

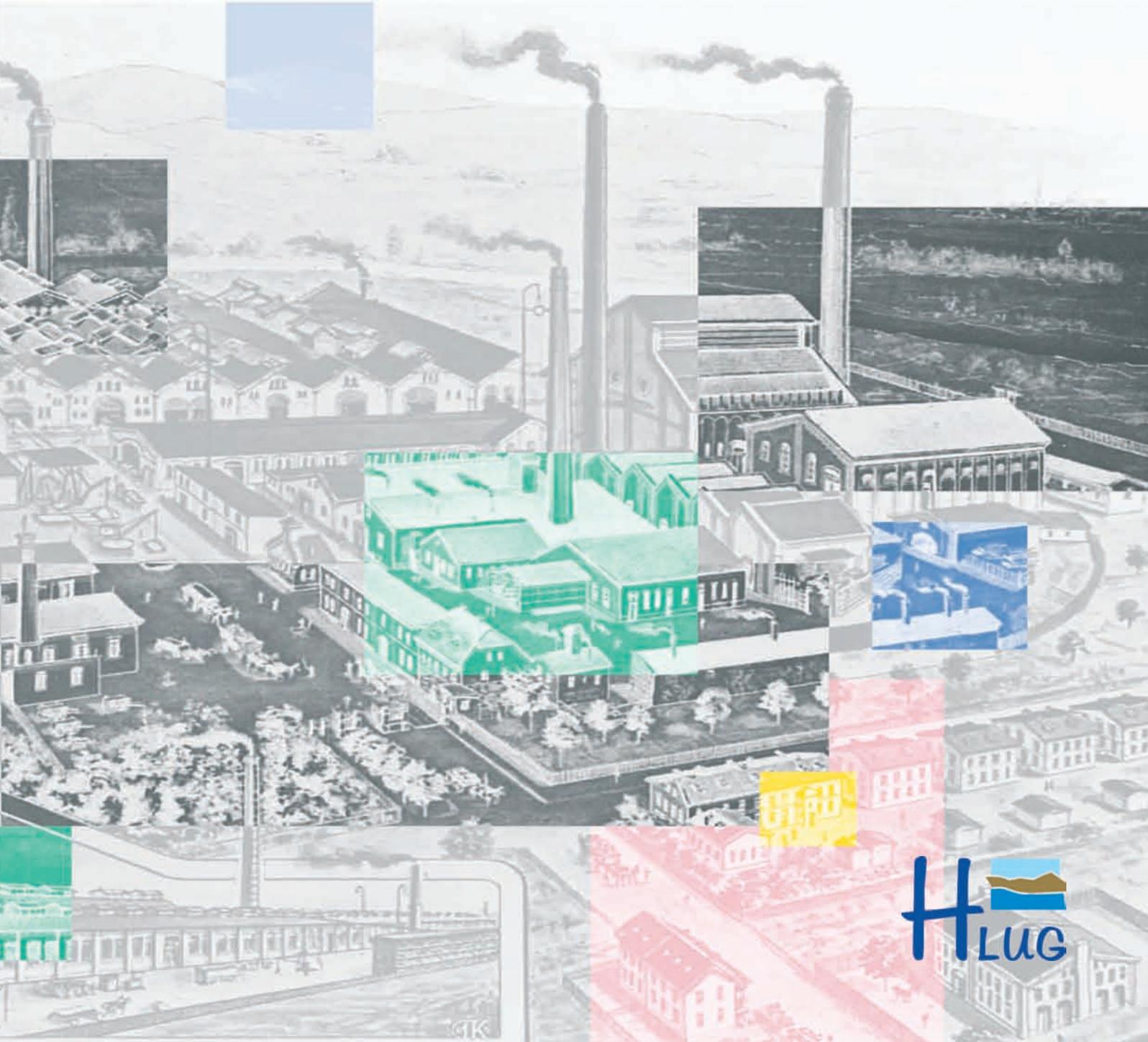
Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie

HESSEN



Handbuch Altlasten

Altlasten- annual 2010



Altlasten- **annual 2010**

Wiesbaden 2011



Wiesbaden, April 2011

Liebe Leserin, lieber Leser,

mittlerweile können wir in Hessen auf 20 Jahre Altlastensanierung zurückblicken. Anlass genug, dieses Thema in den **Brennpunkt** dieser Ausgabe zu stellen. Dabei soll es nicht bei einer Rückschau auf das bisher Erreichte bleiben, sondern auch ein Ausblick auf die künftig noch bevorstehenden Aufgaben und Herausforderungen gewagt werden.

Eines dieser neuen Aufgabenfelder könnte die Nutzung von Altablagerungen als Standorte für Fotovoltaikanlagen sein. Welche Möglichkeiten sich hier bieten und welche Voraussetzungen erfüllt sein müssen, wird im Teil **Aktuelles** vorgestellt.

Über technische Neuerungen gibt es bei der Erfassung von Daten in die zentrale Altflächendatei zu berichten. Mit dem neuen Datenübertragungssystem DATUS können die Informationen zu Altflächen sicherer und schneller als bisher übermittelt werden. Außerdem wird es möglich sein, Messdaten und Untersuchungsergebnisse direkt in die Datenbank einzulesen.

Die Vorstellung der Sanierungsbilanz für die Jahre 2002-2008 lenkt den Blick noch einmal in die Ver-

gangenheit und auf die erfolgreich sanierten Altlasten. Der Beitrag gibt eine Übersicht über die in diesem Zeitraum bearbeiteten Sanierungsfälle und die dabei eingesetzten Sanierungstechniken.

Weitere aktuelle Themen zur Altlastenbearbeitung werden auch auf unserem jährlichen Altlastenseminar vorgestellt und diskutiert. Die Vorträge von der letztjährigen Veranstaltung können Sie hier im Heft nachlesen.

Ich bedanke mich herzlich bei allen, die zum Gelingen dieser Ausgabe des **Altlasten-annual** beigetragen haben und wünsche Ihnen, liebe Leserin, lieber Leser, eine interessante Lektüre.

Ihr



Thomas Schmid
Präsident des Hessischen Landesamtes
für Umwelt und Geologie

Altlasten- annual 2010

Brennpunkt:

MUSTAFA DÖNMEZ

Altlastensanierung in Hessen: Hessen hat bei der Altlastensanierung in den letzten 20 Jahren viel bewegt und dabei sehr viel Boden gut gemacht 7

MARGARETA JAEGER-WUNDERER & BERTHOLD MEISE

Stand der Altlastenbearbeitung in Hessen – Wo stehen wir? Was wurde erreicht? Was ist noch zu tun? 11

Aktuell:

ANDREA SCHÜTZ-LERMANN

DATUS – Datenübertragungssystem zur Altflächendatei FIS AG 19

VOLKER ZEISBERGER

Fotovoltaik auf Altablagerungen und Deponien 23

SABINE RUWWE

Sanierungsbilanz 2002–2008 – was erzählen die Zahlen? 26

Seminar

Altlasten und Schadensfälle

Baunatal, 18./19. Mai 2010

THILO SPRINGER-GREVE

„Seckbachs Boden und Grundwasser wird sauberer“ oder „Schwerer Boden – Gifte belasten Seckbacher Grundstücke“ ? 35

OLAF HOLM & WOLFGANG ROTARD

Pflanzen zur Kartierung und zum Monitoring kontaminierter Standorte 43

REINHARD BODACK

HoPla – eine Sanierung fällt aus
Untersuchung und (Nicht-)Sanierung eines Gaswerkstandortes 51

THORSTEN SPIRGATH
Unsicherheiten bei der Feststoffprobenahme **57**

KARL-JOSEF SABEL
Boden – das unbekannte Wesen **61**

JÖRG RÖMBKE & STEPHAN JÄNSCH
Erfahrungen mit ökotoxikologischen Testsystemen
bei der Beurteilung kontaminierter Standorte **67**

Infothek

- Altlasten im Internet **75**
- Handbuchreihe Altlasten **77**
- Sonstige Veröffentlichungen **87**

Bestellschein **89**

**Autorinnen und Autoren des Altlasten-annual
2010** **90**

Impressum **92**

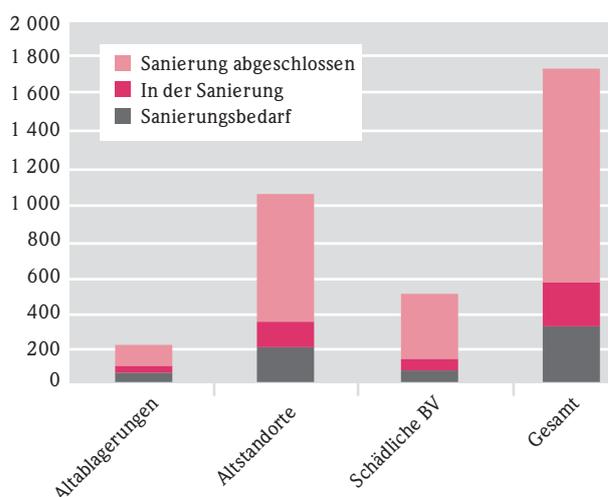
Brennpunkt:

Altlastensanierung in Hessen: Hessen hat bei der Altlastensanierung in den letzten 20 Jahren viel bewegt und dabei sehr viel Boden gut gemacht

MUSTAFA DÖNMEZ

Das Land Hessen hat in den letzten Jahren trotz eines großen finanziellen Drucks klare Prioritäten für die Gesundheit der Menschen gesetzt. Die öffentlichen Mittel, die in die Altlastensanierung investiert wurden, sind auch zukunftsorientiert für nachfolgende Generationen angelegt. In der gemeinsamen Fachtagung des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz und der HIM GmbH, Bereich Altlastensanierung (HIM-ASG) konnten wir anlässlich des Hestentages 2010 in Stadtallendorf auf 20 Jahre erfolgreiche Altlastensanierung in Hessen zurückblicken. Von 1990–2010 hat das Land Hessen über 675 Mio. € in die Sanierung von gewerblichen, kommunalen und Rüstungsaltlasten investiert. Eine Investition in die Zukunft, die Gesundheit unserer Mitbürger und den Schutz der Umwelt. In den vergangenen 20 Jahren haben wir gemeinsam sehr viel **Boden gut gemacht**. Um nur zwei Zahlen zu nennen: es wurden im Rahmen der Altlastensanierung in Hessen über 4 000 Tonnen Schadstoffe aus dem Boden entfernt und über 5 Mio. m³ verunreinigtes Grundwasser gereinigt.

Die Erfolge der Altlastenbearbeitung in Hessen lassen sich auch an der Zahl der sanierten Flächen deutlich ablesen. Die Anzahl der abgeschlossenen Sanierungsfälle ist in Hessen mit 1 174 Fällen inzwischen erheblich höher als die Zahl der aktuellen Altlasten. Während die Anzahl der Altlasten, d. h. der noch zu sanierenden Flächen, etwa auf gleichem Niveau wie 2002 geblieben ist, ist die Anzahl der sanierten Altlasten in der selben Zeit deutlich angestiegen.



Stand der Sanierung von Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen.

Jahr	Altlasten	sanierte Altlasten
2002	435	193
2003	444	229
2004	455	269
2005	475	294
2006	468	384
2007	464	405
2008	469	597
2009	425	708
2010	424	812

Altlasten und sanierte Altlasten 2002–2010.

Die zügige Sanierung von industriellen Altlaststandorten und Verkehrsbrachen beseitigt Investitionshemmnisse, dient aber nicht „nur“ dem Gesundheitsschutz, sie schafft darüber hinaus

Arbeitsplätze, gibt Impulse für städtebauliche Entwicklungen und dient dem Umweltschutz, indem schadstoffbelastete Böden behandelt bzw. beseitigt werden. Mit diesem Vorgehen wird der Verbrauch an Freiflächen für Verkehrs- und Siedlungszwecke vermindert. Diese Reduzierung sowie die Stärkung der Städte und der ländlichen Strukturen gehören heute zweifellos zu den wichtigsten Herausforderungen der Umweltpolitik auf Bundes-, Landes- und kommunaler Ebene. Hessen hat die Vorreiterrolle bei der Altlastensanierung in Deutschland inne.

65 Jahre nach Ende des zweiten Weltkriegs wurde die Sanierung der Rüstungsaltsstandorte in Hessen abgeschlossen

In diesem Zusammenhang ist die Sanierung der Rüstungsaltsstandorte Stadtallendorf, Hessisch Lichtenau und der sog. TRI-Halde in Stadtallendorf besonders hervorzuheben. Der Abtrag der aus Trinitrotoluol und anderen Schadstoffen bestehenden TRI-Halde in Stadtallendorf wurde in einem bundesweit beispiellosen Kraftakt nach nur 18 Monaten Sanierungsdauer im Oktober 2004 beendet. Mit dem Abtrag der TRI-Halde wurde ein wichtiger Beitrag zum Schutz von Mensch und Umwelt geleistet und auch ein dringend notwendiger Schritt zur langfristigen Sicherstellung der Wasserversorgung im Mittelhessischen Raum geleistet. Die Sanierung der Rüstungsaltslast Stadtallendorf wurde im Jahr 2005 abgeschlossen. Auch die Sanierung der „Schwesterfabrik“ in Hessisch-Lichtenau Hirschhagen konnte erfolgreich im Jahr 2009 beendet werden. Mit Ende der Sanierung der Sprengstoffwerke in Hessisch-Lichtenau gehört auch dieses Relikt aus Kriegszeiten endgültig der Vergangenheit an.

Sanierung der großen bewohnten Altlasten wird im Jahr 2011 mit Lampertheim-Neuschloß abgeschlossen

Bewohnte Altlasten in Hessen wurden vorrangig saniert. Bislang wurden unter anderem die großen Projekte Farbenwerk Vossen in Bad Homburg, Bitumenwerk Dr. Riehm in Edermünde-Grifte, die Pelzveredlung in Fuldata, Farb- und Gaswerk Pionierpark in Mühlheim, Tankstelle Kultau in Gelnhausen, Fass Sauer Gelände in Wiesbaden, die Gaswerke

Berliner Platz in Giessen, Wiesbaden Mainzer Straße und Bahnhofstraße, erfolgreich abgeschlossen. Das Gelände der ehemaligen chemischen Fabrik Neuschloß ist nach den beiden Rüstungsaltsstandorten die größte bewohnte Altlast in Hessen. Als Hauptkontaminanten sind Arsen und Blei zu nennen. Mit der Sanierung der Altlast in Lampertheim-Neuschloß wurde im Jahr 2002 begonnen, sie wird im Jahr 2011 abgeschlossen. Inzwischen ist der vierte von insgesamt fünf Sanierungsabschnitten bereits saniert und zum größten Teil wieder hergestellt. Bisher wurden über 157 000 Tonnen kontaminierte Böden abgetragen und auf der Deponie in Hünxe (NRW) entsorgt. Diese Menge entspricht ca. 90 % der Bodenmassen der Gesamtsanierungsmaßnahme. Dabei wurden bisher über 255 Tonnen an Schadstoffen entfernt. Die Grundwassersanierungsanlage zur Sanierung des mit organischen und anorganischen Schadstoffen belasteten Grundwassers in Lampertheim-Neuschloß hat bisher über 2 Mio. m³ Wasser gereinigt, dabei wurden über 500 kg Schadstoffe eliminiert. Mit dem bisherigen Sanierungsfortschritt liegt das Land Hessen gut im Plan. Abgesehen von der Grundwassernachsorge, die sich voraussichtlich bis in das Jahr 2012 erstrecken wird, dürfte das Thema Altlast Neuschloß ab 2012 endgültig der Vergangenheit angehören. Bis Ende 2010 wurden für dieses Projekt rd. 75 Mio. € für Sicherungsmaßnahmen, Bodenuntersuchungen und Planungsarbeiten sowie für den Bau der Wasseraufbereitungsanlage zur Verfügung gestellt.

Erfolgsmodell „Abschlussprogramm Sanierung von kommunalen Altlasten“

Die Kommunen werden weiterhin bei den von ihnen durchzuführenden Sanierungen kommunaler Altlasten unterstützt. Seit 1992 bis einschließlich 2010 wurden für die Sanierung der kommunalen Altlasten Mittel in Höhe von rund 150 Mio. € zur Verfügung gestellt. Das „Abschlussprogramm kommunale Altlastenbeseitigung“ hat das Ziel einer vollständigen Beseitigung der kommunalen Altlasten bis zum Jahr 2015. Mit diesem ehrgeizigen Programm wird Hessen seiner Verantwortung gerecht. Die zügige Altlastensanierung auf dem bisherigen Niveau wird mit dem Ziel fortgesetzt, den Umwelt- und Gesundheitsschutz noch weiter zu steigern und

Investitionshemmnisse zu beseitigen. Zugleich wird damit der Verbrauch an Freiflächen für Verkehrs- und Siedlungszwecke vermindert und so ein Beitrag zur Umsetzung der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung geleistet. Mit dem Abschlussprogramm will die Landesregierung den Kommunen zudem nochmals finanzielle Anreize geben, ihre Altlasten zügig zu untersuchen und sie – sofern erforderlich – zu sanieren. Für dieses Abschlussprogramm hat das Land Hessen Verpflichtungsermächtigungen in Höhe von 50 Mio. € zur Verfügung gestellt

Wir können auf eine sehr erfolgreiche Altlastensanierung in Hessen zurückblicken. Dennoch ist die „Arbeit“ im Bereich der Altlastensanierung in Hessen noch nicht ganz erledigt. Auch in Zukunft wird es noch Fälle zur Sanierung geben, bei denen ein Sanierungspflichtiger nicht oder nicht rechtzeitig zur Sanierung herangezogen werden kann. Nach jetzigem Kenntnisstand werden uns auch in Zukunft keine neuen großen und bewohnten Altlasten überraschen. Andernfalls hätten wir etwas falsch gemacht. Daher können die Mittel für die Altlastensanierung Zug um Zug reduziert werden. Wurden beispielsweise noch im Jahr 2002 rund 37 Mio. € für die Sanierung von Altlasten vom Gesetzgeber zur Verfügung gestellt, so werden es im Jahr 2011 voraussichtlich noch rund 20 Mio. € sein, mit weiter sinkender Tendenz. Durch die deutliche Reduzierung der Haushaltsmittel in diesem Bereich werden in Zukunft also andere aktuelle Politikbereiche, wie z. B. Bildung, Energiewende oder soziale Sicherung, profitieren.

Neue Zukunftsaufgaben

Nachhaltigkeitskonferenz der Hessischen Landesregierung

Nachhaltiges, intelligentes Flächenmanagement ist eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe. Die Ressource Fläche ist endlich und bedarf deshalb einer sorgfältigen, unterschiedlichste Belange berücksichtigenden Strategie. Dabei ist es unerlässlich, dass ökonomische Interessen ebenso wie ökologische Anforderungen und demographische Einflüsse

beachtet werden. Als Zielgröße für das Jahr 2020 nennt die Bundesregierung im Rahmen ihrer Nachhaltigkeitsstrategie einen Flächenverbrauch von maximal 30 Hektar pro Tag. Der demographische Wandel, hohe Infrastrukturkosten sowie Energieeffizienz und Klimaschutz erfordern eine nachhaltige Siedlungsentwicklung, die sich verstärkt auf den Siedlungsbestand konzentriert.

Es bedarf daher einer sorgfältigen Strategie, die die unterschiedlichen Belange berücksichtigt. In diesem Rahmen sollen konkrete übertragbare Lösungen für ein nachhaltiges und intelligentes Flächenmanagement erarbeitet werden. Die Akteure sollen Instrumente an die Hand bekommen, mit denen sie zukünftig ihre Flächen effektiv und effizient nutzen können. Die Instrumente der Innenentwicklung und der interkommunalen Zusammenarbeit stehen hier an erster Stelle. In diesen Prozess ist das Hessische Umweltministerium selbstverständlich aktiv eingebunden.

Zukunftsaufgabe Flächenrecycling

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

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

Flächenrecycling beginnt mit der Baureifmachung und endet mit der erfolgreichen Vermarktung der Fläche. Bei Flächenrecyclingprojekten stellt sich die Frage, in wie weit vorhandene Altlasten

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

Ein gelungenes Beispiel ist das „Pionierpark Gelände“ in Mühlheim. Auf einer ehemaligen Altlast sind über 60 Wohneinheiten gebaut worden. Ein zweites großes Beispiel intelligenter Flächennutzung ist die Sanierung des „Fass Sauer“ Geländes in Wiesbaden. Auf dieser ehemaligen Brachfläche und dem ehemaligen Güterbahnhof West Gelände werden in wenigen Jahren über 650 Wohnungen entstehen. Den Impuls für diese innenstadtnahe Siedlungspolitik hat die Altlastensanierung gegeben.

