vorlaufenden Erkundungen ab. Ein Ansatz zur Lösung dieses Problems könnte darin bestehen, im Rahmen der Ausschreibung gemäß § 20 Abs. 2 Nr. 1 VOB eine Entschädigung für eigene Erkundung anzubieten.

5 Fazit

Im durchgeführten Pilotprojekt Festpreissanierung konnte die gesamte Maßnahme (Ausschreibung mit vorlaufendem Teilnahmewettbewerb und komplette Bauausführung) innerhalb von 11 Monaten nach Unterzeichnung des Sanierungsvertrages und bei Einhaltung des geplanten Kostenrahmens abgewickelt werden.

Trotz dieser problemlosen Abwicklung des Pilotprojektes stellt die Festpreissanierung nicht die Ideallösung zur Abwicklung von Altlastensanierungen dar, da sie eine Reihe von Risiken birgt.

Die erfolgreiche Durchführung einer Festpreissanierung stellt an Auftraggeber und Auftragnehmer hohe Anforderungen, da zum einen die Erkundung und die Ausschreibungsunterlagen entsprechender Qualität bedürfen, zum anderen auch die Kalkulation besonderen Schwierigkeiten unterliegt.

Seitens des Auftragnehmers sind ein großer Kalkulationsaufwand und eine gewisse Risikobereitschaft erforderlich.

Vor der Entscheidung eines Auftraggebers für die Ausschreibung einer Festpreissanierung sollte geprüft werden, ob die geplante Maßnahme und die ggf. bereits durchgeführte Erkundung für eine Festpreissanierung geeignet sind. In jedem Einzelfall sollten Chancen und Risiken gegeneinander abgewogen werden.

Die Festpreissanierung wird auch in Zukunft ausgewählten Einzelfällen vorbehalten bleiben. Allerdings besteht die Chance das Verfahren weiterzuentwickeln, wenn eine gerechtere Risikoverteilung erreicht wird, z. B. indem einzelne Positionen (z. B. Entsorgung) nach Einzelpreisen abgerechnet werden.

Aerober mikrobiologischer Abbau von 1,2-Dichlorpropan und 1,2-Dichlorethan in der Schadstofffahne eines ehem. Chemikalienhandels und Implementierung eines MNA-Konzeptes in die hydraulische Grundwassersanierung

REINHARD BODACK (Teil 1) ROLAND REH (Teil 2)

Teil 1

Einführung

Bei Abrissarbeiten im Jahre 1993 wurden unter einem ehem. Chemikalienhandel in einem überwiegend wohngenutzten Stadtteil Kassels eine Reihe in sehr desolatem Zustand befindliche Erdtanks geborgen (Abb. 1). Vom Abbruchunternehmer alarmiert wurden RP und WWA tätig. Eine erste Recherche erbrachte Daten zu einem Betrieb für die Herstellung und den Vertrieb von hauptsächlich Kaltreiniger (Hauptbestandteil div. LHKW) von den 1950er



Abb. 1: Geborgene Erdtanks (nach Abriss des eingesch. Betriebsgebäudes).

bis in die 1970er Jahre. Überraschend präsentierten die Grundstückseigentümer dann auch ein Bodengutachten, beauftragt vom früheren Betreiber, in dem LHKW-Kontaminationen unter der ehem. Betriebsstätte dokumentiert waren.

Die Heranziehung des Verursachers zur Gefahrenabwehr (wegen der entfernten Versiegelung waren Emissionen zu unterbinden) und für weitere Untersuchungen misslang, für die aktuellen Grundstückseigentümer galt das Prinzip des gutgläubigen Erwerbs nach HAltlastG.

Erste Maßnahmen

Die Gefahrenabwehr mittels Abdeckung und Absaugung und die Einleitung erster Untersuchungen (Abb. 2 u. 3) wurde dann mangels Heranziehbarkeit von Verhaltens- und Zustandsstörer behördlicherseits mit Sofortmaßnahmen angegangen und hiernach der Fall der HIM-ASG übertragen.



Abb. 2: Abgedecktes Schadenszentrum.



Abb. 3: Links Rand der Abdeckung, hinten A-Kohle-Behälter, vorn Messpegel.

Systematische Untersuchung

In Kampagnen über mehrere Jahre zeigten die immer weiter auszudehnenden Untersuchungen einen massiven LHKW-Schaden mit max. Messwerten im Grundwasser bis über $500\,000\ \mu\text{Σ LHKW}$ in der Nähe des Eintragherdes und eine einige Hundert Meter lange Fahne.

Raumluftgehalte in den Kellern der benachbarten Wohnbebauung wurden regelmäßig überwacht. Z. T. mussten hier Nutzungseinschränkungen empfohlen werden.

Die Untersuchungen bis hin zur Planung der Sanierung erforderten in den Jahren 1993 bis 1997 einen Mitteleinsatz von ca. 250 000 €.

Sanierung

Als Ergebnis der Ausschreibung (ohne Vorgabe der Sanierungstechnik) ist eine Kombination aus Bodenaustausch im Schadenszentrum und Grundwassersanierung im näheren Abstrom mittels „pump and treat“ ausgewählt worden.

Mit dem Bodenaustausch bis z. T. in 12 m Tiefe, eingehaust in einem Zelt mit Bewetterung (Abb. 4 bis 9), komplett umspundet und Grundwasserhaltung außerhalb, wurde 1998/99 rd. eine Tonne LHKW entfernt.

Im Anschluss daran erfolgte in 1999 die Installation von drei Horizontaldrainagen für die laufende Entnahme von Grundwasser und dessen oberirdischer Behandlung per Strippung. Zwischenzeitlich sind zusätzlich noch einige Vertikalbrunnen in die Sanierung einbezogen. Seit Inbetriebnahme ist über



Abb. 4: Aushubzelt.

eine Tonne LHKW aus dem Grundwasser zurück gewonnen worden.

Der Mitteleinsatz für die Bodensanierung und Installation der Grundwassersanierung belief sich auf ca. 3,2 Mio €. Hierin sind auch Kosten für Beweissicherungsmaßnahmen, Entschädigungsleistungen (Erschütterungsschäden an Gebäuden) für die betroffene Nachbarschaft und für Öffentlichkeitsarbeit enthalten.

Der laufende Betrieb für Grundwassersanierung, Grundwassermonitoring, Raumluftüberwachung, Gartenbrunnenüberwachung, Setzungsüberwachung u. a. beläuft sich im Jahr auf ca. 230 000 bis 260 000 €. Weitere Aufwendungen für diverse Optimierungen und zusätzliche Sanierungsmaßnahmen punktuell in der Fahne sind hierin nicht enthalten.

Fahne

Generell ist durch die erfolgreichen Sanierungsmaßnahmen im Schadenszentrum und im näheren

Abstrombereich eine deutliche Abnahme der Gesamtschadenssituation zu verzeichnen. Die Fahne ist weitgehend „abgerissen“ und eine weitere „Nachlieferung“ überwiegend unterbunden. Insofern konnte mit Nachweis des mikrobiellen Abbaus und dem Verharren der in ihren Gehalten abnehmenden Fahne dem „Szenario MNA“ zugestimmt werden.

Allerdings gab es mangels Zugänglichkeit eine Lücke im Riegel zum Abstrom und durch den seinerzeitigen massiven Bodeneingriff einen „Mobilitätsstoß“, so dass sich ein relativ beweglicher hot spot als Ausnahmeerscheinung herausgebildet hat, der sich innerhalb der Fahne merklich fortbewegt. Die letzte, im Vorjahr installierte Sanierungskomponente umfasst daher eine kleinräumige pump-and-treat-Maßnahme für diesen hot spot mit dem Ziel, die Gehalte hier soweit zu senken, bis die Milieubedingungen MNA möglich werden lassen.

Näheres zum Thema MNA und der Behandlung des vorg. hot spot wird im Teil 2 ausgeführt. Dies gilt besonders auch für Plandarstellungen.



Abb. 5: Baugrubenverbau, Einbau der Gurtungen und Steifen mit Autokran.



Abb. 6: Baugrubenverbau – Schweißarbeiten an der Aussteifung der 3. Gurtung.



Abb. 7: Aushub – unten und oben Bagger im Einsatz.

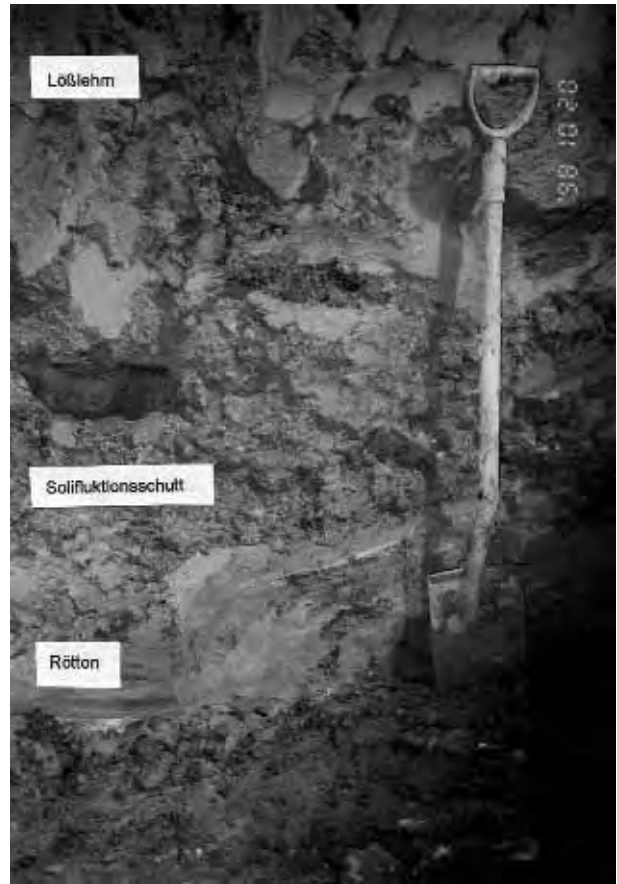


Abb. 8: „Endteufe“ bei rd. 12 m. Wasserführung ist eigentlich nur im Solifluktionsschutt zwischen Lößlehm und Röt.



Abb. 9: Aushubzelt im Abbau, Spundwände noch nicht gezogen.

Teil 2

Einführung

Am Standort des ehem. Chemikalienhandels Leuschnerstraße, Kassel, wurden chlorierte Kohlenwasserstoffe und Chlorbenzole in den Untergrund eingetragen. Nach einer Bodenaustauschsanierung in den Jahren 1998 und 1999 verblieb eine ausgeprägte Grundwasserkontamination durch Trichlormethan (CF), 1,2-Dichlorethan (DCA) und 1,2-Dichlorpropan (DCP), die Gegenstand der gegenwärtigen Sanierungs- und Untersuchungsmaßnahmen ist.

Untersuchungskonzept

Im Hinblick auf den Einsatz innovativer Methoden (ENA/ MNA) zielten die Untersuchungen auf die flächendeckende Ermittlung der hydrochemischen Milieubedingungen und des Redoxzustandes des Grundwasserleiters ab. Neben herkömmlichen Analysemethoden kamen folgende Verfahren zum Einsatz:

- Mikrokosmenstudien (Universität Erlangen)
- Analyse von Liner-Proben auf reduzierten Schwefel (Universität Bayreuth)
- Wasserstoffbestimmung (Universität Bayreuth)
- Vor Ort-Sulfidbestimmung (Universität Bayreuth)

Ergebnisse der Mikrokosmenstudien

Abb. 10 zeigt den Verlauf des Abbaus von CF, DCA und DCP. Die DCA- und DCP-Konzentrationen sinken unter aeroben Bedingungen innerhalb von 80 bzw. 100 Tagen unter die Bestimmungsgrenzen ($1 \mu\text{g/l}$). Anaerobe Mikrokosmen zeigten auch nach 100 Tagen keinen Abbau. In anfangs unter aeroben Bedingungen angesetzten Mikrokosmen kam der Abbau nach Absenken des Redoxpotentials zum Erliegen.

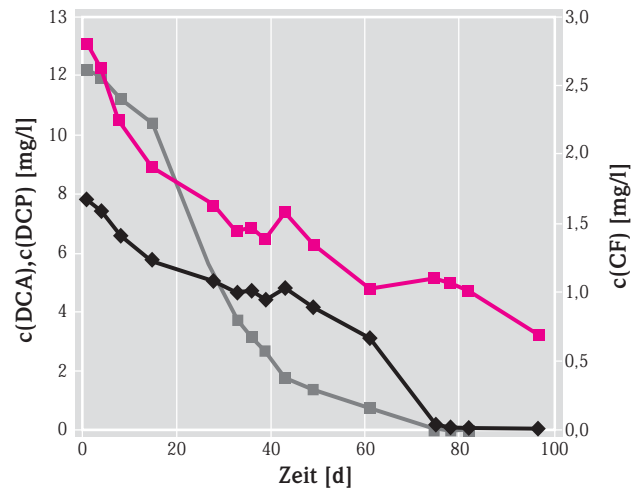


Abb. 10: Konzentrationsverlauf von CF, DCA, DCP unter aeroben Bedingungen.

Redoxzustand des Grundwasserleiters

Im südöstlichen Fahnenbereich wurde eine erhöhte Kohlenstofffracht (TOC) festgestellt (Abb. 11). Hier finden Eisen- und Manganreduktion statt (Reduktionszone). Im südlichen Bereich dominiert ein oxisches Milieu (oxische Zone).

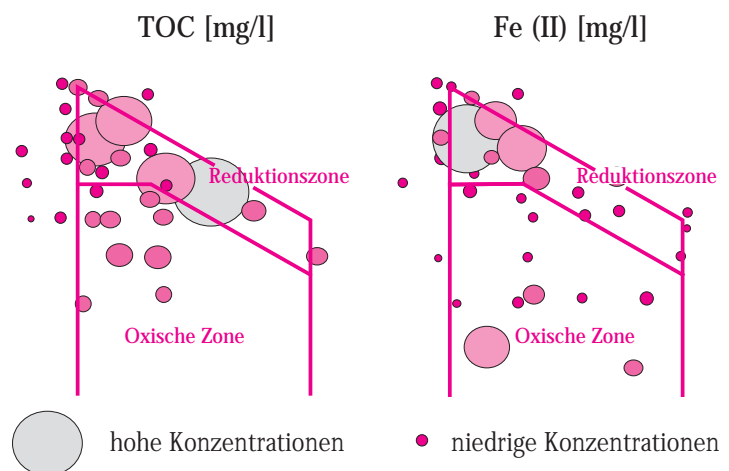


Abb. 11: Konzentrationsverteilung von TOC, Fe (II).

Entwicklung der Schadstofffahne

Die Schadstofffahne ist in zwei Bereiche mit unterschiedlicher Entwicklung der LHKW-Konzentrationen gegliedert (Abb. 12):

Reduktionszone: Die chlorierten Kohlenwasserstoffe durchwandern die Reduktionszone ohne erkennbaren Schadstoffabbau.

Oxische Zone: Die LHKW-Konzentrationen sind stabil bis rückläufig.

oxischer Redoxzustand entsteht, der die Voraussetzung für den biologischen Abbau ist.

2. Aufstellung eines MNA-Konzeptes für die oxische Zone.

Sowohl die aktive hydraulische Sanierung als auch die Umsetzung des MNA-Konzeptes starteten im Jahr 2006.

Schlussfolgerungen und Sanierungskonzept

Die Untersuchungsergebnisse führten zu folgendem Sanierungskonzept:

1. Aktive hydraulische Sanierung in der Reduktionszone: Ziel der aktiven Sanierung ist die Absenkung der org. Fracht bis ein überwiegend

Dank an:

Michael Woisnitza (HIM GmbH – Bereich Altlastensanierung HIM-ASG, 64584 Biebesheim)

Roman Breiter (Department of Environmental Process Engineering, University of Erlangen-Nuernberg, 91052 Erlangen)

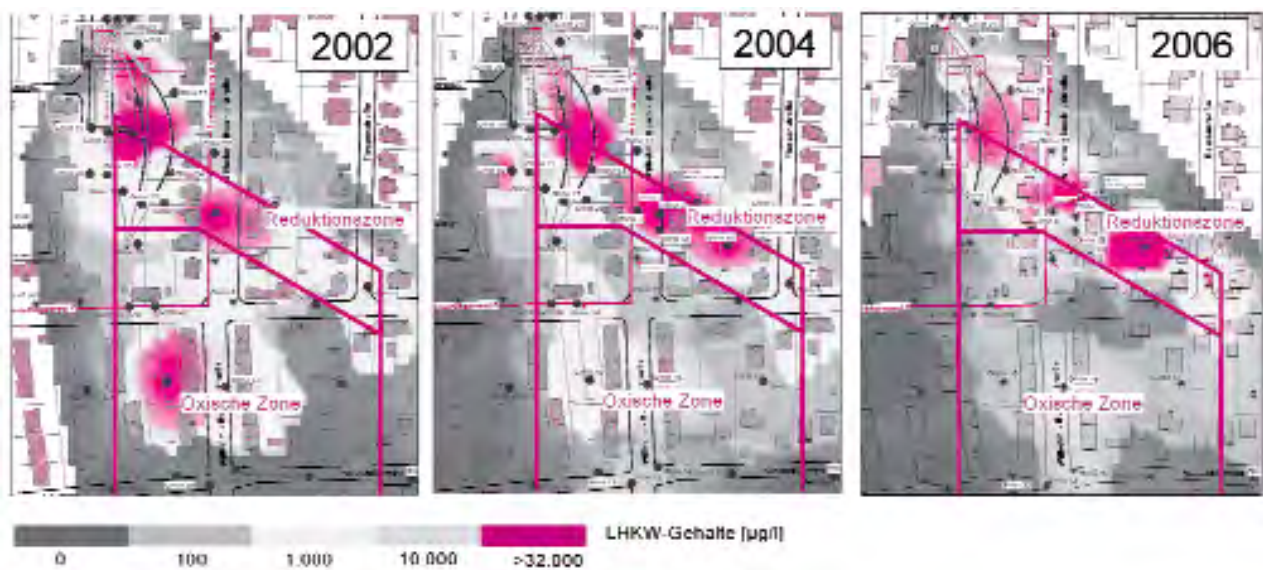


Abb. 12: Entwicklung der LHKW-Konzentrationen in der Schadstofffahne 2002–2006.

Wie nagt der Zahn der Zeit am Rüstungsaltsstandort Stadtallendorf?

MICHAEL WEIS

Stadtallendorf liegt im Landkreis Marburg am Nordrand Mittelhessens zwischen den hessischen Großstädten Frankfurt am Main und Kassel. Sein Name ist nicht verbunden mit so großen Ereignissen wie der bürgerlichen Revolution von 1848 (Frankfurt am Main) oder der Pflege preußischer Tugend (Kassel), der Lösung des agrarwirtschaftlichen Düngeproblems durch Liebig (Gießen) oder der Gründung der ersten evangelischen Universität durch Philipp den Großmütigen (Marburg). Aber die Produktion, Verarbeitung und Delaborierung von 276 000 Mg Sprengstoff während des II. Weltkriegs in Europas (ehemals) größter Rüstungsfabrik und die Vernichtung von 30 000 Mg Munition dort haben das mittelhessische 1 500 Seelen-Dorf schnell aus dem Dunkel der Geschichte des angrenzenden Waldhessens treten lassen. Vom Zwangsarbeitslager für Kriegsgefangene und ethnisch Verfemte über Aufnahmelager für und Ansiedlung der Flüchtlinge bis hin zur journalistisch aufgeheizten tickenden Zeitbombe des wieder besiedelten Rüstungsaltsstandorts entwickelt sich letztlich Stadtallendorf zu einem blühenden Mittelzentrum in der Region heute. Die erfolgreiche Bewältigung der durch Rüstung und Kriegsfolgen gestellten Aufgabe an Sicherung und Sanierung sprengstoffbürtiger Umweltschäden hat dabei einen entscheidenden Anteil.

Grundlage für diese außerordentliche Struktur-entwicklung bieten die Flächen der beiden ehemali-

gen Rüstungsanlagen der Dynamit-Aktiengesellschaft (DAG; 420 ha) im Westen und der Westfälisch-Anhaltischen Sprengstoff-AG (WASAG; 400 ha) im Osten von Stadtallendorf. Wie die US-amerikanische Luftaufklärung schon 1944 zeigt, verbinden die einzelnen Anlagen und Gebäude der Rüstungsbetriebe gebündelte Verkehrsstränge wie Straßen, Wege, Eisenbahngleise, Rohrleitungen und Kanäle über die gesamte, im Wesentlichen bewaldete Fläche hinweg. Hinzu kommt noch ein Stadtgebiet derselben Größenordnung, das sich vom Norden her zwischen beide ehemaligen Rüstungsfabriken einkeilt. Hier siedeln 22 000 Einwohner, zu denen sich tagsüber noch 7 000 Pendler zum Arbeitsplatz vor Ort gesellen. 384 LKW-Ladungen werden in den überdurchschnittlich dicht angesiedelten Betrieben und Industrieanlagen täglich gelöscht. Allein auf dem DAG/WASAG-Areal befinden sich 10 000 Arbeitsplätze und wohnen 4 000 Städter. Genau dieser Umstand führt im Fall von Stadtallendorf zur scheinbaren Missachtung des Lehrbuchwissens der Umwelttechnik, das – nach Erstabsicherung – die Beseitigung eines Hauptschadstoffherds (z. B. der so genannten Trihalde) vor die Schadensbearbeitung im Umfeld stellt. Jedoch sind Baulichkeiten der Rüstungsaltslast von ehemaligen Kriegsgefangenen, ethnisch Verfolgten und Vertriebenen wieder genutzt und neue Häuser und Betriebe errichtet, bevor der Sinn in Stadtallendorf nach Sanierung steht. So leben direkt auf der Altlast Menschen, die es vorrangig zu schützen gilt.

Erstes zu betrachtendes Schutzgut ist damit der Boden, der auf dem Wirkungspfad Boden–Mensch eine direkte (inhalative, ingestive, dermale) Gesundheitsschädigung durch sprengstofftypische Verbindungen (STV) auslösen kann. Das umweltunverträgliche Ausmaß einer Rüstungsfabrikation während des II. Weltkriegs zeigt eine Werkstatt auf dem WASAG-Gelände ebenfalls 1944. Es ist fachlich vergleichbar mit den Auswirkungen von unangemessen geführten Chemiestandorten, manchmal kritischer aufgrund der sprengstoffeigenen Toxikologie, oft jedoch weniger durchsichtig wegen der militärischen Geheimhaltung. 139 Flurstücke auf dem DAG-Gelände werden mit einem ausgeklügelten Raster von 13 700 Bodensondierungen überzogen, die horizontal unterteilt zu 35 400 Probenahmen respektive 44 900 Bodenanalysen führen. Auf auffälligem und bewohntem Areal verdichten sich diese Messpunkte; auf industriell neu genutzten Flächen übernehmen Betriebe diese Sanierungsaufgabe aufgrund der Vermaschung mit industriebürtigen Schadstoffen. Der Kriterienstandard eines Prüfwerts ($> 1 \text{ mg TNT/TE/Kg}$ Bodenprobe) und eines Eingreifwerts, der von der aktuellen Nutzung des Areals abhängt wie Wohnbereich (20), gewerbliche Tätigkeit (40) und Waldgebiet/Brache (80 mg TNT-TE/Kg), führt in einem 13-jährigen Maßnahmenprogramm zu einem Bodenaushub von $112\,000 \text{ m}^3$ bei gleichzeitiger Eliminierung von 136 Mg sprengstofftypischer Verbindungen (STV) auf einer sanierten Fläche von $61\,000 \text{ m}^2$.

Untrennbar mit der Bodensanierung verwoben sind die umwelttechnischen Folgen der ehemaligen Abwasserentsorgung aus den Rüstungsfabriken. Allein auf dem DAG-Gelände fußt diese auf Trennkanalesation zwischen säurehaltigen Abwässern der Produktion von Trinitrotoluol (TNT), Kondensatabwässern der Säurebetriebe, Kühl- und Spülwässern, Reinigungswässern aus den Betrieben neben Kanalsystemen unbekannter Zuordnung und einer Fernleitung, die aufgrund der beharrenden Klagen der universitären Elite der Philipps-Universität in Marburg Produktionsabwässer 16 km über die Lahnberge hinweg führt und lahnabstromig von Marburg direkt einleitet. In insgesamt acht Jahren werden

78 km Altkanal, unterteilt mit fast $2\,000$ Schächten erkundet. In trockenen Altkanälen taucht auskristallisiertes, sprengfähiges TNT auf; Kanäle werden gereinigt und gespült, insgesamt Haltungen von 32 km stillgelegt, im Wesentlichen verdämmt. Der dabei eliminierte STV-Schadstoff ist dem Ergebnis der Bodensanierung zugeschlagen.

Grundwasser ist das nächste zu betrachtende Schutzgut, das in Stadtallendorf innerhalb der Formation des Mittleren Buntsandsteins intensiv genutzt wird. In der ungesättigten Zone befinden sich STV-hot spots oder wirken flächenhafte STV-Einträge. Diese treffen zuerst auf die bis zu 50 m mächtige Solling-Folge im obersten Grundwasserstockwerk. Durch Toneinlagerungen getrennt befindet sich darunter das 2. Grundwasserstockwerk in der Hardeggen-Schicht, unterlegt von einem 3. Grundwasserstockwerk der Detfurth-Folge. Tektonisch und lithologisch weisen diese Schichten bedeutende, teilweise nur zu vermutende Abschiebungen und Querbrüche in der Größenordnung bis zu ihrer eigenen Mächtigkeit auf, so dass ein stark gestörter Aquifer resultiert. Unterschiedlichste Abstandsgeschwindigkeiten v_{GW} ($1 \dots 80 \text{ m/d}$) finden sich in der Haupfließrichtung des klüftigen Grundwasserleiters nach Südwesten. Acht Flachbrunnen (incl. einer Tiefendrainage) sichern lokal im Solling geringe Wasservolumina hoher STV-Konzentration. 11 Abschöpfbrunnen im weiteren Umfeld der hot spots erfassen mittlere Wasservolumina bereits verdünnter STV-Einträge im mittleren Grundwasseraquifer. Hydraulisch abgestimmt schützen diese Brunnengalerien 23 Tiefbrunnen einer der wichtigsten Trinkwassergewinnungsanlagen (TW) aus Grundwasser in Hessen ($\text{ca. } 10 \text{ Mm}^3$ in 2006; Wasserwerk Stadtallendorf). Dieses Regime wird bisher über 122 Messstellen gesteuert, zusammen mit $140\,000$ abgefragten Grundwasser(GW)-Messständen und $161\,000$ ausgewerteten Grundwasseranalysen. STV-belastete Grundwässer werden über (Kies)/Aktivkohlefilter (K/A) abgereinigt (bisher 5 Mg STV eliminiert) und führen in 26 Jahren Betrieb mit einem Volumen von 5 Mm^3 insgesamt direkt (OW) in die Klein bzw. den Münchbach.

Da bisher weder Oberflächengewässer noch Atmosphäre kritische STV-Belastungen aufweisen, wäre damit die bauliche bzw. technische Sanierung des Rüstungsalstandorts Stadtallendorf abgeschlossen. Allerdings sind Restkontaminationen verschiedenster Art auf und im Umfeld des Rüstungsalstandorts Stadtallendorf noch bekannt, die trotz des in Deutschland einmaligen und finanziell bisher unübertroffenen Sanierungsaufwands dort nicht außer Blick geraten dürfen. Sie beruhen auf Auslassungen aufgrund von Wirtschaftlichkeitsberechnungen und/oder Unzulänglichkeiten der angewandten Sanierungstechnik. Zu prüfen ist, ob nicht das breit gefächerte, ökologische Mittel der Verminderung von Schadstoffen durch biotische und abiotische Transformation, das uns die Natur vorgibt, Pate stehen kann, um fachlich in der Sache noch weitere Sanierungsfortschritte zu erzielen.

Seit Mitte des Paläogens (frühes Tertiär, ca. 40 Ma) ist die Phase der vor Ort-Gebirgsbildung anzunehmen, deren Lithologie und Tektonik die gesamte Untergrundsituation für den Eintrag der STV in der Neuzeit bildet. Die Archäologie lehrt uns: Zuerst war das Wasser, dann der Mensch. Der vorgeschichtliche Neandertaler, der frühestens vor 800 000 Jahren an die Quellen der Jössklein, der Klein und des Münchbachs kommt, nutzt das Wasser ohne Kenntnis des preußischen Wassergesetzes, verursacht allerdings auch kaum eine Umweltbeeinträchtigung im heutigen Sinn. Im frühgeschichtlichen Mittelalter (um 500 n. Chr.) ohne Praxis der nachhaltigen Dreifelderwirtschaft dürften die ersten Ansiedlungen um Stadtallendorf zwar punktuell zu Umweltschäden geführt haben. Die Hinterlassenschaften der Wüstungen sollten aber aufgrund der extensiven Landwirtschaft bald umwelttechnisch vergessen werden können. Der erste größere Eingriff wasserwirtschaftlicher Art könnte in den Bestrebungen des vorletzten Jahrhunderts gelegen haben, versumpften Regionen brauchbares Ackerland für die Intensivlandwirtschaft abzuringen. Aus der so genannten Melioration geht später die klassische Wasserwirtschaft hervor.

Der eigentliche STV-Eintrag geschieht in der

Neuzeit ab 1939–1945. Zwei Rüstungswerke werden in den sichtschtzenden mittelhessischen Wald geplant und gerade wegen des reichhaltigen Wasserdargebots dort aufgebaut, da der Wasserbedarf für eine TNT-Produktion des bekannten Ausmaßes enorm ist. Während aber bereits seit 1943 sich die WASAG-Anlagen im geordneten Rückbau befinden, läuft das DAG-Rüstungswerk noch beim Einmarsch der Alliierten am 28.03.1945 bis zum letzten Tag unter voller Produktion. Entsprechend unterschiedlich fällt die Gefährdungsabschätzung der beiden ehemaligen Werksgelände aus und wird bisher auch durch Umweltgutachten bestätigt. Fast gleichzeitig mit der gesellschaftspolitischen Einführung des Umweltbegriffs werden 1970 erste technische Sicherungsschritte (Einzug einer Hochdruck-Polyethen-Folie in die nicht Basis-abgedichtete, Bodenabgedeckte Trihalde) durchgeführt und die Ausweisung eines Trinkwasserschutzgebiets vor Ort beantragt. Der Grundwasserkörper unter Stadtallendorf gewinnt zunehmend an wirtschaftlicher Bedeutung. Die Jahrzehnte um die letzte Jahrhundertwende (1987–2006) sind geprägt von der Erkundung, Sicherung und Sanierung des Rüstungsalstandorts unter standardisierten Bedingungen.

Knapp 70 Jahre nach beginnendem Eintrag der STV in den Untergrund gilt der Rüstungsalstandort als saniert. Boden gut gemacht!, meldet die Projektleitung. In diesen sieben vergangenen Jahrzehnten laufen aber auch prinzipiell alle möglichen Transformations-, Festlegungs- und Mineralisierungsreaktionen der eingetragenen STV-Schadstoffe ab und schaffen dynamische Gleichgewichtszustände der Natur, die ohne weiteres technisches Zutun der Beherrschung des eingetretenen STV-Umweltschadens dienen können (Natural Attenuation = qualifiziertes Nichtstun). Allgemein bestimmt die Kinetik dieser chemischen Um- und Abbaureaktionen einen exponentiell abfallenden Konzentrationsverlauf, der bei unendlicher Reaktionszeit asymptotisch gegen Null läuft. Charakteristische Simulationen der vor Ort-Situation zeigen bisher innerhalb definierter, abgeschlossener Modellräume künftige Reaktionslaufzeiten von > 250 Jahren an. Innerhalb eines Forschungsvorhabens mit dem Thema „Schadstoffminderungs-

prozesse sprengstofftypischer Verbindungen und Metaboliten ...“, jahrelang gefördert vom BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) wird der Schadstoffeintrag von STV am Rüstungsaltsstandort Stadtallendorf wesentlich besser verstanden.