Hohe Auszeichnungen „Phoenix-Award“ und European Public Sector Award (EPSA)



Dass wir mit unserem Altlastensanierungskonzept nicht nur in Deutschland sondern auch im internationalen Bereich hohes Ansehen genießen, zeigt auch die Verleihung des „Phoenix-Award“, an das Land Hessen für das Projekt Pionierpark Mühlheim. Dieses Projekt wurde 2001 abgeschlossen. Der „Phoenix-Award“ ist die weltweit bekannteste Auszeichnung der amerikanischen Umweltbehörde (U.S. EPA) für erfolgreiches Flächenrecycling. In einem Wettbewerb des Europäischen Instituts für öffentliche Verwaltung (European Institute of Public Administration, EIPA) wurde das Bürgerbeteiligungsverfahren des Landes Hessen bei der Sanierung von Altlasten mit dem European Public Sector Award (EPSA) 2009 in dem Themenbereich Neue Formen partnerschaftlicher Zusammenarbeit (New Forms of Partnership Working) ausgezeichnet. Dies macht Mut und ist zugleich Ansporn für die Arbeit, die noch in anderen Bereichen zu bewältigen ist.

Stand der Altlastenbearbeitung in Hessen – Wo stehen wir? Was wurde erreicht? Was ist noch zu tun?

MARGARETA JAEGER-WUNDERER & BERTHOLD MEISE

Die Frage: „Wo steht die Altlastensanierung in Hessen im Jahre 2010?“ ist nicht einfach zu beantworten.

Das Wesen einer Bilanz, der Vergleich von Activa und Passiva, fällt im Bereich der Altlastensanierung schwer, denn Fallzahlen wurden zu Beginn des Vollzuges nicht aufgezeichnet und ein Vergleich kann somit nicht angestellt werden. Über die gesamte Zeit der Altlastensanierung finden sich aber Aussagen maßgeblicher Entscheidungsträger, die auch heute noch einen guten Eindruck der jeweils zeitgemäßen Vorstellungen wiedergeben. Mit Hilfe dieser Aussagen entsteht der folgende:

1 Rückblick

1971: In den frühen 1970er Jahren wird die bis dahin unregelte Abfallentsorgung durch das Inkrafttreten des ersten Hessischen Abfallgesetzes vom 13. Juli 1971 neu geregelt (Bund 1972). Die Zuständigkeit geht von den Gemeinden auf die Kreise und kreisfreien Städte über. Zentral geordnete Deponien lösen ungeordnete Dorfkippen ab. In

der Folge werden in den Jahren 1971–1978 insgesamt 2800 Gemeindemüllkippen geschlossen.

1978: Vom Rat der Sachverständigen für Umweltfragen wird erstmals der Begriff „Altlast“ formuliert. Zahlreiche Schadensfälle und deren ökologische Folgen rücken in das Bewusstsein [1].

1980: Die Hessische Landesanstalt für Umwelt (HLfU) beginnt mit der systematischen Erfassung der hessischen Altdeponien [2].

1985: Die Neufassung des Hessischen Abfallgesetzes vom 31.10.1985 sieht erstmals eine gesetzliche Regelung zur Führung und Fortschreibung eines Altablageungskatasters vor.

1987: Das durch die EG in Auftrag gegebene Gutachten „Altlasten in der EG“ [3] beschreibt für Hessen den Erfassungstand für das Jahr 1986 mit „4 500 abfallbelasteten Standorten, 5 000 Verdachtsflächen für Altablagerungen und zusätzlich 1 000 alten Betriebsgeländen. Die Regierung in Hessen tendiert zu einem gesonderten Abkommen mit der Wirtschaft (TIEDGE), um das Problem der gewerblichen Altlasten zu regeln. Ein Sonderfond mit Landesmitteln steht zur Diskussion“ [3].

(Anmerk.: Herr Tiedge war seinerzeit Referatsleiter am Hessischen Umweltministerium)

1989: Hessen wird mit seinem Abfallwirtschafts- und Altlastengesetz HAbfAG zu einem Vorreiter des Altlastenrechtes in Deutschland. Der Begriff „Altlasten“ ist nunmehr gesetzlich definiert. Damit ist der Grundstein für die Erfassung auch von Altstandorten gelegt.

Zeitgleich erhält die HIM per Rechtsverordnung den Auftrag des Landes Hessen, als Träger der Altlastensanierung tätig zu werden. Zur Erfüllung dieser Aufgabe wurde der Bereich Altlastensanierung (HIM ASG) gegründet. Die HIM ASG ist im Auftrag des

Landes Hessen für die Sanierung von gewerblichen Altlasten tätig, in denen Sanierungsverantwortliche nicht oder nicht rechtzeitig herangezogen werden können. Erstmals wurde bei den Entsorgungspflichtigen eine Altlastenfinanzierungsumlage erhoben, die zweckgebunden für die Sanierung kommunal verursachter Altlasten verwendet wurde.

- 1993: Auf einer Tagung des Institutes für kommunale Wirtschaft und Umweltplanung (IKU) beschreibt Herr Tiedge den Umfang der Altlastensanierung mit den Worten: *„Die Frage, wie lange eine Altlastensanierung dauert und was sie kosten kann, erinnert mich an die Zeit vor 40 Jahren, als in der Wasserwirtschaftsverwaltung ähnliche Überlegungen darüber angestellt werden mussten, was die Abwasserentsorgung wohl an Finanzierungsmitteln benötigt.Man meinte, in einem 10 bis 20jährigem Programm die Abwasserentsorgung sicherstellen zu können. Heute wissen wir, dass aus den damaligen Anfängen eine riesige Daueraufgabe geworden ist. Ähnlich sehe ich die Situation der Altlastensanierung heute. Wie am Beispiel der Abwasserentsorgung und -behandlung dargelegt, dürfte es sich jedoch auch bei der Altlastensanierung um eine Daueraufgabe handeln“* [4].
- 1994: Das Gesetz über die Erkundung, Sicherung und Sanierung von Altlasten (HAltlastG) tritt am 20.12.1994 in Kraft; es ermächtigt die HLfU, eine Altflächendatei zu führen.
- 1999: Mit dem Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) wird die Altlastensanierung neu geregelt (1.3.1999). Hieraus ergeben sich neue Aufgaben für den Vollzug (z. B. schädliche Bodenveränderung, Vorsorge). Ergänzend zum Bundes-Bodenschutzgesetz wird am 12. Juli 1999 die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) erlassen.
- 2000: Der Leiter der HIM-ASG, Herr Böhmer, postuliert bereits ein Jahr später das Ende der Altlastensanierung für die mit Landesmitteln

geförderte gewerbliche Altlastensanierung.: *„Nachdem wir feststellen, dass es sich bei allen Neuzugängen nach 1995 überwiegend um Kleinvorhaben handelt, wagen wir die These: Alle wesentlichen Großvorhaben der gewerblichen Altlastensanierung befinden sich bereits bei der HIM-ASG in Bearbeitung. Wir stellen fest, dass mit einem voraussichtlichen noch erforderlichen Aufwand von rund 520 Mio. DM bis zum Jahr 2010 die Aufgaben der gewerblichen Altlastensanierung in Trägerschaft der HIM-ASG in Hessen faktisch beendet werden kann“* [5].

- 2003: Das Ziel der gewerblichen Altlastensanierung formuliert Herr Dönmez 2003 mit den Worten: *„Das Hessische Umweltministerium hat auch das ehrgeizige Ziel, die Sanierung der großen Altlastenfälle (bisher bekannte gewerbliche und Rüstungsaltlasten) in Hessen im Jahr 2010 zu beenden. Wenn keine neueren Altlastenfälle hinzukommen (im Moment sieht es nicht danach aus), werden im Jahr 2020 - 2022 auch die Grundwasser-sanierungen im Bereich gewerblicher Altlasten abgeschlossen sein“* [6]. Der Hessische Umweltminister Dietzel hat dieses Ziel auf der Jahrestagung des Hessischen Umweltministeriums (in Zusammenarbeit mit dem ITVA) „Bewohnte Altlasten und Flächenrecycling“ am 18. und 19. April 2002 der Öffentlichkeit vorgestellt.
- 2007: Die Hessische Landesregierung hat ein Abschlussprogramm zur Finanzierung der kommunalen Altlastenbeseitigung aufgelegt. Mit diesem stellt das Land Mittel in Höhe von ca. 50 Mio. € für Erfassung, Untersuchung und Sanierung von kommunalen Altlasten und Gaswerkstandorten zur Verfügung. Ziel ist es, dass die kommunalen Altlasten bis zum Jahr 2015 nahezu vollständig beseitigt werden. Daher sind für die Voranmeldung der Vorhaben, den Abschluss der Untersuchungen und für die Antragstellung Fristen vorgesehen. Kommunen, die dennoch nicht handeln, müssen mit ordnungsrechtlichen Maßnahmen nach dem Bundes-

bodenschutzgesetz rechnen und erhalten keine Förderung [7].

Das Hessische Gesetz zur Ausführung des Bundes-Bodenschutzgesetzes und zur Altlastensanierung (Hessisches Altlasten- und Bodenschutzgesetz – HAltBodSchG) tritt am 1.11.2007 in Kraft.

2010: Die Einladung zur Fachveranstaltung: „Boden gut gemacht – 20 Jahre Altlastensanierung in Hessen – 20 Jahre HIM-ASG“ anlässlich des Hessentages 2010 resümiert die hessische Altlastensanierung mit den Worten: *„Seit 1990 bis einschließlich 2009 hat das Land Hessen über 675 Mio. € in die Sanierung von gewerblichen und kommunalen Altlasten sowie Rüstungsaltlasten investiert. Eine Investition für die Zukunft, die Gesundheit unserer Mitbürger und den Schutz der Umwelt. Anlass und Grund genug, das bisher Erreichte zu bilanzieren, über anstehende Aufgaben zu sprechen und neue Randbedingungen und Perspektiven zu diskutieren. In 20 Jahren haben wir gemeinsam viel Boden gut gemacht. So sind z. B. die Bodensanierungen im bewohnten Bereich der beiden Rüstungsaltstandorte Stadtallendorf und Hessisch Lichtenau-Hirschhagen abgeschlossen. Auch die Sanierung der letzten großen bewohnten Altlast in Lampertheim-Neuschloss geht zügig dem Ende entgegen. Doch es zeigt sich, dass weiterhin eine Vielzahl von kleineren Sanierungsmaßnahmen auf alle Beteiligten wartet und das Thema Altlasten in Hessen noch nicht abgehakt werden kann“* [8].

Die Aussagen im o. g. Rückblick zeigen auf, dass zu Beginn der Altlastensanierung von einer Daueraufgabe für das Land ausgegangen wurde. Für den Bereich der gewerblichen Altlastensanierung, der mit Landesmitteln intensiv (bis 2008 ca. 516 Mio. €) gefördert wurde, wurde bereits im Jahre 2000 ein Ende für 2010 in Aussicht gestellt. Für den Bereich der kommunalen Altlastensanierung wurden von 1990 bis zum Jahr 2007 rd. 145 Mio. € eingesetzt. Nicht darin enthalten ist die Eigenbeteiligung der sanierungsverantwortlichen Gemeinden mit mindes-

tens 10 % der Kosten. Darüber hinaus wurde im Jahr 2007 ein 50 Mio. € schweres Abschlussprogramm aufgelegt, das ein Ende der Förderung für das Jahr 2015 festlegt. Der Bereich der Untersuchungen und Sanierungen, die nicht mit öffentlichen Mitteln gefördert werden, bleibt bei allen bisherigen Betrachtungen außen vor.

Im folgenden Gesamtüberblick wird der aktuelle Zahlenspiegel zum Stand der Altlastenbearbeitung vorgestellt, der auf einer Auswertung der hessischen Altflächendatei beruht [11]. Die nachfolgende Bestandaufnahme aus dem RPDA wertet die Fallzahlen des derzeitigen Vollzuges an einem Beispieldezernat aus und stellt geförderte und nicht geförderte Verfahren zueinander ins Verhältnis.

2 Gesamtüberblick – aktueller Zahlenspiegel

Zum Stichtag 1. August 2009 sind insgesamt rund 114 000 Altablagerungen, Altstandorte und schädliche Bodenveränderungen bekannt. Bei ca. 4 500 Fällen sind die Verfahren soweit fortgeschritten, dass Gefährdungsabschätzungen und Sanierungen zumindest begonnen oder abgeschlossen sind.

Im Einzelnen enthält die Altflächendatei 7 168 Altablagerungen, 105 188 Altstandorte und 1 598 schädliche Bodenveränderungen.

Bei 2 140 Flächen liegen konkrete Anhaltspunkte für einen Altlastverdacht im Sinne des § 9,2 des BBodSchG vor, bei 977 Standorten hat sich der Verdacht nicht bestätigt. Von den 525 als Altlast oder schädliche Bodenveränderung eingestuften Flächen werden zzt. 181 saniert, für die übrigen 344 Fälle ist der Sanierungsbedarf festgestellt. Bei 857 Standorten ist die Sanierung abgeschlossen, allerdings unterliegen 43 dieser Flächen der Nachsorge (Tab. 1).

2.1 Gefährdungsabschätzung

In 1 502 Fällen ist die Gefährdungsabschätzung abgeschlossen, d. h. in 977 Fällen konnte der Altlastverdacht bzw. Verdacht ausgeräumt werden. Bei 525

Tab. 1: Stand der Bearbeitung von Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen.

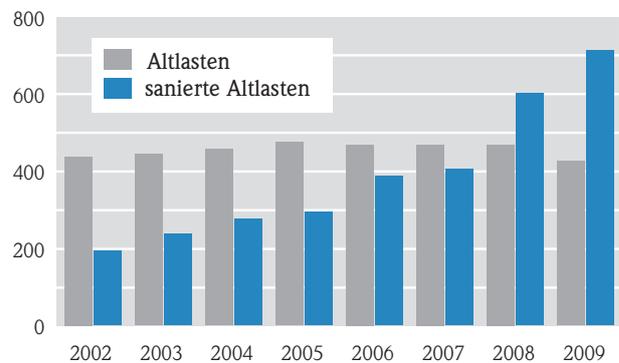
	Alt-ablagerungen	Alt-standorte	Schädliche Boden-veränderungen	Summe
Erfasste Flächen	7 168	105 188	1 598	113 954
Verdacht	519	488	1 133	2 140
Verdacht nicht bestätigt	551	380	46	977
Altlast/Sanierungsbedarf	91	334	100	525
Sanierung abgeschlossen	95	613	149	857

Flächen handelt es sich um Altlasten bzw. schädliche Bodenveränderungen, bei denen der Sanierungsbedarf festgestellt wurde. Derzeit sind 2 140 Verdachts- bzw. altlastverdächtige Flächen erfasst, für die noch weitere Untersuchungen notwendig sind, um die Gefährdungsabschätzung abzuschließen.

2.2 Sanierung

Der Erfolg der Altlastenbearbeitung lässt sich an der Zahl der sanierten Flächen deutlich ablesen. Ende 1991 waren in Hessen noch keine abgeschlossenen Sanierungsmaßnahmen erfasst, in 40 Fällen war mit der Sanierung begonnen worden [4]. Seitdem ist die Zahl der sanierten Altlasten kontinuierlich gestiegen. Während im Jahr 2002 193 Flächen als sanierte Altlast in die Altflächendatei eingetragen waren, waren es im Jahr 2009 bereits 708 Fälle. Bei schädlichen Bodenveränderungen ist die Sanierung in 149 Fällen abgeschlossen; Vergleichszahlen gibt es hier nicht. Die Anzahl der Altlasten ist etwa auf dem gleichen Niveau geblieben (Abb. 1).

Der Begriff „Sanierung abgeschlossen“ bedeutet, dass Dekontaminations- bzw. Sicherungsmaßnahmen durchgeführt sind, nach Abschluss der Sanierungsmaßnahmen im Sinne einer Nachsorge noch Überwachungsuntersuchungen stattfinden oder die Vollzugsbehörde das Altlasten-/Bodenschutzverfahren eingestellt hat (Tab. 2).


Abb. 1: Altlasten und sanierte Altlasten 2002–2009.

Tab. 2: Flächen mit abgeschlossenen Sanierungen.

	Alt-ablagerungen	Alt-standorte	Schädliche Boden-veränderungen	Summe
Sanierung (Dekontamination) abgeschlossen	30	420	89	539
Sanierung (Sicherung) abgeschlossen	29	66	18	113
Nachsorge	16	19	8	43
Sanierungsverfahren abgeschlossen	20	108	34	162
Summe	95	613	149	857

2.3 Finanzierung

Detaillierte Untersuchungen und Sanierungen werden grundsätzlich von den Verantwortlichen durchgeführt. Können diese nicht oder nicht rechtzeitig in Anspruch genommen werden, oder sie sind kommunal verursacht, so werden hierfür ggf. öffentliche Mittel eingesetzt.

Seit 1990 bis Ende des Jahres 2008 wurden Haushaltsmittel des Landes von rund 516 Mio. € für die gewerbliche Altlastensanierung einschließlich der Untersuchung und Sanierung der sog. Rüstungsalten eingesetzt. Das erklärte Ziel der Landesregierung, bis Ende 2010 die großen Sanierungsprojekte, einschließlich der beiden großen Rüstungsaltenstandorte Stadtallendorf und Hessisch-Lichtenau/Hirschhagen, abzuschließen, konnte weitgehend erreicht werden. Im Jahr 2008 waren der HIM-ASG 45 Verfahren übertragen worden.

Im selben Zeitraum wurden für kommunale Altlasten Mittel des Landes, die zum Teil aus der Altlastenfinanzierungsumlage der entsorgungspflichtigen Gebietskörperschaften stammen, in Höhe von rund 165 Mio. € aufgewendet. Dazu kommt noch eine Eigenbeteiligung der Kommunen von mindestens 10 %. Im Jahr 2008 wurden mit ca. 20 Mio. € 589 Projekte unterstützt.

Im Jahr 2007 hat die Landesregierung das sog. Abschlussprogramm zur kommunalen Altlastenbeseitigung ins Leben gerufen [7]. Damit werden den Kommunen finanzielle Anreize gegeben, ihre potentiellen Altlasten zügig zu untersuchen und ggfs. zu sanieren. Gefördert werden die Erfassung von Altflächen (Altablagerungen, Altstandorten) und altlastverdächtigen Flächen in die Altflächendatei als kommunale Aufgabe, die Untersuchung und Sanierung vom kommunalen Altlasten, sowie orientierende Untersuchungen für Maßnahmen zum Flächenrecycling. Ziel ist es, kommunale Altlasten bis zum Jahr 2015 soweit wie möglich zu beseitigen. Dafür wurden ab dem Jahr 2007 Haushaltsmittel in Höhe von insgesamt 50 Mio. € bereitgestellt.

3 Bestandsaufnahme aus dem RPDA, Dezernat Bodenschutz Darmstadt

Die Bestandsaufnahme erfolgt aus dem Blickwinkel eines der sechs Bodenschutzdezernate in Hessen. Im Regierungsbezirk Darmstadt (RPDA) leben auf 35 % der Fläche Hessens 62 % der hessischen Bevölkerung [9]. Das RPDA hat 4 Bodenschutzdezernate. Die im Folgenden dargestellten Fallzahlen repräsentieren die Vollzugsaufgaben des Dezernates Bodenschutz in Darmstadt. Die örtliche Zuständigkeit umfasst: den Odenwaldkreis, den Kreis Bergstraße, den Kreis Darmstadt-Dieburg, den Kreis Offenbach, die Stadt Darmstadt und den Kreis Groß-Gerau. Hier leben auf 14 % der Fläche Hessens 23 % der hessischen Bevölkerung. In der aktiven Bearbeitung befinden sich derzeit 270 Altstandorte und 184 Altablagerungen.

3.1 Altstandorte

Von den 270 Altstandorten werden zzt. 128 Fälle untersucht und 142 saniert. 18 Verfahren wurden der Trägerin der Altlastensanierung, der HIM ASG übertragen, davon befinden sich zwei Verfahren in der Untersuchungsphase und 16 Verfahren in der Sanierung. Die Anzahl der Verfahren, die der HIM-ASG übertragen wurden, machen 6 % der in Bearbeitung befindlichen Altstandorte aus.

Landesweit werden von der HIM-ASG aktuell 48 Verfahren geführt. 37 % (18 Verfahren) davon liegen im Dienstbezirk des Dezernates Bodenschutz Darmstadt [10]. Im Dienstbezirk des Dezernates Bodenschutz Darmstadt sind darüber hinaus 23 588 Altstandorte und schädliche Bodenveränderungen in ALTIS erfasst [11].

3.2 Altablagerungen

Von den 184 derzeit bearbeiteten Altablagerungen sind 168 Fälle in der Untersuchungsphase und 16 in der Sanierung. 95 Verfahren in der Untersuchungsphase und 4 in der Sanierung werden nach AFR gefördert.

Die Anzahl der Verfahren, die nach AFR gefördert werden, machen 54 % der in Bearbeitung befindlichen Altablagerungen aus. Im Dienstbezirk des Dezernates Bodenschutz Darmstadt sind darüber hinaus 1 008 Altablagerungen in ALTIS erfasst [11].

4 Ausblick

Die gegenwärtigen Aufgaben der Altlastensanierung und der Vorsorge sind in Hessen bei weitem nicht abgearbeitet. Der Eindruck, mit Beendigung der HIM-ASG-Verfahren und des AFR-Abschlussprogrammes sei auch die hessische Altlastensanierung beendet, täuscht.

Im Bereich der mit Landesmitteln geförderten gewerblichen Altlastensanierung wird es weiterhin Verfahren geben, bei denen ein Sanierungspflichtiger nicht oder nicht rechtzeitig herangezogen werden kann. Gegenwärtig steht beispielsweise die Übertragung einer 63 000 m² großen Industriebrache eines bedeutenden aber insolventen deutschen Industrieunternehmens mit Sanierungskosten in Höhe von schätzungsweise 20–30 Mio. € an. Darüber hinaus besteht ein Bedarf an finanzieller Unterstützung in Verfahren, bei denen ein Sanierungspflichtiger zwar herangezogen werden kann, dieser aber die Sanierungskosten nicht vollständig übernehmen kann oder muss.

Für das Bodenschutzdezernat Darmstadt repräsentieren die laufenden HIM-ASG-Verfahren einen Anteil von 6 Prozent (18 Verfahren) an den aktuellen 270 Verfahren. Der Abschluss der 18 HIM-ASG-Verfahren bedeutet somit nicht das Ende der Altlastensanierung für das Dezernat, denn 128 Verfahren sind noch in der Untersuchungsphase und auch die 142 Sanierungen werden vermutlich nicht zeitgleich zu den HIM-ASG-Verfahren abgeschlossen werden. Regelmäßig kommen neue Verfahren hinzu. Häufig ergeben sich diese aus den Ergebnissen von geförderten Untersuchungen im Rahmen einer Bebauung. Auch wenn nicht prognostiziert werden kann, wie viele potenzielle Boden- und Grundwasserschäden sich tatsächlich in der Fallgruppe der bereits erfassten 23 588 Altstandorte verbergen, zeigt die Erfahrung der letzten Jahre

doch, dass diese Fallgruppe auch weitere potenzielle Altlastenverfahren enthält.

Aus Landessicht stellt es sich so dar, dass von den insgesamt rund 112 000 Altablagerungen und Altstandorten ca. 96 600 Flächen noch nicht bewertet sind. Ein großer Teil wird im Rahmen des Projekts der kommunalen Altlastensanierung abgearbeitet werden. Mit der Erfassung der Altflächen ist ein erster Bewertungsschritt verbunden. Dabei werden fünf Gefahrenstufen, sog. Gefährdungsklassen, gebildet. Sie reichen von „sehr gering“ bis „sehr hoch“. Allein den beiden höchsten Gefährdungsklassen sind ca. 52 000 Flächen zugeordnet. Es ist daher davon auszugehen, dass in vielen Fällen auf Grund der ersten Ergebnisse weitere Untersuchungsschritte folgen müssen, die dann letzten Endes auch zur Sanierung der einen oder anderen künftigen Altlast führen werden.

Nicht zu prognostizieren ist, wie viele Fallzahlen auf die Behörden bei der Fortschreibung der Erfassung altlastenrelevanter stillgelegter Betriebe zukommen werden, zu der die Kommunen nach dem hessischen Bodenschutz- und Altlastengesetz verpflichtet sind. Wünschenswert wäre es, wenn die Bodenschutz- und Altlastenbehörden bereits in den immisionsschutzrechtlichen Stilllegungsprozess eingebunden würden, um so den ‚Neulasten‘ von morgen vorzubeugen.

Die Fallgruppe der 270 Altstandorte wird das Bodenschutzdezernat des Regierungspräsidiums Darmstadt auch noch aus einem anderen Grund weiterhin beschäftigen. Die Verausgabung von Landesmitteln war in den zurück liegenden Jahren grundsätzlich eine prioritäre Aufgabe, um den nötigen Mittelabfluss zu gewährleisten. Andere Aufgaben, wie beispielsweise die arbeitsintensive Heranziehung unwilliger Sanierungspflichtiger zur Untersuchung und Sanierung musste hierfür teilweise zurück gestellt werden. Sofern die Fallgruppe der HIM-ASG-Verfahren in den nächsten Jahren rückläufig ist oder abgeschlossen werden kann, werden die Verfahren, in denen die Behörde die Maßnahmen gegen den Widerstand der Pflichtigen durchsetzen muss, zunehmend ins Zentrum der Bearbeitung rücken.

Hinzu kommt noch die Fallgruppe der nicht stillgelegten Betriebsstandorte. Beispielsweise Merck Darmstadt mit einer Betriebsfläche von 120 ha und Opel Rüsselsheim mit einer Betriebsfläche von 450 ha werden weiterhin ihre Grundwassersanierungen betreiben und auch weiterhin ihre Betriebsgelände durch Neu- und Umbau umstrukturieren. Die Umstrukturierungen ermöglichen die notwendigen Bodensanierungen. Industrielle Umstrukturierungen sind ein fortwährender Prozess im Rhein-Main-Gebiet. Für das nah dem Frankfurter Flughafen gelegene 50 ha große Betriebsgelände des Werkes Ticona in Kelsterbach steht in 2011 der komplette Umzug an. Gegenwärtig laufen hier orientierende und vertiefende Untersuchungen. Landesweit waren im Jahr 2009 1 598 schädliche Bodenveränderung bekannt, in 149 Fällen ist die Sanierung abgeschlossen.

Sollte das Abschlussprogramm der kommunalen Altlastensanierung im Jahre 2015 seinen Abschluss finden, bedeutet dies nicht, dass damit auch die Aufgaben erledigt wären. Auch wenn die Untersuchungen belegen konnten, welche Altablagerungen nicht sanierungsbedürftig sind, so bleibt das Regierungspräsidium doch zuständig für die stillgelegten Abfallentsorgungsanlagen. Die Nutzung dieser Flächen kann in Zukunft von zunehmendem Interesse sein, denn das erklärte Ziel der Bundesregierung ist, die tägliche Umwidmung von unversiegelten Flächen bis zum Jahr 2020 auf 30 Hektar am Tag zu senken. Der tägliche Flächenverbrauch in Deutschland liegt mit leicht abnehmender Tendenz derzeit bei ca. 100 Hektar (ha) am Tag [12]. Gerade im Fall eines deutlich reduzierten Flächenverbrauchs werden auch Altablagerungen häufig überplant werden. Die Frage, durch welche Maßnahmen eine Altablagerung für eine künftige Wohnnutzung hergerichtet werden kann, wird auch weiterhin zur Beantwortung anstehen.

Aber auch ganz andere Aufgabenszenarien sind denkbar. Das Hessische Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz beauftragte im Herbst 2008 den Hessischen Forschungsverband mit der Frage, ob die Deponien Rohstofflagerstätten von morgen sein können [13]. Im Dienstbezirk des Dezernates Bodenschutz Darmstadt sind 1 008 Anlagen erfasst.

Neben der Altlastensanierung gehört auch die Vorsorge zu den Aufgaben der Regierungspräsidien. „Im Bodenschutz muss der Vorsorgegedanke ein stärkeres Gewicht erhalten.“ Diese Aussage der Koalitionsvereinbarung von 1998 ist die Grundlage für eine „Handlungskonzeption zum vorsorgenden Bodenschutz“ des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) [14]. Die Aufgaben des vorsorgenden Bodenschutzes sind bei den dargelegten Überlegungen noch nicht berücksichtigt.

Alles in allem ist zu konstatieren, dass in den letzten 20 Jahren ein wichtiger Teil großer Altlastenfälle, wie z. B. der Monte Scherbelino in Frankfurt, die ehemaligen großen Rüstungsaltsstandorte Stadtallendorf und Hessisch-Lichtenau oder die ehem. Chemische Fabrik und bewohnte Altlast Lampertheim Neuschloß, mit Hilfe von Landes- und kommunalen Mitteln saniert werden konnte. Auch der Einsatz privater Investitionen in die Altlastensanierung wie z. B. die Sanierung des ehem. VDM-Geländes in Frankfurt-Heddernheim ist nicht unerheblich.

Es ist aber nicht absehbar, dass in den nächsten Jahren ein Bearbeitungsstand erreicht werden kann, bei dem die Behörde nur noch laufende Sanierungen prüft und Grundstücke bezogene Anfragen beantwortet. Es zeigt sich, dass weiterhin eine Vielzahl von Untersuchungs-/Sanierungsmaßnahmen auf alle Beteiligten wartet und das Thema Altlasten in Hessen noch nicht abgeschlossen werden kann.

Zusätzlich zu dem Aspekt der hohen Anzahl an altlastenverdächtigen Flächen, die noch nicht erkundet, bewertet oder saniert sind, kommt hinzu, dass fachliche Zusammenhänge zunehmend komplexer betrachtet werden und die erheblichen Fortschritte in der technischen Erkundung, der Analytik oder der Bewertung gestiegene und neue Anforderungen nicht nur an Sachverständige sondern auch an die Behörden stellen [15].

Literatur:

- [1] SRU, Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (1978), Umweltgutachten 1978, Stuttgart 1978

- [2] HLUG, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (2006), Bodentafeln für Wanderausstellung
- [3] Kommission der Europäischen Gemeinschaften (1987), Contaminated Land in the EC, Vertrag 85-B 6632-11-006-11N 1987
- [4] HLFU, Hessische Landesanstalt für Umwelt (1993), Altablagerungen, Altstandorte – Schriftenreihe der Hessischen Landesanstalt für Umwelt, Heft Nr.: 154
- [5] HLUG, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (2000), Altlasten-annual 2000, URL: <http://www.hlug.de/start/altlasten/arbeitshilfen/altlasten-annual.html>
- [6] HLUG, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (2003), Altlasten-annual 2003, URL: <http://www.hlug.de/start/altlasten/arbeitshilfen/altlasten-annual.html>
- [7] Internetseite „Kommunale Altlastensanierung“. In: HMUELV, Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, URL: http://www.hmuelv.hessen.de/irj/HMULV_Internet?cid=79ab6c1081f9c48cee7c629f03bd5b62 (Abgerufen: 17. Mai 2010, 13:02)
- [8] HMUELV, Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2010), Einladung Fachveranstaltung „Boden gut gemacht – 20 Jahre Altlastensanierung in Hessen“ am 02.06.2010 in Erksdorf, Stadtallendorf
- [9] Internetseite „Regierungsbezirk Darmstadt“. In: Wikipedia, Die freie Enzyklopädie. Bearbeitungsstand: 10. März 2010, 16:17 UTC. URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Regierungsbezirk_Darmstadt (Abgerufen: 17. Mai 2010, 12:15)
- [10] HIM-ASG, Hessische Industriemüll GMBH, Bereich Altlastensanierung, Sanierungsprogramm 2010
- [11] HLUG, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (2009), Zahlen und Fakten 2009
- [12] Internetseite „Flächenverbrauch und Versiegelung“. In: Umweltbundesamt, URL: <http://www.umweltbundesamt.de/boden-und-altlasten/boden/gefahrdungen/flaeche.htm> (Abgerufen: 17. Mai 2010, 13:21)
- [13] WIEMER, K., BARTSCH, B. & SCHMEISKY, H.(2008): Deponien als Rohstofflagerstätten von morgen – Ergebnisse einer hessenweiten Untersuchung
- [14] Internetseite „Vorsorgender Bodenschutz“. In: Umweltbundesamt, URL: <http://www.umweltbundesamt.de/boden-und-altlasten/boden/bodenschutz/vorsorge.htm> (Abgerufen: 17. Mai 2010, 13:28)
- [15] POETKE, D., KNIES, J. & GROBMANN, J.: Zukunft der Altlastensanierung – was wird aus dem Grundwasser? In: Altlasten-annual 2009, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Hg.), S. 95–99 , Wiesbaden 2009, URL: <http://www.hlug.de/start/altlasten/arbeitshilfen/altlasten-annual.html>

Anmerkung:

Der Beitrag wurde ursprünglich beim 11. Karlsruher Altlastenseminar am 9./10.6.2010 vorgetragen.

Aktuell:

DATUS – Datenübertragungssystem zur Altflächendatei FIS AG

ANDREA SCHÜTZ-LERMANN

Im März 2007 wurden die beiden bis dahin getrennt geführten Datenbanken der hessischen Altflächendatei, ALTIS und ANAG, zum Fachinformationssystem Altflächen und Grundwasserschadensfälle (FIS AG) als Teil des Bodeninformationssystems zusammengeschlossen (s. Altlasten-annual 2007).

Beibehalten wurde bislang das Programm AltPro, mit dessen Hilfe die Kommunen ihrer Verpflichtung, Altstandorte zu erfassen, nachkommen können. AltPro war bisher die einzige Möglichkeit, externe Daten, d. h. Daten von außerhalb der Landesverwaltung, nach FIS AG importieren zu können. In AltPro können nur Daten zu Altstandorten bearbeitet werden, nicht solche zu Altablagerungen. Aber auch diese sind zu validieren. Das Programm AltPro erfüllt heute nicht mehr die fachlichen und technischen Anforderungen von FIS AG. Zurzeit werden in hessischen Kommunen im Rahmen des

Abschlussprogramms zur kommunalen Altlastenbeseitigung umfassende Validierungen und Einzelfallrecherchen durchgeführt. Zudem entstehen laufend Messdaten zu Untersuchungen und Sanierungen. Bisher wurden diese soweit möglich vom HLUG mühsam in die Analysendatei Altlasten und Grundwasserschadensfälle (FIS AG – Teil ANAG) eingelesen. Es ist also höchste Zeit all die Daten, die bei Externen, seien es Kommunen oder Ingenieurbüros, erarbeitet werden, durch eine neue technische Lösung schnell und sicher in die zentrale Altflächendatei zu importieren.

Diese technische Lösung heißt DATUS (Datenübertragungssystem). Es ist vorgesehen, die Nutzung dieser elektronischen Datenübermittlung im Rahmen der Anfang des Jahres 2011 geplanten Altflächendatei-Verordnung verbindlich vorzugeben.

Datus-Module

DATUS besteht aus mehreren Modulen, von denen bis auf eine Ausnahme alle bereits realisiert sind:

1. Import-/ Exportassistent
2. xml-Schnittstelle
3. Validierungstool
4. Codierungstool
5. DATUS mobile

Die DATUS-Module 2, 3 und 4 stehen den Anwendern im Internet auf der DATUS-Downloadseite des HLUG nach vorheriger problemloser Online-Anmeldung kostenfrei zur Verfügung (www.hlug.de/Altlasten/DATUS).

1 Import-/Exportassistent

Der Export von Daten aus FIS AG erfolgt auf Anforderung seitens der Kommunen oder Ingenieurbüros durch das HLUG. Die benötigten Datensätze werden aus der zentralen Datenbank als xml-Datei exportiert. Die Kommunen erhalten zur Erfüllung ihrer Aufgaben alle Datensätze zu den Altflächen, die aus ihrem Bereich in FIS AG gespeichert sind. Ein Ingenieurbüro erhält nur die Datensätze, für deren Bearbeitung es autorisiert ist.

2 xml-Schnittstelle

Die Verbindung zwischen FIS AG und Außenwelt stellt eine xml-Schnittstelle sicher. Die Schnittstelle besteht aus den beiden Schemadateien **DATUS.V10.xsd** und **DATUS.Listen.V10.xsd**. In diesen sind alle Festlegungen der Felder in FIS AG (Feldname, Feldbreite, Datentyp (Zeichen, numerisch), Pflichtfeld (ja/nein) zu Adresse, Messstellenbezeichnung, Betriebsdaten usw.) und der Aufbau der hinterlegten Auswahllisten abgebildet.

Wer also beabsichtigt, mit einer eigenen Datenbankanwendung statt mit DATUS mobile (s. Punkt 5) zu arbeiten, hat die Möglichkeit, diese Schnittstelle zu bedienen, so dass seine Daten in FIS AG importiert werden können.

3 Validierungstool

In dem oben genannten Fall, dass die Altflächendaten nicht mit dem in der Entwicklung befindlichen DATUS mobile, sondern mit einer fremden Anwendung oder einem xml-Editor bearbeitet wurden, ist es erforderlich, dass vor dem Import nochmals intensiv geprüft wird, ob alle Restriktionen von FIS AG auch eingehalten wurden. Wurde in einem Feld, dem eine Auswahlliste hinterlegt ist, wirklich ein Wert aus dieser Liste eingetragen? Wurden alle Festlegungen bzgl. Pflichtfeldes, Feldlänge usw. gemäß den xsd-Vorgaben eingehalten? Diese Überprüfung (Validierung) soll der Externe vor dem Versand an die zuständige Behörde selbst durchführen und bei Fehlermeldungen die Daten direkt vor Ort berichtigen, bis die xml-Datei unter den automatisch prüfbaren Aspekten fehlerfrei ist. Die Anwendung dazu, das Validierungstool **DATUSValidation**, steht

den Anwendern kostenfrei im Internet zur Verfügung.

4 Codierungstool

Nachdem die benötigten Datensätze aus FIS AG exportiert wurden, werden sie aus Datensicherheitsgründen verschlüsselt und komprimiert direkt an eine E-Mailadresse gesandt, die in einem vorherigen schriftlichen Kontakt zwischen zuständiger Behörde und Auftragnehmer mitgeteilt wurde. Während dieses Verfahrens legitimiert sich der Auftragnehmer und unterzeichnet einen Datenüberlassungsvertrag. Mit getrennter Post erhält er die Zugangsdaten zum Codierungstool **DATUSCodierung**, um damit die FIS AG-Daten zu entschlüsseln und in DATUS mobile (s. Punkt 5) oder in seine eigene Anwendung zur Bearbeitung zu importieren.

Die Anwendung **DATUSCodierung** kann von der gleichen Stelle wie **DATUSValidation** aus dem Internet (www.hlug.de) geladen werden. Das Codierungstool wird bei der Rückgabe der veränderten Daten an die zuständige Behörde ein weiteres Mal benötigt.

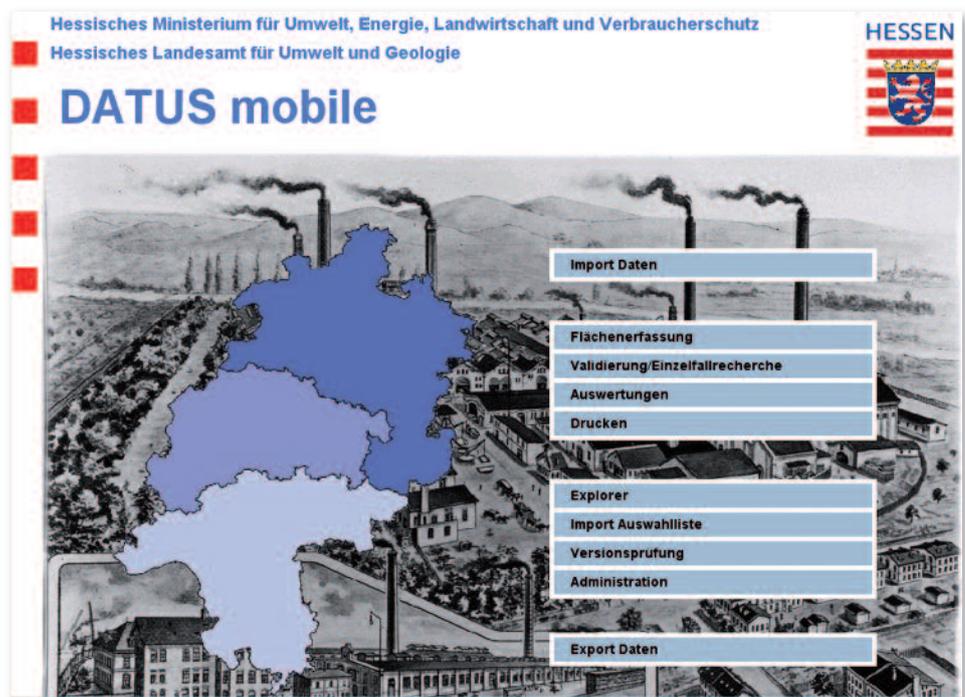


Abb. 1: Startseite von DATUS mobile.