Erläutert wird das Schadstoffspektrum am Beispiel der TNT-Herstellung (im DAG-Werk). Mit Hilfe von konzentrierter Schwefelsäure (H_2SO_4 ; starke Säure) wird das nitrierende Agens konzentrierte Salpetersäure (HNO_3 ; mittelstarke Säure) derart reaktiviert (Bildung des Nitrylkations NO_2^+), dass der Reaktionspartner Toluol ($C_6H_5-CH_3$, zweites Edukt) über die Zwischenstufe eines Meisenheimerkomplexes zu dem begehrten Produkt TNT umgesetzt wird. Aus dieser Hauptreaktion (s. Abb. 1 Pfeil) gehen aber nicht nur dreifach nitrierte Toluole (TNT) sondern auch zweifach (Dinitrotoluole; DNT) und einfach nitrierte (Mononitrotoluole; MNT) hervor – und das an verschiedenen Substitutionsstellen des aromatischen Toluolrings. So resultieren theoretisch allein jetzt schon 15 verschiedene nitrierte Toluol-Stellungsisomere (Nitrotoluole; NT). Eine Nebenreaktion in der Darstellung von TNT ist die bereitwillige Sulfonierung von NT zu nitrierten Sulfonsäuren. Die Familie der Nitro-Toluol-Sulfonsäuren bildet sich aus. Eine weitere Nebenreaktion in der Darstellung von TNT ist die Oxidation der Methylfunktion von NT bzw. Toluol unter extremen Reaktionsbedingungen neben der Nitrierung zu nitrierten Benzoesäuren. Die Familie der Nitro-Benzoesäuren erschließt sich. Auch gemischte Substitutionsreaktionen sind im Produktionsprozess denkbar (sulfonierte, nitrierte Benzoesäuren). Die Nebenprodukte der Nitro-Toluolsulfonsäuren und Nitro-Benzoesäuren werden über Waschprozesse aus der Produktionslinie des 2,4,6-TNT ausgeschleust. Die weniger sprengfähigen DNT- und MNT-Derivate der Nitro-Toluole werden entweder in weiteren Nitrierungsschritten zu TNT umgesetzt oder ebenfalls aus dem TNT-Produktstrom entfernt. Dabei fallen STV-Abfallprodukte aus Waschwässern und in Abwasserschlämmen an.

Neben diesen STV aus gesteuerter TNT-Produktion führt die natürliche Transformation von TNT

sowie seinen Neben- und Abfallprodukten, die unbeabsichtigt in den Untergrund gelangen, zu weiteren unterschiedlichen STV-Familien (Metaboliten):

- partielle Reduktion der Nitro-Funktion zu Amino-Nitro-Toluolen,
- Vollreduktion der Nitro-Funktion zu Toluidinen und Aminotoluolen,
- Oxidation der Toluoyl-Funktion zu Nitro-Benzoesäuren,
- schrittweise Oxidation der Toluoyl-Funktion zu Nitro-Benzylalkoholen,
- oxidative Desulfonierung der Nitro-Sulfonsäuren zu Nitro-Phenolen und
- Reduktion zu Nitrobenzolen.

Es wird darauf hingewiesen, dass andere potenzielle Umlagerungen neue Metabolite erschließen, die je nach Milieubedingungen auch wieder den Reaktionsweg zurück finden können. Nicht zuletzt sei an Reaktionen der Ringspaltung erinnert, die zu weiteren STV-Familien führen (Catechole, Dirole etc.) oder auch zur totalen Mineralisation (H_2O , CO_2 , NH_3 , NO_x). Insgesamt zieht die einschlägige Literatur bis zu 500 verschiedene STV-Verbindungen in Betracht, die potenziell am Rüstungsaltsstandort Stadtallendorf auftreten könnten. Tatsächlich spielen aber weit weniger STV eine tragende Rolle.

Umwelttechnisch unterscheiden kann man die Summe der Edukte, Produkte und Metabolite weiterhin in ihrer Wasserlöslichkeit respektive Polarität. Anorganische (ionische) Spezies (Salpetersäure, Schwefelsäure) sind fast unbegrenzt wasserlöslich, nitrierte Toluol-Sulfon- und nitrierte Benzoesäuren aufgrund ihres ionischen Teilcharakters immer noch recht gut. Nitrierte Benzylalkohole und nitrierte Phenole zählen zu den polaren STV (leidlich wasserlöslich), während die meisten anderen (in Abhängigkeit des Nitrierungsgrads bzw. gering ausgeprägter Dipolmomente) als unpolare STV gelten und aufgrund ihrer Hydrophobie wesentlich besser bei der Untergrundpassage retardiert werden.

Trotzdem bisherige Kosten von 165 M€ für die Sanierung des Rüstungsaltsstandorts schon angefallen sind, ist eine Totaleliminierung von STV nicht

gelungen. Im Stadtallendorfer Untergrund sind immer noch geschätzte STV-Restmassen von 29 Mg verteilt. Die dargestellte Vielfalt von ca. 500 potenziellen STV (vor allem der gut wasserlöslichen) vor dem Hintergrund der wichtigsten Trinkwasserressource für die Bevölkerung Mittelhessens aus dem ausgewiesenen Trinkwasserschutzgebiet zeigt das dringende Bedürfnis an, neuartige und noch leistungsfähigere Verfahren einzusetzen als bisher. Zudem verweist die nicht leicht zu ermittelnde, zu zweidimensionalem Schollenmosaik neigende Tektonik im Stadtallendorfer Untergrund auf einen komplexen Aquifer von ausladender Breite, Tiefe und stark unterschiedlichen Porositäten, damit Grundwassergängigkeiten.

Zum Instrumentarium für ein umfangreiches Datenmaterial, das allein ein solch komplexes System zu beherrschen vermag, wird vom Institut für Angewandte Geologie der TH Karlsruhe ein 3-dimensionales Grundwasser(GW)-Strömungs- und STV-Transportmodell entwickelt. Es simuliert pseudostationär auf einem 60 km²-großen GW-Einzugsgebiet 22 tektonische Modellschichten, die von der TW-Schutzgebietsgrenze (im Norden) und Rhein-Weser-Scheide (im Osten ... Süden) bis über die 23 Tiefbrunnen der Stadtallendorfer Rohwassergewinnung (im Westen) hinaus reichen. Daten aus 123 Grundwasserpegeln und 12 600 Bodenanalysen werden nach der Finite Elemente-Methode mit der Software FEFLOW unter Zuweisung definierter Näherungen und Annahmen sowie konkreter Randbedingungen modelliert. Es umfasst 376 000 Zellen und beinhaltet 200 000 Knotenpunkte. Simulationsrechnungen, die bei dieser Datenfülle bis zu acht Stunden beanspruchen, zeigen für das GW-Strömungsmodell Stadtallendorf befriedigende Ergebnisse. Deutlich ist neben dem engmaschigen Messnetz des Rüstungsaltsstandorts Stadtallendorf der Einzugsbereich des Münchbachs (nordwestlich) und der Jöbklein (mittig) zu sehen, die beide in die Klein (südwestlich) münden. Simulationsrechnungen für den STV-Transport beschränken sich bisher auf vier Schadstoffe: 2,4,6-Trinitrotoluol, 2,4-Dinitrotoluol und 2-Mononitrotoluol als Vertreter aus dem Rüstungsproduktionsprozess sowie der dead end-Spe-

zies 4-Amino-2,6-Dinitrotoluol als kaum noch weiter zu transformierender, natürlicher Metabolit. Mangels zur Verfügung stehender Bodenanalysen, die rechnerisch mit Hilfe von (Thiessen-)Polygonen in Bodenkonzentrationen regionalisiert werden müssen, kann die Bodenpassage polarer STV-Vertreter (z. B. Nitro-Toluol-Sulfonsäure) noch nicht simuliert werden. An der Verbesserung des Modells für die Vorhersage des STV-Transports im Untergrund wird weitergearbeitet.

Dieses junge digitale Instrument ermöglicht bereits Simulationsrechnungen für die weitere Vorgehensweise auf dem Rüstungsaltsstandort Stadtallendorf.

Im Zuge von Aufräumarbeiten einer DAG-Nitrierungsanlage kommt es 1952 vermutlich in Folge eines Erddammbruchs zum Abfluss einer konzentrierten MNT-Lösung (ca. 8 Mg) über die Gerinne des angrenzenden Walds in einen eng begrenzten Abschnitt der Kleinniederung (2 000 m²). Dieser liegt außerhalb des heute bewohnten und industriell genutzten DAG-Werksbereichs. Die Talaue der Klein, nicht zum Ackerbau und nur leidlich zur Viehwirtschaft genutzt, weist einen Grundwasserflurabstand von 1–3 m auf. Der Untergrund besteht aus Schichtungen von Auelehm/Feinsand/Festgestein (ca. 10 m tief anstehend) mit Torfeinlagerungen. Zur Sanierungsfindung wird auf einer Versuchsfläche (150 m²) der lanzengestützte Eintrag von 15 m³ unvergälltem Ethanol in den Schadensherd (ca. 200 m Entfernung zum nächsten Tiefbrunnen) vorgeschlagen, um in Phase vorliegendes 2-MNT in Lösung zu bringen. In einem begrenzten Zeitraum soll das MNT-angereicherte Grundwasser ($v_{\text{GW}} = 0,4 \text{ m/d}$) mit Hilfe von drei Abschöpfbrunnen hydraulisch gefasst und über Aktivkohle, eventuell auch biologisch abgereinigt werden.

Die Simulationsrechnung des STV-Schadstofftransports zum heutigen Zeitpunkt deckt sich mit der konventionell ermittelten Schadstofffahne, die bisher unter intermittierendem Pumpbetrieb klein gehalten werden kann. Das Szenario fortschreitender Zeit unter unveränderten Bedingungen zeigt ein

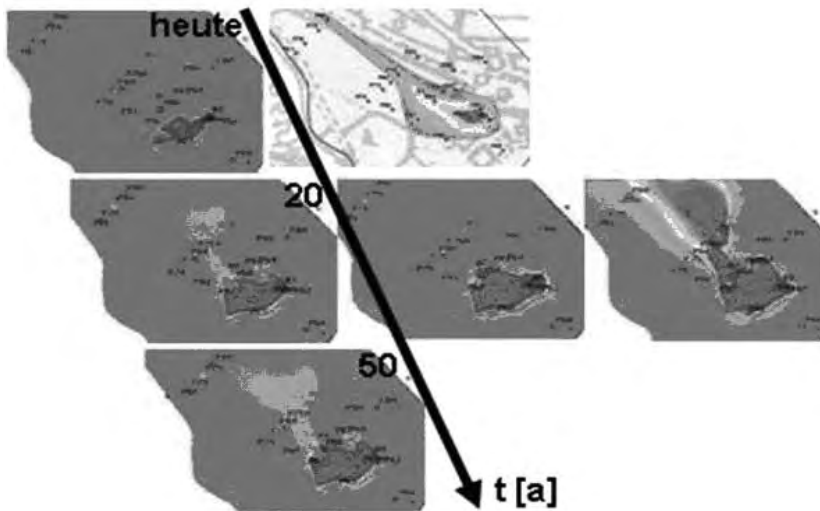


Abb. 1:
Ausbreitung der MNT-Schadstofffahne unter verschiedenen Szenarien;
mitte oben: Ist-Zustand
links: Simulationsrechnung nach 0, 20 und 50 Jahren (ohne GW-Förderung, mit Abbau)
mitte: Simulationsrechnung nach 20 Jahren (mit GW-Förderung, mit Abbau);
rechts: Simulationsrechnung nach 20 Jahren (ohne GW-Förderung, ohne Abbau).

(in 20 Jahren) signifikantes bzw. ein (in 50 Jahren) zu Maßnahmen aufrufendes Ausbluten der MNT-Phase Richtung Nordwest bei stetiger Vergrößerung des Schadstoffherds (Abb. 1). Durch geeignete hydraulische Maßnahmen könnte zwar innerhalb eines 20 Jahres-Zeitraums das deutlich vergrößerte Schadenszentrum am Ausbluten gehindert werden. Das potenzielle Ausbleiben jeglichen STV-Abbaus im Untergrund (z. B. aufgrund der Überschreitung der Toxizitätsschwelle in der Schadstofffahne) würde jedoch in der Simulation alarmierende Zustände auslösen.

Die Schutzgutabwägung nach Bodenschutzrecht erzwingt aufgrund der unbeeinträchtigten Nutzung in der Kleinniederung (Fischteich; Klein) und bisheriger Erkenntnisse (Gefährdung einer sehr hochwertigen Trinkwasserförderung) lediglich die STV-Unterbindung auf dem Wirkungspfad Boden-Grundwasser. Hydraulische Sicherungen erscheinen erfolgreich für die nächsten 20 Jahre, stoppen aber nicht endgültig die Gefahr. Ausnahmezulassungen im TW-Schutzgebiet Zone II sind notwendig für das Einbringen von Ethanol (wassergefährdender Stoff), den Eingriff in den Boden, die Entnahme und die Aufbereitung des Grundwassers. Rechtlich scheitern sie derzeit am nicht ganz beherrschbaren, nach Rechtsprechung dann auch nicht hinnehmbarem Restrisiko der Verschlechterung des Grundwassers

(bei 100 %-igem Spülerfolg), nicht vollständig berücksichtigter GW-Aufbereitung und dem fehlenden Versuch konventioneller Sanierungsmethoden (Hydraulische Sicherung; Linerbohrungen) gegenüber der noch nicht in anderen Projekten ausgetesteten Ethanolspülung. Die weitere Diskussion der vorgeschlagenen Maßnahme wird fortgeführt.

Das über 26 Jahre gehaltene hydraulische Regime im Kerngebiet des DAG-Werks von Stadtalendorf zeigt in allen lokalen Sicherungen und Abwehrbrunnen des Umfelds einen Trend sinkender STV-Konzentrationen und -frachten. Allerdings gibt es Anzeichen für eine leicht steigende Tendenz der nitrirten Toluolsulfonsäuren in den Rohwasserfassungen. Notwendigerweise bedingt nicht zuletzt diese Erkenntnis ein ständiges Monitoring des Grundwasserzustands. Überlegungen, das bewährte hydraulische System effektiver, wirtschaftlicher und dennoch sicher zu fahren, können im sukzessiven Abschalten von Bilanzebenen lokal, im Umfeld oder an den Tiefbrunnen angestrengt werden. Die Aktivkohlefiltration des Rohwassers sollte vorerst als finale Sicherheitsstufe für die Trinkwasserqualität erhalten bleiben. Lokale Sicherungsbrunnen zeigen derzeit noch die höchsten STV-Gehalte bei geringem GW-Volumenstrom. Also bietet es sich zunächst an, die Abschöpfbrunnen der Abwehrsysteme (niedrige STV-Konzentration bei mittlerem GW-Volumen-

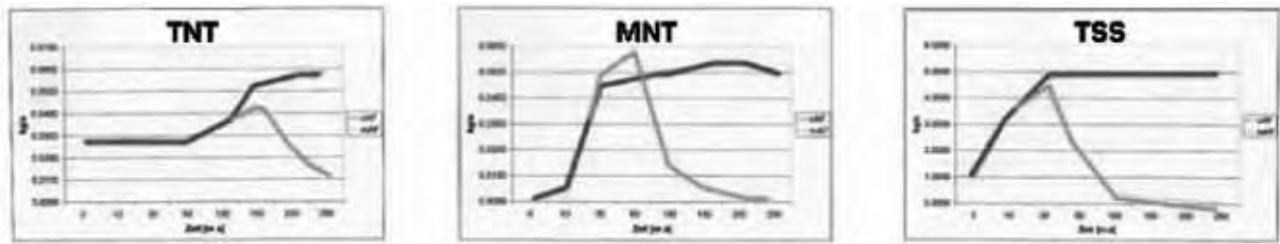


Abb. 2: Entwicklung der Schadstofffracht für 3 STV bei Abschaltung der GW-Sicherungsbrunnen; dunkel: Simulation unter konstanter Schadstofffreisetzung (stationär), hell: Simulation unter abklingender Schadstofffreisetzung (instationär).

strom) kontrolliert zurückzufahren und die sich dann entwickelnde GW-Qualität einer MNA (Monitored Natural Attenuation, Überwachung von Abbau- und Rückhalteprozessen) zu überlassen.

Erste Simulationen für dieses theoretische HydraulikszENARIO werden mit dem dreidimensionalen GW-Strömungs- und STV-Transportmodell für die STV 2,4,6-Trinitrotoluol (TNT), 2-Mononitrotoluol (MNT) und 2,4-Dinitro-Toluol-5-Sulfonsäure (TSS) durchgeführt (Abb. 2).

Beim Abschalten der Abwehrsysteme zeigt sich an deren Durchbruchkurven (dunkle Kurve) qualitativ für alle drei STV ein Anstieg der Frachten [kg STV/a] mit Verdopplung (TNT) ... Verfünffachung (MNT und TSS), der aber technisch mit einer Aktivkohlefiltration als beherrschbar gelten darf. Unter Berücksichtigung einer Abklingfunktion (helle Kurve) für die spezifische Transformation der drei individuellen STV-Komponenten darf für TNT in 150 Jahren, für MNT in 50 Jahren und TSS bereits in 30 a die maximale Durchbruchswelle und in > 250 Jahren (gewählter Rechenzeit) ihr abklingendes Ende in der Rohwasserförderung erwartet werden. Im letzten Fall der TSS bestätigt die Simulation darüber hinaus die analytisch gesicherte Erfahrung, dass die Front der nitrerten Toluol-Sulfonsäuren heute längst einige Tiefbrunnen erfasst hat.

Allen technischen Anstrengungen und finanziellen Aufwendungen am Rüstungsaltsstandort Stadtallendorf zum Trotz entziehen sich konkrete, bisher unerreichte Rest-STV-Kontaminationen des Bodens und diffuse Grundwasserbelastungen auch heute noch einem Zugriff konventioneller Sanierungstechnik. Zwar ist aufgezeigt, dass am Standort Stadtallendorf Boden (wieder)gutgemacht, Trinkwasserressourcen erfolgreich geschützt und strukturpolitisch trotz massiven STV-Umweltschadens Flächenrecycling überzeugend betrieben werden können. Jedoch bleibt der Beigeschmack der realen Unzulänglichkeit oder des (noch) wünschenswerten Endzustands. Aus diesem Grund sind neue Techniken gefordert, die der Komplexität der weiträumigen Kontamination auch Herr werden können. Rechnungen mit einem eigens dem Standort angepassten 3 D-Strömungs-Transport-Modell liefern erste brauchbare Ergebnisse und zukunftssträchtige Hinweise. Auf viele Jahre könnten damit Unsicherheiten in der Gefährdungseinschätzung am Standort wenigstens planerisch entschärft werden, auch wenn die naturwissenschaftliche black box des STV-Schadstoffübergangs von der ungesättigten Zone in das Grundwasser nach wie vor erhebliche Verständnislücken aufweist. Vor diesem Hintergrund kann sich die – in Deutschland endlich – vorangetriebene Idee des qualifizierten Nichtstuns noch zum rettenden Leitfaden künftiger Sanierungen mausern.

Literatur und Quellen

- HMULV/HIM – Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz unter Mitwirkung der HIM GmbH, Bereich Altlastensanierung (2005): Boden gut gemacht. Die Sanierung des Rüstungsalstandortes Stadtallendorf. DCM Druck Center, Meckenheim, 2005.
- JOOS, A., SPYRA, W., WEIS, M., ZEISBERGER, V. & SCHÖN, G.: Empfehlungen zur Einzelfallbewertung – Einzelfall, Verhältnismäßigkeit und Besorgnisgrundsatz. In: KORA/IABG (Hrsg.): Leitfaden über Schadstoffminderungsprozesses sprengstofftypischer Verbindungen und Metaboliten sowie deren Berücksichtigung bei der Gefahrenbewertung auf Rüstungsalstandorten. Berlin, in Vorbereitung.
- JOOS, A., SPYRA, W., WEIS, M., ZEISBERGER, V. & SCHÖN, G.: Empfehlungen zur Einzelfallbewertung – Stufenweises Vorgehen. In: KORA/IABG (Hrsg.): Leitfaden über Schadstoffminderungsprozesses sprengstofftypischer Verbindungen und Metaboliten sowie deren Berücksichtigung bei der Gefahrenbewertung auf Rüstungsalstandorten. Berlin, in Vorbereitung.
- KOCH, W., MEBLING, A. & LIESER, A.: Belastungssituation. In: HMULV/HIM – Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz unter Mitwirkung der Hessischen Industriemüll GmbH, Bereich Altlastensanierung (2005): Boden gut gemacht. Die Sanierung des Rüstungsalstandortes Stadtallendorf. DCM Druck Center, Meckenheim, 2005.
- LIESER, U., MEBLING, A. & LENNARTZ, N.: Rückhalt, Abbau und Stimulation von Nitroaromaten (Schwerpunkt MNT). Bericht zum Aufstockungsantrag MONASTA, Aachen, 2006.
- LIESER, U., SCHMIDTKE, T. & MEBLING, A.: Konzept zur Anwendung von Monitored Natural Attenuation (MNA) auf den Standort Stadtallendorf. Aachen, 2006.
- LUDEWIG, M.: Vorstellung der FE-Modellierung Stadtallendorf. Lehrstuhl für Angewandte Geologie, TH Karlsruhe (Unterlagen vom 30.05.2007). Dissertation. Lehrstuhl für Angewandte Geologie, TH Karlsruhe, in Vorbereitung.
- MERKER, M.: Dreidimensionale Strömungs- und Transportmodellierung eines Teilbereichs der Rüstungsalstandortes Stadtallendorf (Hessen). Diplomarbeit. Lehrstuhl für Angewandte Geologie, TH Karlsruhe, 2007.
- MORITZ, R.: Ethanolspülung Kleinniederung, Stadtallendorf – Rechtliche Bewertung. Gießen, 2007.
- Regierungspräsidium Gießen: Luftbilddaufnahme des DAG-Areals. Gießen, 1990.
- TOUSSAINT, R.: Numerisch simulierter Transport von sprengstofftypischen Schadstoffen in einem Buntsandstein-Aquifer. Dissertation. Lehrstuhl für Angewandte Geologie, TH Karlsruhe, 2006.
- TRÄNCKNER, S., LIEBER, A., SCHMALZ, L., RAIMANN, S. & UHLIG, U.: Laborative Untersuchungen zur Ermittlung der Transformationskonstanten und der Sorptionsparameter des komplexen Nitroaromatengemischs im Festgestein am Standort Stadtallendorf. Endbericht zum Teilprojekt MONASTA, Dresden, 2006.
- US Air Force: Strategic Bombing Survey. Luftbilddatenbank Carls, Würzburg, 1944.
- US Air Force: Strategic Bombing Survey. Luftbilddatenbank Carls, Würzburg, 1948.
- WEIS, M.: Arbeitspapier zur Diskussion des MNA-Konzepts zur wirtschaftlicheren Gestaltung der STV-Sicherungssysteme auf dem Rüstungsalstandort Stadtallendorf. Gießen, 2007.
- WEIS, M.: MNA-Konzept zur Ressourceneinsparung auf dem Rüstungsalstandort Stadtallendorf. Gießen, 2007.
- WEIS, M.: Festlegung und gesteigerter Abbau von Mononitroaromaten durch Einspeisung von Alkoholen in den ungesättigten/gesättigten Bereich der Kleinniederung. Gießen, 2007.
- WEIS, M.: Abteufen von 30 Linerbohrungen und 1 Grundwassermessstellenbau im Bereich der Kleinniederung zur Entnahme von Bodenproben. Gießen, 2007.
- WOLFF, J.: Die kriegswirtschaftliche Bedeutung der Allendorfer Sprengwerke. Stadtallendorf, 2005.
- ZIPPRICH, L., LIESER, U. & MEBLING A.: Hydraulische Sicherung. In: HMULV/HIM – Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz unter Mitwirkung der Hessischen Industriemüll GmbH, Bereich Altlastensanierung (2005): Boden gut gemacht. Die Sanierung des Rüstungsalstandortes Stadtallendorf. DCM Druck Center, Meckenheim, 2005.

Hessische Arbeitshilfe zu überwachten natürlichen Abbau- und Rückhalteprozessen (MNA)

VOLKER ZEISBERGER

1 Einleitung

Seit etwa 10 Jahren genießt das Thema „Natürliche Abbau- und Rückhalteprozesse im Grundwasser und deren Überwachung“ hohe Aufmerksamkeit im Altlastenbereich. In Fachkreisen wird intensiv diskutiert, ob und unter welchen Bedingungen die Beobachtung natürlicher Abbau- und Rückhalteprozesse als Alternative oder Ergänzung zu aktiven Grundwassersanierungsmaßnahmen zugelassen werden kann. Erfahrungen mit Abbau- und Rückhalteprozessen auf Altlasten wurden bereits in den 90er Jahren in den USA gewonnen und unter den Begriffen Natural Attenuation (NA) und Monitored Natural Attenuation (MNA) publiziert. Interessant ist auch, dass bereits in den 60er Jahren in Hessen natürliche Abbauprozesse beobachtet und beschrieben wurden, insbesondere von GOLWER und MATTHEB (Hessisches Landesamt für Bodenforschung) [1, 2].

In der aktuellen Gesetzgebung wird auf natürliche Abbau- und Rückhalteprozesse im Sicker- und Grundwasser nur am Rande eingegangen, z. B. in Anhang 1 Nr. 3.3 der BBodSchV [3]. Daher stellen sich für den Verwaltungsvollzug folgende Fragen:

- Kann die Überwachung natürlicher Abbau- und Rückhalteprozesse (Monitored Natural Attenuation, MNA) eine aktive Sanierungsmaßnahme ersetzen, wie z. B. das Fördern und Reinigen von Grundwasser?

- Unter welchen rechtlichen Rahmenbedingungen ist MNA zulässig? Kann aus rechtlicher Sicht MNA mit einer aktiven Grundwassersanierung gleichgesetzt werden?
- Wie muss der Nachweis erfolgen, dass natürliche Abbau- und Rückhalteprozesse tatsächlich wirksam sind? Wie genau muss die Prognose der zukünftigen Schadstoffentwicklung erfolgen?
- Welche Voraussetzungen müssen erfüllt sein, damit MNA aus Sicht der zuständigen Behörde akzeptabel ist? Unter welchen Randbedingungen ist MNA keinesfalls akzeptabel?
- Wie ist vorzugehen, wenn die Abbau- und Rückhalteprozesse geringer sind als prognostiziert wurde?

Mittlerweile besteht Konsens in Deutschland, dass natürliche Abbau- und Rückhalteprozesse nicht als Sanierungsmaßnahme im Sinne des Bundesbodenschutzgesetzes (BBodSchG) eingestuft werden können. Sie sind jedoch als natürliche Standortgegebenheiten zu berücksichtigen, wenn Entscheidungen der Bodenschutzbehörden über Untersuchungen und Sanierungen auf Altlasten zu treffen sind. Unter Berücksichtigung des Grundsatzes der Verhältnismäßigkeit kann MNA eine aktive Sanierungsmaßnahme ersetzen oder ergänzen.

Handbuch Altlasten: Arbeitshilfe zu überwachten natürlichen Abbau- und Rückhalteprozessen im Grundwasser

Hessen hat 2004 als erstes Bundesland eine Vollzugshilfe zu natürlichen Abbau- und Rückhalteprozessen bei Altlasten veröffentlicht. Das Handbuch Altlasten des HLUG „Arbeitshilfe zu überwachten natürlichen Abbau- und Rückhalteprozessen im Grundwasser (Monitored Natural Attenuation MNA)“ [3] wurde von einer Arbeitsgruppe erstellt, in der das hessische Umweltministerium, die Regierungspräsidien, eine Untere Wasserbehörde und das HLUG (Federführung) vertreten waren. Im Jahr 2005 erschien die leicht überarbeitete 2. Auflage der Arbeitshilfe.

Rechtliche Einordnung von MNA

MNA ist kein Sanierungsverfahren nach § 2 Abs. 7 BBodSchG. Nach der im Handbuch vertrete-

nen Auffassung kann MNA insbesondere den Schutz- oder Beschränkungsmaßnahmen nach § 2 Abs. 8 BBodSchG zugeordnet werden. Als Schutzmaßnahmen sind dabei vor allem anzusehen:

- der Nachweis, dass das Sanierungsziel durch natürliche Abbau- und Rückhalteprozesse dauerhaft erreicht wird,
- die Überwachung, ob die prognostizierte Schadstoffabnahme eintritt,
- die erneute Einleitung von aktiven Sanierungsmaßnahmen, sofern erforderlich.

Die Entscheidung der Behörde, MNA statt oder in Verbindung mit einer Sanierungsmaßnahme nach § 2 Abs. 7 BBodSchG oder § 48 HWG durchzuführen, hat sich am Grundsatz der Verhältnismäßigkeit auszurichten. MNA ist nicht zulässig, wenn eine konventionelle Sanierung mit verhältnismäßigen Mitteln möglich ist. Wenn die Verhältnismäßigkeitsprüfung jedoch ergibt, dass MNA geeignet und im Vergleich zu einer Sanierungsmaßnahme das „mildere Mittel“ ist, kann die Behörde MNA im Rahmen ihres Ermessens zustimmen. Kriterien sind u. a.

- das Erreichen des Sanierungsziels,
- die Dauer bis zur Erreichung des Sanierungsziels,
- Kosten bis zur Erreichung des Sanierungsziels,
- sonstige Belastungen des Verantwortlichen, eines Dritten oder der Allgemeinheit.

Die Zulässigkeit von MNA wird i. d. R. auf Initiative des Sanierungspflichtigen von der Behörde geprüft werden. Verwaltungsmäßige Handlungsformen können insbesondere sein:

- Entscheidung der Behörde entsprechend § 13 BBodSchG (Zustimmung zum Sanierungsplan),
- öffentlich-rechtlicher Vertrag.

Die im Handbuch vorgeschlagene rechtliche Einstufung ist bundesweit nicht unumstritten. Im Positionspapier der Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) „Berücksichtigung natürlicher Schadstoffminderungsprozesse bei der Altlastenbearbeitung“ wird (mehrheitlich) die Meinung vertre-



Abb. 1: Handbuch Altlasten des HLUG zum Thema MNA.

ten, dass MNA weder eine Sanierungsmaßnahme noch eine Schutz- und Beschränkungsmaßnahme ist [4]. Diese unterschiedlichen Auffassungen haben für den Vollzug allerdings keine relevanten Auswirkungen, da die Kernaussage „MNA ist kein Sanierungsverfahren“ gleich ist.

Typische MNA-Fallkonstellationen

Eine Forderung bei der Erstellung der Arbeitshilfe war, dass zwei typische Fallkonstellationen abgedeckt werden sollen, die quasi „Gegenpole“ darstellen:

- Mineralöl-Schadensfall (Tankstelle, -lager)
Die Schadstoffe sind biologisch gut abbaubar. Die Schadstoffquelle/Schadensherd ist saniert oder zumindest teilsaniert, z. B. durch Bodenaustausch. Hier stellt sich häufig die Frage, ob eine aktive Grundwassersanierung begonnen werden muss, oder ob auf eine Grundwassersanierung zugunsten von MNA verzichtet werden kann.
- LCKW-Schadensfall (Chemische Reinigung, Metallentfettung)
Die Schadstoffe sind biologisch nur schlecht bzw. unvollständig abbaubar. Eine aktive Grundwassersanierung läuft seit mehreren Jahren, jedoch hat die Effektivität deutlich abgenommen. Hier stellt sich häufig die Frage, ob die laufende aktive Grundwassersanierung zugunsten von MNA beendet werden kann.

Die Arbeitshilfe behandelt vor allem Schadensfälle mit organischen Schadstoffen, die biologisch abbaubar sind. Auf Schadensfälle mit anorganischen Schadstoffen (Schwer- und Halbmetalle, Cyanide), bei denen Rückhalteprozesse im Vordergrund stehen, wird nur kurz eingegangen.

Die Erfahrung in Hessen hat gezeigt, dass MNA vor allem bei großen, gut untersuchten Schadensfällen vom Sanierungspflichtigen beantragt wird [5]. MNA wird in Hessen bei den Schadstoffgruppen Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW), leichtflüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe (BTEX), polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe (LCKW) angewendet.

Grundlagen für die Akzeptanz von MNA

Die Zustimmung der Behörde für MNA ist an eine Reihe von Voraussetzungen geknüpft. Hierbei kann zwischen „strengen“ Voraussetzungen (kein Ermessensspielraum) und „weniger strengen“ Voraussetzungen unterschieden werden.

Bei den strengen Voraussetzungen hat die Behörde keinen Ermessensspielraum, um MNA zuzulassen. Jedoch gilt möglicherweise auch hier: Sag niemals nie! Zu den strengen Voraussetzungen zählen:

- MNA ist nur außerhalb von Wasser- und Heilquellenschutzgebieten Zone I und II möglich,
- es darf keine unmittelbare Gefahr für den Einzelnen oder die Allgemeinheit sowie für Flora und Fauna bestehen,
- es darf keine Verlagerung von Schadstoffen in tiefere GW-Stockwerke stattfinden,
- oberirdische Gewässer dürfen nicht beeinträchtigt werden,
- Art, Menge und abströmende Fracht der Schadstoffe müssen bekannt sein,
- der Nachweis von Abbau- oder Rückhalteprozesse am Standort muss erbracht sein,
- Verdünnung wird nicht als NA-Prozess akzeptiert.

Bei den weniger strengen Voraussetzungen besteht für die Behörde Ermessensspielraum. Hierzu zählen:

- In Wasserschutzgebieten Zone III und HQSG III ist MNA „grundsätzlich“ nicht zulässig,
- Kluftgrundwasserleiter sind nur mit großen Vorbehalten für MNA geeignet; die Fließrichtung und -geschwindigkeit des Grundwassers muss bekannt sein
- die Schadstoffquelle soll bereits saniert bzw. teilsaniert sein (Ausnahme: Deponien),
- laufende Sanierungs- und Baumaßnahmen sollen durch MNA nicht behindert werden; geplante Nutzungsänderungen sollen nicht behindert oder verhindert werden,
- toxische Zwischen- oder Abbauprodukte (z. B. Vinylchlorid) sollen sich nicht im Grundwasser anreichern,
- die Schadstofffahne soll entweder quasi-stationär

- oder rückläufig sein, damit bisher unbelastetes Grundwasser zukünftig nicht verunreinigt wird,
- die maximale Schadstoffkonzentration im Grundwasser sollte das 50fache des Geringfügigkeitsschwellenwertes (GFS) des Schadstoffes nicht überschreiten (diese Aussage gilt in erster Linie für LCKW-Schadensfälle, bei gut abbaubaren Schadstoffen können höhere Werte toleriert werden).

Sanierungsziel und -dauer

Für MNA gelten grundsätzlich die gleichen Sanierungsziele wie bei aktiven Sanierungsmaßnahmen. Die Dauer von MNA sollte sich an der Zeitdauer einer aktiven Sanierung orientieren (zuzüglich ca. 10 Jahre). Es sollte sich um einen

überschaubaren Zeitraum handeln, d. h. weniger als ca. 30 Jahre.

Checkliste mit 16 Prüfkriterien

In der unten stehenden Tabelle sind 16 Prüfkriterien zusammengefasst. Die Bedeutung der Prüfkriterien nimmt in der Tabelle von oben nach unten ab.

MNA-Konzept

Die Initiative für die Prüfung und Anwendung von MNA wird i. d. R. vom Sanierungspflichtigen ausgehen. Bei der Beantragung von MNA ist vom Sanierungspflichtigen ein sogenanntes „MNA-Konzept“ in Anlehnung an einen Sanierungsplan nach § 13

Nr.	Prüfkriterien für MNA	MNA grundsätzlich möglich	MNA begrenzt möglich	MNA i. d. R. nicht möglich
1.	Wasserschutzgebiet (WSG) Heilquellenschutzgeb. (HQSG)	WSG IIIB HQSG III/2	WSG III, IIIA HQSG III/1	WSG I, II HQSG A, I oder II
2.	Biologischer Abbau	guter Abbau	langsamer Abbau	kein Abbau
3.	Toxische Abbauprodukte (Zwischen- und Endprodukte)	keine toxischen Zwischen- und Endprodukte	toxische Zwischenprodukte nicht auszuschließen	Bildung toxischer Endprodukte
4.	Verlagerung in tiefere Grundwasserleiter	keine Verlagerung	-/-	Verlagerung stattge- funden oder nicht auszuschließen
5.	Art des Grundwasserleiters	Porengrundwasserleiter	-/-	Kluft- oder Karst- grundwasserleiter
6.	Schadensherd	saniert	teilweise saniert oder ge- ringes Schadstoffinventar	nicht saniert und hohes Schadstoffinventar
7.	Grundwasserschwankungen	geringe Mobilisierung von Schadstoffen	-/-	erhebliche Mobilisierung von Schadstoffen
8.	Beeinträchtigung von Oberflächengewässern	nicht beeinträchtigt	-/-	beeinträchtigt
9.	Schadstofffahne	stationär oder rückläufig	-/-	expandierend
10.	Schadstoffkonzentration	≤ 10 facher GFS ¹⁾	≤ 50 facher GFS	> 50 facher GFS ²⁾
11.	Schadstoffart	MKW BTEX	PAK LCKW	Schwermetalle MTBE
12.	Schadstoffausträge bei aktiver Grundwassersanierung	niedrig	mittel	hoch
13.	Wiederanstieg der Schadstoffkonzentration nach Ende aktiver Grundwassersanierung	niedrig (< Faktor 5)	mittel (~ Faktor 5–10)	hoch (> Faktor 10)
14.	Beeinträchtigung für oder durch benach- barte Bau- oder Sanierungsvorhaben	keine Beeinträchtigung	geringe Beeinträchtigung	deutliche Beeinträchtigung
15.	Verlängerung der Sanierungs- dauer durch MNA gegenüber aktiven Sanierungsmaßnahmen	< 10 Jahre	~ 10–30 Jahre	> 30 Jahre
16.	Überschwemmungsgebiet	nicht betroffen	-/-	betroffen

1) GFS = Geringfügigkeitsschwellenwert, Prüfwert zur Beurteilung von Grundwasserverunreinigungen

2) Beim Nachweis hoher Schadstoffabbauraten sind im Einzelfall auch höhere Konzentrationen zulässig

BBodSchG vorzulegen. Die hessische Arbeitshilfe gibt Hinweise zum Inhalt eines MNA-Konzeptes und bietet ein Beispiel für ein Inhaltsverzeichnis an.

Ein MNA-Konzept muss insbesondere auf folgende Aspekte eingehen:

- Nachweis, dass NA-Prozesse am Standort vorhanden sind, mit einer Prognose über die zukünftige Entwicklung der Schadstofffahne und Angabe des Sanierungsziels,
- Überwachungsprogramm (zur Kontrolle, dass NA tatsächlich wirkt), mit Festlegung der Messstellen, Parameter und Untersuchungshäufigkeit
- Konzeption von Alternativmaßnahmen im Falle des „Versagens von MNA“.

Ausblick

Das Wissen um biologische Abbauprozesse hat in den letzten Jahren sprunghaft zugenommen. Es liegen mehrere Arbeitshilfen und eine Vielzahl von Fachveröffentlichung zu MNA vor. Die hessische MNA-Arbeitshilfe hat sicherlich einen großen Beitrag geleistet, um die Akzeptanz von MNA bei den zuständigen Behörden in Hessen zu steigern.

Wissenschaftliche Untersuchungen und Erfahrungen haben gezeigt, dass viele altlastentypische organische Schadstoffe biologisch abbaubar sind. Häufig sind die natürlichen Abbauprozesse allerdings nicht ausreichend wirksam, oder es reichern sich unerwünschte Zwischenprodukte an (z. B. Vinylchlorid beim unvollständigen Abbau von LCKW). Daher sollte stets zusätzlich geprüft werden, ob durch die Zugabe geeigneter Stoffe (biologische in-situ-Sanierung) der Abbau deutlich verbessert werden kann [7].

Die fachgerechte Planung und Durchführung von MNA ist aufwändig und kann mit hohen Kosten verbunden sein, da die Überwachungsmaßnahmen

Ein MNA-Konzept wird in ähnlicher Weise auch vom LABO-Positionspapier und in der ITVA-Arbeitshilfe zu MNA gefordert [4, 6].

Abbauverhalten und Überwachung organischer Schadstoffe

Für die vier wichtigsten Schadstoffgruppen MKW, BTEX, PAK und LCKW werden die chemisch-physikalischen Daten, das Verhalten im Grundwasser, die Abbaubarkeit und die Untersuchungsparameter zur Beurteilung von Abbauprozessen beschrieben.

Jahrzehnte andauern können. Erfahrungen zeigen, dass die oftmals angewendete hydraulische Grundwassersanierung sich ebenfalls über Jahrzehnte erstrecken kann, da sie oftmals nur in der Anfangsphase effektiv ist und im weiteren Verlauf nur ein geringer Sanierungsfortschritt erkennbar ist. Ist mit einer langen Sanierungsdauer zu rechnen, kann sowohl aus Gründen der Verhältnismäßigkeit als auch aus Umweltschutzgründen MNA gegenüber einer aktiven Grundwassersanierung vorteilhaft sein.

Die Initiative für die Prüfung und Anwendung von MNA wird i. d. R. vom Sanierungspflichtigen ausgehen. Voraussetzung für die Anwendung von MNA ist eine kooperative Zusammenarbeit zwischen dem Sanierungspflichtigen, dem Ingenieurbüro und der zuständigen Behörde. Die Befürchtungen der Vergangenheit, dass MNA ein „kontrolliertes Nichtstun“ ist und sich ein Sanierungspflichtiger auf Kosten der Umwelt aus der Verantwortung stellen kann, haben sich in Hessen bisher nicht bewahrheitet.

Literatur

- [1] NÖRING, F., FARKASDI, G., GOLWER, A., KNOLL, K.H., MATTHEB, G. & SCHNEIDER, W. (1968): Über Abbauvorgänge von Grundwasserverunreinigungen im Unterstrom von Abfalldeponien. – Das Gas- und Wasserfach (GWf) (Wasser-Abwasser) 110 (44): 1225–1231
- [2] GOLWER, A., KNOLL, K.H. & MATTHEB, G. (1969): Qualitative Beeinträchtigung des Grundwasserdargebotes durch Abfallstoffe. – Deutsche Gewässerkd. Mitteilgn., Sonderheft, S. 51–55
- [3] Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG): Handbuch Altlasten Band 8 Teil 1 „Arbeitshilfe zu überwachten natürlichen Abbau- und Rückhalteprozessen im Grundwasser (Monitored Natural Attenuation MNA)“, 1. Auflage 2004, 2. überarbeitete Auflage 2005
- [4] Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO): Berücksichtigung natürlicher Schadstoffminderungsprozesse bei der Altlastenbearbeitung, Positionspapier vom 01.06.2005
- [5] ZEISBERGER, V. (2007): Natürliche Abbau- und Rückhalteprozesse im Grundwasser – Beispiele von hessischen Altlasten, in: Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG), Jahresbericht 2006, S. 121–126
- [6] Ingenieurtechnischer Verband Altlasten (ITVA) (2004): Arbeitshilfe H1–12, Monitored Natural Attenuation
- [7] Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG): Handbuch Altlasten Band 8 Teil 2 „Arbeitshilfen zur Überwachung und Nachsorge von altlastverdächtigen Flächen und Altlasten – Biologische in-situ-Sanierungen“, 2005

5 Jahre MNA – Erfahrungen aus einem BTEX-Schadensfall

PETER WÜSTEMANN

1 Einleitung

Nach einem schwierigen Überzeugungs- und Entscheidungsprozess wurde von der UWB der Stadt Kassel auf dem Gelände eines ehemaligen Tanklagers der ESSO AG eine MNA-Maßnahme genehmigt. Vorausgegangen waren konventionelle

Sanierungsmaßnahmen in Boden und Grundwasser.

Der vorliegende Beitrag soll den Genehmigungsprozess beleuchten und den bisherigen Verlauf dokumentieren.

2 Standortbeschreibung

2.1 Lage und Nutzungsgeschichte



Abb. 1: Tanklager vor 1999.

Das ehem. ESSO-Tanklager befindet sich im Nordosten Kassels – am Rande eines seit über 100 Jahren industriell und gewerblich genutzten Stadtteiles (Nord Holland). Angrenzend befindet sich der Güterbahnhof Unterstadt, über den die Anlieferung der Mineralölprodukte erfolgte. Auf dem 7000 m² großen Standort wurde seit ca. 1900 bis Ende 1999 ein Tanklager betrieben. Die ehem. Betriebseinrichtungen umfassen

- 1 Hochtank (5 000 m³)
- 8 Erdtanks (520 m³)
- 2 oberirdische Tanks (15 m³)
- 2 Abfüllanlagen

Das Betrachtungsareal ist durch den Bacheinschnitt des heute verrohrten Mombachs in das Röt gekennzeichnet. Das ehemals terrassierte Gelände fällt heute stufenlos von Süd nach Nord um ca. 7 m ab. Der Standort liegt außerhalb von Wasserschutzgebieten, im Umfeld ist keine Grundwassernutzung bekannt.

2.2 Geologie und Hydrogeologie

Kassel befindet sich im Nordosten der hessischen Tertiärsenke. Der tiefere Untergrund wird von Gesteinen des Mesozoikums (hauptsächlich Buntsandstein) aufgebaut. Überlagert werden diese Gesteine von tertiären Sedimenten und vulkanischen Gesteinen. Der Standort liegt nördlich des Ost-West verlaufenden „Kasseler Grabens“, einer Störungszone, in die Gesteine des Muschelkalks abgesenkt wurden. Der Untergrund des Standortes wird von Ton- und Schluffsteinen des Oberen Buntsandsteines (Röt 3), mit einer Mächtigkeit von ca. 130 m, aufgebaut.

Entgegen der bisherigen Annahme, dass es sich bei dem Rötgestein um einen Grundwassergering-

leiter handelt, wurde im Rahmen der Schadensfallbearbeitung festgestellt, dass die Rötgesteine wasserführend sind. Ursache hierfür ist die engständige Klüftung im Zentimeterbereich, wodurch eine Mischform zwischen Poren- und Klüftgrundwasserleiter entsteht. Bei den Bohrungen konnten zwei grundwasserführende Schichten unterschieden werden. Mit Hilfe von Fluid-logging-Messungen wurden für beide Schichten mehrere, geringmächtige Grundwasserzutritte ermittelt. Das obere Stockwerk liegt im Bereich 9,20–9,50 m unter GOK, das untere zwischen 13,80 und 16,00 m unter GOK. Beide Stockwerke sind druckhaft.

Die Grundwasserfließrichtung des oberen Aquifers verläuft zunächst von Süd nach Nord-Nordost und bei Erreichen des Bacheinschnittes diesem folgend in östliche Richtung. Übergeordneter Vorfluter ist die ca. 1,5 km östlich vom Standort fließende Fulda.

Nutzbare Grundwasservorkommen werden erst im Mittleren Buntsandstein angetroffen.

3 Vorlaufende Untersuchungs- und Sanierungsmaßnahmen

Aufgrund der Beendigung eines Pachtvertrages ließ die ESSO AG, als Eigentümerin des Grundstücks, im Jahr 1982 eine erste, orientierende Untersuchung durchführen. Dabei wurden massive Bodenverunreinigungen mit Mineralölkohlenwasserstoffen (MKW) und Aromatischen Kohlenwasserstoffen (BTEX) festgestellt. Auf den notwendigen Bodenaustausch musste zum damaligen Zeitpunkt aufgrund der baulichen und tanktechnischen Gegebenheiten verzichtet werden. Stattdessen setzte die Sanierung am belasteten Grundwasser an.

Zu diesem Zeitpunkt waren im Grundwasser eine Mineralölphase und BTEX-Gehalte in einer Größenordnung von ca. 20 000 µg/l vorhanden. Als

erste Gefahrenabwehrmaßnahme wurde eine Rigole in sieben Meter Tiefe im Abstrom des Schadensbereiches errichtet und betrieben. Im ersten Jahr (1988) wurden hierüber ca. 1 000 l Mineralölphase zurückgewonnen. In den Folgejahren wurden weitere Untersuchungsschritte durchgeführt, die zum Ausbau mehrerer Sanierungs- und Beobachtungsbrunnen führten. Für den Sanierungsbetrieb wurde 1993 ein Genehmigungsbescheid mit den folgenden Sanierungszielwerten erteilt:

MKW: 200 µg/l
BTEX: 30 µg/l
Benzol: 1 µg/l

Bis zur Stilllegung des Tanklagers in 1999 konnte

die Mineralölphase komplett abgeschöpft und die gelösten MKW-Gehalte deutlich reduziert werden. Es wurden folgende Mengen zurückgewonnen:

MKW-Phase:	5 000 l
Gelöste MKW:	1 300 kg
Gelöste BTEX:	90 kg
Bodenluft BTEX:	510 kg

Nach dieser Sanierungszeit verblieb im Grundwasser ein nahezu reiner BTEX-Schaden mit einem Benzol-Anteil von 90 %.

Nach der Stilllegung des Tanklagers wurde im Jahr 2001 die erforderliche Bodensanierung durchgeführt. Im Vorfeld waren alle tanktechnischen Einrichtungen rückgebaut worden. Bei der Bodensanierung wurden 10 500 t belasteter Boden mit einem MKW-Durchschnittsgehalt von 3 000 mg/kg und Maximalwerten von 17 000 mg/kg ausgekoffert. Dies entspricht ca. 27 t MKW. Restbelastungen bis zu 1 700 mg/kg sind in größeren Tiefen verblieben und durch bindige Deckschichten gesichert.

4 Vom Umdenken zur Machbarkeitsstudie

Im Rahmen der Bodensanierung wurden die bisherigen Sanierungsbrunnen entfernt, einzig die Rigole und einige Zu- und Abstrombrunnen, die jedoch für einen Sanierungsbetrieb nicht geeignet waren, blieben erhalten. Seitens des Sanierungspflichtigen deutete sich der Wunsch nach Beendigung der pump and treat-Maßnahme an, einmal weil die Austragsraten unbefriedigend waren und des Weiteren weil keinerlei Infrastruktur nach dem Rückbau des Tanklagers mehr auf dem Grundstück vorhanden war. Ein erster Vorschlag war der Umbau der Rigole zu einer reaktiven Wand, der jedoch verworfen wurde, weil sowohl der Sanierungsverantwortliche wie auch die Behördenseite bezüglich der Wirksamkeit einer solchen Maßnahme auf Grund der Standortgegebenheiten skeptisch gegenüber standen.

In dieser Phase wurden auf Seiten des Sanierungsverantwortlichen intern neue Lösungsansätze geprüft und an die Behörde mit dem Wunsch herangetreten, vor allem innovativen Lösungsansätzen ergebnisoffen gegenüber zu stehen.

Mit einer entsprechenden Zusage wurden dann fünf neue Bohrungen niedergebracht und umfangreiche Voruntersuchungen durchgeführt. Die Neubewertung des Standortes wurde dann in Form einer Machbarkeitsstudie für eine MNA-Maßnahme vorgelegt.

Die Machbarkeitsstudie beinhaltete zunächst grundwasserhydraulische Untersuchungen zur Ermittlung der erforderlichen hydrogeologischen Kenngrößen. Im Ergebnis wurden zwei Grundwasserstockwerke ermittelt und es konnte nachgewiesen werden, dass keine Verlagerung von Schadstoffen in das Tiefere der beiden stattgefunden hat. Für die vom Schadenszentrum ausgehende Schadstoff-fahne wurde eine maximale Länge von 60 m ermittelt. Dabei nehmen die BTEX Gehalte von über 10 000 µg/l auf ca. 10 µg/l ab.

Mit Hilfe von Emissionsberechnungen und der Ermittlung des Selbstreinigungspotenzials konnte nachgewiesen werden, dass ein biologisches Abbau-potenzial am Standort vorhanden ist, welches nachhaltig für die große Schadstoffabnahme im Grundwasser verantwortlich ist.

5 Der Entscheidungsprozess

Im Mai 2003 wurde der Unteren Wasserbehörde die Machbarkeitsstudie MNA vorgelegt. Hiermit begann die durchaus schwierige Entscheidungsphase. Die fachliche Unterstützung erfolgte durch das HLUG. Hilfreich war, dass zu dieser Zeit in einer Arbeitsgruppe des HLUG die Arbeitshilfe zu MNA [1] erarbeitet wurde. Basierend auf den Prüfkriterien der Arbeitshilfe wurde der Sanierungsfall mit folgendem Ergebnis hinterfragt (siehe Tab. 1).

Das Ergebnis der fachlichen Prüfung war relativ eindeutig: Die Rahmenbedingungen sprachen für eine Genehmigung der MNA-Maßnahme. Trotzdem gab es auf Behördenseite nach wie vor Bedenken. In der Hauptsache war die lange Dauer der Maßnahme und die dafür erforderliche Geduld eine subjektive Hemmschwelle. Ausdruck für die Entscheidungs-

problematik ist der lange Zeitraum von der Vorlage der Studie bis zum ersten Genehmigungsentwurf. Dieser wurde nach vielen internen Gesprächen und Besprechungsterminen nach ca. sechs Monaten vorgelegt. Es folgte ein Widerspruch des Sanierungspflichtigen, dem im Einvernehmen abgeholfen werden konnte. Widersprochen wurde im Wesentlichen einer Auflage, die den Ort der Beurteilung für den Sanierungsverlauf betraf. Während die Behörde das Schadenszentrum in den Mittelpunkt rückte, wurde von den Gutachtern dargelegt, dass die Betrachtung vom Rand der Schadstofffahne in Richtung Zentrum erfolgen muss.

Insgesamt verging ein Jahr bis zu der von beiden Seiten akzeptierten Genehmigung.

Tab. 1: Ergebnisse der Kriterienprüfung

Prüfkriterium (nach HLUG [1])	Ergebnis für den Standort	MNA
Wasserschutzgebiet	nein	grundsätzlich möglich
Biologischer Abbau	gut	grundsätzlich möglich
Toxische Abbauprodukte	nein	grundsätzlich möglich
Verlagerung in tiefere Grundwasserstockwerke	nein	grundsätzlich möglich
Art des Grundwasserleiters	sehr engständige Klüfte, nahezu isotrop, Eigenschaften wie Porengrundwasserleiter	grundsätzlich möglich
Schadstoffquelle	saniert	grundsätzlich möglich
Grundwasserschwankungen	keine Mobilisierung von Schadstoffen	grundsätzlich möglich
Oberflächengewässer beeinträchtigt	nein	grundsätzlich möglich
Schadstofffahne	stationär	grundsätzlich möglich
Schadstoffkonzentration	deutlich > 50-facher Prüfwert Grundwasser	i. d. R. nicht möglich
Schadstoffart	BTEX, (MKW)	grundsätzlich möglich
Schadstoffausträge bei aktiver Sanierung	niedrig	grundsätzlich möglich
Wiederanstieg nach Beendigung aktiver Maßnahmen	niedrig	grundsätzlich möglich
Beeinträchtigung durch benachbarte Bau- oder Sanierungsvorhaben	nein	grundsätzlich möglich
Verlängerung der Sanierungsdauer	10–30 Jahre	begrenzt möglich
Überschwemmungsgebiet	nein	grundsätzlich möglich

6 Die Genehmigung

Grundlage des Genehmigungsbescheides sind die Paragraphen 9 und 10 in Verbindung mit § 4 (3) BBodSchG und § 77 (2) HWG (alt). Die Genehmigung ist auf 30 Jahre – bis 2034 – befristet.

Die Genehmigung wurde unter Auflagen erteilt, von denen die Wesentlichen im Folgenden aufgeführt sind:

- Die MNA-Maßnahme ist solange zu betreiben, bis folgende Sanierungszielwerte für das Grundwasser (Grundlage Geringfügigkeitsschwellenwerte nach LAWA Entwurf 2003) auf dem Standort dauerhaft unterschritten werden und eine Zunahme der Belastung ausgeschlossen ist:

BTEX:	10 µg/l
Benzol:	1 µg/l
MKW:	100 µg/l
PAK (EPA) ohne Naphthalin:	0,1 µg/l
Naphthalin:	1,0 µg/l
- (...) Die Genehmigung ist an das Erreichen der Zielwerte nach 30 Jahren gebunden.
- (...) die Schadstoffentwicklung innerhalb der Schadstofffahne ist das wesentliche Kriterium für den Beleg des biologischen Abbaus. (...) Der Beleg der Schadstoffreduzierung soll auf folgende Weise erbracht werden:
 1. Nachweis der Stabilität der Schadstofffahne (...) während der ersten 10 Jahre des Monitorings, also bis zum Jahr 2014.
 2. Nachweis des Schrumpfens der Schadstofffahne nach 10 Jahren Monitoring, also ab dem Jahr 2014.
 - An der Grundstücksgrenze (zentraler Fahnenbereich) soll bis zum Jahr 2024 eine 80%ige Reduktion der Schadstoffgehalte erfolgt sein, im Bereich des Schadenszentrums soll die Reduktion bei 60 % des Ausgangswertes liegen.
 - Zur Überprüfung der Auflagen ist ein Validierungs-Monitoring-Programm durchzuführen.
 - Sollte am bisherigen Fahnenrand der BTEX-Wert von 100 µg/l überschritten sein, ist der Beprobungsabstand an dieser GWM auf monatliche Intervalle zu verdichten. Nach dreimaliger Bestätigung der Überschreitung und einer weiteren Erhöhung auf 150 µg/l sind Notmaßnahmen einzuleiten, die das Abströmen belasteten Wassers unverzüglich unterbinden.
 - Über den Verlauf der Maßnahme ist in jährlichem Abstand eine Dokumentation vorzulegen.
 - Erhöhte Anforderungen bleiben vorbehalten, insbesondere vor dem Hintergrund, dass für die MNA-Maßnahme bislang keine Vergleichswerte vorliegen.

7 Stand nach 5 Jahren MNA

Da schon nach der Bodensanierung in 2003 auf eine Fortführung der konventionellen Grundwasser-sanierung verzichtet wurde, blicken wir datenmäßig auf fünf Jahre „überwachter natürlicher Selbstreinigung“ zurück. Entsprechend dem Genehmigungsbescheid wurde die Wirksamkeit des Selbstreinigungspotentials am Standort zunächst vierteljährlich überprüft und die Ergebnisse in einem Jahresbericht vorgestellt. Da die Genehmigungsaufgaben immer eingehalten wurden, konnte der Beprobungsrhythmus

zwischenzeitlich auf eine jährliche Untersuchung umgestellt werden. Als Beprobungszeitraum wurde der Sommer festgeschrieben, da hier in den vergangenen Jahren bei höchstem Grundwasserstand regelmäßig die höchsten Schadstoffgehalte zu messen waren.

Eine weitere Anpassung der Auflagen erfolgte hinsichtlich der zu beprobenden Grundwassermessstellen. Da sich die Grundwasserfließrichtung nach

Beendigung der aktiven Grundwassersanierung verändert hatte, wurden zwei Grundwassermessstellen nachträglich zu Kontrollmessstellen für den Sanierungserfolg erhoben.

Die Kontrollwerte sowohl im Schadenszentrum

als auch in der Fahne sind stabil und liegen auch 2007 unverändert auf dem bekannten Niveau. Somit ist die entsprechende Auflage des Genehmigungsbescheides erfüllt und die Prognosen der Gutachter erfahren zum gegenwärtigen Zeitpunkt eine Bestätigung.

8 Fazit

Nach einem schwierigen und langen Entscheidungsprozess wurde die Weiterführung der Sanierung des Tanklagers mittels MNA genehmigt. Mehrere Voraussetzungen waren hierfür erforderlich. Zum Einen musste der Sanierungspflichtige Finanzmittel aufwenden, ohne dabei die Gewissheit zu haben, ob sich die Investitionen lohnen. Zum Anderen war auf Seiten der Behörde die Bereitschaft zur ergebnisoffenen Prüfung eines innovativen Konzeptes gefordert. Nicht zuletzt war auf Gutachterseite eine spezielle Fachkompetenz gefragt.

Der aktuelle Stand nach fünf Jahren MNA bestätigt, dass auf allen Seiten ein hohes Maß an Geduld

gefordert ist. Die Behörde muss akzeptieren, dass über Jahre keine signifikante Schadstoffabnahme zu verzeichnen ist. Für den Sanierungspflichtigen resultiert daraus, dass er über Jahrzehnte in der Verantwortung für das Grundstück bleibt und das Risiko eines möglichen Wiedereinstiegs in technische Maßnahmen besteht.

Dem derzeitigen Ausbleiben eines messbaren Sanierungserfolges ist entgegenzustellen, dass auf der anderen Seite aber auch keine Verschlechterung der Gesamtsituation eingetreten ist. Es gibt somit keinen Grund, die getroffene Entscheidung pro MNA zu revidieren.

9 Literatur

- [1] Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie: Handbuch Altlasten Band 8 Teil 1, Arbeitshilfe zu überwachten natürlichen Abbau- und Rückhalte-

prozessen im Grundwasser (Monitored Natural Attenuation MNA), 1. Auflage 2004, 2. Auflage 2005

LABO-Positionspapier: Berücksichtigung natürlicher Schadstoffminderungsprozesse bei der Altlastenbearbeitung

JOHANNES MÜLLER

Der ad-hoc Unterausschuss „Natural Attenuation“ des Ständigen Ausschusses Altlasten (ALA) der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) hat ein Positionspapier zur „Berücksichtigung natürlicher Schadstoffminderungsprozesse bei der Altlastenbearbeitung, Stand 01.06.2005“

erstellt. Die Umweltministerkonferenz hat der Veröffentlichung dieses Positionspapiers durch Umlaufbeschluss (Umlaufverfahren Nr. 17/2005) zugestimmt; gleichzeitig hat die Umweltministerkonferenz den Ländern seine Anwendung empfohlen.)

Anlass, Arbeitsauftrag und Anwendungsbereich

Die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) hat auf Vorschlag ihres Ständigen Ausschusses Altlasten (ALA) einen Ad-hoc Unterausschuss eingesetzt, der sich mit der Berücksichtigung natürlicher Schadstoffminderungsprozesse bei der Altlastenbearbeitung beschäftigen und ein länderübergreifendes Positionspapier erstellen soll. Dieses beinhaltet

- eine Definition der Begriffe NA, MNA und ENA,
- eine Betrachtung der rechtlichen Fragen in Ver-

bindung mit einer Einstufung in die Altlastenbearbeitung,

- Voraussetzungen für ein MNA-Konzept und
- eine Empfehlung zum Vorgehen für die Praxis.

Das Positionspapier beschränkt sich auf die Berücksichtigung von natürlichen Schadstoffminderungsprozessen in der gesättigten Zone und enthält Aussagen zu Grundwasserschäden, die durch Altlasten verursacht wurden.

Begriffsbestimmungen

Im Positionspapier werden folgende Begriffe verwendet und definiert:

- Natürliche Schadstoffminderungsprozesse

(**Natural Attenuation – NA**) sind physikalische, chemische und biologische Prozesse, die ohne menschliches Eingreifen zu einer Reduzierung

der Masse, der Toxizität, der Mobilität, des Volumens oder der Konzentration eines Stoffes im Boden oder Grundwasser führen. Zu diesen Prozessen zählen biologischer Abbau, chemische Transformation, Sorption, Dispersion, Diffusion und Verflüchtigung der Stoffe.

- **Überwachung natürlicher Schadstoffminderungsprozesse (Monitored Natural Attenuation – MNA)** sind die Überwachungsmaßnahmen zur Kontrolle der Wirksamkeit von natürlichen Schadstoffminderungsprozessen,
- **Enhanced Natural Attenuation – ENA** wird als eine „in situ“-Sanierungsmaßnahme angesehen, weil durch die Initiierung, Stimulierung oder Unterstützung von natürlichen Schadstoffminderungsprozessen mit dem Einbringen von Substanzen unter Nutzung naturgegebener Reaktionsräume aktiv in das Prozessgeschehen eingegriffen wird.