5 DATUS mobile

Diese Anwendung befindet sich momentan in der Entwicklungsphase. Sie wird AltPro ersetzen und ist in erster Linie für die Kommunen oder für Anwender gedacht, die kein eigenes System nutzen. Sie soll zusätzlich die Anforderungen bei weiterführenden

Untersuchungen und Sanierungen, also für größere Informationstiefe bei einer Altfläche, erfüllen. DATUS mobile wird die xml-Datei, die von der zuständigen Behörde geliefert wird, importieren können.

Abb. 2: Stammdatenmaske einer Altfläche.

Die Anwendungsoberfläche wird sich an den Arbeitsschritten der Altflächenbearbeitung (s. Handbuch Altlasten, Band 1 – Altlastenbearbeitung in Hessen) orientieren. Die Masken werden also für Neuerfassungen anders (einfacher) aussehen als für eine Einzelfallrecherche. Sollen Probennahmendaten erfasst werden oder Messdaten eingelesen werden, so gibt es hierfür eine komplexere Anwenderoberfläche.

Je nach Arbeitsschritt sind die Felder neu zu füllen oder Angaben zu verändern (Validierung der Daten). Bestimmte von der Behörde festgelegte Felder werden nicht zum Bearbeiten freigegeben, sondern sind zur Information des Anwenders nur lesbar. Für fortgeschrittene Anforderungen (Messdaten einlesen) können auch Exceltabellen nach den erforderlichen Anpassungen importiert werden.

Nach Beendigung der Bearbeitung werden die Datensätze zum Versand an FIS AG exportiert. Die Daten bleiben nach dem Export in DATUS mobile erhalten und können zur Auswertung genutzt werden. Durch einen neuen Import mit FIS AG-Daten werden die alten Datensätze überschrieben.

Datenaustausch

Der Datenaustausch mit den Kommunen wird, wie bisher mit AltPro, ausschließlich durch das HLUG durchgeführt. Die Daten von Untersuchungspflichtigen, Sanierungsverantwortlichen oder durch diese beauftragten Ingenieurbüros werden in der Anfangsphase vom HLUG entgegengenommen und in FIS AG importiert, bis das Verfahren stabil läuft. Die fachliche Sichtung der Daten geschieht vor dem Import nach FIS AG durch die zuständigen Mitarbeiter/innen der Bodenschutzbehörden. Das HLUG importiert die Daten erst nach Freigabe durch die zuständige Behörde (Abb. 3).

Die DATUS – Module, die benötigten Referenzlisten, Hintergrundinformationen, das Handbuch und Bedienungsanleitungen stehen auf der Homepage des HLUG zum Download bereit und werden kontinuierlich aktualisiert.

DATUS mobile wird nach der Fertigstellung ebenfalls auf der Homepage zur Verfügung stehen.

Externer Altflächenbearbeiter

- meldet sich als Benutzer auf der Internetseite des HLUG
- lädt die erforderlichen Anwendungen und Dateien herunter
- fordert die Daten bei zuständiger Behörde mit Nachweis der Berechtigung (Auftrag) an



HLUG

- vergibt Benutzerdaten
- exportiert die Daten aus FIS AG
- verschlüsselt, komprimiert und verschickt die xml-Datei mit den Daten



Externer Altflächenbearbeiter

- entschlüsselt die per Mail erhaltene Datei
- importiert die xml-Datei in seine Anwendung (DATUSmobile oder eigenes System) und bearbeitet die Daten
- exportiert die Daten aus seiner Anwendung und validiert sie anschließend mit DATUSValidation oder führt einen Export aus DATUSmobile durch
- verschlüsselt, komprimiert und verschickt die Daten an die zuständige Behörde (HLUG)



HLUG

- entschlüsselt die per Mail erhaltene Datei
- validiert die xml-Datei mit DATUSValidation
- importiert die Daten nach vorheriger fachlicher Sichtung von Seiten der zuständigen Behörde in FIS AG

Abb. 3: Ablauf des Datenaustauschs zwischen FIS AG und externen Stellen.

Fotovoltaik auf Altablagerungen und Deponien

VOLKER ZEISBERGER

Die Nutzung der Sonnenenergie durch Fotovoltaik-Anlagen wird durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) gefördert, indem die Einspeisevergütung für Solarstrom in das Stromnetz gesetzlich garantiert wird [1]. Die hohen Zuwachsraten bei der Installation von Fotovoltaik-Anlagen in Deutschland bestätigen die Wirksamkeit der Fördermaßnahmen.

In Hessen soll der Anteil erneuerbarer Energien am Energieverbrauch bis zum Jahr 2020 auf 20 % erhöht werden. Die erneuerbaren Energien sollen von heute 7 000 MWh/a bis zum Jahr 2020 verdreifacht werden. Für Fotovoltaikanlagen werden Flächen von ca. 25 km² benötigt. Standorte für Fotovoltaikanlagen können Dachflächen oder Freiflächen sein. Da Dachflächen nur begrenzt zur Verfügung stehen und landwirtschaftlich genutzte Flächen seit 2010 nicht mehr als Standorte für Fotovoltaikanlagen gefördert werden, suchen Investoren verstärkt nach geeigneten Standorten für Fotovoltaik-Freiflächenanlagen.

Als Standorte für Fotovoltaik-Freiflächenanlagen sind laut EEG „bauliche Anlagen“, „versiegelte Flächen“ und „Konversionsflächen aus wirtschaftlicher Nutzung“ geeignet. Darunter fallen u. a. stillgelegte Deponien, Altablagerungen, Aufschüttungen und Abraumhalden. Diese Standorte haben eine besondere Bedeutung, da hier eine Doppelnutzung der Fläche erreicht wird. Eine Recherche bei den Regierungspräsidien hat ergeben, dass ca. 50 Altablagerun-

gen für die Errichtung von Fotovoltaik-Freiflächenanlagen infrage kommen. Hinzu kommen Deponien in der Stilllegungs- und Nachsorgephase. In Hessen gibt es Fotovoltaik-Freiflächenanlagen auf Deponien in Flörsheim-Wicker, Taunusstein und Wiesbaden.

Bei der Installation von Fotovoltaik-Freiflächenanlagen ist eine Vielzahl von Rahmenbedingungen zu beachten. Neben den vergütungsrechtlichen Vorgaben des EEG sind insbesondere baurechtliche, abfalltechnische und naturschutzfachliche Belange zu prüfen. Zur Unterstützung von Investoren und Behörden wurde daher eine Arbeitshilfe „Fotovoltaik auf Deponien und Altablagerungen“ veröffentlicht [2]. Die Arbeitshilfe wurde vom Hessischen Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUELV) herausgegeben, sie wurde in Zusammenarbeit mit dem Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie und dem Hessischen Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung erstellt.

EEG

Im „Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (EEG)“ wird die Einspeisevergütung geregelt. Der örtliche Netzbetreiber ist zur Einspeisevergütung verpflichtet, wenn eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist:

- I. Die Fotovoltaik-Freiflächenanlage wurde auf einer baulichen Anlage errichtet, die vorrangig zu einem andern Zweck errichtet worden ist. Zu solchen baulichen Anlagen können u. a. Deponien, Altablagerungen und Aufschüttungen zählen.
- II. Die Fotovoltaik-Freiflächenanlage wurde auf einer Fläche errichtet, für die eine Planfeststellung oder Plangenehmigung durchgeführt wurde. Dies trifft insbesondere auf Deponien in der Stilllegungs- oder Nachsorgephase zu.
- III. Die Fotovoltaik-Freiflächenanlage wurde im Geltungsbereich eines Bebauungsplans (B-Plan) errichtet.

Für die Mehrzahl der Deponien/Altablagerungen, die als Standorte für Fotovoltaik-Freiflächenanlagen in Frage kommen, ist zu erwarten, dass mindestens eine der genannten Bedingungen zutrifft. Welche der

oben genannten Bedingungen zutreffend ist, muss mit den örtlich zuständigen Baubehörden abgestimmt werden. Die Anforderungen hinsichtlich Planfeststellung (II.) bzw. Bebauungsplan (III.) sollen bewirken, dass ökologisch sensible Flächen nicht überbaut werden und eine möglichst große Akzeptanz bei der Bevölkerung vor Ort erreicht werden kann.

Baurecht

Die Genehmigungsfähigkeit von Fotovoltaikanlagen richtet sich nach den Vorgaben des Baugesetzbuches (BauGB) und der Hessischen Bauordnung (HBO). Fotovoltaik-Freiflächenanlagen sind bauliche Anlagen im Sinne des § 29 Abs. 1 BauGB und des § 2 Abs. 1 HBO. Für die bauplanungsrechtliche Zulässigkeit einer baulichen Maßnahme wie einer Fotovoltaik-Freiflächenanlage ist relevant, ob das Vorhaben im Geltungsbereich eines Bebauungsplans, im Außenbereich oder auf einer planfestgestellten bzw. plangenehmigten Fläche (z. B. einer Deponie) geplant ist.

Für Fotovoltaik-Freiflächenanlagen besteht nach § 54 Abs. 1 HBO Baugenehmigungspflicht. Zur Klärung der bautechnischen Voraussetzungen für die Installation von Fotovoltaik-Freiflächenanlagen ist ein ingenieurtechnisches Gutachten erforderlich, das insbesondere eine Standortbegehung, eine bautechnische Standortprüfung und eine Machbarkeitsstudie beinhaltet.

Naturschutz- und Forstrecht

Bei der Errichtung von Fotovoltaik-Freiflächenanlagen ist die Naturschutzbehörde zu beteiligen. Bei Vorhaben im Außenbereich umfasst die Baugenehmigung auch die naturschutzrechtliche Eingriffsgenehmigung. Bei Rodungen ist zusätzlich eine forstrechtliche Rodungsgenehmigung erforderlich.

Auf planfestgestellten Flächen (Deponien in der Stilllegungs- oder Nachsorgephase) ist häufig zu erwarten, dass naturschutzrechtliche Anforderungen gering sind. Höhere Anforderungen können z. B. vorliegen, wenn sich seit der Deponie-Rekultivierung gesetzlich geschützte Biotope (z. B. Magerrasen) oder Lebensstätten besonders geschützter Arten entwickelt haben.

Durch die im Verfahren beteiligte Naturschutzbehörde wird auch geprüft, ob geschützte Arten oder Lebensräume betroffen sind. In ökologisch wertvollen Gebieten (z. B. Naturschutzgebieten, Feuchtgebieten) ist davon auszugehen, dass keine Genehmigung erteilt wird.

Technische Voraussetzungen

Für die Errichtung einer Fotovoltaik-Freiflächenanlage sind u. a. folgende Aspekte zu beachten:

- **Systemtechnik:** Marktverfügbar sind kristalline Solarzellen und Dünnschicht-Solarzellen, die Module können festinstalliert oder nachgeführt sein.
- **Fundamente:** Kostengünstiger ist die Gründung auf Rammfundamenten, d. h. das Einrammen der Montagepfähle (ca. 1,5 m bis 2 m u. GOK, je nach Untergrund); Betonfundamente sind teurer und können, wenn sie über die Geländeoberkante aufragen, Mäh- und Pflegearbeiten erschweren.
- **Aufständigung:** Üblich sind gerammte Mehrpfostensysteme; Einpfostensysteme erleichtern Mäh- und Pflegearbeiten.
- **Oberflächenabdichtung der Deponie/Altablagerung:** Die Dichtungssysteme (Kunststoffdichtungsbahn, mineralische Dichtung oder Kapillarsperrensysteme) dürfen nicht durchstoßen oder in ihrer Funktion beeinträchtigt werden.
- **Exposition/Neigung:** Günstig sind südexpozionierte Flächen, da die Fotovoltaikmodule dichter aufgestellt werden können; allerdings ist bei stärkeren Neigungen (> 20 %) das Rammen und die Montage aufwändiger.
- **Erosion:** Bei stärker geneigten Flächen besteht Erosionsgefahr; erforderlich ist eine geschlossene Vegetationsdecke und/oder eine Regenwassersammlung/-ableitung.
- **Setzungen:** Insbesondere bei Deponien/Altablagerungen, auf denen organische Abfälle abgelagert wurden, treten Setzungen auf. Erfahrungsgemäß verlangsamen sich die Setzungen ca. 10 Jahre nach Ablagerungsende. Bei der Installation einer Fotovoltaik-Freiflächenanlage ist sicherzustellen, dass die Konstruktion der Restsetzung schadlos folgen kann.
- **Stromanschluss:** Bei größeren Anlagen ist ein Mittelspannungsanschluss an das Stromnetz

erforderlich. Bei kleineren Anlagen kann ein Niederspannungsanschluss ausreichend sein.

- **Schutz gegen Diebstahl und Vandalismus:** Versicherer fordern i. d. R. 2 m hohe Zäune mit Alarmanlage, sofern die Anlage nicht auf einem gesicherten Betriebsgelände errichtet wird.
- **Rekultivierung:** Bereits bei der Erstellung des Rekultivierungskonzepts ist die mögliche Installation einer Fotovoltaik-Freiflächenanlage zu berücksichtigen.

Fazit

Fotovoltaik-Freiflächenanlagen können aus betriebswirtschaftlicher Sicht lohnend sein, wenn günstige Randbedingungen vorliegen. Deponien, Aufschüttungen und Abraumphalden sind grundsätzlich gut geeignete Standorte.

Eine wichtige Voraussetzung für die erfolgreiche Umsetzung einer Fotovoltaik-Freiflächenanlage ist ein engagierter, visionärer Betreiber, da die Planung mit hohem Aufwand verbunden ist (Bebauungsplan, Baugenehmigung, usw.).

Vorteilhaft ist, wenn die Kommune (als Trägerin der Bauleitplanung) der Errichtung einer Fotovoltaik-Freiflächenanlage aufgeschlossen gegenüber

steht. Die Akzeptanz der Bevölkerung kann durch Werbung und Beteiligungsmöglichkeiten („Bürgersolaranlagen“) erhöht werden. Bei Flächen ohne relevanten Erholungswert („unattraktiven Standorten“, z. B. Deponien) kann mit einer hohen Akzeptanz der Bürger gerechnet werden.

Erfahrungen zeigen, dass die Lage innerhalb eines Betriebsgeländes besonders vorteilhaft ist (Flörsheim-Wicker, Wiesbaden). Dann ist keine zusätzliche Umzäunung erforderlich, Personal ist dauerhaft vor Ort, die Vandalismusgefahr gering. Günstige Voraussetzungen können bei Deponiestandorten vorliegen, wenn die Freiflächen-Fotovoltaikanlage neben dem Ablagerungskörper, aber innerhalb des planfestgestellten Bereiches, installiert ist (Wiesbaden). Die Beweidung mit Schafen ist vielversprechend, um die Unterhaltungskosten niedrig zu halten.

Literatur

- [1] Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 25. Oktober 2008 (BGBl. I S. 2074), zuletzt geändert durch Gesetz vom 11. August 2010 (BGBl. I S. 1170)
- [2] Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz: Arbeitshilfe „Fotovoltaik auf Deponien und Altablagerungen“. Die Arbeitshilfe wird voraussichtlich im Frühjahr 2011 erscheinen.

Fotovoltaik-Freiflächenanlage auf dem Gelände des Dyckerhoffbruchs in Wiesbaden (Foto: ELW Entsorgungsbetriebe der Landeshauptstadt Wiesbaden, Frank Fischer)



Sanierungsbilanz 2002–2008 – was erzählen die Zahlen?

SABINE RUWWE

Vorbemerkungen, Datengrundlage

Die neue Ausgabe einer Sanierungsbilanz ist die vierte systematische Auswertung von Daten zum Bereich Altlastensanierung in Hessen seit 1992. Mit der vorliegenden Veröffentlichung „Sanierungsbilanz 2002–2008“ [1] setzt das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) die bereits mehrjährige Praxis zur Darstellung einer Sanierungsbilanz in Hessen fort [2], [3], [4].

Die Sanierungsfälle wurden für den Zeitraum zwischen 2002 und 2008 erfasst und ausgewertet nach

- Flächenarten (Altablagerungen und Altstandorte),
- Regierungsbezirken,
- betroffenen Medien,
- angewandten Sanierungsverfahren.

Inhalt des Sanierungsberichts ist eine Übersicht über

- die zahlenmäßige Entwicklung der Sanierungsfälle nach Altstandorten und Altablagerungen sowie nach Regierungsbezirken bzw. Landkreisen und kreisfreien Städten,
- die Altablagerungen und Altstandorte nach Depo- nierten bzw. Branchen, Gefährdungsklassen und Flächengrößen,

- die eingesetzten Sanierungstechniken,
- die Trends in der Sanierungsentwicklung und die Veränderungen im Vergleich zur Sanierungsbilanz 1996–2001.

Für die Sanierungsbilanz wurden Daten aus der Altflächendatei des Landes Hessen ausgewertet. Datengrundlage ist das Altflächeninformationssystem für Hessen, ALTIS.

Alle Daten zum Sanierungsgeschehen (Einzelmaßnahmen) auf Altablagerungen und Altstandorten zwischen 1.1.2002 und dem 31.12.2008, die bis 24. August 2010 in die Datenbank eingetragen worden waren, wurden ausgewertet. Gezählt wurden alle bis Ende 2008 begonnenen Einzelmaßnahmen sowie alle Einzelmaßnahmen, die innerhalb des Bilanzzeitraums abgeschlossen wurden.

1 Übersicht

Übersicht über die Sanierungsfälle

Im Bilanzzeitraum wurden auf 513 Altflächen Sanierungsmaßnahmen durchgeführt, wobei es sich um 77 Altablagerungen und um 436 Altstandorte handelt (s. Tab. 1). Dabei wird zwischen abgeschlossener und laufender Sanierung differenziert. „Sanierung abgeschlossen“ bedeutet, dass alle Maßnahmen zur Sicherung oder Dekontamination auf der Fläche beendet sind, auch wenn noch Nachsorgemaßnahmen laufen. Flächen mit aufgehobenem Altlastverdacht gelten ebenfalls als abgeschlossene Sanierungsfälle. Alle anderen Fälle wurden als laufende Sanierungen eingeordnet. Somit waren im Betrachtungszeitraum 249 Altflächen abgeschlossen, 264 Sanierungsfälle waren noch in der Bearbeitung.

Tab. 1: Verteilung der Altablagerungen und Altstandorte auf die Regierungsbezirke.