Für eine behördliche Entscheidung, die unter Berücksichtigung von natürlichen Schadstoffminderungsprozessen und der Verhältnismäßigkeit ein Absehen von Sanierungsmaßnahmen in Verbindung

mit MNA beinhaltet, wird der Kurzbegriff „MNA-Konzept“ eingeführt. Ein **MNA-Konzept** enthält grundsätzlich folgende Regelungsbestandteile:

- a) Festlegung von nachprüfbaren Zielvorgaben in Raum und Zeit, die auf der Basis der Prognose als notwendiges Ergebnis der natürlichen Schadstoffminderungsprozesse angesehen werden, sowie von Zwischenergebnissen für die Zeit bis zum Erreichen des festgelegten Endzustands,
- b) Festlegung von Überwachungsmaßnahmen (MNA) und Berichtspflichten,
- c) Vorbehalt weiterer Maßnahmen, sofern sich die Prognose nachträglich als unzutreffend erweist, bis zum Erreichen des festgelegten Endzustands.

Ein solches Vorgehen setzt Untersuchungen zum Nachweis der Wirksamkeit der Schadstoffminderungsprozesse, deren Prognose sowie eine Überprüfung der standortbezogenen Voraussetzungen voraus und kann nur in Zusammenhang mit der Überprüfung der Verhältnismäßigkeit technisch in Betracht kommender Sanierungsmaßnahmen getroffen werden.

Berücksichtigung natürlicher Schadstoffminderungsprozesse in bodenschutzrechtlichen Verwaltungsverfahren

Bodenschutzrechtlich werden natürliche Schadstoffminderungsprozesse (NA) als beurteilungserhebliche Standortgegebenheiten eingestuft. Da die Überwachung der natürlichen Schadstoffminderungsprozesse (MNA) nicht aktiv in das laufende Prozessgeschehen der Schadstoffminderung eingreift, kann sie nicht mit einer Sanierungsmaßnahme im Sinne des BBodSchG gleichgesetzt werden. Nach mehrheitlicher Auffassung kann MNA auch nicht als Schutz- und Beschränkungsmaßnahme nach § 2 Abs. 8 BBodSchG eingestuft werden, worunter gleichfalls aktive technische oder administrative Maßnahmen zu verstehen sind.

Es ist vertretbar, die vorstehend unter a)–c) beschriebenen Regelungen durch eine behördliche Anordnung, durch die Zustimmung zu einem Sanierungsplan oder durch einen öffentlich-rechtlichen Vertrag zu treffen. Sofern die Behörde einseitig hoheitliche Anordnungen trifft, bietet sich bei Altlasten als Rechtsgrundlage für die Überwachungsmaßnahmen und Mitteilungspflichten § 15 Abs. 2 BBodSchG an (insb. bei Sanierungsmaßnahmen und ergänzender Berücksichtigung von natürlichen Schadstoffminderungsprozessen).

Bei der stufenweisen Altlastenbearbeitung (Abb. 1) sind spezielle Untersuchungen der natürli-

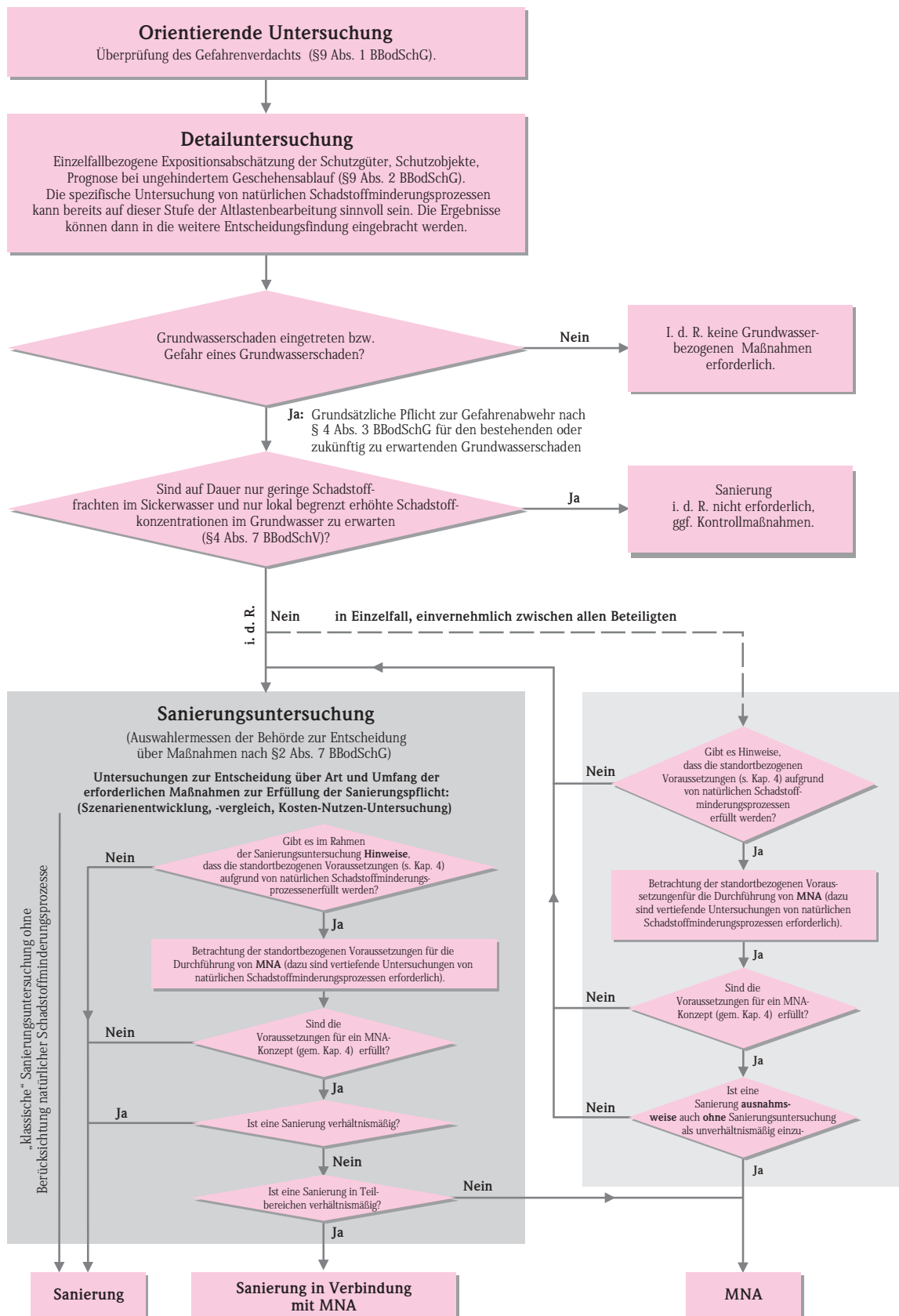


Abb. 1: Berücksichtigung von natürlichen Schadstoffminderungsprozessen bei der Altlastenbearbeitung.

chen Schadstoffminderungsprozesse i. d. R. erst ab der Detailuntersuchung sinnvoll. Die Berücksichtigung natürlicher Schadstoffminderungsprozesse kann dann bei der Gefährdungsabschätzung erfol-

gen, so dass über ein MNA-Konzept erst auf Basis einer Gefährdungsabschätzung entschieden werden kann. Voraussetzung für ein MNA-Konzept ist dabei, dass eine alleinige Sanierung unverhältnismäßig ist.

Standortbezogene Untersuchungen und Voraussetzungen für ein MNA-Konzept

Weiterhin ist es notwendig, dass standortbezogene Untersuchungen durchgeführt werden, um die Voraussetzungen für ein MNA-Konzept prüfen und anschließend im Einzelfall beurteilen zu können. Hierbei spielen folgende Themen eine entscheidende Rolle

- Betrachtung der Schadstoffquelle mit der Entscheidung, wie mit ihr umgegangen werden soll,
- Betrachtung der Schadstofffahne, insbesondere die Prognose des Fahnenverhaltens,
- Ermittlung der relevanten natürlichen Schadstoffminderungsprozesse am Standort und
- Betrachtung des noch nicht beeinträchtigten Grundwassers sowie weiterer Schutzgüter.

Als Entscheidungshilfe für die Bewertung der standortbezogenen Untersuchungen und Voraussetzungen werden Empfehlungen gegeben. Diese besagen in Kürze, dass für ein MNA-Konzept

- die Schadstoffmenge in oder der Austrag von Schadstoffen aus der Quelle reduziert werden sollte, um weitere Gefahren für das Grundwasser oder weiterer Schutzgüter abzuwenden und/oder um den Zeitraum der Existenz eines Grundwasserschadens zu verkürzen,
- die Gesamtheit der frachtreduzierenden Prozesse (wie biol. Abbau, chem. Transformation, Sorption) den maßgeblichen Anteil an den Schadstoffminderungsprozessen darstellen sollte und verdünnende Prozesse nur eine untergeordnete Rolle spielen sollten,
- Untersuchungsergebnisse vorliegen müssen, mit denen die Fahnenentwicklung prognostiziert werden kann und
- die Prognose ergeben sollte, dass die Schadstofffahne „quasi stationär“ oder schrumpfend ist und damit eine Verunreinigung des noch nicht betroffenen Grundwassers oder eine Gefährdung weiterer Schutzgüter ausgeschlossen werden kann.

Ermessensausübung und Verhältnismäßigkeitsprüfung

Die Durchführung von MNA als alleinige Maßnahme ist nur dann möglich, wenn nach der Gefährdungsabschätzung die standortbezogenen Voraussetzungen im Einzelfall erfüllt sind und Sanierungsmaßnahmen als unverhältnismäßig eingeschätzt werden (Abb. 1). Ist eine Sanierung als alleinige Maßnahme verhältnismäßig, kommt ein MNA-Konzept nicht in Betracht. Die Kenntnis von Schadstoffminderungsprozessen wird zudem im Rahmen einer

Sanierungsuntersuchung auch zur Beurteilung von Sanierungsmaßnahmen (Auswahlmessungen) und Festlegung von Sanierungszielen dienen. Die Durchführung von MNA kann dann in Verbindung mit bzw. im Anschluss an eine Sanierung angemessen sein. Es ist zu erwarten, dass MNA-Konzepte vorrangig in Verbindung mit Sanierungsmaßnahmen zum Tragen kommen.

Empfehlungen zum Vorgehen in der Praxis

Eine mögliche Vorgehensweise zur Erarbeitung eines MNA-Konzepts in der Praxis wird in einer

gesonderten Anlage skizziert. Diese beinhaltet folgende Schritte:

Ermittlung, Prognose und Beurteilung von natürlichen Schadstoffminderungsprozessen	<ul style="list-style-type: none"> • Darstellung des Ist-Zustandes • Ermittlung der natürlichen Schadstoffminderungsprozesse <ol style="list-style-type: none"> 1) Qualitativ 2) Quantitativ (Bilanz der frachtreduzierenden und verdünnenden Prozesse) 3) Quantifizierung der maßgebenden Einzelprozesse • Prognose • Beurteilung der Prozesse
Entscheidungsfindung	<ul style="list-style-type: none"> • Abschließende Prüfung und Beurteilung der standortbezogenen Voraussetzungen • MNA-Konzept (incl. der Regelungsbestandteile) • Vereinbaren eines MNA-Überwachungsplans
Überwachung von Schadstoffminderungsprozessen (MNA)	<ul style="list-style-type: none"> • Durchführen der Überwachung zur Überprüfung der Prognose • Kontrolle nach Erreichen der vereinbarten Standortziele

Fazit

Im Positionspapier wird dargestellt, wie natürliche Schadstoffminderungsprozesse in der Praxis der Altlastenbearbeitung berücksichtigt werden können. Die skizzierte systematische Vorgehensweise erlaubt eine nachvollziehbare Entscheidungsfindung. Es wird ein Weg aufgezeigt, wie die zuständigen Bodenschutzbehörden ihr Ermessen ausüben können und im Rahmen der Verhältnismäßigkeitprüfung von Maßnahmen über die Durchführung

von MNA auf Basis eines MNA-Konzepts entscheiden können. Es wird jedoch auch verdeutlicht, dass es sich bei der Durchführung von MNA immer um eine Einzelfallentscheidung handelt, die in enger Abstimmung zwischen Pflichtigem und Behörde getroffen werden sollte.

Das vollständige Positionspapier kann unter www.labo-deutschland.de heruntergeladen werden.

Autoren des LABO-Positionspapiers:

JOHANNES MÜLLER (Obmann)

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,
Hannover

PETER BÖRKE

Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie

RALF DAHNERT

Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie

MATTHIAS FESKORN

Landesumweltamt Brandenburg

MANFRED FICKUS

Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und
Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz

THOMAS LEPKE

Umweltbundesamt

JOCHEN MICHELS

DECHEMA e.V. Frankfurt am Main

MICHAEL ODENSAB

Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen

WILFRIED PINTHER

Bayerisches Landesamt für Umwelt

SABINE RUWWE

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie

GISELA WACHINGER

Universität Stuttgart – VEGAS

MICHAELA WEBERT

Gesellschaft zur Altlastensanierung in Bayern mbH

HANS WIRTH

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Hamburg

Fallbeispiel „PAK-Schadensfall“

SYLVIA WIDMANN, FRANK KARG, ULRIKE HINTZEN & THOMAS PORTUNE

1 Einleitung

Seit einigen Jahren ist in der Altlastenbearbeitung die Anwendung von „monitored natural attenuation“ (MNA) als Sanierungsverfahren in der Diskussion. Im Allgemeinen steht dabei die Durchführung einer MNA in Konkurrenz zu klassischen Sanierungsverfahren wie z. B. hydraulischen pump-and-treat-Maßnahmen.

Der nachfolgend beschriebene Grundwasserschadensfall mit PAK ist ein Beispiel dafür, dass

diese Konkurrenz nicht immer gegeben sein muss, sondern, dass in Abhängigkeit von den gegebenen Standortbedingungen klassische Sanierungsmethoden mit der Anwendung von MNA und DNBA (dynamisierte natural bio-attenuation) kombiniert werden können. Ziel ist dabei, durch eine optimale Anpassung der Sanierungsvarianten an die örtlichen Gegebenheiten, ein möglichst günstiges Kosten-Wirksamkeits-Verhältnis für die Gesamtanierung des Standorts zu erreichen

2 Standortbeschreibung und verwaltungsrechtlicher Stand des Verfahrens

2.1 Standortbeschreibung [1]

2.1.1 Lage

Das Firmengelände liegt südöstlich der Stadt Hanau in einem Gewerbegebiet. Im Norden und Osten wird es eingegrenzt durch eine Straße, im Süden und Südwesten durch das Areal des Güterbahnhofes der DB AG. Eine Bundesstraße überquert das Firmengelände von Ostsüdost nach Westnordwest mit einer vierspurig ausgebauten Brücke. Im weiteren Abstrom befindet sich ein weiteres Gewerbegebiet.

2.1.2 Vorgeschichte und Ausgangssituation

Durch den unsachgemäßen Umgang beim Imprägnieren von Hölzern und in Folge von Kriegsschäden sind auf dem betroffenen Firmengelände große Mengen an Steinkohleteerölen in den Untergrund gelangt. Bei einer Baumaßnahme im Jahr 1973 wurde Teerölphase auf dem quartären Grundwasserstauer in 3–4 m Mächtigkeit festgestellt. Seit 1980 wird an Sanierungsbrunnen auf dem Betriebsgelände die Teerölphase abgeschöpft. Im Verlauf der

weiteren Erkundung des quartären Grundwasserleiters wurde die Ausbreitung einer ca. 1 000 m langen und ca. 300 m breiten PAK-Fahne festgestellt.

Eine Beprobung des tertiären GW-Leiters ergab keinen Befund.

2.1.3 Geologie

Die Geologie im Untersuchungsgebiet ist durch sandig-kiesige Terrassensedimente von Main und Kinzig, die von tertiären Gesteinen unterlagert sind, bestimmt. Im Untersuchungsgebiet ist ein quartärer und tertiärer Grundwasserleiter ausgebildet.

Die Quartärmächtigkeit beträgt ca. 8–10 m. An der Geländeoberfläche sind diese in weiten Bereichen von ca. 1,5–3,0 m mächtigen Hochflutlehmen überlagert. Bereichsweise stehen anthropogene Auffüllungen in einer maximalen Mächtigkeit von ca. 4,5 m an.

Das Grundwasser strömt nach Südwesten. Der durchschnittliche hydraulische Gradient beträgt ca. 2 ‰. Der Flurabstand liegt zwischen 3–4 m u GOK.

Das Tertiär ist geprägt von tonig-schluffigen Sedimenten. Der Aquifer im tertiären Grundwasserleiter ist gespannt.

2.1.4 Zusammenfassung der bisher durchgeführten Erkundungs- und Sanierungsmaßnahmen

Zwischen 1980 und 1998 wurden auf dem Betriebsgelände fünf Sanierungsbrunnen zur Abschöpfung der Teerölphase errichtet. Das Teeröl wird diskontinuierlich abgeschöpft. Insgesamt wurden aus allen fünf Sanierungsbrunnen bis heute ca. 92 000 l Teeröl entfernt. Die Mächtigkeit des Teeröls ist bis auf ca. 1 m zurückgegangen.

Zur Erkundung des weiteren Abstroms wurden ca. 30 Grundwassermessstellen im quartären Grundwasserleiter errichtet. Die Grundwassermessstellen wurden je nach Belastungsgrad in unterschiedlichen Zeitabständen auf die Feldparameter und PAK untersucht. Seit Juni 2002 werden in ausgesuchten Messstellen auch Mineralölkohlenwasserstoffe, aromatische Kohlenwasserstoffe, Phenole und seit Mai 2004 Heterocyclen und hydrochemische Parameter analysiert.

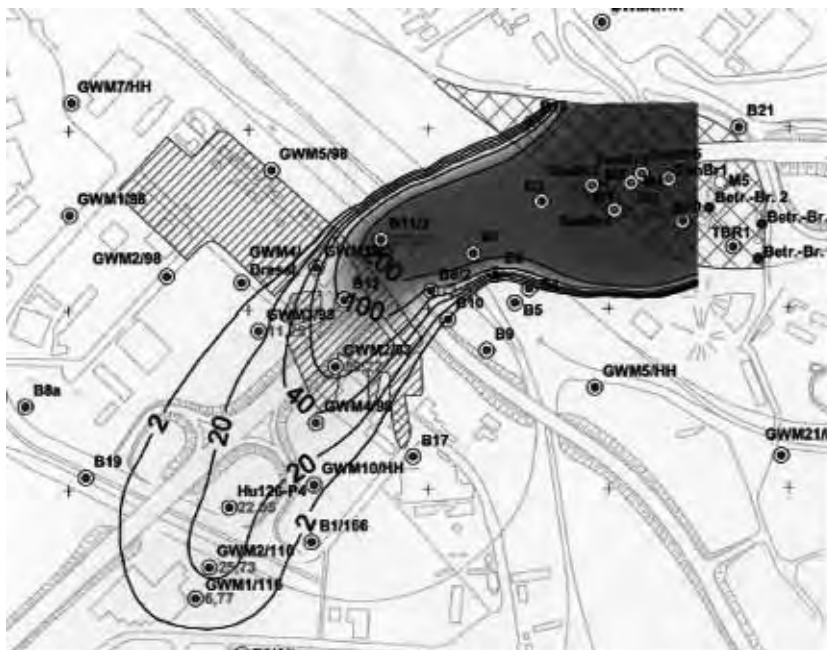


Abb. 1: PAK-Verteilung in µg/l Grundwasser.

Auf dem Firmengelände wurde eine tertiäre Grundwassermessstelle bis in ca. 46 m errichtet. Eine Beprobung auf PAK ergab keinen Befund.

Einen Überblick über die Konzentrationsverteilung der PAK im Grundwasser gibt die Abb. 1.

2.2 Verwaltungsrechtlicher Stand des Verfahrens

Aufgrund der massiven PAK-Konzentrationen im Abstrom des Betriebsgeländes wurde die Sanierung der Abstromfahne angeordnet. Gegen diese Anordnung wurde seitens des Sanierungs-

pflichtigen Widerspruch eingelegt. In der Folge wurde vor dem Hessischen Verwaltungsgerichtshof ein Vergleich mit der Zielsetzung geschlossen, durch Sicherungsmaßnahmen die weitere Ausbreitung der GW-Kontamination zu verhindern und deren Auswirkung auf Schutzgüter zu reduzieren. Hierzu wurde zunächst die Erstellung eines Sanierungsplans zur hydraulischen Sicherung der Abstromfahne gefordert. Die Durchführungsplanung umfasste im Wesentlichen die folgenden Maßnahmen:

1. Abschöpfung der Teerölphase in den Sanierungsbrunnen auf dem Betriebsgelände,
2. Detailerkundung der Abstromfahne, insbesondere die Ermittlung der Höhe der Grundwasserbelastung und die Schadstoffverteilung,
3. Erstellung eines hydraulischen Grundwasser- und Schadstofftransportmodells,
4. Erstellung eines Gesamtsanierungsplans inkl. Sanierungsuntersuchung und Machbarkeitsstudie.

3 Antrag zur Durchführung einer MNA

3.1 Behördliche Prüfung und Auflagen

3.1.1 Prüfung

Im Verlauf der weiteren Erkundungen zur Erstellung des Sanierungsplans wurde vom Sanierungspflichtigen ein Konzept zur Untersuchung von MNA-Prozessen vorgelegt und die Durchführung einer MNA vorgeschlagen. Zielsetzung des Untersuchungskonzepts war, anhand einer Machbarkeitsstudie zu ermitteln, welches die sinnvollste Sanierungsvariante darstellt. Schwerpunkt der Machbarkeitsstudie waren Laboruntersuchungen zur Ermittlung von mikrobiellen Abbau-Szenarien. Untersuchungen zur Durchführung von pump-and-treat-Maßnahmen waren in dem Konzept nicht enthalten.

Die Voraussetzungen für die Durchführung einer MNA wurden anhand des damaligen Entwurfs der hessischen „Arbeitshilfe zu überwachten natürlichen Abbau- und Rückhalteprozessen im Grundwasser“ [2] geprüft. Die Prüfung ergab, dass vier wesentliche Voraussetzungen für die Durchführung einer MNA zum Zeitpunkt der Beantragung nicht erfüllt waren:

1. Der Schadensherd ist nicht saniert.
2. Die Schadstoffkonzentration liegt in manchen Bereichen der Fahne über dem 100-fachen Wert des Geringfügigkeitsschwellenwertes für Grundwasser.
3. Die Stationarität der Fahne ist nicht nachgewiesen.

4. Der Nachweis eines biologischen Abbaus der PAKs ist nicht zweifelsfrei erbracht.

Der Antrag wurde daher mit Hinweis auf die MNA-Arbeitshilfe abgelehnt.

3.1.2 Auflagen für die weitere Untersuchung von MNA-Prozessen

Da sowohl die Messung der hydrochemischen Parameter als auch die zwischenzeitlich nachgewiesene Retardation der Fahne auf das Vorhandensein von mikrobiellen Abbauprozessen hinwiesen, wurde vom Sanierungspflichtigen dennoch die Untersuchung von mikrobiellen Abbauprozessen befürwortet. Anhand der Machbarkeitsstudie soll geprüft werden, ob und in welchem Umfang herkömmliche Sanierungsmethoden durch MNA oder DNBA sinnvoll unterstützt oder ggf. ersetzt werden können.

Daraufhin wurde einvernehmlich das weitere Vorgehen festgelegt:

1. Die Durchführung einer MNA kann nach dem derzeitigen Kenntnisstand nicht genehmigt werden.
2. Die Vorlage eines Sanierungsplans zur hydraulischen Sicherung des Abstroms der PAK-Fahne ist daher weiterhin erforderlich.
3. Es wurde dem Sanierungspflichtigen jedoch frei-

gestellt, parallel dazu die vorgeschlagene Machbarkeitsstudie durchzuführen, um damit zusätzlich die Anwendbarkeit einer mikrobiellen in-situ-Sanierung oder MNA als Sanierungs-/Sicherungsvariante zu prüfen.

4. In dem zu erarbeitenden Gesamt-sanierungsplan sind beide Varianten (hydraulisches sowie mikrobiologische Verfahren) oder Kombinationen davon zu bewerten.
5. Dabei sind insbesondere folgende Punkte zu berücksichtigen:
 - Machbarkeit,
 - Erreichbarkeit des Sanierungsziels und die Dauer der Sanierung,
 - Kosten- Wirksamkeitsbetrachtung,
 - Auswirkung der Sanierungsverfahren auf die Schutzgüter.

3.1.3 Untersuchungen zur horizontalen und vertikalen Schadstoffverteilung, M/DNBA-Machbarkeitsstudie und Variantenvergleich

Untersuchungen zur horizontalen und vertikalen Schadstoffverteilung

Zur detaillierten tiefenorientierten Standort- und Abstromerkundung wurden an Bilanzebenen Passivsammler und Redox-Milieu-Detektoren (RMD) im

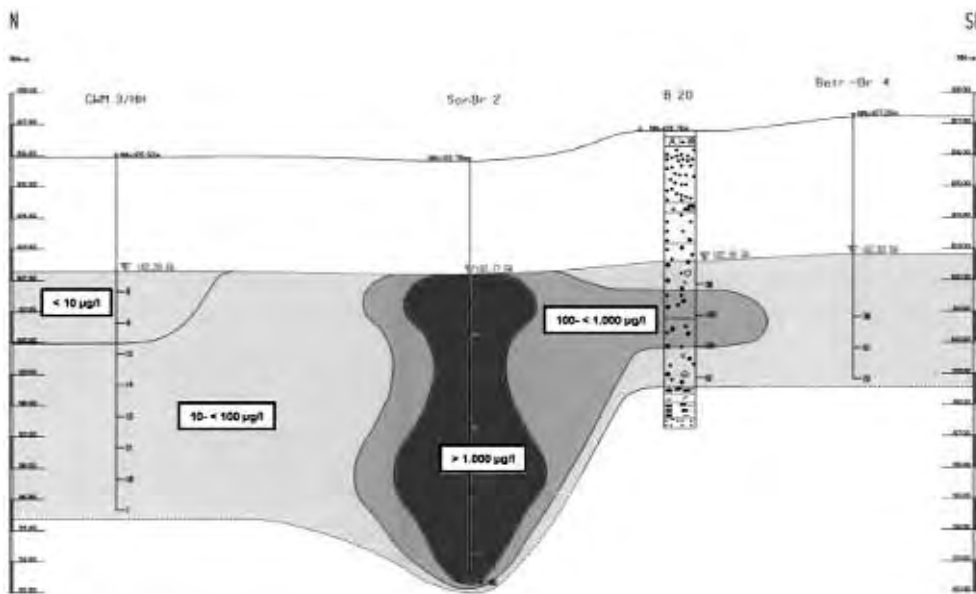


Abb. 3: PAK-Schadstoffverteilung ermittelt über Passivsammler.



Abb. 2: Passivsammler.

Abstand von einem Meter in vorhandene Grundwassermessstellen eingebaut.

Die Passivsammler bestehen aus einem wirkstoffaktiven Adsorbiermaterial, das über einen Zeitraum von einem Monat in den Messstellen verbleibt und die adsorbierten Schadstoffe können dann im Labor analysiert werden. Neben der vertikalen Schadstoffverteilung konnten zudem aus der analysierten

Schadstoffmasse pro Passivsammler, der Grundwasserabstandsgeschwindigkeit und der Höhe der Grundwassersäule (Filterstrecke) Schadstofffrachten berechnet werden.

Ziel des Einsatzes der Redox-Milieu-Detektoren (RMD) war, eine detaillierte Kenntnis der vertikalen Redox-Milieu-Zonierung des Grundwasseraquifers zu erhalten, um die

im Untergrund stattfindenden natürlichen mikrobiologischen Abbauprozesse gezielt überwachen zu können. Die Abb. 4 zeigt die Redox-Milieu-Detektoren nach dem Ausbau und die Abb. 5 die detektierte Redox-Milieu-Zonierung in einem Profilschnitt.



Abb. 4: Redox-Milieu-Detektor.

M/DNBA-Machbarkeitsstudie

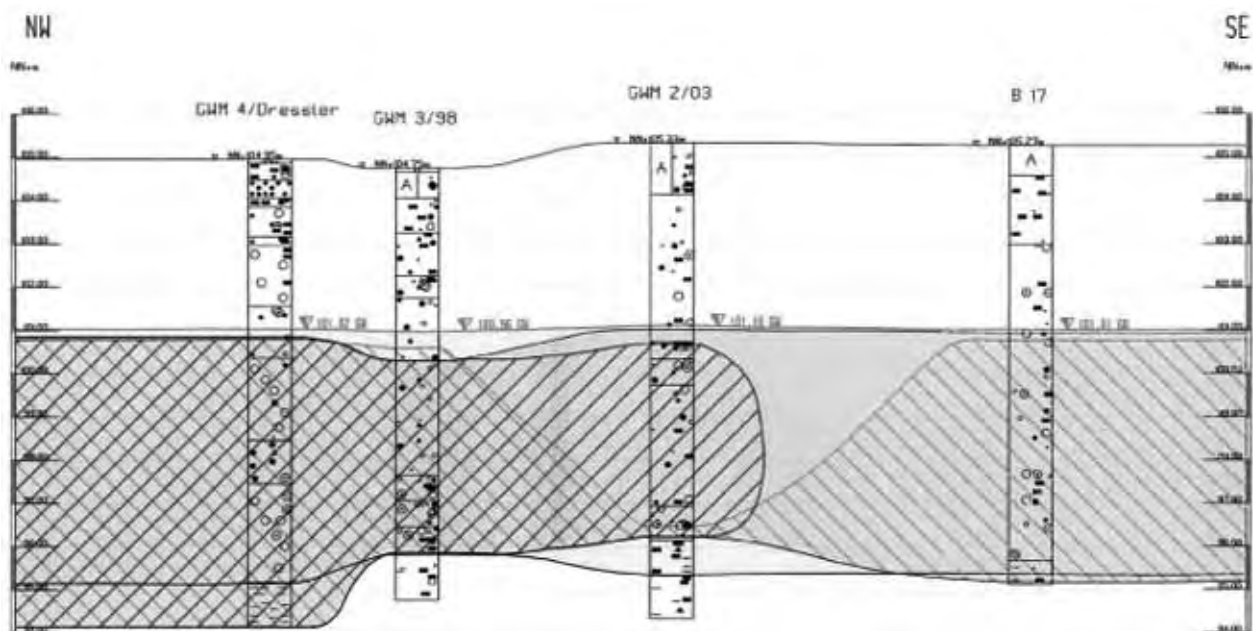


Abb. 5: Detektierte Redox-Milieu-Zonierung.

Das MNBA (Monitored Natural Bio Attenuation)-Erkundungsprogramm umfasste die folgenden Untersuchungen:

- Untersuchungen der Schadstoffe: PAK, BTEX, Phenole, Heterozyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (HAK), aromatische Amine (AA) und PAK-Metabolite,
- Bio-geochemische Parameter (Elektronen-Akzeptoren, etc.),
- PCR (Polymerase Chain Reaction),
- Isotopenfraktionierung (BACTRAPs: Naphthalin, Phenanthren, Acenaphthen),
- Mikrobiologische Ökotoxizitätstests,
- Bestimmung von Abbauraten sowie der physikochemischen und mikrobiologischen Abbauzonen des natürlichen Bioreaktors.

Um auch mögliche Bereiche zu kartieren, in denen eine alleinige Anwendung von MNBA möglicherweise nicht ausreicht bzw. um den Zeitraum des biologischen Abbaus durch gezielte Maßnahmen verkürzen zu können, wurden zudem Untersuchungen zur DNBA (Dynamisierte Natural Bio-Attenuation)-Erkundung durchgeführt:

- Mineralisations-Tests,



Abb. 6: Mikrobiologischer Passivsammler zur Gewinnung der standortgeeigneten Biomasse.

- Respirationstests,
- Challenge-Tests,
- Feldversuche zur Oxygenierung, wie Bio-Airsparging und iSOC® (in-situ Submerged Oxygen Curtain),
- Bestimmung von potenziellen Dynamisierungszonen und erreichbaren Abbauraten,
- Vergleichende Machbarkeitsstudie und Stofftransportmodellierung zum Vergleich der MNBA, DNBA und P & T.

Variantenstudie

Nach Vorlage der Ergebnisse aus der M/DNBA-Machbarkeitsstudie und den Feldversuchen zur Oxygenierung wurde im Vorfeld der Variantenstudie ein Stofftransportmodell erstellt, um die zeitlichen Entwicklung der Schadstoffahne und -frachten für die Szenarien MNBA, DNBA und P & T für eine 20 jährige Prognoserechnung aufbauend auf dem bestehenden Grundwasserströmungsmodell für den Hauptschadstoff-Parameter Acenaphthen zu berechnen und darzustellen.

Basierend auf den Ergebnissen des Stofftransportmodells wurde dann ein Sanierungs-Variantenvergleich durchgeführt, bei dem die Verfahren hinsichtlich ihrer

- Technischen Realisierbarkeit,
- Rechtssicherheit/Genehmigungsverfahren,
- Eignung/Erfolgsaussichten,
- Stand der Technik/der Wissenschaft,

- Planungssicherheit (Kontrolle/Steuerung) und
 - der Kosten
- bewertet wurden.

3.2 Ergebnis der Machbarkeitsstudie zur Durchführung einer MNA bzw. DNBA

Eine in 2005 und 2006 durchgeführte Machbarkeitsstudie zur Anwendung von Monitored Natural and Dynamisierte Natural Bio-Attenuation (M & DNBA) ergab, dass eine weitere Ausbreitung der Schadstoffahne nicht zu befürchten ist, da die mikrobiologische Aktivität (als biologischer Gegenvektor) im weiteren Abstrom einer Schadstoffausbreitung ausreichend entgegenwirkt. Isotopenfraktionierungs-Untersuchungen per BACTRAPs unterstützten diese Erkenntnisse. Hier konnte erstmalig ein mikrobiologischer Phenanthren-Abbau nachgewiesen werden

Aus der Machbarkeitsstudie ergab sich die in Abb. 7 dargestellte Einteilung des Untersuchungsbereichs in drei Zonen:

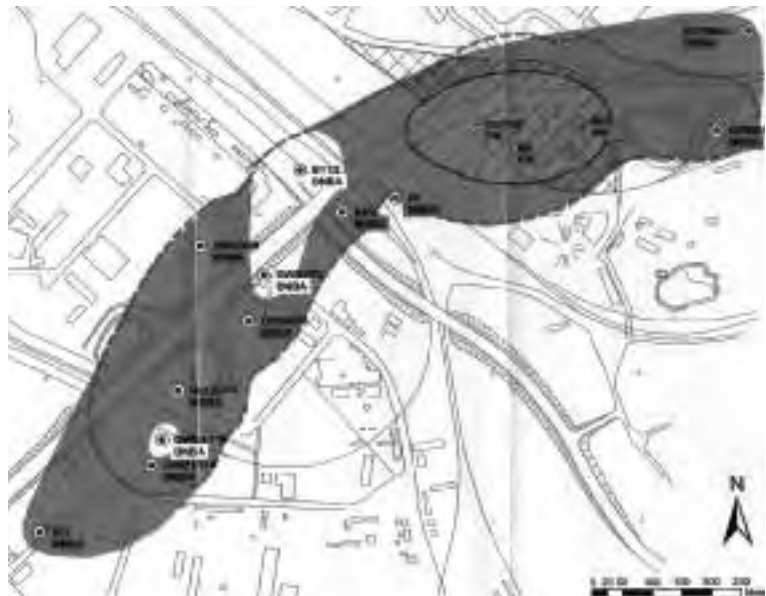


Abb. 7: Zoneneinteilung für den optimierten Schadstoffabbau. dunkel: MNA-Zone; hell: DNBA-Zone; Karomuster: physikalische Maßnahmen (Abschöpfung der Teerölphase)

Im Schadensherd:

Zone 1 Im Schadenszentrum kann aufgrund der mikrobiologischen Ökotoxizitäten für die Untergrundbakterien kein Abbau stattfinden. MNA- oder DNBA- Prozesse können hier für eine Sanierung nicht genutzt werden.

Im Abstrom:

In den Messstellen im Abstrom wurden Mikroorganismen nachgewiesen, die Naphthalin, Acenaphthen, Fluoren und Phenanthren unter aeroben Bedingungen abbauen. Die Ökotoxizitäten belegen, dass keine Störfaktoren für den mikrobiellen Abbau vorhanden sind. Aufgrund der gemessenen Elektronenakzeptor-Kapazitäten ergibt sich eine Einteilung der Abstromfahne in zwei unterschiedlich zu behandelnde Bereiche:

Zone 2 Im nahen Abstrom sind die Elektronenakzeptor-Kapazitäten in Relation zu den PAK-Konzentrationen zu gering. In dieser Zone ist daher eine Dynamisierung des mikrobiellen Abbaus z. B. mittels Sauerstoffeintrag erforderlich.

Zone 3 Im weiteren Abstrom sind ausreichend Elektronenakzeptoren für den mikrobiellen Abbau vorhanden. MNA könnte in diesem Abschnitt der Schadstofffahne zur Anwendung kommen.

Zur Verifizierung dieses Ergebnisses wurde an zwei Messstellen in der Zone 2, direkt hinter den Bahngleisen, ein sechsmonatiger Feldversuch zur



Abb. 8: Lage der Testfelder.

Dynamisierung des mikrobiellen Abbaus durch Eintrag von Sauerstoff (iSOC-Verfahren) bzw. Luft (Airsparging) durchgeführt.

Dabei wurde insbesondere beim Airsparging ein guter Schadstoffabbau erzielt. Die PAK-Konzentrationen im Grundwasser konnten innerhalb von fünf Monaten innerhalb des Testfeldes von 50 µg/l auf 2 µg/l reduziert werden.

Ergebnisse „Bio-Airsparging-Testfeld“:

Bereits nach dreimonatigem Betrieb war ein messbarer Erfolg der Bio-Airsparging-Maßnahme im Testfeld mittels Intensivierung des biologischen Schadstoffabbaus durch Oxygenierung vorhanden. Dies äußerte sich durch:

- eine deutliche Anhebung der Elektronenakzeptor (EAK)-Kapazitäten im Airsparging-Testfeld (Einstellung eines EAK-Überschusses),
- eine deutliche durchschnittliche PAK-Reduktion von ca. 25–46 % gegenüber der Ausgangsschadstoffmenge bei Versuchsbeginn,
- eine deutliche durchschnittliche HAK-Reduktion von 39–47 % gegenüber der Ausgangsschadstoffmenge bei Versuchsbeginn,
- eine deutliche durchschnittliche BTEX-Reduktion von 18–50 % gegenüber der BTEX-Ausgangskonzentration bei Versuchsbeginn,
- eine deutliche durchschnittliche MKW-Reduktion von 17–56 % gegenüber der MKW-Ausgangskonzentration bei Versuchsbeginn.

Anzumerken ist, dass „natürliche“ Schadstoffkonzentrationsschwankungen durch saisonale Einflüsse (wie Grundwasserstandsänderungen) den mikrobiologischen Schadstoffabbau mit beeinflussen und in der Bewertung zu berücksichtigen sind.

Ergebnisse „iSOC® -Testfeld“:

Im Vergleich zum Airsparging-Testfeld zeigt der iSOC®-Versuch eine geringere Wirkung des Sauerstoffeintrags durch iSOC® auf den mikrobiologischen Schadstoffabbau. Dies zeigte sich durch:

- eine geringere, aber noch deutliche durchschnittliche PAK-Reduktion von 13–42 % gegenüber der PAK-Ausgangsmenge bei Versuchsbeginn,

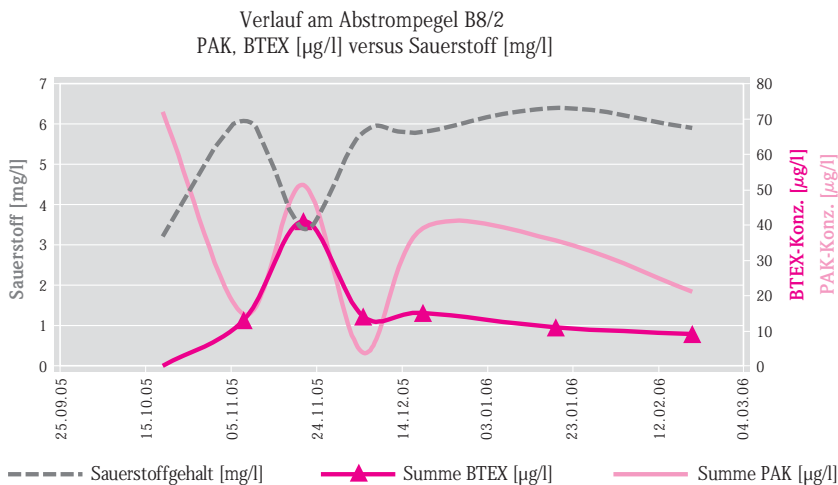


Abb. 9: Ergebnisse Air Sparging-Testfeld.

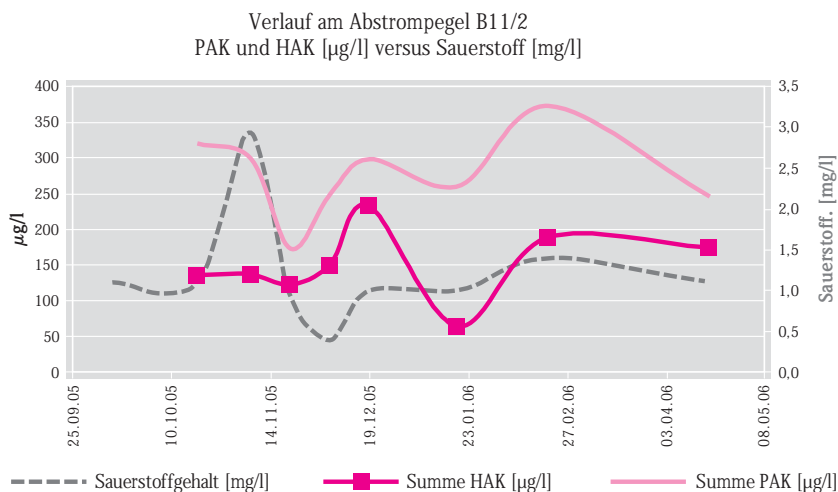


Abb. 10: Ergebnisse iSOC-Testfeld.

- eine geringere, durchschnittliche HAK-Reduktion von ca. 9–12 % gegenüber der Schadstoffausgangsmenge bei Versuchsbeginn,
- eine geringere, durchschnittliche BTEX-Reduktion von ca. 13–14 % gegenüber der BTEX-Ausgangskonzentration bei Versuchsbeginn,
- eine geringere, durchschnittliche MKW-Reduktion von 0–21 % gegenüber der MKW-Ausgangskonzentration bei Versuchsbeginn.

Auch hier sind „natürliche“ Schadstoffkonzentrationsschwankungen durch saisonale Einflüsse (wie Grundwasserstandsänderungen) wahrscheinlich und in der Bewertung zu berücksichtigen.

Eine signifikante Anhebung der Elektronenakzeptoren in den Bereich eines Überschusses ergab sich im iSOC[®]-Testfeld bisher nicht.

Resümee und Ausblick

Nach erfolgtem Feldversuch zeigten sich folgende Vorteile von Bio-Airsparging gegenüber iSOC[®], da:

- bessere/schnellere Verteilung/Ausbreitung von Sauerstoff im Aquifer,
- signifikante Erhöhung der Sauerstoffkonzentrationen im gesamten Testfeld,
- bessere Adaption der Mikroorganismen bei der Sauerstoffeinblasung (vermutlich standortspezifischer Faktor),
- bessere Schadstoffabbauleistungen,
- durch signifikante Erhöhung der EAK im gesamten Testfeld erfolgt eine Gewährleistung eines weiteren Schadstoffabbaus auch im Abstrom.

3.3 Gesamtsanierungsplan

Nach Abschluss der vorgenannten Feldversuche wurde ein Gesamtsanierungsplan erstellt. Dieser beschreibt zusammenfassend die hydrogeologischen und hydrochemischen Standortgegebenheiten sowie den bisherigen Sanierungsverlauf. Verschiedene Sanierungsverfahren werden erläutert und unter Berücksichtigung der folgenden Punkte auf ihre Eignung für den vorliegenden Schadensfall geprüft.

- Technische Realisierbarkeit,
- Rechtssicherheit/Genehmigungsfähigkeit,
- Eignung/Erfolgsaussichten,
- Stand der Technik und der Wissenschaft,
- Planungssicherheit,
- Verhältnismäßigkeit.

Folgende Verfahren sind nach Prüfung der o. g. Kriterien zur Sicherung des GW-Schadensfalls geeignet.

Schadensherd:

- Teerölabschöpfung

Abstrom:

- Pump-and-treat-Sicherungsmaßnahme
- Airsparging (DNBA)
- Monitored Natural Attenuation (MNA)

Für diese Sanierungsverfahren wurde als Grundlage für die Variantenstudie ein Stofftransportmodell errechnet, mit dem Ziel die zeitliche Entwicklung der Schadstofffahne und die Schadstofffrachten für die Szenarien MNBA, DNBA und P & T über einen Prognosezeitraum von 20 Jahren für den Hauptschadstoff-Parameter Acenaphthen darzustellen. Die Prognoserechnung basiert auf dem bereits bestehenden Grundwasserströmungsmodell.

Die Prognosen ergaben, dass sich bei allen Verfahrensvarianten die Ausdehnung der PAK-Fahne entsprechend der 2 µg-Isolinie stationär bis leicht retrograd entwickeln wird. Allerdings kann unter

Einsatz von Airsparging- oder pump-and-treat-Maßnahmen ein Rückgang der PAK-Konzentrationen > 20 µg/l im Abstrom der Sanierungsanlagen erreicht werden. Mit beiden Verfahren wurde gegenüber MNA in 20 Jahren das Erreichen einer um ca. 75 % reduzierten PAK-Konzentration prognostiziert. Pump-and-treat ergab in der Prognose keine wesentliche Verbesserung der Schadstoffkonzentration gegenüber Airsparging. Da für pump-and-treat ungefähr der dreifache Kostenaufwand erforderlich wäre, wurde dem Airsparging der Vorzug gegeben.

Der Variantenvergleich ergab, dass für den vorliegenden Standort die Fortführung der Teerölabschöpfung im Schadenszentrum, die Einrichtung einer Airsparging-Anlage im nahen Abstrom und die Durchführung von MNA im weiteren Abstrom die geeignetste Variante darstellt. Für diese Verfahrenskombination wurde daraufhin ein Detailsanierungsplan als Grundlage für einen öffentlich-rechtlichen Vertrag erstellt. Mit Vorlage des Sanierungsplans sind die Vereinbarungen des verwaltungsgerichtlichen Vergleichs erfüllt.

4 Vertrag

Der mit dem Sanierungspflichtigen geschlossene öffentlich-rechtliche Vertrag regelt im Wesentlichen die folgenden Punkte:

1. Bestätigung des Sanierungsplans,
2. Beschreibung der durchzuführenden Maßnahmen einschließlich Grundwasser-Monitoring und Dokumentation,

3. Regelungen zur Probennahme und Analytik,
4. Kompetenzen der Behörde und des Fachgutachters,
5. Sanierungsziel,
6. Verwaltungskosten.

5 Zusammenfassung

Bei der Bearbeitung des beschriebenen Grundwasserschadensfalls wurden Untersuchungen zu

mikrobiellen Abbauprozessen zugelassen, obwohl die Genehmigung einer MNA nach den Kriterien

der hessischen MNA Arbeitshilfe [2] nicht möglich war. Ziel der umfangreichen Untersuchungen der Machbarkeitsstudie war eine Prüfung, inwieweit alternative Sanierungsmaßnahmen herkömmliche Behandlungsmethoden, wie die zunächst geplanten pump-and-treat-Maßnahmen, ersetzen oder ergänzen können.

Die Untersuchungen ergaben zusammengefasst folgendes Ergebnis [3]:

1. Im Schadenszentrum kann aufgrund der mikrobiologischen Ökotoxizitäten für die Untergrundbakterien kein Abbau stattfinden. MNA- oder DNBA-Prozesse können hier nicht angewandt werden.
2. In den Messstellen im Abstrom wurden Mikroorganismen nachgewiesen, die Naphthalin, Acenaphthen, Fluoren und Phenanthren unter aeroben Bedingungen abbauen. Die Ökotoxizitäten belegen, dass keine Störfaktoren für den mikrobiellen Abbau vorhanden sind.
3. Im nahen Abstrom sind die Elektronenakzeptorkapazitäten in Relation zu den PAK-Konzentrationen zu gering. In dieser Zone ist daher eine Dynamisierung des mikrobiellen Abbaus z. B. mittels Sauerstoffeintrag erforderlich.
4. Im weiteren Abstrom sind ausreichend Elektronenakzeptoren für den mikrobiellen Abbau vorhanden. MNA könnte in diesem Abschnitt der Schadstofffahne zur Anwendung kommen.
5. Nach sechsmonatiger Testdauer zeigt das Airsparging-Verfahren (Einblasen von Luft) eine gute Wirksamkeit, wodurch die Ergebnisse der Machbarkeitsstudie bestätigt wurden.

Am Beispiel dieses Verfahrens zeigt sich, dass durch die Untersuchung der mikrobiellen Abbauprozesse die zunächst geplante kostenintensive pump-and-treat-Maßnahme durch das in der Wirkung gleiche, jedoch günstigere mikrobiologische Verfahren ersetzt werden und zusammen mit der Teerölabschöpfung zu einem Gesamt-sanierungskonzept ergänzt werden konnte.

6 Literatur

- [1] Machbarkeitsstudie „Monitored Natural und Dynamisierte Natural Bio-Attenuation“, Teil 1, Dipl.-Geol. Thomas Portune, 2005.
- [2] Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG), Handbuch Altlasten Band 8 Teil 1, Arbeitshilfe zu überwachten natürlichen Abbau- und Rückhalteprozessen im Grundwasser (MNA), 1. Auflage 2004, 2. überarbeitete Auflage 2005.
- [3] Machbarkeitsstudie Monitored Natural und Dynamisierte Natural Bio-Attenuation“, Teil 2, Dr. FRANK KARG, Dr. GUSTAV KOBBERGER, THOMAS GRAUF, 2005.
- [4] KARG, F. (2002): Microbial & biochemical techniques to evaluate and to implement in-situ biodegradation potential and activity at sites contaminated with aromatic and chlorinated hydrocarbons. Book of Abstracts: EMEC3 European Meeting on Environmental Chemistry, Association of Chemistry and the Environment, Genf/Schweiz, 11–14/12/2002.
- [5] KARG, F. (2003): Microbial & Molecular Techniques to Evaluate and to Implement in-situ Biodegradation Potential and Activity at Sites Contaminated with Aromatic and Chlorinated Hydrocarbons. Poster ConSoil 2003, FZK/TNO International Conference on Contaminated Land, 12–16 May, 2003, Gent/Belgium.
- [6] KARG, F. (2003): Possibilités de l'application de l'Atténuation Naturelle Dynamisée comme Alternative économique de la Dépollution des Sites Pollués (Möglichkeiten zur Anwendung der Dynamisierten Natural Bio-Attenuation als Option zur mikrobiologischen Altlastensanierung). Environnement & Technique, 2003, 24–28.
- [7] KARG, F. (2004): Sites et Eaux Souterraines Pollués: des Traitements Economiques par Bio-Atténuation Naturelle Dynamisée (Grundwasserkontaminationen: Ökonomische Behandlung mit Dynamisierter Natural Bio-Attenuation). Environnement & Technique, 2004, n° 242, 30–34.
- [8] PIEPENBRINK et al. (2005): Enhanced Natural Attenuation for the in-situ biodegradation of N-S-O heteroaromatic compounds in groundwater: overview of the joint project at the former gasworks site „Testfeld Süd“, M. PIEPENBRINK, T. PTAK, P. GRATHWOHL, University of Tübingen/D; A. SAGNER, A. TIEHM, Technologiezentrum Karlsruhe/D; O.

- TRÖTSCHLER, H.-P. KOSCHITZKY, T. HASLWIMMER, University of Stuttgart, Stuttgart/D, 2005.
- [9] RICHNOW, H.H.: (2005): Erfahrungen aus dem Einsatz von ^{13}C -beladenen Aufwuchskörpern bei BTEX-Schadensfällen („BAC-TRAPS“), H.H. RICHNOW, UFZ, Leipzig, in: Perspektiven molekularer und isotopischer Methoden zum Nachweis des natürlichen Schadstoffabbaus in Böden, Work-shop am 29./30. September 2005 des BMBF-Förderschwerpunktes KORA und des DECHEMA-IAK „Umweltbiotechnologie – Boden“ bei der FAL, Braunschweig.
- [10] SAGNER A., BRINKMANN C., EISENTRÄGER A., HINGER G., HOLLERT H., THIEN A. (2006): Vorkommen und Ökotoxizität von heterozyklischen Kohlenwasserstoffen (NSO-HET). KORA-Workshop 12. und 19.06.2006, BEW Duisburg und Dresden, 37–41.
- [11] SCHROERS ST., ODENSAß M. (2007): In-situ-Verfahren für die gesättigte Zone: Einsatzmöglichkeiten und erste Beispiele aus Nordrhein-Westfalen, Altlastenspektrum Heft 1, Februar 2007, S. 13-24.
- [12] CORNELSEN, M., BUHL J. (2005): Optimierung des natürlichen Schadstoffabbaus in situ durch den Einsatz von ISOCTM, Altlastenspektrum Heft 2 2005, 70–74.
- [13] KARG, F., HINTZEN, U., PORTUNE, T. & OLK, C. (2006): Feldtesterfahrungen zur Anwendung der DNBA (Dynamisierte Natural Bio-Attenuation) und Prozessoptimierung: Standort Rütgers Chemicals AG, Hanau. Tagungshandbuch Symposium. In-Situ-Sanierungen DECHEMA/Frankfurt: 21.11.2006.
- [14] GEYER, R. et al. (2005): In situ assessment of biodegradation potential using BACTRAPs amended with ^{13}C -labeled benzene or toluene, R. GEYER, Center for Environmental Research, Leipzig/D; A.D. PEACOCK, Univ. of Knoxville, A. MILTNER, H. RICHNOW, UFZ/Leipzig/D; D.C. WHITE, University of Knoxville/USA; K. SUBLETTE, University of Tulsa/USA; M. KÄSTNER UFZ/Leipzig/D, aus: DECHEMA-Veranstaltungen, Europ. Conf. Natural Attenuation, 18–20 May 2005.
- [15] HENKLER, C. & KARG, F. (2002): Microbial & Molecular Techniques to Evaluate in-situ Biodegradation and Activity at Sites Contaminated with Aromatic and Chlorinated Hydrocarbons. Poster zum DECHEMA-Congress “Natural Attenuation” 06/2002 in Heidelberg.
- [16] KARG, F., HINTZEN, U., PORTUNE, T., DOMALSKI, R. (2007): Feldtesterfahrungen zur Anwendung der DNBA (Dynamisierte Natural Bio-Attenuation) zur Prozessoptimierung: Standort RÜTGERS Chemicals AG, Hanau. Altlastenspektrum 02/2007, S. 61 – 67.

Geeignete Parameter zur Überwachung von MNA

WILHELM PÜTTMANN

Einleitung

Die überwiegende Zahl von Grundwasserschäden wird durch Mineralölprodukte wie Vergaserkraftstoffe, Kerosin, Diesel/Heizöl und leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe (LCKW) hervorgerufen. Die Vergaserkraftstoffe lassen sich über die Einzelsubstanzen Benzol, Toluol, Ethylbenzol und die drei isomeren Xylole (BTEX-Aromaten) erfassen, während die Diesel/Heizölprodukte in den Parameter MKW (Mineralölkohlenwasserstoffe) eingehen. Kerosin enthält häufig sowohl BTEX-Aromaten als auch gesättigte Kohlenwasserstoffe, die über den Parameter MKW erfasst werden. Darüber hinaus sind zahlreiche Grundwasserschäden im Untergrund von (ehemaligen) Kokereien und Gaswerken bekannt. Die bei der Pyrolyse von Kohle in Kokereien und ehemaligen Gaswerken gebildeten flüchtigen Produkte bestehen neben den Gasen aus BTEX-Aromaten und polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK), deren Analytik im Grundwasser dieser Standorte zum Standard-Untersuchungsprogramm gehört.

Eine Auswertung von 93 Grundwasser-Verunreinigungen hat ergeben, dass die Schadstofffahnen bei LCKW-Verunreinigungen im Mittel wesentlich länger sind als bei BTEX-Kontaminationen und

deren Fahnen wiederum länger sind als die von Diesel/Heizöl-Kontaminationen (STUPP & PAUS, 1999). Daraus lässt sich ableiten, dass die natürlichen Rückhalte- und Abbauprozesse bei Grundwasserschäden mit BTEX und Diesel/Heizöl in der Regel wesentlich effizienter sind als bei LCKW-Schäden. Vor diesem Hintergrund ist verständlich, dass „Monitored Natural Attenuation“ (MNA) zunächst vorwiegend bei BTEX und Diesel/Heizölschäden zur Anwendung kommt (WIEDEMEIER et al., 1995). Der Abbau der Kohlenwasserstoffe wird unter den natürlichen Bedingungen im Grundwasser aufgrund der geringen Löslichkeit von Sauerstoff im Wasser vorwiegend durch anaerobe Prozesse gesteuert. Diese anaeroben Prozesse werden im Folgenden zunächst näher erläutert und mögliche Interferenzen zwischen den jeweiligen Prozessen diskutiert.

In Abb. 1 sind am Beispiel des Benzols die chemischen Prozesse dargestellt, die unter den jeweiligen Redoxbedingungen zum Abbau der Kohlenwasserstoffe führen. Der dazu erforderliche Verbrauch an Elektronenakzeptoren (Oxidationsmittel) wird als Massenverhältnis im Vergleich zu Benzol bei vollständiger Oxidation zu Kohlendioxid angegeben.

		Massen- verhältnisse in mg
aerob:		
$C_6H_6 + 7,5 O_2$	$\rightarrow 6 CO_2 + 3 H_2O$	1: 3,08
Nitrat-Reduktion:		
$C_6H_6 + 6 NO_3^- + 6 H^+$	$\rightarrow 6 CO_2 + 6 H_2O + 3 N_2$	1: 4,77
Eisen-Reduktion:		
$C_6H_6 + 30 Fe(OH)_3 + 60 H^+$	$\rightarrow 6 CO_2 + 30 Fe^{2+} + 78 H_2O$	1: 41,1
Sulfat-Reduktion:		
$C_6H_6 + 3,75 SO_4^{2-} + 7,5 H^+$	$\rightarrow 6 CO_2 + 3,75 H_2S + 3 H_2O$	1: 4,6
Methanogenese:		
$C_6H_6 + 4,5 H_2O$	$\rightarrow 2,25 CO_2 + 3,75 CH_4$	

Abb. 1: Reaktionsgleichungen des aeroben und anaeroben Abbaus von Benzol zu Kohlendioxid sowie die Massenverhältnisse von Benzol zu den jeweiligen Elektronenakzeptoren.

Abbau von Kohlenwasserstoffen unter anaeroben Bedingungen

Zum biologischen Abbau von gesättigten und aromatischen Kohlenwasserstoffen liegen bereits mehrere Übersichtsartikel vor, von denen hier stell-

vertretend die Arbeit von WIDDEL & RABUS (2001) genannt wird.

Abbau von Kohlenwasserstoffen unter nitratreduzierenden Bedingungen

Gesättigte aliphatische Kohlenwasserstoffe werden unter nitratreduzierenden Bedingungen im Grundwasser von Bakterien relativ gut abgebaut (Holliger & Zehnder, 1996). Bezüglich des Abbaus aromatischer Kohlenwasserstoffe unter nitratreduzierenden Bedingungen liegen aus der Literatur widersprüchliche Aussagen vor. Auf der Basis von Laborexperimenten haben MAJOR et al. (1988) sowie MORGAN et al. (1993) vorgeschlagen, in Aquiferen, die mit Mineralöl kontaminiert sind, durch Zugabe von Nitrat den Benzolabbau zu unterstützen. Dagegen lassen die Ergebnisse aus anderen Untersuchungen darauf schließen, dass Nitrat nicht den anaeroben Benzolabbau zu stimulieren vermag (HUTCHINS et al., 1991; LOVLEY, 1997). Unstrittig ist dagegen, dass die meisten alkylierten Benzole (etwa aus Vergaserkraftstoff oder JP-4 jet fuel) von nitratreduzierenden Bakterien metabolisiert werden können. Lediglich bei o-Xylol und Ethylbenzol ist (ver-

gleichbar dem Benzol) unter den Bedingungen der Nitratreduktion ein deutlich eingeschränkter biologischer Abbau beschrieben worden (HUTCHINS et al., 1991).

Von Feldexperimenten zur in-situ-Sanierung von Kohlenwasserstoff-Kontaminationen im Grundwasser durch Einspeisung von Nitrat wurden sehr unterschiedliche Resultate beschrieben. Während BATTERMANN (1986) eine nahezu vollständige Entfernung von Benzol und Toluol sowie eine weitgehende Erhaltung der Xylole beschreibt, wurde in einem Experiment von LEMON et al. (1989) Toluol vollständig eliminiert, während Benzol, Ethylbenzol und die Xylole erhalten blieben. Bei Feldversuchen mit Nitratspeisung in einen kontaminierten Aquifer wurde von HUTCHINS et al. (1991) festgestellt, dass Toluol, Ethylbenzol sowie m- und p-Xylol rasch abgebaut wurden, während sich o-Xylol vergleichs-

weise resistent verhielt. Den beobachteten raschen Benzolabbau führten die Autoren auf gleichzeitig vorhandenen Sauerstoff im Aquifer zurück. Die Ergebnisse lassen insgesamt den Schluss zu, dass eine Förderung der Nitratreduktion in einem mit

Mineralöl oder Mineralölprodukten kontaminierten Aquifer in Bezug auf den Abbau von Benzol nicht unbedingt den gewünschten Erfolg erwarten lässt, wenn sich dabei anaerobe Bedingungen einstellen.

Abbau von Kohlenwasserstoffen unter sulfatreduzierenden Bedingungen

In einem Laborexperiment von JOBSON et al. (1979) mit einem Rohöl aus einer Lagerstätte (North Cantal) gelang es nicht, mit sulfatreduzierenden Bakterien unmittelbar einen Abbau der Kohlenwasserstoffe in Gang zu setzen. Erst nach Vorbehandlung des Rohöls mit aeroben Bakterien konnten anschließend sulfatreduzierende Bakterien das Öl bzw. die unter aeroben Bedingungen gebildeten Zwischenprodukte weiter verwerten. Da das eingesetzte Rohöl gesättigte Kohlenwasserstoffe (n-Alkane) als Hauptkomponenten enthielt, wurde aus diesem Experiment gefolgert, dass sulfatreduzierende Bakterien n-Alkane nicht verwerten können. Neuere Untersuchungen mit Reinkulturen von sulfatreduzierenden Bakterien, die aus Ölproduktionsanlagen isoliert wurden, haben gezeigt, dass diese Bakterien unter anaeroben Bedingungen n-Alkane im Kettenlängenbereich von C-12 bis C-20 zu CO₂ abbauen können (AECKERSBERG et al., 1991). Ebenso konnten thermophile sulfatreduzierende Bakterien aus Sedimenten des Guaymas Basin isoliert werden, die vorwiegend kurzkettige n-Alkane aus Rohölen mineralisieren (RUETER et al., 1994). Bei einer Altlast mit aufschwimmender Ölphase von Diesel/Heizöl auf dem Grundwasser wurde in Teilbereichen ein nahezu vollständiger Abbau der n-Alkane beobachtet und ging mit einer fast vollständigen Zehrung des Sulfats einher. Da parallel dazu kein signifikanter Aromatenabbau festgestellt wurde, liegt der Schluss nahe, dass auch in diesem Fall die Sulfatzehrung mit dem Abbau der Alkane gekoppelt war (GOBEL & PÜTTMANN, 1991). Aufgrund der genannten und weiterer Befunde aus der Literatur (WILKES et al., 2000) kann es heute als unstrittig angesehen werden, dass sulfatreduzierende Bakterien dazu in

der Lage sind, n-Alkane zumindest mit Kettenlänge bis zu C-20 vollständig zu mineralisieren.