Regierungsbezirke	Alt- ablagerungen	Alt- standorte	Altflächen gesamt
RB Darmstadt	57	325	382
RB Gießen	14	53	67
RB Kassel	6	58	64
Gesamtzahl der Flächen	77	436	513

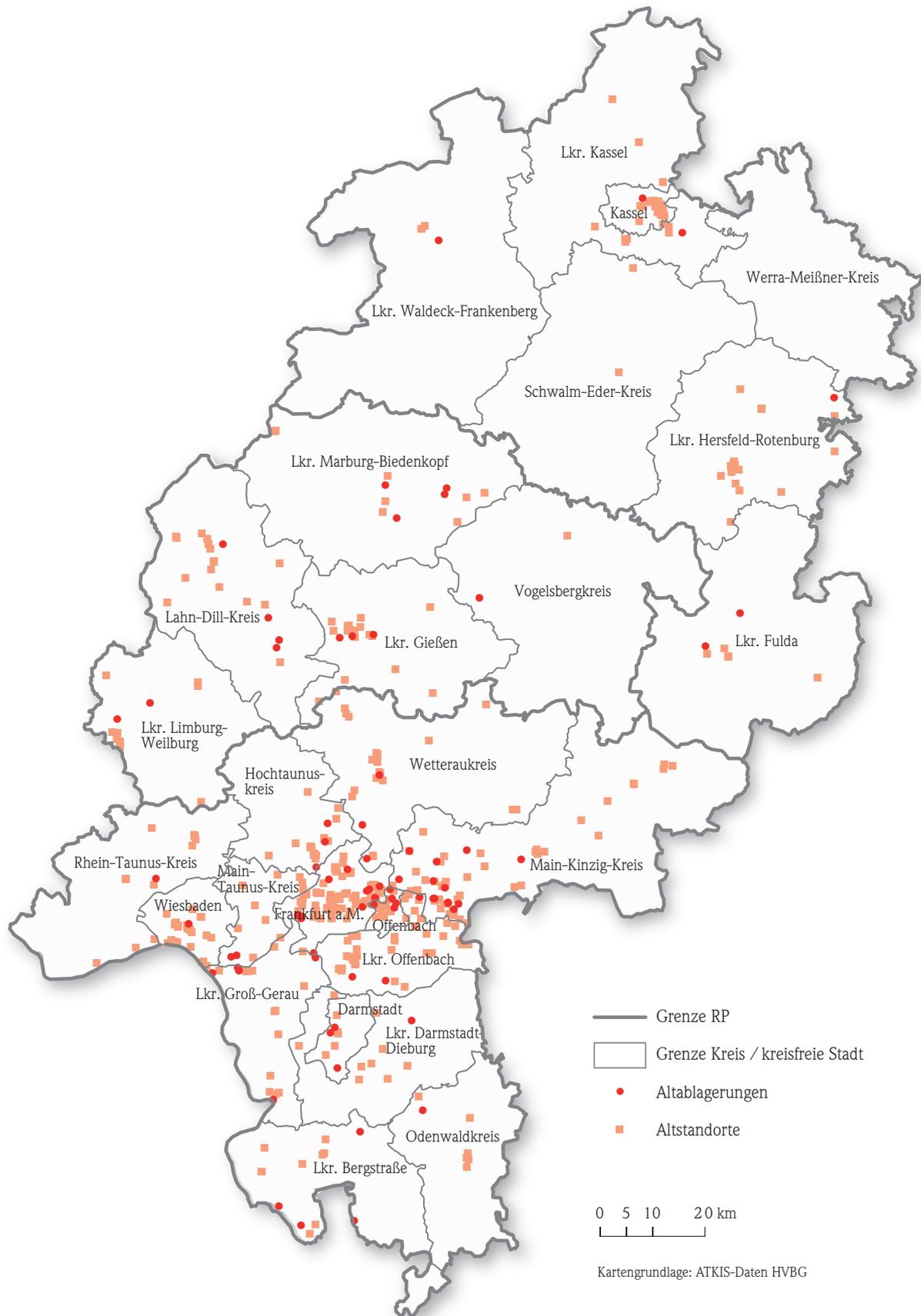


Abb. 1: Geografische Verteilung der Sanierungsfälle.

Geografische Verteilung

Die Karte zeigt die Verteilung der Sanierungsfälle in den Regierungsbezirken bzw. in den jeweiligen Landkreisen und kreisfreien Städten. Die Zahl der Fälle im Rhein-Main-Gebiet und in den größeren Städten und Siedlungsgebieten Kassel/Gießen ist charakteristisch für die Konzentration der Gewerbe- und Industrieaktivitäten in diesen Regionen. Im Rhein-Main-Gebiet, das 35 % der Landesfläche Hessens umfasst, leben 62 % der hessischen Bevölkerung.

Übersicht über die Flächenarten

Altablagerungen

Im Bilanzzeitraum wurden 77 Altablagerungen erfasst, die nach Ablagerungsart, Gefährdungsklasse, Flächengröße und eingesetzten Sanierungsmaßnahmen ausgewertet wurden.

Ablagerungsarten und Gefährdungsklassen

Die Gefährdungsklassen spiegeln die mögliche Umweltgefährdung aufgrund der abgelagerten Abfälle wider. Das Gefährdungspotential reicht von „unbedenklich“ (Klasse 0) bis „sehr hoch“ (Klasse 5). Auf einigen Altablagerungen wurden in der Vergangenheit mehrere Deponiearten betrieben, z. B. eine Hausmülldeponie sowie eine Deponie für Erdaushub und Bauschutt. Für die Bilanz waren die Ablagerungsarten mit großem Gefährdungspotential wichtig, daher wurde bei diesen Fällen nur jeweils die höchste Gefährdungsklasse dargestellt.

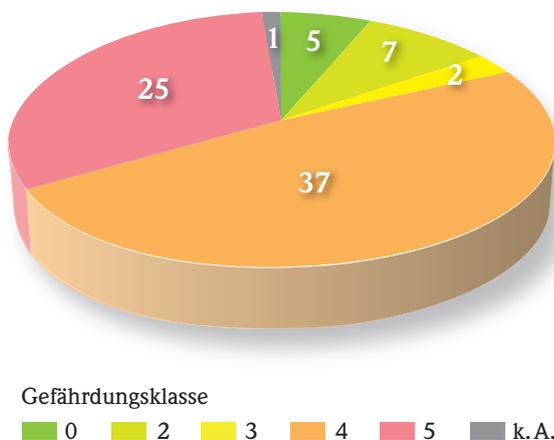


Abb. 2: Einteilung der Altablagerungen nach Gefährdungsklassen.

Die häufigsten Deponiearten sind firmeneigene Deponien für besonders überwachungsbedürftige Abfälle, Hausmülldeponien sowie ehemalige Müllplätze mit unbekanntem Einlagerungen, die zusammen über die Hälfte der Altablagerungen ausmachen. Sie gehören den beiden höchsten Gefährdungsklassen an. Insgesamt gehören 62 der 77 Altablagerungen (81 %) zu den Gefährdungsklassen 4 und 5 (s. Abb. 2).

Altstandorte

Branchenklassen

Auf Altstandorten (Flächen, auf denen ehemals Gewerbe- und Produktionsbetriebe bestanden) war oftmals eine Vielzahl unterschiedlicher Betriebe auf einer Fläche ansässig. Für die Bilanz wird nur jeweils ein Betrieb der höchsten Branchenklasse pro Standort gewertet. „Branchenklasse“ klassifiziert die mögliche Umweltgefährdung dieser Betriebsart. Bei der Erfassung der Altstandorte in der Altflächendatei werden die Betriebe den definierten Branchen und Branchenklassen zugeordnet. „Branchenklasse 1“ bedeutet ein sehr niedriges, „Branchenklasse 5“ ein sehr hohes Gefährdungspotential.

Von den 436 ausgewerteten Altstandorten gehört der überwiegende Anteil von rd. 91 % zu den Branchenklassen 4 und 5. Nur bei 33 Fällen reicht die jeweils höchste Branchenklasse von 1 bis 3.

Der Anteil der beiden höchsten Branchenklassen 4 und 5 ist in allen drei Regierungsbezirken nahezu gleich und liegt zwischen 91 % im RB Darmstadt und 94 % im RB Gießen.

Wirtschaftszweige

Auf den 436 Altstandorten befinden sich 135 unterschiedliche Branchen der jeweils höchsten Gefährdungsklasse. Die 135 Branchen wurden in 8 Wirtschaftszweige gruppiert. Mit 49 % ist das Verarbeitende Gewerbe eindeutig als größte Gruppe vertreten, gefolgt an zweiter Stelle von den Tankstellen/Tanklagern. Beide zusammen umfassen 2/3 der vorkommenden Branchen (Abb. 3).

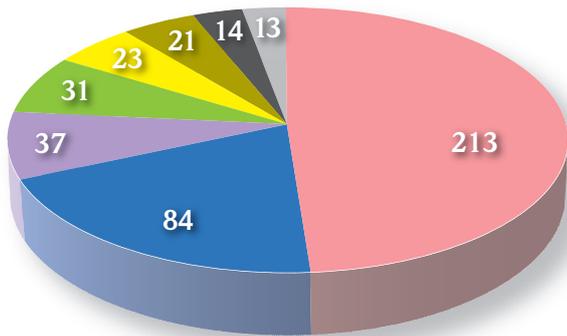


Abb. 3: Verteilung der Wirtschaftszweige auf den Altstandorten.

Der Schwerpunkt des Verarbeitenden Gewerbes liegt im Regierungsbezirk Darmstadt. Etwa 30 % davon nimmt der Metall- und Maschinenbau ein.

2 Sanierungsmaßnahmen – nach Flächen, Medien, Regierungsbezirken

2.1 Sanierungsmaßnahmen - Systematik der statistischen Auswertung

Die Aufgliederung/Systematik der Sanierungsmaßnahmen wurde im Wesentlichen vom Altflächeninformationssystem des Landes Hessen (ALTIS) übernommen. Die Sanierungs- und Sicherungsmaßnahmen werden nach Umweltmedien gruppiert und innerhalb dieser Hauptgruppe nach Einzelmaßnahmengruppen unterteilt.

Folgende Kriterien der Sanierungsmaßnahmen interessierten besonders:

1. Verteilung und Häufigkeit der Maßnahmen nach Altflächenarten
2. Verteilung und Häufigkeit nach betroffenen Umweltmedien (Boden, Grundwasser, Bodenluft)
3. Verteilung und Häufigkeit in den 3 Regierungsbezirken Darmstadt, Gießen und Kassel.

2.2 Sanierungsmaßnahmen nach Altflächenarten und nach Umweltmedien

Insgesamt 788 Einzelmaßnahmen wurden auf den 513 Sanierungsfällen durchgeführt. Die 788 Maßnahmen verteilen sich auf die Ablagerungen mit 113 Maßnahmen (14 %) und auf die Altstandorte mit 675 Maßnahmen (86 %) (s. Tab. 2). Somit kann man sagen, dass auf jeder 2. Fläche zwei Maßnahmen stattfanden.

Detaillierte Angaben zu den Anteilen der Sanierungsmaßnahmen bezogen auf Flächenarten und Umweltmedien sind in der Veröffentlichung „Sanierungsbilanz 2002–2008“ enthalten.

2.3 Verteilung nach Flächenarten und Umweltmedien

Die Sanierungsmaßnahmen (Sicherungs- und Dekontaminationsverfahren) in den Umweltmedien bilden unterschiedlich starke Gruppen. Boden- und Grundwassermaßnahmen sind relativ stark vertreten: Bodenbehandlung nimmt fast die Hälfte und Grundwasser ein Drittel aller Maßnahmen ein. Maßnahmen im Medium Bodenluft stehen an letzter Stelle (s. Abb. 4).

Tab. 2: Anzahl der Sanierungsmaßnahmen nach Altflächenarten und Umweltmedium.

Umweltmedium	Alt - ablagerungen	%	Altstandorte	%	Altflächen gesamt	%
Boden	72	64 %	293	43 %	365	46 %
Grundwasser	19	17 %	249	37 %	268	34 %
Bodenluft	22	19 %	133	20 %	155	20 %
	113	100 %	675	100 %	788	100 %
%-Anteil der Maßnahmen an der Gesamtzahl 788	14 %		86 %		100 %	

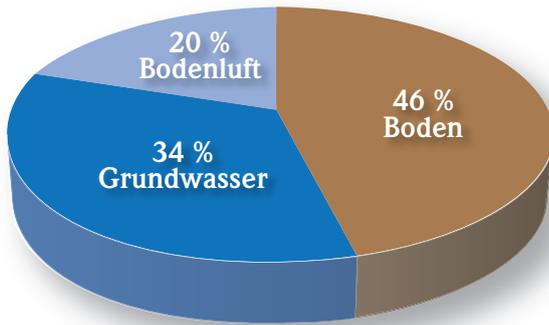


Abb. 4: Verteilung der Maßnahmen nach Umweltmedien auf allen Altflächen.

2.4 Verteilung der Maßnahmen innerhalb der Flächenarten

Bei den Altablagerungen finden über 60 % aller Maßnahmen im Medium Boden statt, vor allem als Aushub. Bodenluft- und Grundwassermaßnahmen bleiben jeweils unter 20 %.

Bei den Altstandorten verteilen sich die Sanierungs- und Sicherungsmaßnahmen etwas anders, stärkster Maßnahmenbereich bleibt die Gruppe „Bodenmaßnahmen“ (43 %), die Maßnahmen im „Grundwasser“ umfassen 37 % und die Bodenluftmaßnahmen haben 20 %.

2.5 Verteilung der Maßnahmen innerhalb der Umweltmedien

Die Maßnahmengruppen wurden innerhalb der behandelten Umweltmedien sowie innerhalb der Flächenarten genauer verglichen. Beim Medium Boden überwiegt deutlich der Bodenaushub mit anschließender Beseitigung/Verwertung. Biologische oder andere Verfahren werden nur wenig eingesetzt.

Beim Medium Grundwasser bilden Ex-situ-Maßnahmen (vor allem Pump & Treat) den Hauptteil der Sanierungsmaßnahmen. In-situ-Verfahren kommen nur wenig zum Zuge. Dazu zählt auch die Nutzung der natürlichen Abbauprozesse als sog. Monitored Natural Attenuation (MNA) mit nur fünf Fällen.

Die Maßnahmen im Umweltmedium Bodenluft sind Bodenluft-Behandlung z. T. ohne konkrete

Angaben, Bodenluftabsaugung, passive Entgasung und Abluftreinigung. Die vorherrschende Maßnahme ist die Bodenluftabsaugung mit 72 %.

Es zeigte sich, dass von den eingesetzten Maßnahmen in allen Medien jeweils die Maßnahmengruppe am stärksten ist, die eine Technik der Entnahme oder Entfernung beinhaltet: 82% Bodenaushub bei Boden, 72% Bodenluftabsaugung bei Bodenluft und 53% Grundwassermaßnahmen ex-situ bei Grundwasser. Die Maßnahmen, die eine Dekontamination an der Fläche selbst bewirken sollen, vor allem biologische Behandlung, nehmen Prozentanteile unter 20 % ein. In der Veröffentlichung wird auf die Anteile der Maßnahmengruppen in den Umweltmedien detaillierter eingegangen.

2.6 Regionale Verteilung der Sanierungsmaßnahmen

Wie es in den einzelnen Regierungsbezirken aussieht, wurde ebenfalls untersucht. Von den drei hessischen Regierungsbezirken Darmstadt, Gießen und Kassel wurden die Sanierungsdaten aus 25 Landkreisen und kreisfreien Städten in Hessen ausgewertet, in einem Landkreis wurden im Bilanzzeitraum keine Sanierungsmaßnahmen in der Altflächendatei dokumentiert.

Die Tab. 3 zeigt, dass die Anteile der Sanierungsmaßnahmen (788) in allen drei Regierungsbezirken in den Umweltmedien nahezu dasselbe Verhältnis aufweisen. Bodenmaßnahmen umfassen immer den größten Anteil, gefolgt von Grundwasser- und Bodenluft-Maßnahmen. Für Hessen insgesamt ergibt sich eine proportionale Verteilung von 46 % Boden-, 34 % Grundwasser- und 20 % Bodenluftmaßnahmen.

Das Verhältnis der Sanierungsmaßnahmen der drei Umweltbereiche beträgt grob gerechnet: (Boden) 6 : (Grundwasser) 4,5 : (Bodenluft) 2,5.

Die Sanierungsmaßnahmen in den einzelnen Regierungsbezirken weisen eine unterschiedlich hohe Anzahl auf: in Darmstadt erfolgten 572, in Gießen 97, und in Kassel 119 Maßnahmen.

Tab. 3: Anzahl der Sanierungsmaßnahmen nach Umweltmedien in den Regierungsbezirken.

Umweltmedium	RB Darmstadt	%	RB Gießen	%	RB Kassel	%	Hessen gesamt	%
Boden	264	46	42	43	59	50	365	46
Grundwasser	191	33	33	34	44	37	268	34
Bodenluft	117	21	22	23	16	13	155	20
	572	100	97	100	119	100	788	100
%-Anteil der Maßnahmen an der Gesamtzahl 788	73 %		12 %		15 %		100 %	

Das proportionale Verhältnis der Maßnahmenanzahl der drei Regierungsbezirke zueinander ist: 6 (RB Darmstadt): 1 (RB Gießen): 1,25 (RB Kassel).

3 Sanierungsmaßnahmen – Typen/Arten von Einzelmaßnahmen

Hier wird in Kurzform auf die Ergebnisse eingegangen. In der Langfassung „Sanierungsbilanz 2002-

Tab. 4: Übersicht über die Maßnahmengruppen der Sanierungsverfahren auf Altablagernungen und Altstandorten, Prozentuale Verteilung.

Maßnahmengruppen in den Umweltmedien	Alt-ablagerungen	%	Alt-standorte	%	Summe	%-Anteil Altflächen gesamt
Maßnahmen im Umweltmedium Boden						
Bodenaushub	42	58	256	87	298	82
Bodenbehandlung	2	3	25	9	27	7
Boden, Sicherungsmaßnahmen	28	39	12	4	40	11
Summe Boden	72	100	293	100	365	100
Maßnahmen im Umweltmedium Grundwasser						
GW-Maßnahmen, allgemein	2	11	38	15	40	15
GW-Maßnahmen, ex-situ	13	68	130	52	143	53
GW-Maßnahmen, in-situ	2	11	15	6	17	6
Grundwasserentnahme	–	–	50	20	50	19
Grundwassereinleitung	–	–	4	2	4	1
GW-Maßnahmen, sonstige	19	11	12	5	14	5
Summe Grundwasser	19	100	249	100	268	100
Maßnahmen im Umweltmedium Bodenluft						
Bodenluftbehandlung, allg.	1	5	34	26	35	23
Bodenluft-Absaugung	13	59	98	74	111	72
Bodenluft, passive Entgasung	6	27	–	–	6	4
Bodenluft, passive Entgasung	2	9	1	1	3	2
Summe Bodenluft	22	100	133	100	155	100
Summe der Maßnahmen	113	14	675	86	788	100

2008“ werden Technik und die Anwendungsbereiche der Einzelmaßnahmen ausführlicher behandelt.

In der Datenbank ALTIS wurden 60 Maßnahmenarten gefunden, die in die bereits genannten drei Umweltmedien zu gruppieren sind. Das **Medium Boden** weist drei Maßnahmengruppen auf, das **Medium Grundwasser** enthält sechs und das **Medium Bodenluft** vier Gruppen. Die Einzelmaßnahmen innerhalb der Maßnahmengruppen und der Medien werden genauer beschrieben und spezielle Anwendungsbereiche (Altablagerungen, Altstandorte) sowie auch Einzelfälle der Anwendung genannt. Die Tab. 4 zeigt, wie die insgesamt 788 Einzelmaßnahmen in Medien und Maßnahmengruppen geordnet sind.

Die Anwendung der 60 Maßnahmen verteilt sich auf die Altflächenarten unterschiedlich:

- 11 Maßnahmenarten betreffen ausschließlich Altablagerungen
- 30 Maßnahmenarten kommen ausschließlich auf Altstandorten vor,
- 19 Maßnahmenarten sind auf beiden Altflächenarten angewendet worden.

Wie erwähnt, sind die Maßnahmengruppen am stärksten, die eine Entnahmetechnik beinhalten (Bodenaushub bei Boden 82 %, Bodenluftabsaugung 72 % bei Bodenluft und Grundwassermaßnahmen ex-situ 53 % bei Grundwasser). Dekontaminationstechniken, v. a. biologische Behandlung, bleiben unter 20 %.

3.1 Vergleich der Maßnahmen nach Anwendung auf den Flächenarten

Die Anwendungshäufigkeit der Maßnahmengruppen ist auf Altablagerungen und auf Altstandorten sehr unterschiedlich ausgeprägt. Die stärksten Vorkommen der Untergruppen sind jeweils auf Altstandorten:

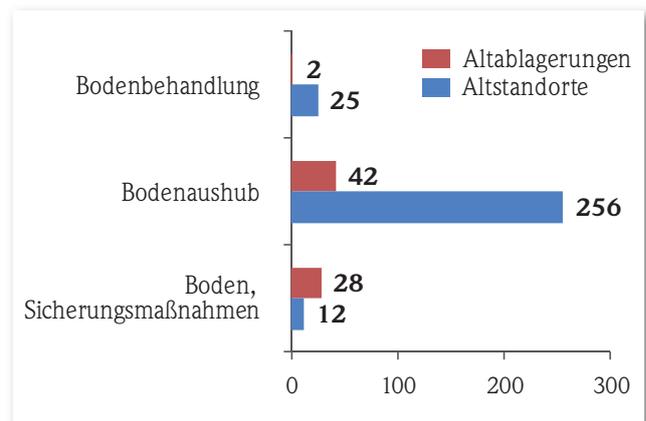


Abb. 5: Maßnahmen der Bodenbehandlung bei Altablagerungen und Altstandorten.