Im Vergleich zum biologischen Abbau gesättigter Kohlenwasserstoffe ist dem Abbau aromatischer Kohlenwasserstoffe unter sulfatreduzierenden Bedingungen weitaus mehr Aufmerksamkeit gewidmet worden. Im Vordergrund standen dabei Arbeiten zum Abbau des Benzols und Toluols. Aus der Fülle der zu diesem Thema erschienenen Publikationen können hier nur einige genannt werden. Bei den Laborversuchen von LOVLEY et al. (1995) mit Sedimenten aus der San Diego Bay in Kalifornien wurde Benzol unter strikt anaeroben Bedingungen innerhalb von 55 Tagen weitgehend zu CO₂ mineralisiert. Die Tatsache, dass bei diesen Experimenten Sulfat als Elektronenakzeptor diente, wurde dadurch gestützt, dass die Benzolverwertung nach Zugabe von Molybdat als Inhibitor für die Sulfatreduktion gestoppt wurde. Außerdem kam der Metabolismus bei weitgehender Zehrung des Sulfats zum Erliegen und konnte durch Sulfatzugabe wieder in Gang gesetzt werden. Aufbauend auf diese Experimente konnten WEINER et al. (1998) den Benzolabbau in einem mit Mineralöl kontaminierten Aquifer durch Zugabe von Sulfat forcieren und folgerten aus ihren Ergebnissen, dass bei Sanierungsmaßnahmen eine Stimulierung des Benzolabbaus durch Sulfat günstiger sein könnte als eine Zugabe von Sauerstoff. Leider ist noch unklar, warum in einigen mit Mineralöl kontaminierten Aquiferen eine Sulfatzugabe den Benzolabbau erst nach Inokulation der Sedimente mit sulfatreduzierenden Mikroorganismen aus aquatischen Sedimenten stimulieren konnte (WEINER & LOVLEY, 1998).

Abbau von Kohlenwasserstoffen unter eisenreduzierenden Bedingungen

Die Rolle von eisenreduzierenden Bakterien beim anaeroben Abbau von Kohlenwasserstoffen ist lange Zeit unterschätzt worden, bis LOVLEY et al. (1989) darauf aufmerksam machten, dass Mikroorganismen dazu in der Lage sind, organische Verbindungen unter Verwendung von Fe(III) als Elektronenakzeptor zu CO₂ zu oxidieren. Am Beispiel des durch einen Pipelinebruch verursachten Ölschadens in Bemidji, Minnesota konnte gezeigt werden, dass beim Abbau aller BTEX-Aromaten der Eisenreduktion begleitet von der Methanogenese die größte Bedeutung zukommt (BENNET et al., 1993; BAEDECKER et al., 1993; EGANHOUSE et al., 1993). In diesem Aquifer standen nur äußerst geringe Mengen an Nitrat und Sulfat zur Verfügung. Dabei wurde ein nahezu vollständiger Abbau aller Monoaromaten beobachtet; 1,2,3,4-Tetramethylbenzol erwies sich als relativ inert. Da die gängigen Fe(III)-Verbindungen in einem Aquifer überwiegend nicht in Wasser löslich sind, stehen sie auch nicht als Elektronenakzeptoren bei mikrobiellen Prozessen im Grundwasser zur Verfügung. LOVLEY et al. (1994) konnten in einem Laborexperiment mit Probenmaterial aus einem durch Mineralöl kontaminierten

Aquifer zeigen, dass bei Anwesenheit von organischen Komplexbildnern wie Nitritotri-Essigsäure (NTA) nach einer längeren Adaptionszeit ein rascher Abbau von Benzol beobachtet wurde. Bei einer Nachdosierung von Benzol wurde dieses ebenfalls rasch wieder abgebaut. Mit Toluol wurden ähnliche Ergebnisse erzielt. Die Ergebnisse wurden dahingehend interpretiert, dass das NTA die im Sediment enthaltenen Fe(III)-Verbindungen komplexiert, somit in Lösung bringt und für Mikroorganismen als Elektronenakzeptoren verfügbar macht. Die Reduktion von Fe(III) zu Fe(II) ist gekoppelt an die Oxidation von Kohlenwasserstoffen, wobei bisher vorwiegend niedere monoaromatische Kohlenwasserstoffe (BTEX) als geeignete Reaktionspartner ohne besondere Bevorzugung einzelner Vertreter aus dieser Substanzklasse erkannt wurden. Mit gesättigten Kohlenwasserstoffen sind entsprechende Untersuchungen bisher nicht durchgeführt worden. Parallel zur Eisenreduktion läuft Manganreduktion ab, die in der Regel aufgrund der geringeren Verfügbarkeit von Mangan quantitativ hinter der Eisenreduktion zurücksteht.

Abbau von Kohlenwasserstoffen unter methanogenen Bedingungen

Bereits 1986 wurde von WILSON et al. der vollständige Abbau von BTEX-Aromaten unter methanogenen Bedingungen beschrieben. GRBIC-GALIC (1990) konnte zeigen, dass auch höhere Aromaten wie Naphthalin, Inden und Acenaphthen durch methanogene Bakterien über zahlreiche Zwischenprodukte zu CO₂ und CH₄ abgebaut werden. Im Fall des ölkontaminierten Aquifers Bemidji läuft die Methanogenese gleichzeitig mit der Eisenreduktion ab (BAEDECKER et al., 1993). Die Abbauege der aromatischen Kohlenwasserstoffe unter methanogenen Bedingungen sind vergleichsweise gut untersucht. GRBIC-GALIC & VOGEL (1987) konnten durch ¹⁴C-Markierung von Toluol zeigen, dass die Methylgruppe zum großen Teil zu CO₂ umgesetzt wird, während

CH₄ überwiegend aus Ring-Kohlenstoff stammt. Bei Untersuchungen zur Metabolitenbildung beim Abbau aromatischer Kohlenwasserstoffe unter methanogenen Bedingungen wurde Phenol als Metabolit des Benzols, Benzoessäure als Metabolit des Toluols und zahlreiche aromatische Säuren als strukturell korrespondierende Metabolite von höheren Alkylbenzolen nachgewiesen (GRBIC-GALIC & VOGEL, 1987; COZZARELLI et al., 1990).

Bezüglich der gesättigten Kohlenwasserstoffe ist lange davon ausgegangen worden, dass diese sich in Sedimenten bei Abwesenheit von Sauerstoff, Nitrat oder Sulfat inert verhalten. ZENGLER et al. (1999) konnten allerdings nachweisen dass eine Anreiche-

rungskultur von anaeroben Bakterien dazu in der Lage ist, unter strikt anoxischen Bedingungen in einem sulfatfreien Medium Hexadekan zu Methan und CO_2 abzubauen (ZENGLER et al., 1999). Damit wurde erstmals nachgewiesen, dass Methanogenese auch mit n-Alkanen möglich ist. Beim Abbau von Kohlenwasserstoffen im Grundwasser werden diese Prozesse in der Regel ohne Relevanz sein. Ausge-

nommen sind möglicherweise die Kontaminationsherde, in denen es zu einer vollständigen Zehrung von Sauerstoff, Nitrat und Sulfat gekommen ist. Abb. 1 zeigt die Reaktionsgleichungen des vollständigen Abbaus von Benzol zu Kohlendioxid unter Verwendung der oben diskutierten Elektronenakzeptoren sowie die Massenverhältnisse von Benzol zu den jeweils erforderlichen Elektronenakzeptoren.

Analytik des Abbaus von Kohlenwasserstoffen

Der Abbau der Kohlenwasserstoffe im Grundwasser an einem kontaminierten Standort lässt sich über die Analytik der Elektronenakzeptoren indirekt erfassen. Beim aeroben Abbau, bei der Nitratreduktion und der Sulfatreduktion findet eine Zehrung der entsprechenden Elektronenakzeptoren und folglich eine entsprechende Verminderung der Elektronenakzeptoren im Bereich der Schadstofffahne relativ zum anströmenden Grundwasser statt. Die Nachlieferung dieser Elektronenakzeptoren erfolgt überwiegend durch den Anstrom. Sulfat kann aber auch durch Sickerwasser eingetragen werden, insbesondere wenn die ungesättigte Zone oberhalb der Kontaminationsfahne Bau-schutt enthält. Bei der Eisenreduktion wird dagegen das im Aquifer vorhandene unlösliche Fe(III) in lösliches Fe(II) umgesetzt. Hierbei zeigt folglich der Anstieg der Fe(II)-Konzentration im Grundwasser eine mikrobielle Umsetzung von Kohlenwasserstoffen an.

Ebenso führen entsprechend der Reaktionsgleichung in Abb. 1 methanogene Bedingungen in einem kontaminiert-

ten Aquifer zu einem Anstieg der Methankonzentration im Grundwasser.

Ein direkter Nachweis des mikrobiellen Abbaus von insbesondere aromatischen Kohlenwasserstoffen ist über die Metabolitenanalytik möglich (BELLER et al., 1995; SCHMIDT et al., 1996; 1998). Abb. 2

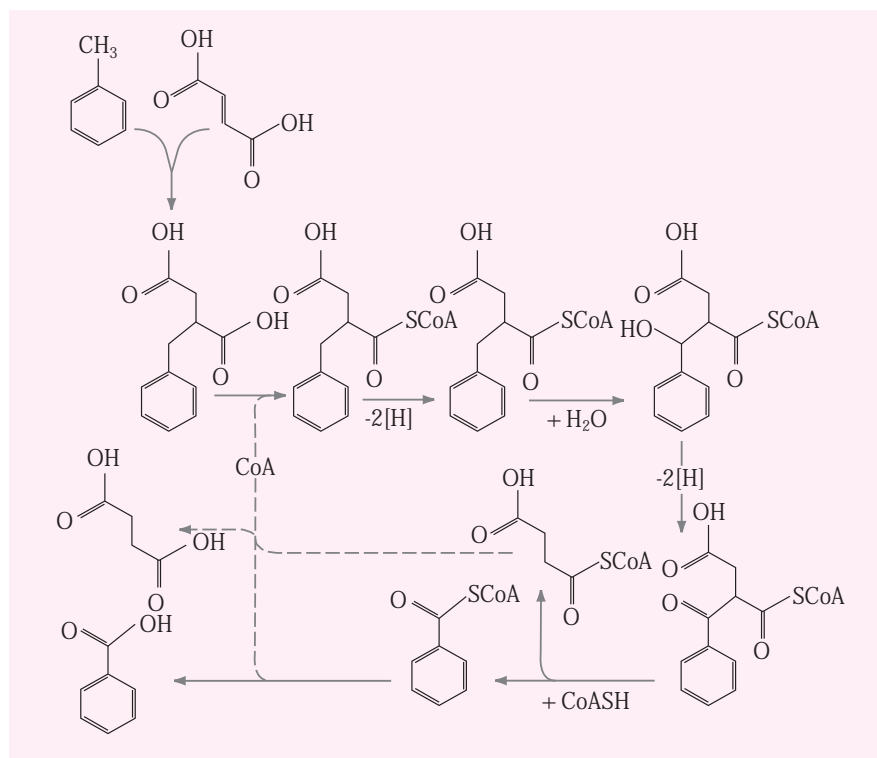


Abb. 2: Vorgeschlagener Reaktionsweg des Abbaus von Toluol über Benzylbernsteinsäure zur Benzoessäure durch die denitrifizierenden Bakterien *Thauera aromatica* (aus BIEGERT et al., 1996).

zeigt am Beispiel des Toluols den Weg auf, den Bakterien (hier nitratreduzierende Bakterien) wählen, um diesen Kohlenwasserstoff besser wasserlöslich und damit leichter energetisch verfügbar zu machen. Zunächst werden Derivate der Bernsteinsäure gebildet, die dann zur Benzoesäure gespalten werden. Folglich sind Benzoesäure (aus Toluol) und methylierte Benzoesäuren aus Xylole in der Regel im Grundwasser von BTEX-kontaminierten Standorten nachweisbar. Die Bernsteinsäurederivate galten zunächst nach EVANS et al. (1992) als weitgehend persistente (dead-end) Produkte. In der Zwischenzeit ist aber unstrittig, dass derartige Metabolite im Abstrom weiter abgebaut werden.

Die Metabolite (organische Säuren) sind nicht nur direkte Indikatoren für den mikrobiellen Aromatenabbau, sondern verfügen zudem über die Eigenschaft, Metalle zu komplexieren. Diese besteht vorwiegend in einer Auflösung von amorphen Fe(III)-Mineralen, womit erst die Voraussetzung für die Aktivität von Fe(III)-reduzierenden Bakterien geschaffen wird, die ihrerseits hervorragend zum Aromatenabbau, insbesondere von Benzol geeignet sind. Weiterhin haben die organischen Säuren lösungsvermittelnde Eigenschaften und können somit die Desorption der Kohlenwasserstoffe von

der mineralischen Matrix fördern und auch auf diesem Wege die Biodegradation unterstützen.

In den USA wird in einer Verfahrensvorschrift zur Implementierung von „Natural Attenuation“ gefordert, dass für jeden in Frage kommenden Standort der direkte Nachweis von biologischen Abbauprozessen zu erbringen ist (WIEDEMEIER et al., 1995). Dieser Nachweis lässt sich entweder durch die Anwendung mikrobiologischer Methoden führen oder durch die Analytik von Metaboliten aus dem Abbau der jeweils vorhandenen Schadstoffe im Grundwasser (PHELPS et al., 2002). Somit kann die Metabolitenanalytik nicht nur zum Prozessverständnis beitragen, sondern auch Hinweise liefern, ob an einem kontaminierten Standort im Zuge der Anwendung von MNA eine Verminderung der Schadstoffe tatsächlich stattfindet.

Eine weitere Methode, die sich zum Nachweis des mikrobiellen Abbaus von aromatischen Kohlenwasserstoffen in einem kontaminierten Aquifer eignet, ist die Messung der stabilen Isotopenverhältnisse des Kohlenstoffs an gaschromatographisch getrennten Einzelkomponenten (GRIEBLER et al., 2004). Diese Methode basiert auf der Tatsache, dass Mikroorganismen bevorzugt die isotopisch leichteren Moleküle metabolisieren.

Literaturverzeichnis

- AECKERSBERG F., BAK F. & WIDDEL F. (1991): Anaerobic oxidation of saturated hydrocarbons to CO₂ by a new type of sulfate-reducing bacterium. *Archives Microbiol.* **156**, 5–14.
- BAEDECKER M.J., COZZARELLI I.M., EAGANHOUSE R.P., SIEGEL D.I. & BENNET P.C. (1993): Crude oil in a shallow sand and gravel aquifer-III. Biogeochemical reactions and mass balance modelling in anoxic groundwater. *Appl. Geochem.* **8**, 569–586.
- BATTERMANN G. (1986): Decontamination of polluted aquifers by biodegradation. In: 1985 International TNO Conference on contaminated soil. (Eds. ASSINK J.W. & VAN DEN BRINK W.J.), Dordrecht, pp. 711–722.
- BELLER H.R., DING W.-H. & REINHARD M. (1995): Byproducts of anaerobic alkylbenzene metabolism useful as indicators of in situ bioremediation. *Environ. Sci. Technol.* **29**, 2864–2870.
- BENNET P.C., SIEGEL D.E., BAEDECKER M.J. & HULT M.F. (1993): Crude oil in a shallow sand and gravel aquifer-I. Hydrogeology and inorganic geochemistry. *Appl. Geochem.* **8**, 529–549.
- BIEGERT T., FUCHS G. & HEIDER J. (1996): Evidence that anaerobic oxidation of toluene in the denitrifying bacterium *Thauera aromatica* is initiated by formation of benzylsuccinate from toluene and fumarate. *Eur. J. Biochem.* **238**, 661–668.
- COZZARELLI I.M., EAGANHOUSE R.P. & BAEDECKER M.J. (1990): Transformation of monoaromatic hydrocarbons to organic acids in anoxic groundwater environments. *Environ. Geol. Water Sci.* **16**, 135–141.
- EAGANHOUSE R.P., BAEDECKER M.J., COZZARELLI I.M., AIKEN G.R., THORN K.A. & DORSEY T. (1993): Crude oil in a shallow sand and gravel aquifer-II. Organic geochemistry. *Appl. Geochem.* **8**, 551–567.
- EVANS P.J., LING W., GOLDSCHMIDT B., RITTER E.R. & YOUNG L.Y. (1992): Metabolites formed during anaerobic transformation of toluene and o-xylene and their proposed relationship to the initial steps of toluene mineralization. *App. Environ. Microbiol.* **58**, 496–501.
- GOBEL W. & PÜTTMANN W. (1991): Untersuchungen zum mikrobiologischen Abbau von Kohlenwasserstoffen im Grundwasserkontaktbereich. *GWF-Wasser/Abwasser* **132**, 126–131.
- GRBIC-GALIC D. (1990): Methanogenic transformation of aromatic hydrocarbons and phenols in groundwater aquifers. *Geomicrobiol. J.* **8**, 167–200.
- GRBIC-GALIC D. & VOGEL T.M. (1987): Transformation of toluene and benzene by mixed methanogenic cultures. *App. Environ. Microbiol.* **53**, 254–260.
- GRIEBLER C., SAFINOWSKI M., VIETH A., RICHNOW H.H. & MECKENSTOCK R.U. (2004) Combined application of stable carbon isotope analysis and specific metabolites determination for assessing in situ degradation of aromatic hydrocarbons in a tar oil-contaminated aquifer. *Environ. Sci. Technol.* **38**, 617–631.
- HOLLIGER C. & ZEHNDER A.J.B. (1996): Anaerobic biodegradation of hydrocarbons. *Curr. Opin. Biotechnol.* **7**, 326–330.
- HUTCHINS S.R., DOWNS W.C., WILSON J.T., SMITH G.B., KOVACS D.A., FINE D.D., DOUGLASS R.H. & HENDRIX D.J. (1991): Effect of nitrate addition on bioremediation of fuel-contaminated aquifer: Field demonstration. *Ground Water* **4**, 571–580.
- JOBSON A.M., COOK F.D. & WESTLAKE DWS (1979): Interaction of aerobic and anaerobic bacteria in petroleum biodegradation. *Chem. Geol.* **24**, 355–365.
- LEMON L.A., BARBARO J.P. & BARKER J.F. (1989): Biotransformation of BTEX under anaerobic denitrifying conditions: Evaluation of field observations. In: Proceedings FOCUS-Conference on Eastern Regional Ground Water Issues. NWWA, Dublin, pp.213–227.
- LOVLEY D.R., BAEDECKER M.J., LONERGAN D.J., COZZARELLI I.M., PHILLIPS E.J.P. & SIEGEL D.I. (1989): Oxidation of aromatic contaminants coupled to microbial iron reduction. *Nature* **339**, 297–300.
- LOVLEY D.R., WOODWARD J.C. & CHAPPELLE F.H. (1994): Stimulated anoxic biodegradation of aromatic hydrocarbons using Fe(III) ligands. *Nature* **370**, 128–131.
- LOVLEY D.R., COATES J.D., WOODWARD J.C. & PHILLIPS E.J. (1995): Benzene oxidation coupled to sulfate reduction. *Appl. Environ. Microbiol.* **61**, 953–958.
- LOVELEY D.R. (1997): Potential for anaerobic remediation of BTEX in petroleum-contaminated aquifers. *J. Industr. Microbiol.* **61**, 953–958.
- MAJOR D.W., MAYFIELD C.I. & BARKER J.F. (1988): Biotransformation of benzene by denitrification in aquifer sand. *Ground Water* **26**, 8–14.
- MORGAN P., LEWIS S.T. & WATKINSON R.J. (1993): Biodegradation of benzene, toluene, ethylbenzene, and xylenes in gas-condensate-contaminated groundwater. *Environ. Pollution* **82**, 181–190.
- PHELPS C.D., BATTISTELLI J. & YOUNG L.Y. (2002): Metabolic biomarkers for monitoring anaerobic naphthalene biodegradation in situ. *Environ. Microbiol.* **4**, 532–537.
- RUETER P., RABUS R., WILKES H., AECKERSBERG F., RAINEY F.A., JANNASCH H.W. & WIDDEL F. (1994): Anaerobic oxidation of hydrocarbons in crude oil by new types of sulphate-reducing bacteria. *Nature* **372**, 455–458.
- SCHMITT R., LANGGUTH H.-R., PÜTTMANN W., ROHNS H.P., ECKERT P. & SCHUBERT J. (1996): Biodegradation of aromatic hydrocarbons under anoxic conditions in a shallow sand and gravel aquifer of the Lower Rhine Valley, Germany. *Org. Geochem.* **25**, 41–50.
- SCHMITT R., LANGGUTH H.-R. & PÜTTMANN W. (1998): Abbau aromatischer Kohlewasserstoffe und Meta-

- bolitenbildung im Grundwasserleiter eines ehemaligen Gaswerkstandorts. *Grundwasser* **2**, 78–86.
- STUPP H.D. & PAUS L. (1999): Migrationsverhalten organischer Grundwasser-Inhaltsstoffe und Ansätze zur Beurteilung von MNA. TerraTech 5/1999 (Sonderdruck).
- WEINER J. & LOVLEY D.R. (1998): Anaerobic benzene degradation in petroleum-contaminated aquifer sediments after inoculation with benzene-oxidizing enrichment. *Appl. Environ. Microbiol.* **64**, 775–778.
- WEINER J.W., LAUCK T.S. & LOVLEY D.R. (1998): Enhanced anaerobic benzene degradation with the addition of sulfate. *Bioremediation Journal* **2**, 159–173.
- WIDDEL F. & RABUS R. (2001): Anaerobic biodegradation of saturated and aromatic hydrocarbons. *Current Opinion in Biotechnology* **12**, 259–276.
- WIEDEMEIER T.H., WILSON J.T., KAMPBELL D.H., MILLER R.N. & HANSEN J.E. (1995): Technical protocol for implementing intrinsic remediation with long-term monitoring for natural attenuation of fuel contamination dissolved in groundwater. Air Force Center for Environmental Excellence (AFCEE), Technology Transfer Division, Brooks Air Force Base, San Antonio, Texas.
- WILKES H., BOREHAM C., HARMS G., ZENGLER K. & RABUS R. (2000): Anaerobic degradation and carbon isotopic fractionation of alkylbenzenes in crude oil by sulphate-reducing bacteria. *Org. Geochem.* **31**, 101–115.
- WILSON B.H., SMITH G.B. & REES J.F. (1986): Biotransformation of selected alkylbenzenes and halogenated aliphatic hydrocarbons in methanogenic aquifer material: A microcosm study. *Environ. Sci. Technol.* **20**, 997–1002.
- ZENGLER K., RICHNOW H.H., ROSSELLO-MORA R., MICHAELIS W. & WIDDEL F. (1999): Methane formation from long-chain alkanes by anaerobic microorganisms. *Nature* **401**, 266–269.

Natürlicher mikrobiologischer Abbau von Chlorethenen: Nachweismethoden und Fallbeispiele

KATHRIN SCHMIDT, AXEL MÜLLER, HEIKO SCHELL & ANDREAS THIEM

Natürliche mikrobiologische Abbauprozesse stehen beim Grundwasserschutz und bei der Altlastenbehandlung zunehmend im Blickpunkt. Unter dem Begriff „Natural Attenuation“ werden alle Prozesse zusammengefasst, die unbeeinflusst durch den Menschen zu einem Rückgang der Ausdehnung und Konzentration von Schadstofffrachten führen. Neben dem biologischen Abbau tragen auch abiotische Vorgänge wie z. B. Verdünnung, Sorption und Ausgasung zum Schadstoffrückgang bei. Der mikrobiologische Abbau ist dabei der wesentliche Vorgang, der einen Netto-Verlust der Schadstofffrachten bewirkt (SUAREZ & RIFAI, 1999).

Vor dem Hintergrund knapper werdender finanzieller Mittel wird die Nutzung natürlicher Abbauprozesse zunehmend als Alternative zu kostenaufwändigen technischen Verfahren anerkannt. Die Akzeptanz von Natural Attenuation kann dabei jedoch nicht bedeuten, den Standort vollständig sich selber zu überlassen. Die biologischen Abbauprozesse müssen ausreichend charakterisiert sein

(Prozessverständnis) und der Verlauf des biologischen Abbaus muss durch ein qualifiziertes Monitoring kontrolliert und quantifiziert werden (Monitored Natural Attenuation, MNA) (KOHLER, 2004; TIEHM et al., 2005; HELD et al., 2007; TIEHM & SCHMIDT, 2007; TIEHM et al., 2007). Dazu hat die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz in ihrem Positionspapier zur Berücksichtigung natürlicher Schadstoffminderungsprozesse bei der Altlastenbearbeitung ein abgestuftes Vorgehen angeregt, in dem zunächst der Ist-Zustand erfasst wird und anschließend die natürlichen Schadstoffminderungsprozesse identifiziert und quantifiziert werden (ALA, 2005).

Nachstehend sind die wesentlichen derzeit verfügbaren mikrobiologischen Methoden zu Nachweis, Identifikation und Quantifizierung von natürlichen mikrobiellen Abbauprozessen erläutert. Anhand der Ergebnisse vom Chlorethen-kontaminierten KORA-Standort Frankenthal wird die Aussagekraft der Untersuchungen demonstriert.

Mikrobieller Chlorethen-Abbau

Chlorethene gehören weltweit zu den am weitesten verbreiteten Umweltschadstoffen. Die weit reichenden Belastungen entstanden durch Unfälle

und leichtsinnige Entsorgungspraktiken in der Vergangenheit. Eingesetzt werden Perchlorethen (PCE) z. B. als Reinigungsmittel in chemischen Reinigun-

gen und Trichlorethen (TCE) z. B. als Entfettungsmittel in der Metallverarbeitenden Industrie (BRADLEY, 2003).

In Abb. 1 ist der derzeitige Stand des Wissens zum biologischen Abbau der Chlorethene zusammengefasst: Bei der reduktiven Dechlorierung werden PCE und TCE über die Zwischenprodukte *cis*-

1,2-Dichlorethen (cDCE) und Vinylchlorid (VC) zu den dehalogenierten Endprodukten Ethen bzw. Ethan umgesetzt (Abb. 1, links). Für diesen anaeroben Abbau via Halorespiration oder Co-Metabolismus werden Wasserstoff oder Acetat als Elektronendonoren benötigt, die meist aus der Fermentation komplexerer organischer Substrate hervorgehen.

Der initiale mikrobiologische Angriff muss bei PCE in der Regel anaerob-reduktiv erfolgen.

Aufgrund der vergleichsweise schnellen Umsetzung von PCE und TCE kommt es häufig zur zwischenzeitlichen Akkumulation von cDCE und VC. Diese intermediären Abbauprodukte der reduktiven Dechlorierung sind auch unter aeroben Bedingungen abbaubar (Abb. 1, rechts), wobei der Abbau in vielen Fällen co-metabolisch abläuft. In einigen neuen Publikationen wurde auch ein produktiver aerober Abbau von cDCE und VC ohne zusätzliches Auxiliarsubstrat beschrieben (COLEMAN et al., 2002; SCHMIDT & TIEHM, 2007).

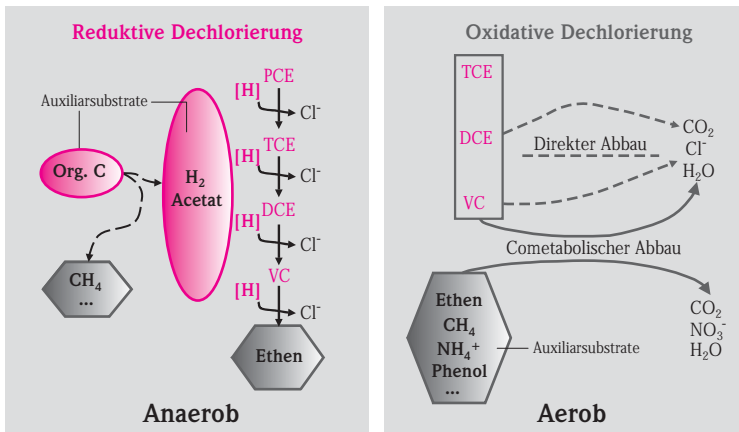


Abb. 1: Anaerobe und aerobe Prozesse bei der Dechlorierung von Chlorethenen.

Untersuchungsmethoden

Schadstoffverteilung

Ein Konzentrationsrückgang der Schadstoffe an einem kontaminierten Standort kann auf abiotische (z. B. Verdünnung) und biotische NA-Prozesse zurückzuführen sein. Das Auftreten spezifischer Metabolite wie z. B. cDCE oder VC bei PCE/TCE als Ausgangskontaminanten kann ein Hinweis auf mikrobielle Abbauprozesse am Standort sein. Je nach Standort-Bedingungen (z. B. Sediment-Beschaffenheit) sind aber auch abiotische Dechlorierungsprozesse unter Metaboliten-Bildung möglich (LEE & BATCHELOR, 2004).

Hydrochemische Randbedingungen (Redoxzonierung)

Da im Untergrund der Eintrag von Sauerstoff stark limitiert ist, haben anaerobe Prozesse eine große Bedeutung für den Schadstoffabbau. Alternativ

zum aeroben Stoffwechsel mit Sauerstoff als Elektronen-Akzeptor können Nitrat-, Eisen(III)- und Sulfatreduzierende sowie methanogene Prozesse ablaufen. Wenn alle potenziellen Elektronen-Akzeptoren verfügbar sind, werden diejenigen Verbindungen zuerst genutzt, die den Mikroorganismen den höchsten Energiegewinn bei der Umsetzung des Substrates ermöglichen. Hydrochemische Indikatoren für die verschiedenen Redoxprozesse sind der Verbrauch der von den Mikroorganismen zum Energiegewinn verwendeten terminalen Elektronen-Akzeptoren, z. B. Sulfat, sowie das Auftreten spezifischer Respirationsprodukte, z. B. Sulfid und Fe(II).

Mikrobiologische Bestandsaufnahme mit dem MPN-Test

Mit MPN-Tests (Most Probable Number) lassen sich stoffwechselaktive Mikroorganismen in Grund-

wasserproben oder Bodeneluaten vergleichend quantifizieren. Durch selektive Nährmedien können relevante stoffwechselphysiologische Mikroorganismengruppen erfasst werden. Dabei ist es möglich, die aktiven Organismen verschiedener Redoxzonen im Aquifer zu unterscheiden. Es kann beispielsweise zwischen aeroben Gesamtkeimzahlen und spezifischen aeroben Keimzahlen wie Ammonium- und Nitritoxidierern unterschieden werden. Bei den anaeroben Organismengruppen ist die Bestimmung von denitrifizierenden, Nitrat-ammonifizierenden, Eisen-reduzierenden, Sulfat-reduzierenden und methanogenen Organismen möglich. Durch Zugabe von standortrelevanten Schadstoffen als alleinigem organischem Substrat können spezifische Schadstoffverwerter, z. B. aerobe VC-Verwerter, quantifiziert werden (STIEBER et al., 1994).

Mit einem Keimzahlenscreening der an einem Standort vorhandenen Biozönose kann in Verbindung mit den Ergebnissen aus geohydrologisch-chemischen Untersuchungen die Ausdehnung abbaurelevanter Redoxzonen im Aquifer nachgewiesen werden. Die mikrobiologische Analyse ergänzt dabei die hydrochemischen Untersuchungen, bei denen z. B. Fe(III)- und Sulfat-reduzierende Bereiche nicht exakt beurteilt werden können, da die Respirationsprodukte Fe(II) und Sulfid als FeS ausfallen.

Mikrobiologische Abbauersuche (Mikrokosmen)

Anhand von Abbauersuchen in Batch-Mikrokosmen (Abb. 2), in-situ-Mikrokosmen oder durchströmten Säulen kann der Abbau an einem Standort nachgewiesen und beurteilt werden (FENNELL et al., 2001; SCHULZE & TIEHM, 2004). Durch spezielle Techniken für Probenentnahme, -transport und -lagerung kann gewährleistet werden, dass die autochthone Mikroflora und die natürlichen, in der Regel anaeroben, Standort-Verhältnisse erhalten bleiben.