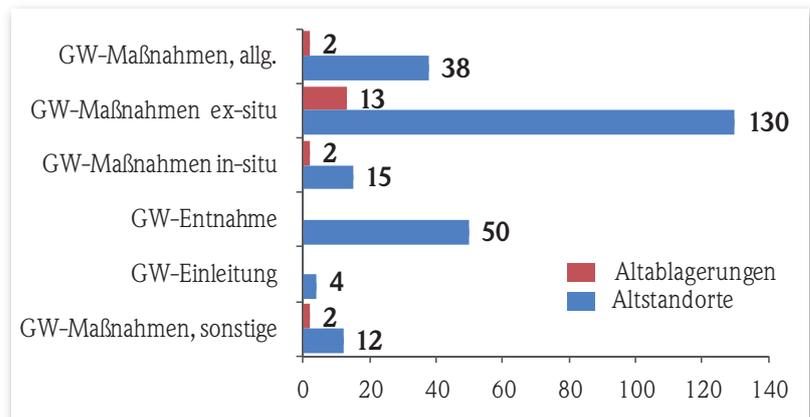


Abb. 6: Grundwassermaßnahmen bei Altablagerungen und Altstandorten.

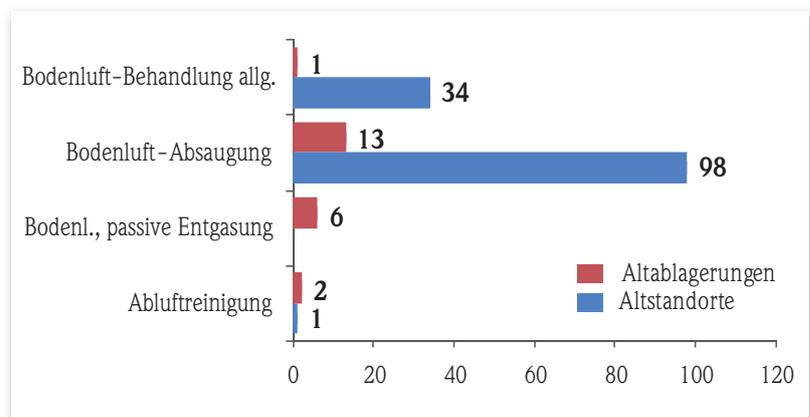


Abb. 7: Bodenluftmaßnahmen bei Altablagerungen und Altstandorten.

- Bodenmaßnahmen: Bodenaushub, 256mal von 365 insgesamt
- Grundwassermaßnahmen: Ex-situ-Anwendung, 130 von 268
- Bodenluft-Maßnahmen: Bodenluft-Absaugung, 98mal von 155

4 Innovative Sanierungsverfahren

Neben den klassischen Pump & Treat-Verfahren zur Sanierung des Grundwassers wurden in den letzten Jahren vermehrt Techniken zur in-situ Sanierung entwickelt und zur Anwendung gebracht. Auch die Methoden zur Überwachung der natürlichen Abbauprozesse (sog. Monitored Natural Attenuation, MNA) haben große Fortschritte gemacht. Im betrachteten Zeitraum wurden insgesamt 18 Maßnahmen zur in-situ Grundwassersanierung durchgeführt. Hiervon wurden 16 auf Altstandorten durchgeführt. Die beiden auf Altablagerungen eingesetzten Maßnahmen waren ein Verfahren zur sonstigen biologischen Grundwassersanierung in-situ sowie eine MNA-Maßnahme.

Chemisch-physikalische Grundwassersanierung in-situ	8
Airsparging / In-situ-Strippen	1
Durchströmte Reinigungswand / Funnel & Gate	2
In-situ chemische Oxidation	2
In-situ chemische Reduktion	1
Sonstige chemisch-physikalische Grundwassersanierung in-situ	2
Biologische Grundwassersanierung in-situ	5
Einbringen von Mikroorganismen	1
Sonstige biologische Grundwassersanierung in-situ	4
Monitored Natural Attenuation (MNA)	5
Grundwassersanierung in-situ gesamt	18

5 Vergleich mit der Sanierungsbilanz 1996–2001

Über den Vergleich zur vorausgegangenen Sanierungsbilanz 1996–2001 [4] lassen sich langfristige

Entwicklungen abschätzen. In der aktuellen Auswertung 2002–2008 wurde eine wesentlich größere Anzahl an Sanierungsfällen erfasst. Dabei war das Verhältnis von Altablagerungen zu Altstandorten in beiden Zeiträumen nahezu gleich.

Die Summe der eingesetzten Sanierungsmaßnahmen (Einzelmaßnahmen) war im Zeitraum 2002–2008 entsprechend höher. Bezogen auf die Anzahl der Altflächen wurden in beiden Zeiträumen im Durchschnitt zwei Sanierungsmaßnahmen auf jeder zweiten Fläche durchgeführt.

Es gibt eine deutliche Verschiebung von der Boden- zur Grundwassersanierung. Während 1996–2001 noch 68 % der eingesetzten Verfahren in der Sanierung des Bodens bestanden, waren es 2002–2008 nur noch 46 %. Dagegen nahm der Anteil der Grundwassersanierungen von 13 % auf 34 % zu (Tab. 5).

Tab. 5: Vergleich der Sanierungsmaßnahmen nach Medien.

	2002–2008		1996–2001	
	Anzahl	%	Anzahl	%
Bodensanierung	365	46	410	68
Bodenluftsanierung	155	20	110	18
Grundwassersanierung	268	34	81	13
	788	100	601	100
Anzahl der Sanierungsfälle	513		349	

Bei der Sanierung des Bodens nimmt der Bodenaushub mit 82 % nach wie vor eine eindeutige Vorrangstellung ein. Verfahren zur Bodenbehandlung wurden noch deutlich weniger eingesetzt als im letzten Bilanzzeitraum.

Bei der Sanierung des Grundwassers ist die Anzahl der innovativen Verfahren (in-situ Verfahren und MNA) im Vergleich zur vorigen Bilanz deutlich gestiegen. Im Verhältnis zu der großen Zahl an Grundwassersanierungen ist der Anteil aber dennoch relativ gering (Tab. 6).

Tab. 6: Vergleich der Sanierungsmaßnahmen nach Medien und Verfahrensart.

	2002–2008		1996–2001	
	Anzahl	%	Anzahl	%
Boden	365	100	410	100
Bodenaushub	298	82	297	72
Bodenbehandlung	27	7	73	18
Sicherungsmaßnahmen	40	11	40	10
Grundwasser	268	100	81	100
ex-situ-Maßnahmen	142	53	74	91
in-situ-Maßnahmen	18	7	3	4
Grundwassersanierung allgemein	40	15	4	5
Sonstige Grundwasser-Maßnahmen*	68	25	–	–
Bodenluft	155	100	110	100
Bodenluftabsaugung	111	72	108	98
Passive Entgasung	6	4	2	2
Bodenluftsanierung allgemein	35	23	–	–
Sonstige Bodenluft-Maßnahmen**	3	2	–	–
Sanierungsmaßnahmen gesamt	788		601	

* Grundwasserentnahme/-einleitung/-absenkung, Sanierungsbrunnen

** Verfahren zur Abluftreinigung

6 Literatur

- | | |
|---|--|
| <p>[1] RUWWE, S. & STOCK, K.: Sanierungsbilanz – Altlastensanierung in Hessen – Übersicht über den Einsatz von Sanierungsmaßnahmen 2002–2008, Wiesbaden, erscheint 2011</p> <p>[2] TPB – Dipl.-Volkswirt Peter Töpfer, Planung und Beratung: Altlastensanierungsbilanz für das Land Hessen 1980–1992, Aschaffenburg, November 1992 (nicht veröffentlicht)</p> | <p>[3] SHC Sabrowski Hertrich Consult GmbH: Reststoffmengenbilanz aus der Altlastensanierung 1993–1995 für das Bundesland Hessen, Aschaffenburg, 1997</p> <p>[4] DEISTER, U. & SIMON, P.: Sanierungsbilanz – Stand der Altlastensanierung in Hessen – Übersicht über den Einsatz von Sanierungsverfahren und -techniken 1996–2001, Wiesbaden, 2003</p> |
|---|--|

„Seckbachs Boden und Grundwasser wird sauberer“ oder „Schwerer Boden – Gifte belasten Seckbacher Grundstücke“? Ergebnisse eines Feldversuchs zur Sanierung durch In-Situ-Chemische-Oxidation

THILO SPRINGER-GREVE

Darstellung des Schadens und des Umfeldes

Nach 1900 entstand auf der grünen Wiese zwischen den damals noch selbstständigen Orten Seckbach und Bergen-Enkheim ein neues Industriegebiet. Das Gebiet wurde gut erschlossen durch Straßen und Eisenbahnen und wird heute nach dem Ort Seckbach benannt. Notwendig wurde das neue Industriegebiet, um den Betrieben der Schwerindustrie, die sich in der Innenstadt von Frankfurt nicht mehr ausdehnen konnten und dort zu Problemen führten, eine neue Produktionsstätte zu bieten. Die gute Erschließung führte dazu, dass sich bald auch andere Betriebe ansiedelten, u. a. auch die Lackfabrik, von der hier berichtet wird. In den Akten wird die Lackfabrik 1934 das erste Mal erwähnt. Von den ersten Betrieben, zwei Eisengießereien und Stahlbetriebe, zeugen heute nur noch die Namen der ehem. Werkstraßen. Das gesamte Industriegebiet Seckbach macht derzeit einen Wandel vom produzierenden Gewerbe zum Handel durch. Auch die Lackfabrik gibt es seit 1985 nicht mehr im Industriegebiet. Hierbei ist der Ausdruck „Lackfabrik“ ein Synonym für viele kleine Firmen, die immer wieder am selben Ort ansässig waren.

Geologisch betrachtet liegt das Gebiet in der Mainaue, wobei der Main den Untergrund geprägt hat und auch heute noch eine große Rolle als Vorfluter spielt. Das Gebiet ist relativ eben und hat eine Höhe von ca. 100 m ü NN. Direkt unter der Gelän-

deoberkante und der oft vorhandenen Oberflächenversiegelung steht meist ein Auffüllungshorizont an, der je nach Örtlichkeit bis zu 3 m mächtig sein kann. Darunter liegt im Normalfall der Auelehm des Mains, gefolgt von den Sand- und Kiesablagerungen, die den Grundwasserleiter ausmachen. Stauhohizont ist ein Rupelton, der im Bereich des Industriegebietes eine Mächtigkeit von ca. 90 m hat.

Der quartäre Grundwasserleiter in den Kiesablagerungen des Mains hat eine mittlere Wasserspiegellhöhe von ca. 96,5 m ü NN. In einigen Bereichen ist das Grundwasser durch den Auelehm gespannt. Das Grundwasser fließt in hauptsächlich südöstlicher Richtung zum Main hin. Lokal kann es durch Rinnen in der Rupeltonoberfläche und bevorzugte Fließwege durch die unterschiedlichen Kiesablagerungen zu Schwankungen in der Fließrichtung kommen. Der nördlich des Industriegebietes Seckbach liegende Bach „Riedgraben“ ist kein Vorfluter. Der Bach wird durch Quellen gespeist, die in den Hängen nördlich von Seckbach und Bergen-Enkheim liegen. Je nach Wasserstand im Bach drückt dieses Wasser ins Grundwasser.

Der Grundwasserleiter unterhalb des Rupeltons ist für das Industriegebiet Seckbach nicht von Bedeutung.

Der von West nach Ost im Bereich der Hauptschadens des ehem. Betriebsgeländes der Lackfabrik laufende Profilschnitt basiert auf den Bodenanspra-

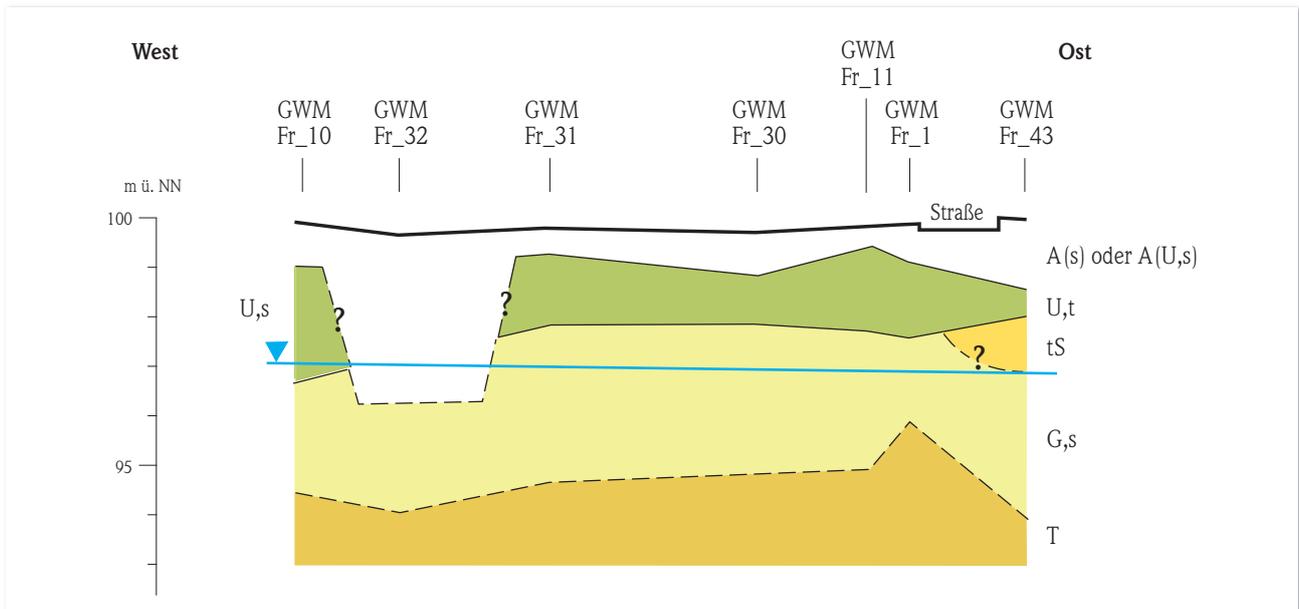


Abb. 1: Profilschnitt.

chen der für die Erkundung des Schadens hergestellten Grundwassermessstellen. Im Osten befindet sich eine der vielen Gruben, in denen die unterirdischen Lagertanks der Lackfabrik errichtet wurden. Den Lagertanks wird auch der Haupteintragsort der Verunreinigungen zugewiesen. In den Boden und ins Grundwasser wurden hauptsächlich Lacklösemittel (hier hauptsächlich Xylol und andere BTEX), polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Phenole, Mineralölkohlenwasserstoffe und Schwermetalle aus der Herstellung der Lacke eingetragen. Chlorierte Kohlenwasserstoffe (CKW) sind für diesen Schaden nicht relevant, obwohl laut den Akten mit CKW auf dem Gelände umgegangen wurde und CKW-haltige Lacke hergestellt wurden.

Die Schadstoffverteilung im Grundwasser wird durch die Erhebung im Rupelton bei der Grundwassermessstelle GWM Fr_11 und die gut durchlässigen Kiese als bevorzugter Fließweg im Bereich der Friesstraße beeinflusst. In der Mitte des Schadenszentrums liegt ein unterirdisches Tankfeld mit 16 Tanks zur Lagerung der unterschiedlichen Produktionsrohstoffe. Im nördlichen Bereich des Tankfeldes wurden bei der ersten Erkundung BTEX-Gehalte bis zu 300 mg/l im Grundwasser nachgewiesen, die im Laufe der Beobachtungszeit deutlich gesunken sind. Aktuell werden hier nur noch Gehalte um 5 mg/l

gemessen. Dies erklärt sich durch den Anstrom des saubereren Grundwassers zu dieser Messstelle. Im direkten Abstrom in der Grundwassermessstelle GWM Fr_1 auf der Friesstraße werden im gesamten Erkundungszeitraum von 1987 bis heute relativ konstant ca. 46 mg/l an BTEX gemessen.

Nachdem durch die Ersterkundung feststand, dass das Grundstück sanierungsbedürftig kontaminiert ist, wurde es nach dem damaligen Hessischen Altlastenrecht formal zur Altlast erklärt. Da juristisch gesehen die Übergänge der einzelnen Firmen als Rechtsnachfolgen zu betrachten sind, ist deshalb auch der Rechtsnachfolger des letzten auf dem Betriebsstandort ansässigen Betriebes als ein Handlungstörer im Sinne der Gesetze sanierungspflichtig.

Dieser legte bereits kurz nach der Altlastenfeststellung eine Sanierungskonzeption vor, über die das Regierungspräsidium Darmstadt zu entscheiden hatte. In dieser ersten Konzeption sollte das Grundwasser über zwei bereits hergestellte Sanierungsbrunnen gefördert und gereinigt werden. Das gereinigte Grundwasser sollte dem Kanal zu geleitet werden. Wegen der benachbarten CKW-Schäden, bei denen ebenfalls Schadstoffgehalte von mehreren mg/l ins Grundwasser eingetragen wurden, wurde dieses Konzept nicht weiter verfolgt. 2006 legte der

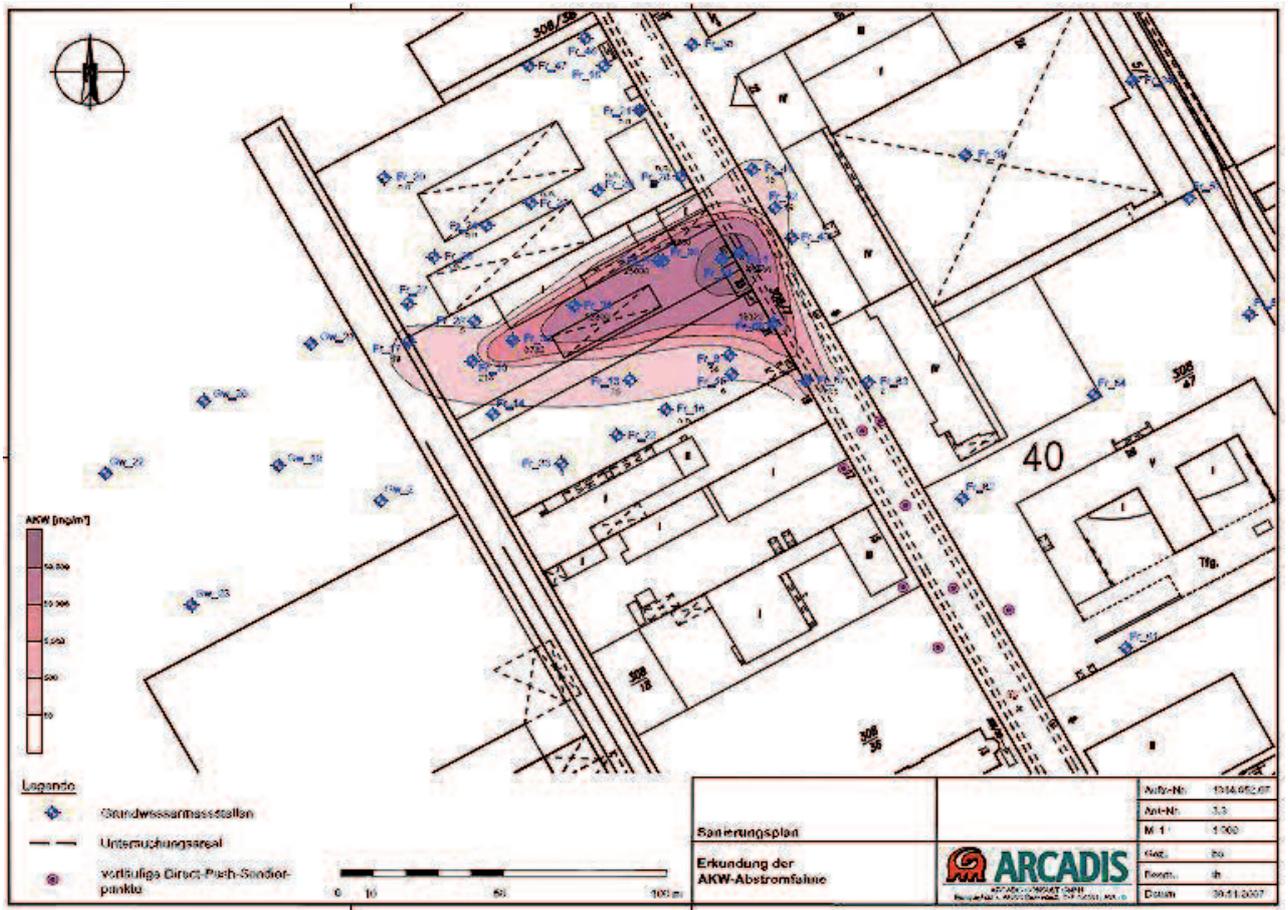


Abb. 2: Verteilung der BTEX im Grundwasser 2007.