Abbauersuche in Mikrokosmen bieten den Vorteil, die im Feld ablaufenden Pro-



Abb. 2: Beispiel für Mikrokosmen in 2L-Glasflaschen, links: Befüllung mit Grundwasser im Feld, Mitte: Batchflasche im Labor, rechts: anaerobe Inkubation in einem Anaerobtopf.

zesse genau aufzuzeigen. Man erhält dabei fundierte Informationen über die abbaubaren Schadstoffe und vorhandenen Auxiliarsubstrate, die auftretenden Abbauprodukte und die Abbaukinetik (Geschwindigkeit, Reihenfolge des Abbaus). In der Regel werden die Mikrokosmen mit Grundwasser vom Standort angesetzt, wobei die Zugabe von Sediment die Umsatzgeschwindigkeit erhöhen kann (BERGHOFF et al., 2007).

Molekularbiologischer Organismennachweis mit 16S-PCR

Ein innovativer Ansatz in der Umwelttechnik ist die Anwendung von molekularbiologischen Techni-

1. Denaturierung bei 95°C
Doppelsträngige DNA wird in ihre beiden Einzelstränge aufgetrennt.
2. Annealing bei 40-65°C
Die Primer lagern sich an die beiden DNA-Stränge an.
3. Extention bei 70°C
Die DNA-Polymerase vervollständigt die Einzelstränge zum Doppelstrang.

Die beiden entstandenen DNA-Stränge bilden die Vorlage für den nächsten Zyklus → bei jedem Zyklus wird die Menge an DNA verdoppelt
→ exponentielle Amplifizierung der DNA.

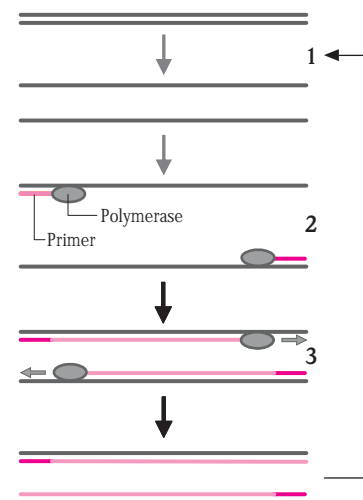


Abb. 3: Schematische Darstellung einer PCR-Reaktion.

ken zum schnellen und spezifischen Nachweis schadstoffabbauender Mikroorganismen. Die An- bzw. Abwesenheit dieser Organismen ist ein Erfolg versprechender Parameter zur Beurteilung des jeweiligen Abbaupotentials (Hendrickson et al., 2002; Schmidt et al., 2006). Der Vorteil molekularbiologischer Methoden liegt in dem geringen Zeitbedarf für eine Analyse und der dadurch möglichen hohen Anzahl an Proben, die für die Beurteilung eines Standorts herangezogen werden können.

Mit PCR (Polymerase Chain Reaction, siehe Abb. 3 für ein Reaktionsschema) lassen sich DNA-Abschnitte definierter Länge vervielfältigen und als Banden auf einem Agarose-Gel (Auftrennung der DNA-Fragmente nach ihrer Länge) sichtbar machen. Es entsteht nur dann ein PCR-Produkt definierter Länge, wenn DNA des gesuchten Organismus in der Probe vorhanden ist. Für einen sensitiveren PCR-Nachweis werden in einem vorgeschalteten Reaktionsschritt universell bakterielle 16S-DNA-Sequenzen vervielfältigt, die dann als Ausgangsmaterial für die Organismus-spezifische 16S-PCR dienen (Nested PCR).

Isotopenchemie

Mit isotopenchemischen Methoden lassen sich sowohl Verursacher von Schadstofffällen zuordnen als auch mikrobiologische Abbauprozesse belegen. Isotope sind Atome desselben Elements, die sich in der Anzahl an Neutronen und somit in ihrer Massenzahl

unterscheiden. Alle Substanzen, sowohl synthetisch hergestellte als auch natürliche, bestehen aus einem Gemisch von leichten (die überwiegende Mehrzahl) und schweren (einige wenige) Isotopen. Die Isotopensignatur einer Substanz bezeichnet das Verhältnis von schweren zu leichten Isotopen. Mikrobielle Abbauprozesse verändern die Isotopensignaturen von Schadstoffen, da Mikroorganismen bevorzugt die leichten Isotope verstoffwechseln (BLOOM et al., 2000; SCHMIDT et al., 2007 a und b). Dieser Vorgang wird als Isotopenfraktionierung bezeichnet und ist in Abb. 4 schematisch dargestellt. Die verbleibende Substanz reichert sich an ^{13}C an, während das gebildete Abbauprodukt einen höheren Anteil an ^{12}C enthält. Der Grad einer mikrobiell verursachten Anreicherung wird mit dem Anreicherungsfaktor ϵ ausgedrückt.

Am Standort zeigt der Nachweis von schwerer werdenden Isotopensignaturen der Ausgangskontaminanten im Abstrom, dass mikrobielle Abbauprozesse im Untergrund wirksam sind. Mit Hilfe der standort-spezifischen Anreicherungsfaktoren ist darüber hinaus sowohl die Ermittlung der primären Isotopensignaturen der Ausgangskontaminanten als auch die Quantifizierung der im Feld ablaufenden mikrobiellen Abbauprozesse möglich (MARTIN et al., 2006).

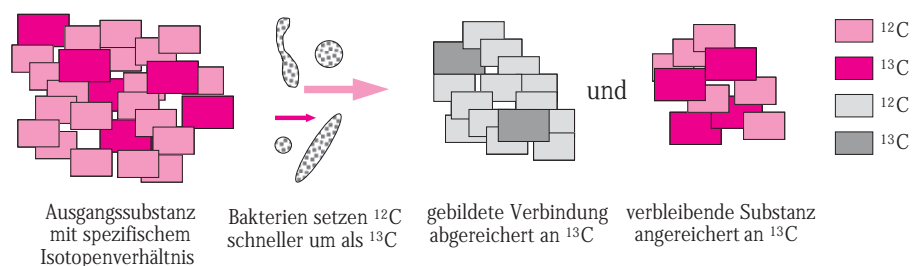


Abb. 4: Schematische Darstellung der mikrobiellen Isotopenfraktionierung.

Ergebnisse vom Standort Frankenthal

Schadstoffverteilung

Am Standort Frankenthal liegt die Chlorethen-Kontamination im Innenstadtbereich. Der TCE-Haupt-

schaden befindet sich an der westlichen Stadtgrenze und wurde durch einen Metallverarbeitenden Betrieb verursacht. Zusätzlich liegt ein PCE-

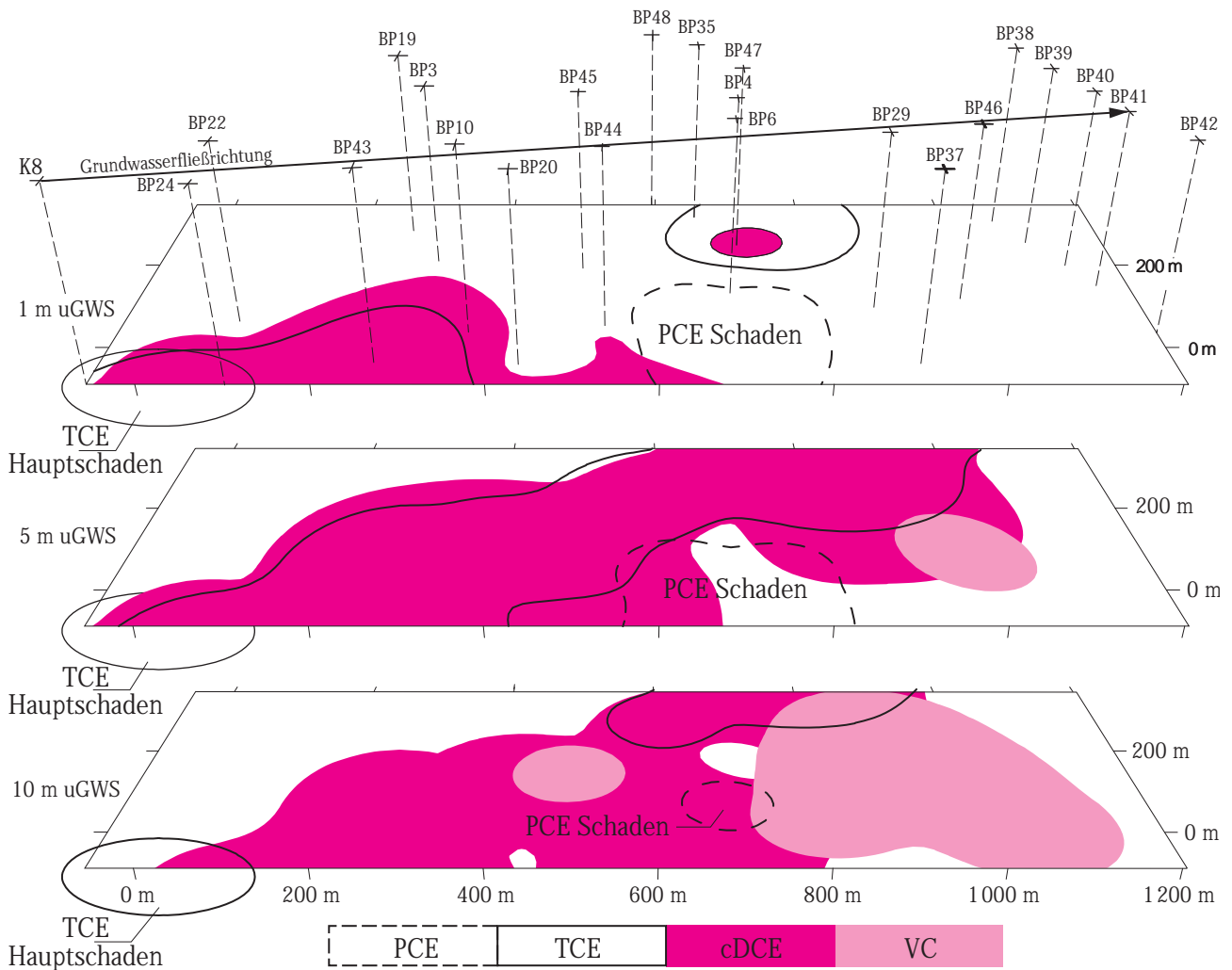


Abb. 5: Frankenthal: Schadstoff-Verteilung (Konzentrationen > 100 µg/L) auf drei Tiefenhorizonten. Der Pfeil am oberen Rand der Abbildung markiert die angenommene Centerline (Surfer-Interpolation: Kriging mit Standard-Einstellungen; u GWS = unter Grundwasserspiegel).

Schaden, der auf Verunreinigungen durch Chemische Reinigungen zurückzuführen ist, im Zentrum der Innenstadt (Abb. 5). Der Abstrombereich des TCE-Schadens zeigt bis zur Messstelle BP10 eine Dominanz von cDCE mit Konzentrationen > 1 mg/L. Um Messstelle BP6 tritt erstmalig PCE auf, welches dem PCE-Schaden zuzuordnen ist. Hauptkontaminant sind nicht die Primär-Kontaminanten PCE und TCE sondern das Abbauprodukt cDCE. VC wurde lediglich in einzelnen Messstellen in Konzentrationen > 100 µg/L detektiert. Ethen und Ethan konnten in keiner Grundwasserprobe nachgewiesen werden (Bestimmungsgrenze: 5 µg/L). Die im Rahmen des Monitorings jährlich ermittelten Schadstoffkon-

zentrationen deuten auf eine quasistationäre Schadstofffahne hin.

Redoxzonierung

Bei wiederholten 2-fach und 3-fach horizontierten Beprobungen konnte eine ausgeprägte vertikale Redoxzonierung mit stärker reduzierenden Verhältnissen im tiefen Horizont ermittelt werden. Die Sauerstoff-Gehalte, die Nitrat-Konzentrationen und das Redoxpotential sinken von flach zu tief. Die Eisen- und Mangan-Gehalte verhalten sich gegenläufig dazu, in den tiefen Bereichen wurden höhere Konzentrationen gemessen. Erhöhte Methan-Kon-

zentrationen konnten nur vereinzelt detektiert werden (BP 3, 41 und 47; Maximum: 0,53 mg/L), während Sulfid gar nicht nachgewiesen werden konnte (Bestimmungsgrenze: 0,1 mg/L).

Außerdem ist am Standort Frankenthal auch eine flächige Aufteilung in Bereiche mit verschiedenen Redoxbedingungen zu erkennen. Der Zustrom (K 8) und der nordwestliche Bereich sind durch aerobe Verhältnisse geprägt. Anaerobe Bedingungen stellen sich dann an der Messstelle BP 24 im direkten Abstrom des TCE-Hauptschadens ein, während an der BP 44 im weiteren Abstrom wieder ein Einfluss von Sauerstoff- und Nitrat-haltigem Wasser zu verzeichnen ist. Diese Elektronen-Akzeptoren werden anschließend (BP 29 und BP 46) wieder gezehrt, so dass die hintere Kontrollebene von BP 38 bis BP 42 durch stark anaerobe eisenreduzierende Verhältnisse geprägt ist.

Mikrobiologische Bestandsaufnahme mit dem MPN-Test

Aus Eluaten von insgesamt 12 Sedimentproben aus drei Tiefen der Messstellen BP 44, 45, 46 und 51 wurde mittels MPN-Verfahren die Keimzahl-Verteilung erfasst.

BP 51: unkontaminierter Abstrom	anaerobe Bedingungen
BP 44: cDCE dominiert	aerobe Bedingungen
BP 45: TCE und cDCE treten auf	aerobe Bedingungen
BP 46: VC dominiert	stark anaerobe Bedingungen

Als aerobe Keimzahlen wurden Gesamtkeimzahlen mit nährstoffreichem und nährstoffarmem Medium, Ammoniumoxidierer und VC-Verwerter und als anaerobe Keimzahlen Denitrifikanten, Sulfat- und Eisen-Reduzierer bestimmt. Es konnte keine deutliche Tiefenhorizontierung der Keimzahlen ermittelt werden. Die BP51 außerhalb des Kontaminationsbereichs wies etwas geringere Keimzahlen auf als die im Fahnenbereich liegenden Messstellen BP 44, 45 und 46. Sulfat-Reduzierer konnten nur in drei Proben in geringer Anzahl detektiert werden; dieses Ergebnis zeigt, dass Sulfat-Reduktion am Standort Frankenthal von geringer Bedeutung ist. In Übereinstimmung mit den hohen Nitrat-Konzentrationen am Standort zeigten die Denitrifikanten in

neun Proben höhere Keimzahlen als die Eisen-Reduzierer. Ammoniumoxidierer konnten nicht nachgewiesen werden. Mit nährstoffarmem Medium lagen die Keimzahlen höher als mit nährstoffreichem Medium, was mit der Herkunft der Organismen aus einem oligotrophen Aquifer erklärt werden kann. Es ist anzunehmen, dass die Bakterien an nährstoffarme Bedingungen adaptiert sind und ein Überangebot an Nährstoffen gar nicht verwerten können. Besonders interessant ist die Beobachtung, dass in elf Proben aerobe VC-Verwerter detektiert wurden, was in Einklang mit den Ergebnissen der Abbauprobe auf ein weit verbreitetes VC-Abbaupotential am Standort Frankenthal hinweist.

Mikrobiologische Abbauprobe (Mikrokosmen)

In Mikrokosmen-Untersuchungen mit den Auxiliarsubstraten Wasserstoff und Acetat konnte ein reduktiv-anaerober Abbau von PCE und TCE beobachtet werden. Meist trat eine stöchiometrische Umsetzung von PCE über TCE bis zu cDCE auf (Abb. 6). Ein weiterer Abbau bis zu VC konnte nur mit Grundwasser aus BP 46 und BP 6 detektiert werden. Diese Ergebnisse sind in Einklang mit dem Auftreten von cDCE als Hauptkontaminant und dem vereinzelt Auftreten erhöhter VC-Konzentrationen. Als Nebenreaktion wird Sulfat zu Sulfid reduziert; im Grundwasser eventuell vorhandenes Nitrat wird vor dem Einsetzen der reduktiven Dechlorierung komplett reduziert.

Ein oxidativ-aerober Abbau von cDCE und VC konnte ebenfalls in Mikrokosmen-Untersuchungen nachgewiesen werden. Diese Beobachtung liefert eine Erklärung für die überwiegend geringen VC-Konzentrationen am Standort und den starken Rückgang der cDCE-Konzentrationen am Fahnenende. Mit Untersuchungen in Mineralmedium, das keine Auxiliarsubstrate enthält und eine Bilanzierung des Abbaus anhand der Chlorid-Freisetzung zulässt, konnte gezeigt werden, dass der Abbau von cDCE und VC produktiv ablaufen kann (Abb. 7). Im Grundwasser einiger untersuchter Messstellen konnte außerdem eine co-metabolische Umsetzung

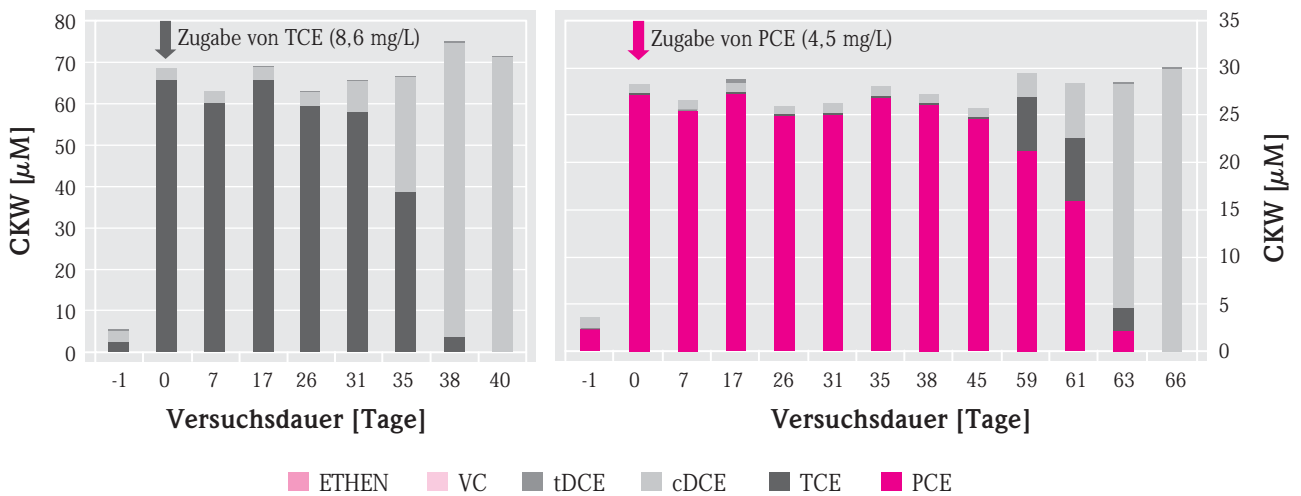


Abb. 6: Frankenthal: Anaerob-reduktive Dechlorierung von TCE mit Grundwasser aus der K9 (linke Seite) und von PCE mit Grundwasser aus der BP6 (rechte Seite).

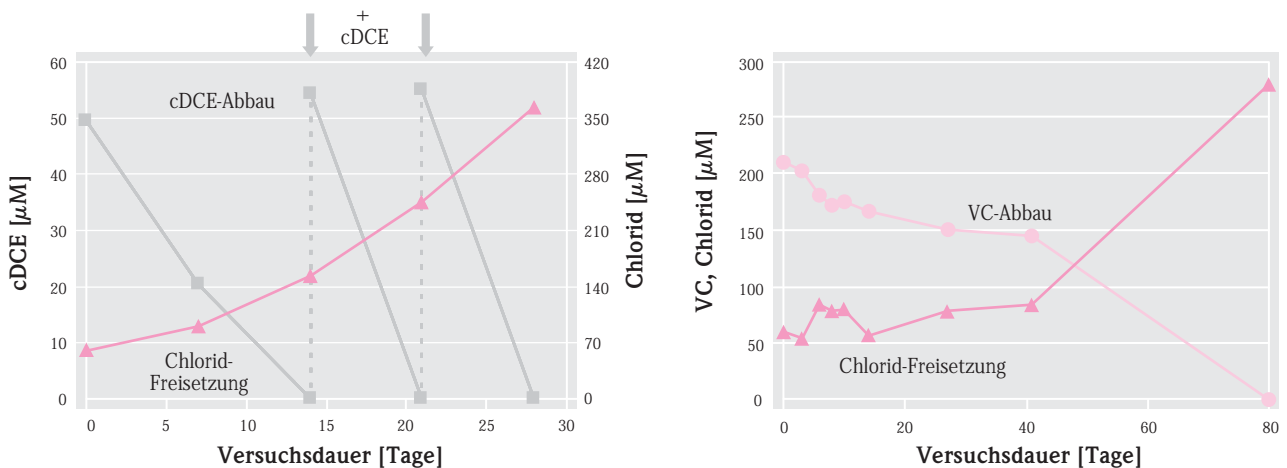


Abb. 7: Frankenthal: Aerobe Dechlorierung von cDCE (linke Seite) und VC (rechte Seite) in Mineralmedium, das mit Organismen aus BP20 inokuliert wurde.

von cDCE mit VC als Auxiliarsubstrat beobachtet werden.

Molekularbiologischer Organismennachweis mit 16S-PCR

Eine besonders große Rolle zur Standortbeurteilung bei Chlorethen-kontaminierten Standorten spielen Organismen der Gruppe *Dehalococcoides*, welche mehrere chlorierte Substanzen haloinspiratorisch dechlorieren können. Das Auftreten von

Dehalococcoides an PCE-kontaminierten Standorten geht oft mit einer vollständigen Dechlorierung von PCE zu Ethen einher (HENDRICKSON et al., 2002; SCHMIDT et al., 2006).

Im Grundwasser vom Standort Frankenthal konnte *Dehalococcoides* (PCE/TCE \rightarrow VC/ Ethen) nur im tiefen Horizont von BP 46 (eine von 19 untersuchten Messstellen) detektiert werden. Diese Probennahmestelle liegt in einem stark reduzierenden Bereich, der durch erhöhte VC-Konzentrationen

geprägt ist. Halorespiratorische Organismen, die PCE/TCE bis zu cDCE dechlorieren können, konnten dagegen in neun Messstellen nachgewiesen werden.

Isotopenchemie

In der Literatur ist eine große Spannweite von Anreicherungsfaktoren für LCKW dokumentiert (Abb. 8, MECKENSTOCK et al., 2004). Die Zusammenstellung macht deutlich, dass standortspezifische Fraktionierungsfaktoren ermittelt werden müssen, wenn der Abbau mit Hilfe der mikrobiellen Fraktionierungsfaktoren quantitativ eingeschätzt werden soll.

Die während des mikrobiellen Abbaus von Chlorethenen auftretende Isotopenfraktionierung wurde in mehreren Grundwasser-Mikrokosmen (aerober und anaerober Abbau) bestimmt. Ein deutlicher Fraktionierungseffekt konnte beim aeroben Abbau von cDCE und VC und bei der anaeroben Dechlorierung von PCE und TCE beobachtet werden (SCHMIDT et al., 2007 a und b; TIEHM et al., submitted). Untersuchungen zur Konstanz der Anreicherungsfaktoren bei unterschiedlichen Inkubationsbedingungen werden derzeit noch durchgeführt. Auf Basis der in Mikrokosmen ermittelten spezifischen

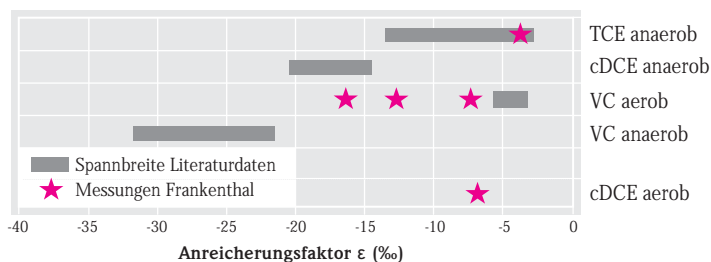


Abb. 8: Spannweite der isotopischen Anreicherungsfaktoren (Literaturdaten aus MORASCH & HUNKELER, 2005).

Anreicherungsfaktoren und der im Feld analysierten Isotopensignaturen konnte die Frachtabnahme am Standort Frankenthal bereits im Abstrom des TCE-Hauptschadensherds abgeschätzt werden (MARTIN et al., 2006).

Umsetzung von MNA am Standort Frankenthal

Seitens der Fachbehörden (Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz Rheinland-Pfalz, Mainz; Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz, Mainz; SGDS – Struktur und Genehmigungsdirektion Süd, Neustadt a. d. Weinstrasse; Stadt Frankenthal – Ordnungs- und Umweltschutzamt, Frankenthal) wurde das Forschungs-Vorhaben Frankenthal aktiv begleitet. Die Erwartungshaltung der Behörden hinsichtlich der Ergebnisse des Forschungs-Vorhabens war daher stets als hoch einzuschätzen.

Da der Schadensverursacher weiterhin eine technische Herdsanierung betreiben wird, liegt es sowohl im Interesse des Problembesitzers als auch der zuständigen Fachbehörden, die im Forschungs-Vorhaben nachgewiesenen NA-Potenziale für die Bewertung des Schadensbildes nutzen zu können. Nach einvernehmlicher Auffassung ist eine konventionelle Fahnenanierung aus Gründen der Verhältnismäßigkeit auszuschließen. Alternativ stellt die qualifizierte Grundwasserkontrolle (MNA) eine denkbare Handlungsoption (öffentlich-rechtlicher Vertrag) nach erfolgreicher bzw. verhältnismäßiger Herdsanierung dar. Die Abstimmung hinsichtlich der Einbindung der Forschungs-Ergebnisse in die Umsetzung eines integralen Sanierungskonzeptes unter maßgeblicher Berücksichtigung von NA-Prozessen läuft derzeit.

Zusammenfassung

Zum Nachweis des natürlichen mikrobiellen Abbaus (Natural Attenuation) an kontaminierten Standorten hat sich eine abgestufte Vorgehensweise als vorteilhaft erwiesen. Die Untersuchungen zielen auf die standortspezifische Beurteilung des Abbaus anhand unterschiedlicher Methoden und Parameter („lines of evidence approach“), die in der Summe ein detailliertes Prozessverständnis ermöglichen. Folgende mikrobiologische Methoden stehen zur Verfügung und können in Abhängigkeit der Situation am Standort unterschiedlich kombiniert werden:

- Analyse und Bewertung der Schadstoffprofile und hydrochemischen Standort-Daten im Hinblick auf mikrobielle Abbauprozesse
- Mikrobiologische Bestandsaufnahme von Schadstoff-Verwertern und relevanten stoffwechselphysiologischen Organismengruppen mittels MPN-Verfahren
- Nachweis und Identifikation der Abbauprozesse in Mikrokosmen, gegebenenfalls mit Ermittlung

der spezifischen Isotopenfraktionierungsfaktoren

- Molekularbiologischer Nachweis spezifischer schadstoffabbauender Spezies (z. B. *Dehalococcoides* mit 16S-PCR)

Die Untersuchung der beiden Chlorethen-kontaminierten KORA-Standorte Frankenthal (SCHMIDT & TIEHM, 2007) und Killisfeld (MÜLLER et al., 2006; SCHÄFER et al., 2007) zeigte, dass sich die verschiedenen Nachweismethoden ergänzen und eine fundierte Beurteilung der Abbauprozesse erlauben. Auf Basis des erzielten Prozessverständnisses wird eine reaktive Transportmodellierung und Prognose möglich (SCHÄFER et al., 2007). Die vorgestellten mikrobiologischen Verfahren und Untersuchungsstrategien können auch auf andere Schadstoffklassen – z. B. weitere halogenierte Verbindungen, BTEX, PAK, Heterozyklen – angewendet werden (SCHULZE & TIEHM, 2004; TIEHM & SAGNER, 2005; TIEHM & SCHMIDT, 2007).

Literatur

- [1] ALA (2005) Berücksichtigung natürlicher Schadstoffminderungsprozesse bei der Altlastenbearbeitung. – Positionspapier des Ad-hoc Unterausschuss „Natural Attenuation“ des Altlastenausschusses (ALA) der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) vom 01.06.2005, www.labo-deutschland.de/pdf/Positionspapier_Version_01062005b.pdf
- [2] BERGHOF A., MAHRO B., SAGNER A., TIEHM A. (2007): Methodische Hinweise zur Durchführung von Mikrokosmenversuchen zur Beurteilung von Selbstreinigungsprozessen im Grundwasser (NA). *altlasten spektrum* 4/2007: 178–186.
- [3] BLOOM, Y., ARAVENA, R., HUNKELER, D., EDWARDS, E., FRAPE, S. K. (2000): Carbon isotope fractionation during microbial degradation of trichloroethene, cDCE-1,2-dichloroethene, and vinyl chloride: Implications for assessment of natural attenuation. *Environ. Sci. Technol.* 34(13): 2768–2772.
- [4] BRADLEY, P. M. (2003): History and ecology of chloroethene biodegradation: A review. *Bioremediation Journal* 7(2): 81–109.
- [5] COLEMAN, N. V., MATTES, T. E., GOSSETT, J. M., SPAIN J. C. (2002): Biodegradation of cDCE-dichloroethene as the sole carbon source by a β -proteobacterium. *Appl. Environ. Microbiol.* 68(6): 2726–2730.
- [6] FENNEL, D. E., CARROLL, A. B., GOSSETT, J. M., ZINDER, S. H. (2001): Assessment of indigenous reductive dechlorinating potential at a TCE-contaminated site using microcosms, polymerase chain reaction analysis, and site data. *Environ. Sci. Technol.* 35(11): 1830–1839.
- [7] HELD T., MAHRO B., MECKENSTOCK R., MICHELS J., PFEIFER F., RICHNOW H.-H., SCHENK T., TEBBE C., TIEHM A., WIESNER J. (2007): KORA Kontrollierter natürlicher Rückhalt und Abbau von Schadstoffen bei der Sanierung kontaminierter Grundwässer und Böden – Mikrobiologische NA-Untersuchungsmethoden. DECHEMA, Frankfurt (ISBN 978-3-89746-086-7).

- [8] HENDRICKSON, E. R., PAYNE, J. A., YOUNG, R. M., STARR, M. G., PERRY, M. P., FAHNESTOCK, S., ELLIS, D. E., EBERSOLE, R. C. (2002): Molecular analysis of *Dehalococcoides* 16S ribosomal DNA from chloroethene-contaminated sites throughout North America and Europe. *Appl. Environ. Microbiol.* 68(2): 485–495.
- [9] KOHLER, W. (2004): Monitored Natural Attenuation – Konzepte im Rahmen der systematischen Altlastenbearbeitung in Baden-Württemberg. *Altlastenforum Info 2*: 11–19.
- [10] LEE W., BATCHELOR B. (2004): Abiotic reductive dechlorination of chlorinated ethylenes by soil. *Chemosphere* 55: 705–713.
- [11] MARTIN, H., HEIDINGER, M., ERTL, S., EICHINGER, L., TIEHM, A., SCHMIDT, K., KARCH, U., LEVE, J. (2006): ¹³C-Isotopenuntersuchungen zur Bestimmung von Natural Attenuation – Abgrenzung und Charakterisierung eines CKW-Schadens am Standort Frankenthal. *TerraTech*. 3–4: 14–17.
- [12] MECKENSTOCK R. U., MORASCH B., GRIEBLER C., RICHNOW H. H. (2004): Stable isotope fractionation analysis as a tool to monitor biodegradation in contaminated aquifers. *J. Contam. Hydrol.* 75: 215–255.
- [13] MORASCH, B., HUNKELER, D. (2005): Isotopenfraktionierung zur Bestimmung des natürlichen Abbaus von chlorierten und nicht chlorierten Kohlenwasserstoffen. In: KORA-Workshop Perspektiven molekularer und isotopischer Methoden zum Nachweis des natürlichen Schadstoffabbaus in Böden, Tagungshandbuch, DECHEMA, 29.-30. September 2005, Braunschweig, Germany: 31–38.
- [14] MÜLLER, A., SCHÄFER, W., WICKERT, F., TIEHM, A. (2006): Nachweis und Identifikation von Natural Attenuation Prozessen in einer LCKW-Fahne. *altlasten spektrum* 6/2006: 301–309.
- [15] SCHÄFER, W., WICKERT, F., TIEHM, A. (2007): Modellrechnungen zur Quantifizierung von NA-Prozessen für den LCKW-Schadensfall in Karlsruhe-Ost/Killisdorf. *Grundwasser* (2007): 12: 108–124.
- [16] SCHMIDT K., TIEHM A. (2007): Mikrobiologisches Prozessverständnis in Frankenthal. Regionaler KORA Workshop Frankenthal, 15. Mai 2007, Frankenthal: 25–35.
- [17] SCHMIDT K., TIEHM A., MARTIN H., HEIDINGER M. (2007a): ¹³C-isotope fractionation during sequential anaerobic/aerobic chloroethene biodegradation. *Proceedings (CD) of the ninth international in situ and on-site bioremediation symposium*, 07–10 May, Baltimore, USA: F-35.
- [18] SCHMIDT K., TIEHM A., MARTIN H., HEIDINGER M. (2007b): Identification and quantification of biodegradation processes at a chloroethene-contaminated site by microcosm studies, 16S-PCR and ¹³C-isotope fractionation. In: DECHEMA, *Book of Abstracts, 3rd European Conference on Natural Attenuation and In-Situ Remediation*, 19–21 November, Frankfurt, Germany: in press.
- [19] SCHMIDT, K. R., STOLL, C., TIEHM, A. (2006): Evaluation of 16S-PCR detection of *Dehalococcoides* at two chloroethene-contaminated sites. *Water Sci. Technol.*: *Water Supply* 6(3): 129–136.
- [20] SCHULZE, S. & TIEHM, A. (2004): Assessment of microbial natural attenuation in groundwater polluted with gasworks residues. *Water Sci. Technol.* 50(5): 347–353.
- [21] STIEBER, M., HAESELER, F., WERNER, P., FRIMMEL, F. H. (1994): A rapid screening method for microorganisms degrading polycyclic aromatic hydrocarbons in microplates. *Applied Microbiology Biotechnology* 40: 753–755.
- [22] SUAREZ, M. P. & RIFAI, H. S. (1999): Biodegradation rates for fuel hydrocarbons and chlorinated solvents in groundwater. *Bioremediation Journal* 3 (4): 337–362.
- [23] TIEHM A., SAGNER A. (2005): Gefahrenmanagement im Grundwasser – Bewertung des natürlichen Schadstoffabbaus. *GWF – Wasser, Abwasser* 146 (7–8): 560–563.
- [24] TIEHM A., SCHMIDT K. R. (2007): Methods to evaluate biodegradation at contaminated sites. In: KNÖDEL K., LANGE G., VOIGT H.-J. (Eds.), *Site investigation methods. Methods in Environmental Geology*. Springer Verlag, in press.
- [25] TIEHM A., SCHMIDT K. R., PFEIFER B., HEIDINGER M., ERTL S. (submitted): Growth kinetics and carbon isotope fractionation during aerobic degradation of *cis*-1,2-dichloroethene and vinyl chloride. *Water Research*.
- [26] TIEHM A., SCHMIDT K. R., STOLL C., MÜLLER A., LOHNER S., HEIDINGER M., WICKERT F., KARCH U. (2007): Assessment of natural microbial dechlorination. *Italian Journal of Engineering Geology and Environment*, special issue 2: in press.
- [27] TIEHM A., SCHMIDT K., STOLL C., MÜLLER A., LOHNER S. (2005): Natürlicher mikrobieller Abbau (Natural Attenuation) von CKW: Fallbeispiele, Abbaumechanismen und Nachweismethoden. In: *Ressourcen- und Grundwasserschutz, Veröffentlichungen aus dem Technologiezentrum Wasser* (ISSN 1434-5765), Band 28: 53–73.

Dieses Projekt wird im Rahmen des Förderungsschwerpunktes „KORA“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (Förderkennzeichen: 02WN0446) und vom Land Rheinland-Pfalz gefördert. Wir danken unseren Projektpartnern M. Heidinger (Hydroisotop GmbH, Schweitenkirchen), U. Karch (DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut der Universität Karlsruhe (TH) Technologieberatung Gas, Karlsruhe), T. Ptak (Geowissenschaftliches Zentrum, Georg-August-Universität, Göttingen) für die gute Zusammenarbeit.

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
- Altlastenanalytik
- Altlastenbearbeitung
- Zahlen und Fakten
- Arbeitshilfen
- Fachdokumente
- Archiv

● **Ansprechpartner**

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

● **Altflächendatei**

Auskunft über Altablagerungen, Altstandorte, schädliche Bodenveränderungen und Grundwasserschadensfälle

Das „Altlasten Informationssystem Hessen – ALTIS“ als Teil der Altflächendatei gibt Auskunft über Altablagerungen, 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.

● **Altlastenanalytik**

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

● **Altlastenbearbeitung**

Unter „Grundlagen“ werden die Ziele und der Ablauf der Altlastenbearbeitung in Hessen sowie deren rechtliche Grundlagen detailliert dargestellt. Desweiteren werden hier aktuelle Beiträge des HLUG zur Altlastenanalytik sowie zur Untersuchung von Altlasten 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 mit Datenstand vom 01. Juli.

● **Arbeitshilfen**

Hier stehen Kurzinformationen zu den Bänden der Reihe *Handbuch Altlasten*, zu *Arbeitshilfen* und zur *Sanierungsbilanz*. Einige 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 entgegengenommen.

● **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)

www.hlug.de/medien/altlasten/dokumente/habubd2.pdf

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

Branchenkatalog zur Erfassung von Altstandorten

(in Bearbeitung)

Für die systematische Erfassung von Altstandorten (stillgelegte Anlagen) werden in Hessen die kommunalen Gewerberegister herangezogen. Der Branchenkatalog dient der Ermittlung der altlastenrelevanten Betriebe und deren Zuordnung zu Branchen und Branchenklassen. Der 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

€ 7,50

Für Kreise und Kommunen kostenlos

**PC-Programm AltPro (Version 4.1)
Anwenderhandbuch (2000)**

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**Formulare zur Datenerhebung bei Altflächen**

www.hlug.de/medien/altlasten/dokumente/formularebd2.pdf

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 Arbeits-

gruppe, 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

www.hlug.de/medien/altlasten/dokumente/einzelrecherche.pdf

Teil 2

€ 20,-

Untersuchung von altlastverdächtigen Flächen und Schadensfällen (2002)

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 vorzustellen. 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,-

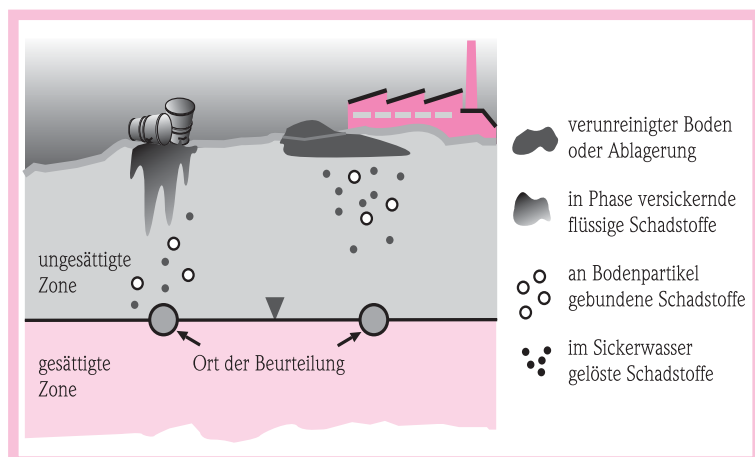
Untersuchung und Beurteilung des Wirkungspfades Boden → Grundwasser – Sickerwasserprognose – (2. überarbeitete Aufl. 2002)

www.hlug.de/medien/altlasten/dokumente/hba33_web.pdf

Mit dem Instrument der Sickerwasserprognose soll die von verunreinigtem Boden ausgehende Gefährdung des Grundwassers abschätzt werden. Die Sickerwasserprognose ist anwendbar, wenn der Schadensherd in der ungesättigten Bodenzone liegt und der Transport von Schadstoffen aus dem Schadensherd in das Grundwasser über das Sickerwasser stattfindet (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 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



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

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.

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 Grundwasser-gefährdung 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

€ 5,-

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

www.hlug.de/medien/altlasten/dokumente/hba34_web.pdf

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 herangezo-

gen, 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 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 Analyseverfahren 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)

www.hlug.de/medien/altlasten/dokumente/hba35_web.pdf

Boden- und Grundwasserverunreinigungen mit Mineralölprodukten (Benzin, Kerosin, Diesel, Heizöl, Hydrauliköl) treten häufig auf. Das bisher angewendete Analyseverfahren „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: v.zeisberger@hlug.de

Teil 6 € 7,50 „Ermittlung von Schadstofffrachten im Grund- und Sickerwasser“

(In Vorbereitung)

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 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 Grundwasserverunreinigungen“.

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 **Rüstungsaltsstandorte Teil 1** wird das methodische Vorgehen bei der **historischen Erkundung** altlastenverdächtiger Flächen aus der Zeit der ehemaligen Kriegs- bzw. Rüstungsproduktion sowie der Nutzung für Zwecke der militärischen Infrastruktur im Kriege beschrieben.

Quellen zur Informationsbeschaffung werden genannt und ein Konzept zur Dokumentation der Recherche-Ergebnisse vorgestellt.

Teil 2 € 17,50
Materialien über ehemalige Anlagen und Produktionsverfahren auf Rüstungsaltsstandorten (1996)

Im Handbuch Rüstungsaltsstandorte Teil 2 sind Materialien über ehemalige Anlagen und Produktionsverfahren auf Rüstungsaltsstandorten zusammengestellt, die oftmals eine detaillierte Rekonstruktion altlastenrelevanter Nutzungen und auch singulärer Ereignisse auf den Altstandorten und ihrer näheren Umgebung ermöglichen.

Die Fachinformationen reichen von der Beschreibung der Produktionsverfahren zur Herstellung von rüstungsspezifischen chemischen Stoffen über die Darstellung von Anlagen zur Herstellung von Kampfmitteln und von Anlagen auf Standorten der militärischen Infrastruktur bis zur Schilderung der Munitionsvernichtung nach Kriegsende in Hessen.

Handbuch Altlasten, Band 5
Bewertung von Altflächen

Teil 1 € 15,-
Einzelfallbewertung (1998)

Die Einzelfallbewertung ist ein Verfahren zur Bewertung von Altstandorten und Altablagerungen im Rahmen der Einzelfallrecherche. Dabei handelt es sich um eine beprobungslose Erkundung mittels Aktenrecherche und Ortsbesichtigung. Die Einzelfallbewertung unterstützt die Entscheidung, ob ein Altlasten-Anfangsverdacht oder sogar ein Altlastenverdacht vorliegt.

Spezielle 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.

Nicht jede Altablagerung oder jeder Altstandort ist automatisch eine Altlast. Erst wenn sich durch Recherchen und Untersuchungen der Verdacht bestätigt, dass schädliche Bodenverunreinigungen oder Gefahren für den Einzelnen oder die Allgemeinheit bestehen, muss die Fläche saniert werden. In Hessen stellt die Behörde dann in der Regel per Bescheid die Altlast fest und ordnet Sanierungsmaßnahmen an. Sie entscheidet dies auf der Basis einer Gefährdungsabschätzung durch Gutachter oder Sachverständige.

Formalisierte Verfahren unterstützen diesen Bewertungsprozess mit Hilfe standardisierter, nachvollziehbarer Kriterien und Bewertungsmaßstäbe. Ihr Vorteil liegt vor allem auch in der Möglichkeit, Prioritätenlisten aufstellen zu können.

Zu diesem Zweck hat das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie das in den beiden Handbüchern vorgestellte Konzept eines standardisierten Bewertungsverfahrens für Altablagerungen (Teil 2) und Altstandorte (Teil 3) erarbeitet.

Das Bewertungsverfahren beurteilt die möglichen Auswirkungen einer Altfläche auf die Schutzgüter Grundwasser, oberirdische Gewässer, Boden und Luft anhand der vor Ort angetroffenen Stoffe, Standortbedingungen und Nutzungen.

Dafür werden die Prüfwerte der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung sowie die Orientierungswerte der hessischen Verwaltungsvorschriften als Vergleichsmaßstab zu Grunde gelegt. Um die Ausbreitung der Schadstoffe und deren Aufnahme durch Menschen, Tiere und Pflanzen abschätzen zu können, berücksichtigt das Verfahren eine Vielzahl weiterer definierter Bewertungskriterien. Das Ausmaß der Umweltgefährdung wird mittels eines Punktesystems bestimmt; die erreichte Punktzahl wird einer Gefährdungspotenzialklasse zugeordnet.

Spezielle Bewertungsformulare erleichtern die Bearbeitung. Sie können per Hand oder automatisiert mittels EXCEL ausgefüllt werden. Die EXCEL-Blätter stehen als Diskette zur Verfügung.

Aus den vorliegenden Bewertungskonzepten werden in Hessen spezielle Bewertungsverfahren für die einzelnen Stufen der Altlastenbearbeitung abgeleitet. Dazu zählt die im Handbuch Altlasten als Band 5, Teil 1 veröffentlichte Einzelfallbewertung, die Aktenrecherchen, Ortbesichtigungen und historische Erkundungen einer Altfläche voraussetzt. Mit einem weiteren modifizierten Verfahren werden künftig Prioritäten für die Vergabe von Fördergeldern nach den hessischen Altlasten-Finanzierungsrichtlinien gebildet.

Excel-Formulare Einzelfallrecherche

www.hlug.de/medien/altlasten/dokumente/EBFormulareAltablagerung.xls
www.hlug.de/medien/altlasten/dokumente/EBFormulareAltstandorte.xls
www.hlug.de/medien/altlasten/dokumente/EBreadme.doc

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.

Teil 1

7,50

Arbeitshilfe zur Verfüllung bei der Sanierung von schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten (2007)

www.hlug.de/medien/altlasten/dokumente/hba6_1web.pdf

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 ökonomi-

schen 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 schadstoffarme Materialien verwendet werden, die sich für die vorgesehene Folgenutzung eignen.

Das heißt, diese Arbeitshilfe soll

- die allgemeinen Vorgaben, insbesondere des Bodenschutzrechtes, bei Verfüllungen in Sanierungsbereichen fachlich und rechtlich konkretisieren,
- zuständigen Behörden eine allgemein gültige Grundlage für Beratungen und Entscheidungen liefern,
- erhebliche Unterschiede in der Sanierungspraxis vermeiden helfen und
- dazu beitragen, die Verfüllungsentscheidung nachvollziehbar zu gestalten.

Teil 4

€ 10,-

Altablagerungen in der Flächennutzung (1996)

Mit der vorliegenden Schrift soll gezeigt werden, wie die mit der Raumplanung und Altlastenbearbeitung befassten Stellen, aber auch die Baugenehmigungsbehörden und planenden Ingenieure rechtzeitig und gemeinsam die Probleme angehen können. Beispiele zeigen, wie durch eine differenzierte Nutzung Altablagerungen durchaus in eine Flächenbewirtschaftung integriert werden können.

Handbuch Altlasten, Band 7 Analyseverfahren

Im Jahre 1998 wurde das Verfahren „Bestimmung von Mineralölkohlenwasserstoffen in Feststoffen aus dem Altlastenbereich (Teil 2)“ von dem Fach-

gremium 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).

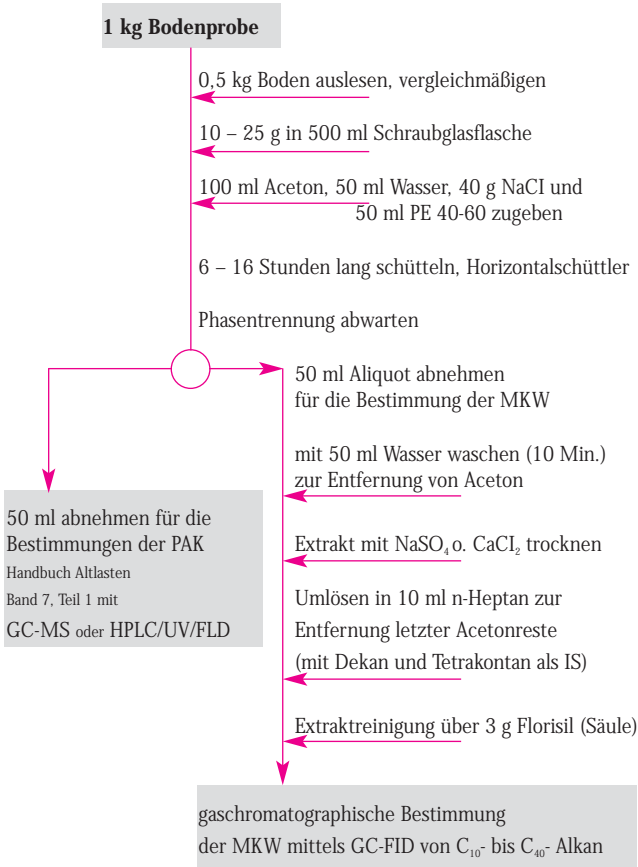
Das Verfahren ist so konzipiert, dass von einem Aliquot eines Extraktes gem. Handbuch 7, Teil 1, zur Bestimmung der PAK ausgegangen wird und nach Einengung, die zugleich die Entfernung von Aceton aus dem Extraktgemisch vorteilhaft fördert, in die inzwischen für Wasser und Abfall, aber auch für Boden 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)“.

Fließschema des Bestimmungsverfahrens

für MKW:

Diese Methode kann mindestens zur Bestim-



mung der folgenden aufgeführten Verbindungen angewandt werden:

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 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 Probennahme, 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):

1 kg Bodenprobe

- ← in 100 ml Schraubglasweithalsflasche mit **25 ml vorgelegtem Methanol**, gekühlt, geben; (ggf. IS bereits vorgelegt)
- ← gekühlt ins Labor transportieren
- ← 30 Min. lang **schütteln**, Horizontalschüttler
- ← Phasentrennung abwarten
- ← 1. Aliquot (z.B. **100 µl**) entnehmen und in **blindwertfreies Wasser** geben (z. B. 10 ml)
- ← gaschromatographische Analyse des Wassers
 - Stat. DR
 - dyn. DR
 - Extraktion
 - SPME
- ← Berechnung des Ergebnisses auf **Originalsubstanz**

ggf. umrechnen auf TR

Teil 1

€ 5,-

Bestimmung von Polycyclischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) in Feststoffen aus dem Altlastenbereich (1998)

www.hlug.de/medien/altlasten/dokumente/12b7t1.pdf

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)

www.hlug.de/medien/altlasten/dokumente/12b7t3.pdf

Die Extraktion der MKW mit **1,1,2-Trichlortri-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)

www.hlug.de/medien/altlasten/dokumente/12b7t4.pdf

Das Verfahren beruht auf der sofortigen Konservierung des Bodenmaterials im Feld, indem der Boden – am besten durch einen geeigneten Kern-

stecher – 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 Dampfdruckanalysemethode des Wassers zum Gegenstand hat. Das FGAA-Verfahren wird in einem staatlichen Labor in hohem Maße auch für Klärschlämme eingesetzt und hat sich bestens bewährt. Allerdings muss dann dem erhöhten Wasseranteil des Schlammes bei der Berechnung des Endergebnisses Rechnung getragen werden durch ein additives Glied V_{wp} in der Auswertungsformel [2] des Manuskriptes:

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

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.

Teil 5

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

www.hlug.de/medien/altlasten/dokumente/11b7t5.pdf

Teil 6

Arbeitshilfe – Angabe der Messunsicherheit bei Feststoffuntersuchungen aus dem Altlastbereich (2003)

www.hlug.de/medien/altlasten/dokumente/11b7t6.pdf

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 Vorschläge zur Vereinheitlichung der Angabe der Messunsicherheit sowie der Darstellung im Bericht gemacht worden.

Handbuch Altlasten, Band 8 Überwachung

Teil 1 € 7,50
Arbeitshilfe zu überwachten natürlichen Abbau- und Rückhalteprozessen im Grundwasser (Monitored Natural Attenuation MNA)
 (2. Aufl. 2005)

Bei Grundwasserverunreinigungen, die durch aktive Sanierungsmaßnahmen schon weitgehend reduziert wurden, können unter bestimmten Voraussetzungen natürliche Abbauvorgänge im Grundwasser anstelle weiterer, möglicherweise langwieriger aktiver Sanierungsmaßnahmen genutzt werden. Die Arbeitshilfe enthält Grundsätze und Kriterien für die behördliche Beurteilung, in welchen Fällen auf eine aktive Grundwassersanierung zugunsten von natürlichen Schadstoffminderungsprozessen verzichtet werden kann.

Der Geltungsbereich der Arbeitshilfe umfasst die natürlichen Abbau- und Rückhaltevorgänge im Grundwasser. Relevante Schadstoffe sind die organischen Schadstoffgruppen MKW, BTEX, LCKW und PAK. Diese werden im Hinblick auf ihr Ausbreitungsverhalten und ihre Abbau- und Rückhalteigenschaften dargestellt. Die maßgeblichen Parameter zur Beurteilung und Überwachung der natürlichen Schadstoffminderungsprozesse werden aufgeführt.

In den Grundlagen für die Akzeptanz werden die wesentlichen Kriterien benannt, die bei der behördlichen Entscheidung über die Eignung eines Standortes für MNA zu prüfen sind.

Die notwendigen Verfahrensschritte bei der Anwendung von MNA werden beschrieben und die Anforderungen an die Antragsunterlagen, die vom Sanierungspflichtigen vorzulegen sind, werden definiert.

Die Arbeitshilfe liefert damit die Grundlage für ein einheitliches Verwaltungshandeln im Umgang mit MNA in Hessen.

Teil 2 €12,-
Arbeitshilfen zur Überwachung und Nachsorge von altlastverdächtigen Flächen und Altlasten (2005)

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 verfahrensübergreifenden Kriterien, die bei einer Entscheidung über die Fortsetzung oder Beendigung von Überwachungsmaßnahmen herangezogen werden können.

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

Altlastenrelevante Beiträge in der Schriftenreihe „Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz“ des HLUG

Heft 146

kostenlos

Altablagerungen unter dem Aspekt gasförmiger Emissionen (1993)

ISBN 3-89026-145-0

Die Mehrzahl der Altablagerungen sind nicht mit technischen Maßnahmen zur Emissionsminderung ausgestattet. Sie tragen deshalb zur Verunreinigung des Bodens, des Grundwassers und der Atmosphäre bei. Bei der Bewertung von Umweltbeeinträchtigungen sind neben den lokalen auch die globalen Auswirkungen zu beachten. Diese sind Treibhauseffekt, Zerstörung der Ozonschicht und atmosphärische Immissionsbelastung.

Der vorliegende Band bilanziert die gasförmigen Emissionen der hessischen Altablagerungen und bewertet die emittierten Stoffe. Um Hinweise für die Relevanz der Emissionen aus Altablagerungen zu erhalten, werden diese im Vergleich zu den Emissionen anderer Bereiche betrachtet (Industrie, Gewerbe, Straßenverkehr, Haushalte). Eine Kosten-Nutzen-Betrachtung für Abdichtungsmaßnahmen weist auf den vorwiegenden Handlungsbedarf bei Altablagerungen mit sehr großem Ablagerungsvolumen hin.

Heft 251

€ 10,-

Abschlussbericht Methoden- vergleich Rüstungsaltlasten (1998)

ISBN 3-89026-276-7

In Hessisch-Lichtenau und Stadtallendorf befinden sich zwei großflächige Rüstungsaltstandorte, auf denen flächenhafte Erkundungen und Sanierungen durchgeführt werden. Bewertungsgrundlage sind in hohem Maß die Ergebnisse der Analytik von Bodenproben auf sprengstofftypische Verbindungen.

Der Methodenvergleich soll einen Leistungsüberblick und -vergleich der derzeit in Deutschland eingesetzten Analysenverfahren für die Bestimmung ausgewählter, sprengstofftypischer Verbindungen in Böden von Rüstungsaltlasten erbringen, mit dem Ziel zu einem späteren Zeitpunkt ein einheitliches, geeignetes Verfahren für die in Hessen zu bearbeitenden Fragestellungen zu beschreiben.

Heft 263

€ 15,-

Fachliche Grundlagen zur Beurteilung von flüchtigen organischen Substanzen in der Bodenluft bei Altlasten (1999)

ISBN 3-89026-292-9

Leichtflüchtige organische Schadstoffe im Boden bzw. in der Bodenluft können Gefährdungen von Schutzgütern (Menschen, Grundwasser) hervorrufen. Hinsichtlich der tatsächlichen Auswirkungen einer Bodenluftbelastung auf Schutzgüter bestehen große Unsicherheiten. Der vorliegende Band vermittelt zunächst für die drei Phasen des Mediums Boden – Bodenfeststoff, Bodenwasser und Bodenluft – die fachlichen Grundlagen für eine Gefährdungsabschätzung. In Expositionsszenarien und beispielhaften Modellrechnungen werden Auswirkungen auf das Grundwasser, die Innenraumluft von Gebäuden sowie flächenhafte Emissionen dargestellt. Zur Einstufung der Ergebnisse von Bodenluft- und Raumluftuntersuchungen sind Referenz- und Hintergrundwerte zusammengetragen und die Anwendbarkeit von Regelwerken aus Immissions- und Arbeitsschutz bei der Gefahrenbeurteilung verdeutlicht. Kurzdarstellungen länderspezifischer Regelungen vermitteln für die Einzelfallbearbeitung weitere Entscheidungsgrundlagen.

Abgeleitete Orientierungswerte für die Einwirkung leichtflüchtiger organischer Stoffe auf Grundwasser, Raumluft und Boden unterstützen quantitativ die Beurteilung von Untersuchungsergebnissen.

Für den Band haben mehrere Stellen Daten und Informationen zur Verfügung gestellt. Wertvolle Anregungen stammen von Mitgliedern und Arbeitsgruppen des Altlastenausschusses der LABO.

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 – € 20,- Stand der Altlastensanierung in Hessen – Übersicht über den Einsatz von Sanie- rungsverfahren und -techniken 1996–2001

(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.de

An Behörden werden i.d.R. jeweils 2 Exemplare eines Bandes kostenlos abgegeben.

(Preise: Stand Januar 2008, 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="text"/>
<input type="checkbox"/>	Titel	Band	Teil	€	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Titel	Band	Teil	€	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Titel	Heft Nr.		€	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Diskette			€	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Altlasten- annual 2000, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006				kostenlos

Die Autoren dieser Ausgabe

• • • • •
• **Reinhard Bodack**

• Regierungspräsidium Kassel
• Abt. Umwelt und Arbeitsschutz
• Steinweg 6
• 34117 Kassel

Thomas Brüggemann

Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum
und Verbraucherschutz
Mainzer Straße 80
65189 Wiesbaden

Dr. Hans-Georg Edel

Züblin Umwelttechnik GmbH
Albstadtweg 1
70567 Stuttgart

Jürgen Fehl

Regierungspräsidium Kassel
Abt. Umwelt und Arbeitsschutz
Aussenstelle Bad Hersfeld
Konrad-Zuse-Straße 19-21
36251 Bad Hersfeld

Marie-Anne Feldmann

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie
Dezernat G5 – Altlasten
Rheingaustraße 186
65203 Wiesbaden

Manfred Funk

Z-Design
Henkerberg 20
88696 Owingen

Dr. Rainer Haas

Büro für Altlastenerkundung und Umweltforschung
Stadtwaldstraße 45a
35037 Marburg

Ulrike Hintzen

HPC Harress Pickel Consult AG
Dammstraße 26
47119 Duisburg

Dieter Hülpiusch

Regierungspräsidium Darmstadt
Abt. Umwelt Wiesbaden
Lessingstraße 16-18
65189 Wiesbaden

Dr. Margareta Jaeger-Wunderer

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie
Dezernat G5 – Altlasten und Schadensfälle
Rheingaustraße 186
65203 Wiesbaden

Dr. Frank Karg

HPC Envirotec SA
21, rue du Tertre
La Chapelle-des-Fougeretz-CS 46833
F-35768 Saint Gregoire Cedex

Ulrike Köppel

Kreis Bergstraße -Kreisausschuss-
Abt. Wasserwirtschaft
Gräffstraße 5
64646 Heppenheim

Margot Krug

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie
Dezernat G5 – Altlasten
Rheingaustraße 186
65203 Wiesbaden

Dr. Jörg Martin

Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum
und Verbraucherschutz
Mainzer Straße 80
65189 Wiesbaden

Die Autoren dieser Ausgabe

Berthold Meise

Regierungspräsidium Darmstadt
Abt. Arbeitsschutz und Umwelt Frankfurt
Gutleutstraße 114
60327 Frankfurt am Main

Axel Müller

DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW)
Abteilung Umweltbiotechnologie und Altlasten
Karlsruher Str. 84
76139 Karlsruhe

Dr. Johannes Müller

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie
Referatsleiter Wasser- und Abfallwirtschaft, Altlasten
Stilleweg 2
30655 Hannover

Thomas Portune

Harress Pickel Consult AG
Kapellenstr. 45a
65830 Kriftel

Prof. Dr. Wilhelm Püttmann

J. W. Goethe-Universität
Institut für Atmosphäre und Umwelt
Altenhöferallee 1
60438 Frankfurt am Main

Roland Reh

Das Baugrund Institut
Im Schedetal 13
34346 Hannoversch Münden

Sabine Ruwwe

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie
Dezernat G5 – Altlasten
Rheingaustraße 186
65203 Wiesbaden

Heiko Schell

DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW)
Abteilung Umweltbiotechnologie und Altlasten
Karlsruher Str. 84
76139 Karlsruhe

Kathrin Schmidt

DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW)
Abteilung Umweltbiotechnologie und Altlasten
Karlsruher Str. 84
76139 Karlsruhe

Prof. Dr. Christoph Schüth

Technische Universität Darmstadt
Institut für Angewandte Geowissenschaften
Schnittspahnstraße 9
64287 Darmstadt

Andrea Schütz-Lermann

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie
Dezernat G5 – Altlasten
Rheingaustraße 186
65203 Wiesbaden

Winfried Sonntag

Regierungspräsidium Kassel
Abt. Umwelt und Arbeitsschutz
Aussenstelle Bad Hersfeld
Konrad-Zuse-Straße 19-21
36251 Bad Hersfeld

Dr. Petra Stahlschmidt-Allner

GOBIO GmbH Institut für Gewässeroekologie
und angewandte Biologie
Scheidertalstraße 69a
65326 Aarbergen/Kettenbach

Winfried Staudt

Regierungspräsidium Gießen
Abteilung Umwelt
Marburger Straße 91
35396 Gießen

Die Autoren dieser Ausgabe

•••••
• **Dr. Andreas Tiehm**

• DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW)
• Abteilung Umweltbiotechnologie und Altlasten
• Karlsruher Str. 84

76139 Karlsruhe

Dr. Michael Weis

Regierungspräsidium Gießen
Abteilung Umwelt
Marburger Straße 91

35396 Gießen

Dr.-Ing. Johannes Weiß

CDM Consult
Neue Bergstraße 9–13

64665 Alsbach

Sylvia Widmann

Regierungspräsidium Darmstadt
Abt. Arbeitsschutz und Umwelt Frankfurt
Gutleutstraße 114

60327 Frankfurt am Main

Peter Wüstemann

Stadt Kassel
Untere Wasserbehörde
Obere Karlstraße 15

34117 Kassel

Volker Zeisberger

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie
Dezernat G5 – Altlasten
Rheingaustraße 186

65203 Wiesbaden

Impressum

**Herausgeber,
© und Vertrieb** Hessisches Landesamt
für Umwelt und Geologie - HLUG
Rheingaustraße 186
65203 Wiesbaden
E-Mail: vertrieb@hlug.de
Telefax: 06 11-69 39 113

Bearbeitung: Redaktionsteam „annual 2007“
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
Hermann Brenner

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 2008