Sanierungspflichtige dann ein neues Konzept vor. Hauptsanierungspunkt dieses gestuften Konzeptes war die In-Situ-Chemische-Oxidation der eingetragenen Schadstoffe vor Ort. Diese Sanierungstechnik soll unterstützt werden durch Airsparging und Bodenluftabsaugung. Nachdem 90 % der eingetragenen Schadstoffe abgebaut sind, soll in der zweiten Stufe der verbleibende Schadstoff durch natürlichen Abbau, der bereits jetzt in Randbereichen eingesetzt hat, fertig saniert werden. Hier soll gemäß dem Konzept nur noch überwacht werden.

Nachdem das Regierungspräsidium Darmstadt die grundsätzliche Genehmigungsfähigkeit des Konzeptes bestätigt hat, wurde dies weiter verfolgt. Das Sanierungskonzept sah vor, dass nach einem Laborversuch die Sanierung durchgeführt werden sollte. Da dieser Sprung vom Labor zur Sanierung vor Ort vom Regierungspräsidium als zu weitgehend angesehen wurde, forderte dieses die Durchführung eines

Feldversuches. Dieser Forderung kam der Sanierungspflichtige nach und legte nach diesem Grundsatzgespräch ein kombiniertes Sanierungs- und Durchführungskonzept für den Feldversuch zur Genehmigung vor. Dies wurde unter Festlegung von Nebenbestimmung und dem Vorbehalt der endgültigen Freigabe der Sanierung per Bescheid genehmigt.

Allgemeines über das Verfahren „In-Situ-Chemische-Oxidation (ISCO)“

Bei dem Sanierungsverfahren werden durch den Eintrag von stark oxidierenden Chemikalien in den Untergrund und ins Grundwasser die hier vorhandenen Schadstoffe durch Oxidation abgebaut. Vorteil des Sanierungsverfahrens ISCO ist, dass hier kein Grundwasser gefördert wird. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Reaktion schnell abläuft. Bereits nach kurzer Zeit kommt es zu Sanierungserfolgen. Hierbei

sollte aber ein Ziel sein, dass es keine schädlichen Abbauprodukte gibt und die Schadstoffe vollständig abgebaut werden. Nachteilig kann sich hier durch den Eintrag von z.T. erheblichen Mengen an Chemikalien die Verdrängung von Schadstoff ergeben. Auch besteht die Möglichkeit, dass entstehende Abbauprodukte schädlicher sein können, als der ursprüngliche Schadstoff.

Für die Wahl des Verfahrens und bei der Auswahl der reaktiven Chemikalien spielen die Schadstoffart und die Schadstoffverteilung, der Boden mit seiner Matrix – sprich der Bodenart und Bodenaufbau, der Ort der Behandlung (Schadstoffzentrum oder Abstromfahne) eine Rolle. Zusätzliche Parameter bei der Auswahl sind die Gegebenheiten des Standorts, z.B. vorhandene Kanäle oder Leitungen.

In der Literatur werden 5 bis 7 Oxidationsmittel genannt. Der Eintrag von Sauerstoff und Sauerstoffperoxid, die auch Oxidationsmittel sind, führt im Allgemeinen zu langsamen Oxidationen, so dass ich diese hier nicht weiter berücksichtigen will.

Die für die ISCO relevanten reaktiven Stoffe sind Permanganate, als relativ schwache Oxidationsmittel über Persulfat, aktiviertes Persulfat hin zur Fentonreagenz und Ozon als stärkstes Oxidationsmittel. Die Stärke des Oxidationsmittels spielt bei der Auswahl natürlich auch eine Rolle. Ozon als Gas lässt sich nur mit hohem Aufwand und damit sehr kostenintensiv ins Grundwasser einbringen und scheidet deshalb für diesen Fall aus. Permanganat ist bei Benzol als Oxidationsmittel zu schwach und ebenfalls nicht geeignet. Gleiches gilt im Allgemeinen für nicht aktiviertes Persulfat. Somit verblieben als mögliche Reaktionsmittel nur noch aktiviertes Persulfat und Fentonreagenz. Diese beiden Reagenzien wurden auch vom Gutachter vorgeschlagen.

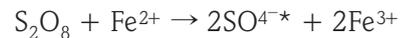
Fentonreagenz ist chemisch ein aktiviertes Wasserstoffperoxid. Durch die Aktivierung mit Eisen werden Radikale gebildet, die sich sofort neue Bindungspartner suchen und hierzu den Schadstoff nehmen sollen. Die chemische Strukturformel sieht wie folgt aus:



Hierbei sind die radikale OH-Gruppe der reaktive Teil, der die Schadstoffe oxidieren soll. Nachteilig ist, dass diese Oxidation unselektiv alle oxidierbaren Stoffe, also auch andere oxidierbare Bestandteile des Bodens und des Grundwassers, angreift. Dies führt dazu, dass viel Reaktionsmaterial benötigt wird, weil die Bodenmatrix mit „behandelt“ wird.

Ein Vorteil des Reaktionsmittels Fentonreagenz ist seine hohe Oxidationskraft. Es ist ein sehr schnelles Reaktionsmittel, das seine Wirkung in einigen Stunden bis wenigen Tagen erzielt. Dies führt zu starker Aufheizung von Boden und Grundwasser beim Einsatz vor Ort. Damit das Verfahren stabil ist, müssen vor Ort pH-Werte von 3-5 eingestellt werden oder es müssen spezielle Eisenverbindungen verwendet werden, die aber wieder teurer sind. In der Literatur wird auf die Möglichkeit der Gasbildung hingewiesen.

Auch aktiviertes Persulfat bildet ein Radikal aus, das für die oxidative Reaktion verantwortlich ist:



Die Eigenschaften sind denen der Fentonreagenz ähnlich. Die Reaktionszeit ist etwas langsamer, so dass die Reaktion bis zu 2 Wochen anhalten kann. Allerdings ist das Reaktionsmittel im Einkauf teurer. Auch soll es keine Gasbildung geben, was als Vorteil anzusehen ist.

Beide Reaktionsmittel wurden im Labor mit kontaminiertem Boden und Grundwasser (Originalmaterial aus dem Schadenszentrum) getestet. Als Ergebnis zeigte der Laborversuch, dass beide Reagenzien den Schadstoffcocktail abbauen. Eine bessere Eignung für eines der Oxidationsmittel zeigte der Laborversuch nicht.

Dies führte zu der Entscheidung, dass im Feldversuch beide Reagenzien jeweils mit einem separaten Feld getestet wurden. Hierbei wurde u. a. im Bescheid festgelegt, dass im Fentonversuchfeld immer bei Infiltration eine aktive Bodenluftabsaugung laufen muss. Damit sicher gestellt ist, dass die Absaugung läuft, wurde im Bescheid festgelegt, dass diese auch noch einige Stunden nach Schluss der täglichen Infiltration personell überwacht werden muss.

Versuchsfeldaufbau und Durchführung

Die beiden Versuchsfelder wurden im Hauptschadenszentrum errichtet. Hierbei wurde im Konzept vom Gutachter des Sanierungspflichtigen vorgeschlagen, die Felder so zu gestalten, dass die für die Felder gebauten Infiltrationspegel und die Überwachungspegel bei der späteren Sanierung genutzt werden können. Ein Versuchsfeld bestand immer aus 4 Infiltrationspegeln und den dazugehörigen Überwachungspegeln. Zusätzlich wurde im Anstrom von beiden Feldern ein Pegel gebaut. Alle Pegel sitzen in einem Raster von 5 x 5 m. Die Infiltrationspegel sind im gleichen Abstand errichtet worden, wie es später bei der Sanierung fortgesetzt werden soll. Die Überwachungspegel sitzen an Positionen, die später bei der Sanierung als Infiltrationspegel genutzt werden.

Die Pegel wurden durch Direkt-Push-Techniken mit Edelstahlfiltern und HDPE-Vollrohren herge-

stellt. Nach der Errichtung wurden die Infiltrationspegel beprobt, um die Startbelastung zu ermitteln. Hierbei wurden in den einzelnen Pegeln unterschiedliche Gehalte festgestellt, die von ca. 5 mg/l bis zu 800 mg/l (Summe BTEX) reichen und beim Maximalwert noch ca. dreimal so hoch sind wie die Werte in der Erkundungsphase. Im Fentonfeld wurde zusätzlich zwischen den vier Infiltrationspegeln der Bodenluftpegel errichtet. Auch dieser soll bei der Sanierung als Bodenluftpegel weiter betrieben werden. Die Oxidationsmittel und der Aktivator (Eisen) wurden durch ein Doppelrohrverfahren so in den Untergrund eingebracht, dass die beiden Chemikalien erst am Reaktionsort zusammentrafen und die Reaktion gestartet wurde.

Für die Durchführung wurde eine transportable Misch- und Infiltrationsstation vorgehalten, in der die Chemikalien vor Ort gelöst und gemischt wurden. Durch die Station war auch die kontrollierte

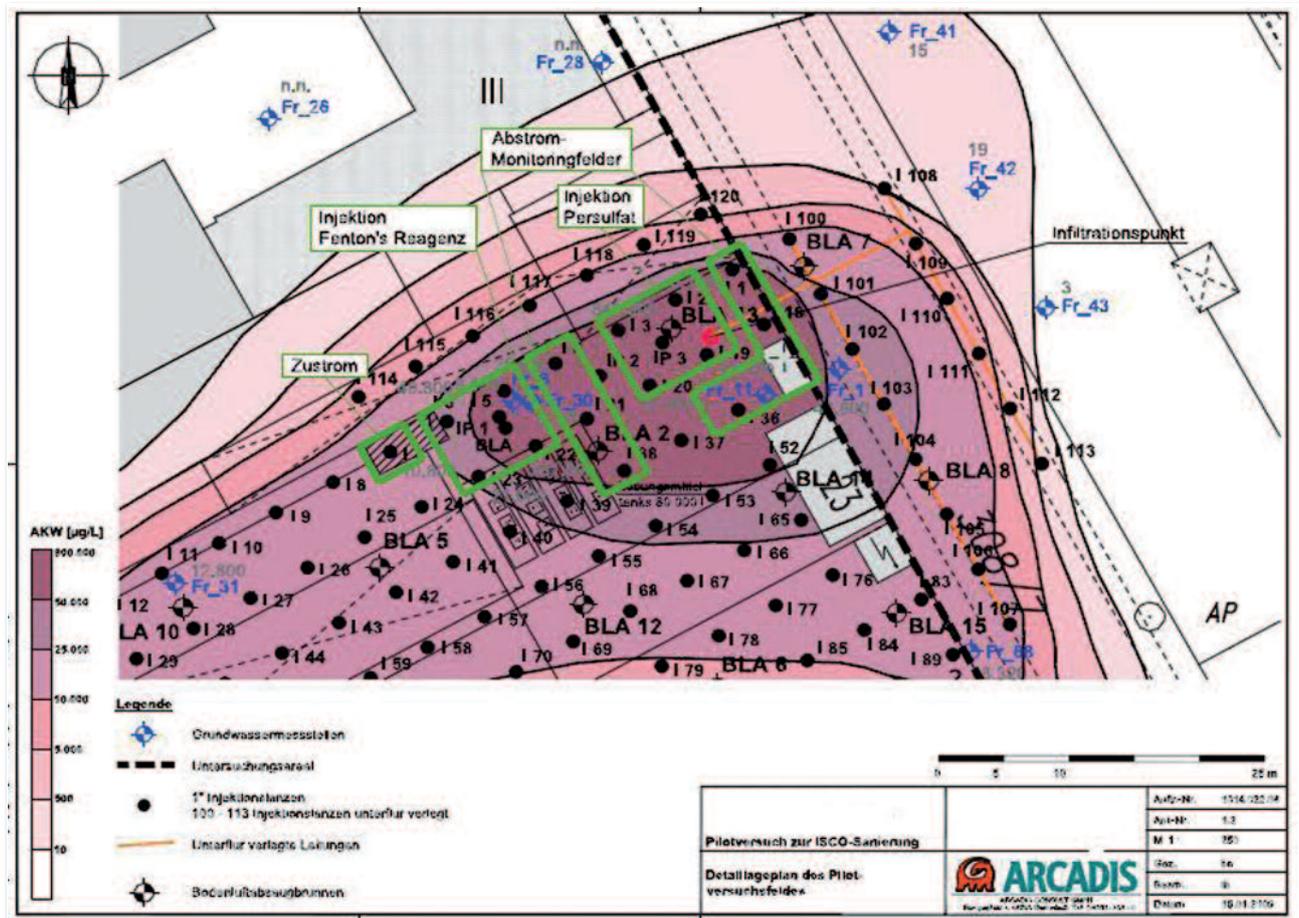


Abb. 3: Darstellung der Versuchsfelder.

Einleitung durch die entsprechenden Messapparaturen gewährleistet. Im Rahmen des Versuchs sollten zwei Infiltrationen vorgenommen werden, die im Abstand von drei Monaten erfolgen sollten. Die reine Infiltration je Pegel dauert mehrere Stunden, so dass die Infiltration ca. eine Woche dauerte. Durch Umstände, die der Sanierungspflichtige nicht zu verant-



Abb. 4: Doppelrohrinfiltrationsstutzen, der auf die Pegel aufgeschraubt wird.

worten hatte, wurde die zweite Infiltration um Monate verschoben. In dem Versuchszeitraum sollten zu festgelegten Zeiten Proben gewonnen und analysiert werden. Hierbei sollten der Schadstoffgehalt und die Schwermetallgehalte analysiert werden. Zusätzlich wurde überwacht, ob weitere Stoffe oxidiert werden, die nach der Oxidation schädlicher sind als vorher.

Ergebnisse des Versuchs

Exemplarisch für den Versuch werden hier die Grafiken für die Messwerte des Fentonversuchsfeldes dargestellt. Um einen Vergleichsmaßstab für die Gehalte zu haben, wurden immer die Gehalte des Anstrompegels zu den Versuchsfeldern mit dargestellt.

In Abb. 5 zeigt sich deutlich, dass jede Infiltration zu einer Abnahme der Schadstoffe führt. Hierbei

wird aber auch deutlich, dass die In-Situ-Chemische Reaktion nicht in allen Pegeln gleich verläuft. Es gibt Pegel, bei denen der Abbau stärker wirkt als in anderen. Diese Erkenntnis wurde in der zweiten Infiltration in soweit berücksichtigt, dass hier in den einzelnen Pegeln unterschiedliche Mengen an Reaktionsmitteln eingesetzt wurden. Trotzdem zeigen die

Pegel keine gleichförmige Reaktion. Deutlich wird auch, dass die Reaktion nur kurzlebig ist. Bereits nach kurzer Zeit steigen die Werte jeweils wieder an und es kommt zum sogenannten Rebound. Insgesamt sind die Gehalte im Mittel durch die Infiltration um eine Zehnerpotenz geringer, wobei die Pegel sehr unterschiedlich reagieren.

Im Rahmen der Versuchsdurchführung wurden zu bestimmten Stichtagen Bodenluftproben im Anreicherungsverfahren auf Aktivkohle

gewonnen und auf die BETX analysiert (s. Abb. 6). Parallel dazu wurden online die Werte an Sauerstoff und Kohlendioxid sowie die Gesamtmenge an oxidierbaren Stoff per PID gemessen. Durch einen technischen Defekt ließen sich diese Werte nach der ersten Infiltrationsrunde nicht mehr auslesen. Da ich zur Überwachung beim Start der ersten Infiltration vor Ort war, kann ich mich noch an den Anstieg der PID-Werte nach dem Start der Infiltration erinnern. Ich gehe davon aus, dass ähnliche Messwerte wie bei der zweiten Infiltration gemessen wurden. Hier zeigt sich eindeutig, dass es zur Freisetzung von gasförmigem Sauerstoff kommt. Dieser wird durch die aktive Bodenluft ausgetragen. Durch die Maßnahme wird auch BTEX freigesetzt. Die bei der Bodenluftabsaugung gemessenen BTEX-Gehalte liegen um ein Vielfaches höher als die Gehalte der Erkundung. Dies schreibt der Gutachter der thermischen Reaktion zu, die den Schadstoff austreibt. Dadurch, das

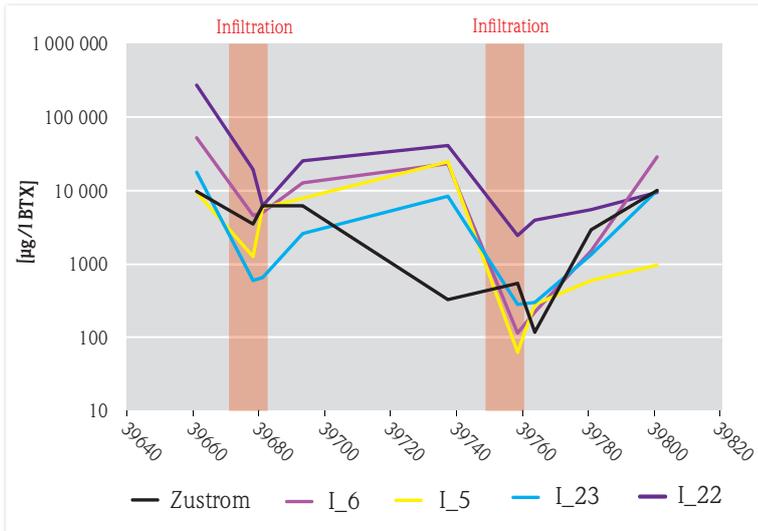


Abb. 5: Messergebnisse Versuchsfeld Fenton.

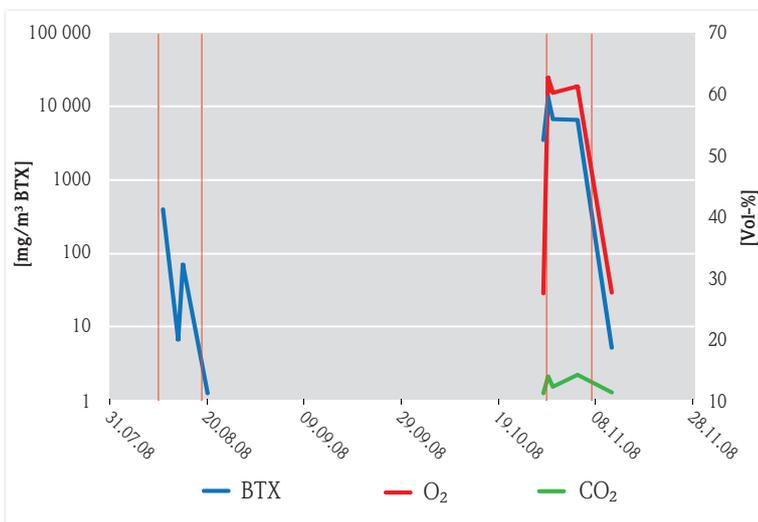


Abb. 6: Messergebnisse Bodenluftabsaugung.

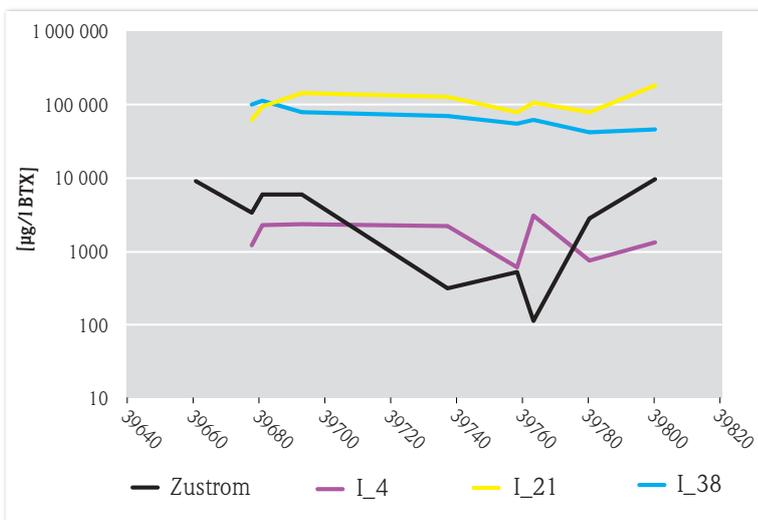


Abb. 7: Messergebnisse Abstromüberwachung Fentonfeld.

Sauerstoff und die BTEX zusammen freigesetzt werden, kann es zu explosiven Gemischen kommen. Dies zeigt eindeutig, dass bei dieser Schadstoffzusammensetzung und der Infiltration von Fentonreagenz eine ex-geschützte Bodenluftabsaugung laufen muss, wie es im Sanierungsbescheid verankert ist. Nur so ist das Verfahren kontrollierbar. Die Ergebnisse des Kohlendioxidaustrags, die immerhin einige Volumenprozent ausmachten, zeigten, dass es zur Oxidation der Kohlenwasserstoffe bis zur Endstufe kam.

Die Ergebnisse der Überwachungspegel zeigen relativ wenig Reaktionen (Abb. 7). Es gibt weder einen deutlichen Anstieg, der auf eine Schadstoffverdrängung hinweisen könnte, noch gibt es einen Abfall der Schadstoffgehalte, der auf einen weitreichenden Abbau hindeuten könnte.

Die hier nicht als Grafiken dargestellten Ergebnisse des Versuchsfeldes mit aktiviertem Persulfat zeigen einen ähnlichen Verlauf. Auch hier sind Ergebnisse unterschiedlich. Z.T. werden im Rahmen des Versuchs bei der Infiltration Werte gemessen, wo kein BTEX mehr nachweisbar ist. In anderen Pegeln fällt der Abbau deutlich geringer aus. Auch hier gibt es wieder in allen Infiltrationspegeln einen deutlichen Rebound, der z.T. sogar höher ausfällt als der Startwert vor der Infiltration.

Die Überwachung der Schwermetalle hat ergeben, dass es innerhalb beider Infiltrationsfelder zu einer Freisetzung von Schwermetallen kommt. Diese waren vorab meist nur im Feststoff nachweisbar. Allerdings zeigen die Abstrommessstellen keine Gehalte an Schwermetallen, so dass sich die Freisetzung begrenzt auf die tatsächliche Sanierungsanwendung. Bei der Überwachung von

Bromid und Bromat konnte keine Auswirkung der chemischen Oxidation auf diese beide Stoffgruppen festgestellt werden. Die Überwachung der Abbauleistung bei den PAK und Phenolen zeigte keine signifikanten Ergebnisse. Hier sind wohl auch zu wenig Proben untersucht worden in der zeitlichen Abfolge.

Zusammen betrachtet kommt der Gutachter zu dem Schluss, dass über alles betrachtet Fentonreagenz das bessere Mittel für die Sanierung ist.

Mit diesem Ergebnis wurde das Sanierungskonzept fortgeschrieben und an die neuen Gegebenheiten angepasst, wie es im Bescheid festgelegt war. Unter anderem wurde die Anzahl der Infiltrationspegel nach Norden ausgedehnt, da die Ergebnisse der Nullbeprobung der Versuchsfelder gezeigt haben, dass der Schadensschwerpunkt weiter in diese Richtung geht. Weitere Anpassungen wurden vorgenommen im Bereich der Straße, da hier alter gemauerter Abwasserkanal liegt und dieser ggf. durch die Infiltration von Fentonreagenz zerstört werden könnte. Auch wurden die Bodenluftabsaugung und deren Überwachung überarbeitet.

Zwischenzeitlich wurde nach dieser Überarbeitung vom Regierungspräsidium Darmstadt der Beginn der Sanierung freigegeben. Es wird damit gerechnet, dass diese nach einer Ausschreibung Ende 2010 beginnt.

Fazit

Die Ergebnisse der Versuchsfelder zeigen, dass beide Reaktionsmittel die hier vorhandenen Schadstoffe abbauen können. Die Ergebnisse zeigen aber auch, dass auf Feld- oder Pilotversuche nicht verzichtet werden sollte.

Grundsätzlich ist zu fordern, dass bei einer möglichen Gasfreisetzung eine aktive Bodenluftabsaugung eingesetzt wird, um das Verfahren zu kontrollieren. Diese dient somit nicht nur zur Sanierungsunterstützung, sondern auch zum Schutz der Anlagen und ggf. der Nachbarschaft. Bei brennbaren Schadstoffen ist diese Anlage als ex-geschützte Anlage zu konzipieren.

Fazit aus der Öffentlichkeitsarbeit

Die für die Region positive Entscheidung der Genehmigung der Sanierung und des Feldversuchs wurde vom Regierungspräsidium als Anlass genommen, um eine Presserklärung mit dem Titel „Seckbachs Boden und Grundwasser wird sauberer“ herauszugeben. Diese Erklärung wurde u. a. von der Frankfurter Rundschau (FR) aufgegriffen und führt zu dem Artikel mit dem Titel „Schwerer Boden – Gifte belasten Seckbacher Grundstücke“. Dieser Artikel führte dazu, dass einige Bürger und Politiker überhaupt erst auf die Problematik der Boden- und Grundwasserverunreinigungen aufmerksam wurden und es zu öffentlicher Fragenstunde bei einer Ortsbeiratsitzung kam. Insgesamt waren die Berichte fair, so dass meine persönliche Auffassung ist, der Aufwand für die Erstellung der Erklärung und die Nachbereitung war berechtigt.

Ob nun der Titel der Presseerklärung oder der des Artikels der FR die Situation besser beschreibt, beurteilen Sie bitte selber.

Literaturhinweise

Gutachten von div. Ingenieurbüros über die Erkundung des Schadensfalls (unveröffentlicht)

Bericht vom Ingenieurbüro Arcadis Geraghty & Miller International Ltd, Newmarket, mit einer Zusammenfassung vom Ingenieurbüro Arcadis Consult GmbH, Darmstadt, über den Laborversuch zur ISCO, März 2008, (unveröffentlicht)

Konzept zur Sanierung der Verunreinigung incl. der Durchführung eines Feldversuchs vom Ingenieurbüro Arcadis Consult GmbH, Darmstadt, April 2008, (unveröffentlicht)

Bericht vom Ingenieurbüro Arcadis Consult GmbH, Darmstadt, über die Durchführung des Pilotversuchs zur ISCO, Januar 2009 (unveröffentlicht)

Technischer Leitfaden „In-Situ-Anwendung chemischer Oxidationsmittel und Oxidationsverfahren“, erstellt im Forschungsprojekt Interland, April 2006,

www.interland.arcs.ac.at/extranet/interland/publikat.htm
Engineering Issue „In-Situ Chemical Oxidation“ der United States Environmental Protection Agency (US-EPA), August 2006, www.epa.gov

Pflanzen zur Kartierung und zum Monitoring kontaminierter Standorte

OLAF HOLM & WOLFGANG ROTARD

1 Einleitung

Der Stand der Altlastenbearbeitung in Deutschland wird derzeit, so auch auf diesem Seminar, kontrovers diskutiert. In den vergangenen Jahren wurde eine Menge Geld in die Hand genommen, um die Erkundung und Sanierung von Altlasten voran zu treiben. Dabei standen jedoch in erster Linie die massiv kontaminierten Standorte im Fokus, die mit hohem Aufwand und entsprechenden Kosten erkundet und teilweise schon saniert wurden. Gemessen an der weiterhin großen Anzahl erfasster, altlastenverdächtiger Flächen in Deutschland kann davon ausgegangen werden, dass sich die Altlastenproblematik in näherer Zukunft nicht einfach so ad acta legen lässt. Angesichts gegensätzlicher Meinungsvertreter, weiterer gesellschaftlicher Herausforderungen und bisher bereits zur Verfügung gestellter Mittel für die Altlastensanierung wird die Finanzausstattung in den öffentlichen Haushalten für diese Aufgabe – da sind sich alle einig – in den nächsten Jahren nicht eben besser werden.

Für zahlreiche ausgedehnte, teilweise kontaminierte Standorte liegen dennoch nach wie vor nur unzureichende Informationen über mögliche Untergrundbelastungen und resultierende Gefährdungen vor. Auch bereits (teil)sanierte Altlasten unterliegen nicht selten einer Nachsorge in Form eines festgelegten Überwachungsplans (Monitoring). Daher werden verlässliche und vergleichsweise kostengünstige Verfahren benötigt, die sowohl eine Charakterisierung der gesamten Fläche, als auch eine Abschätzung liegenschaftsexterner Auswirkungen der am Standort vorhandenen Kontamination ermöglichen.

Eine Möglichkeit liegt in der Beprobung von Pflanzen, mit der die Bewertung der Grundwasser- und Bodenqualitäten auch in Feuchtgebieten und anderen unzugänglichen Bereichen kontaminierter Standorte ermöglicht wird. Mit ihnen können bereits im Rahmen orientierender Erkundungen Aussagen zu flächenhaften Belastungen getroffen werden und so, falls dann noch notwendig, anschließende konventionelle Erkundungsmaßnahmen zielgerichteter und kosteneffizienter durchgeführt werden.

2 Theoretische Grundlagen

2.1 Phytoscreening

Liegen Schadstoffe in löslicher Form vor oder können in Lösung gebracht werden, können diese von den Pflanzen über die Wurzeln aufgenommen werden. Je nach Stoffeigenschaften werden die Schadstoffe über die Pflanze durch Transpirationsprozesse wieder an die Atmosphäre abgegeben (Phytoexhalation/Phytovolatilisierung) oder in den Pflanzen akkumuliert (Phytoextraktion) und dort ggf. abgebaut (Phytodegradation). Im Durchwurzelungsbereich kann durch Wurzelexsudate ebenfalls eine (Teil-)Degradation erfolgen oder die Bioverfügbarkeit der Schadstoffe erhöht werden, so dass der mikrobielle Abbau stimuliert wird (Rhizodegradation). Durch die Wurzelexsudate können sich zudem die Milieubedingungen derart ändern, dass die Schadstoffe durch Präzipitation, Adsorption an den Wurzeln oder Absorption mit anschließender Akkumulation in den Wurzeln immobilisiert werden. Im

Boden wird dieser Prozess Phytostabilisation und im wässrigen Milieu Rhizofiltration genannt. Die vorgestellten Prozesse werden gemeinhin unter dem Oberbegriff Phytoremediation zusammengefasst. Für die Nährstoffversorgung aller Pflanzenteile in Bäumen existieren zwei entgegen gesetzte Transportsysteme. Die in den Blättern grüner Pflanzen produzierten Photosyntheseprodukte werden im Phloemgewebe bis zu den Wurzeln nach unten transportiert. Der zweite Saftstrom transportiert Wasser und Ionen aus den Wurzeln in die oberen Pflanzenteile. Dieser nach oben gerichtete Saftstrom erfolgt im Xylemgewebe und führt die gelösten Schadstoffe mit sich.

Damit eröffnet sich die Möglichkeit, die Schadstoffe im Xylemsaft bzw. in den einzelnen Pflanzengeweiben nachzuweisen. Die Entnahme von Bohrkernen aus dem Xylemgewebe der Bäume stellt die gängigste Probenahmetechnik zur Bestimmung von Schadstoffgehalten in Pflanzen dar. Möglich ist jedoch auch die Beprobung von Blättern, Ästen und Früchten sowie Schilf und anderen Pflanzenarten.

Die Vorteile dieses Verfahrens liegen auf der Hand. Die Beprobung erfolgt oberirdisch an den Pflanzen, so dass Kampfmittel- und Leitungsfreigaben entfallen. Zudem ist der Einsatz in schwer zugänglichen Bereichen wie Feuchtgebieten möglich. Dabei ist das Verfahren gering invasiv, schnell und kostengünstig.

Bei einer ausreichend dichten Vegetationsdecke lässt sich somit ein engmaschiges Beprobungsraster über einen ausgewählten Standort legen (Phytoscreening). Betrachtet werden kann so allerdings nur der obere Grundwasserleiter und oberflächennah lokalisierte Kontaminationen. Zudem ist das Verfahren saisonal auf die Vegetationsperiode beschränkt, da mit Versiegen der Wasseraufnahme auch die Schadstoffe, je nach Flüchtigkeit, mehr oder weniger schnell aus dem Stamm heraus diffundieren.

2.2 Standort und Kontaminationssituation

Die ehemalige Militärliegenschaft Krampnitz liegt südlich des Naturschutzgebietes „Döberitzer Heide“

an der Bundesstraße B2 auf einer inselartig ausgebildeten morphologischen Hochlage. Begrenzt wird diese in südöstlicher Richtung vom Krampnitzer See, im Südwesten vom Fahrlander See und im Norden durch die Niederung des „Großen Luch“, das über den „Großen Graben“ in den Krampnitzer See entwässert. Westlich der Liegenschaft schließt sich eine landwirtschaftliche Nutzfläche an. Entsprechend dieser morphologischen Hochlage weist der Standort keine einheitliche Grundwasserfließrichtung auf (vgl. Abb. 2 und Abb. 3).

Die zum Zeitpunkt der Beprobungen bekannte, durch leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe (LCKW) gebildete Kontaminationsfahne liegt im unmittelbaren Abstrom des Schadensherdes am Standort der chemischen Reinigung und erreicht im Maximum Konzentrationen von 174 mg Σ LCKW /L. Hauptkomponenten sind im Schadensherd Trichlorethen (TCE) und im Abstrom TCE und cis-1,2-Dichlorethen (cDCE). Ebenfalls in relevanten Konzentrationen nachgewiesen wurden Chlorethen (Vinylchlorid - VC), 1,1-Dichlorethen (1,1DCE) und trans-1,2-Dichlorethen (tDCE). Andere LCKW spielen eine untergeordnete Rolle. Ein zweiter, weit aus geringer kontaminierter Bereich befindet sich am westlichen Ende der Liegenschaft (cDCE = 1,1 mg/L). Weit weniger relevant sind die BTEX-Aromaten, die nur an einigen Grundwassermessstellen (GWMS) gefunden wurden und eine Konzentration von 50 μ g/L nicht überstiegen.

3 Methoden

3.1 Probenahme

Die Entnahme von Bohrkernen aus Bäumen mittels Zuwachsbohrern (vgl. Abb. 1) wurde in einigen Arbeiten bereits beschrieben. Besonderheiten, die beim Arbeiten mit Zuwachsbohrern an Bäumen in Verbindung mit LCKW-Kontaminationen zu beachten sind, wurden jedoch bisher kaum erwähnt. Die Angaben beschränken sich in der Regel auf die entnommene Bohrkernlänge und die Beprobungshöhe. Im Vorfeld der Rasterbeprobung wurden daher eigene Untersuchungen zur Validierung der Bohrkernentnahmetechnik mit Relevanz für den Einsatz

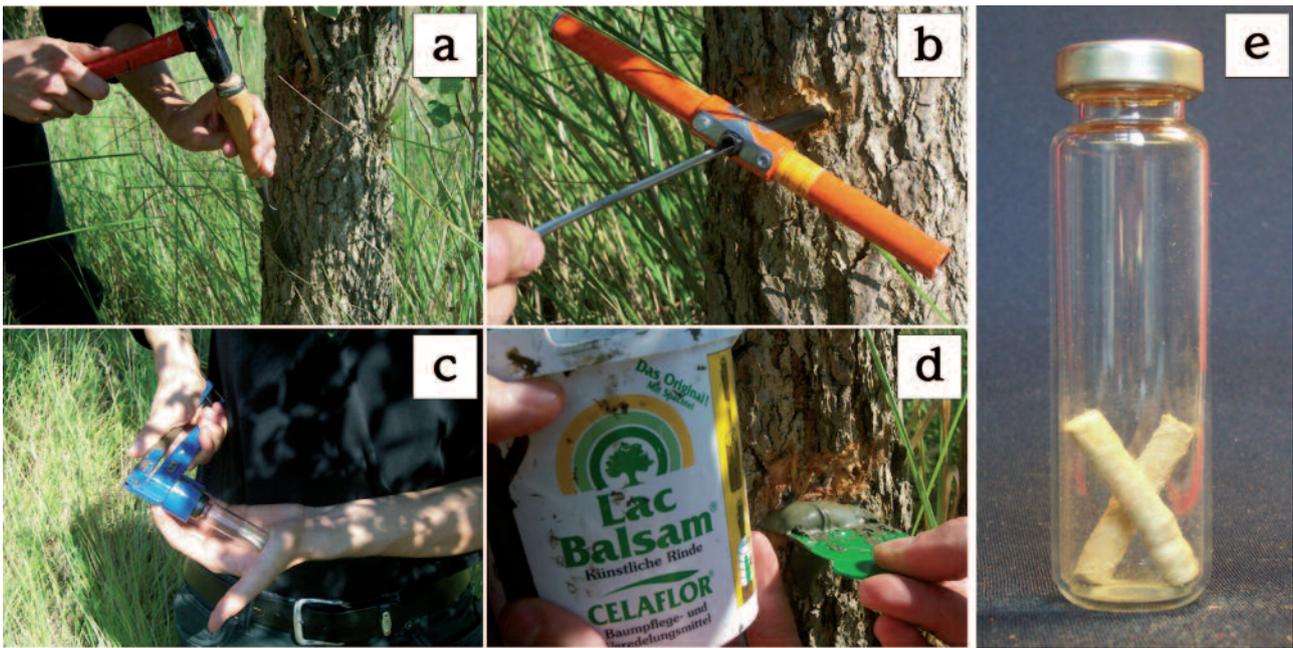


Abb. 1: Probenahmetechnik: Rinde abbeiteln (a), Bohrkernentnahme mit Zuwachsbohrer (b), gasdichtes Verschließen der Probenials (c), Nachbehandlung mit künstlicher Rinde (d); Probenvial mit gebrochenen Bohrkern aus einer Silberweide (e).

als Monitoringverfahren angestrengt. Die Untersuchungen waren zum Zeitpunkt der Rasterbeprobung jedoch noch nicht abgeschlossen. Dennoch konnten deren Erkenntnisse z. T. bereits in die Methodik implementiert werden.

Die Bohrkernprobenahme für das Phytoscreening auf dem Standort Potsdam-Krampnitz erfolgte im August/September 2007. Zur Vereinheitlichung der Probenahme wurden folgende Festlegungen getroffen:

- Baumarten, mit denen im Vorfeld Erfahrungen gesammelt werden konnten (Birken, Weiden, Pappeln etc.), wurden bevorzugt beprobt. Nadelbäume wurden nicht beprobt, sind auf der Liegenschaft aber auch so gut wie nicht zu finden. Auf der Liegenschaft selbst wurde die Wahl der Baumart freier gehandhabt, um die gegebene Rasterung einhalten zu können.
- Die Probenahmehöhe wurde unter Berücksichtigung aktueller Ergebnisse der Validierungsuntersuchungen auf 50 cm über der Geländeoberkante (GOK) festgelegt.
- Beprobt wurden die ersten 5 cm des Xylems.
- Das Phloem wurde verworfen.
- Aus jedem Baum wurden drei Proben direkt nebeneinander genommen.

Insgesamt wurden 220 Bäume beprobt. Hauptbaumarten waren Birke (58), Weide (46) und Pappel (29). Außerdem wurden Robinien (24), Ahorn (14), Linden (13), Eichen (7), Traubenkirschen (6), Eschen (4), Buchen (2), Platanen (2), eine Kastanie, ein Apfelbaum und 13 undefinierte Bäume beprobt.

3.2 Analytik

Die Proben werden bei Raumtemperatur transportiert und gelagert. Spätestens nach 24 Stunden erfolgt die Analyse aus dem Gasraum des Probenials mittels Solid-Phase-Microextraktion (SPME) und anschließender GC/MS.

SPME ist eine relativ neue Methode zur Anreicherung von Analyten. Das SPME-System besteht aus einer beschichteten Faser, die innerhalb einer Schutzkanüle durch das Septum direkt in die Probenials eingestochen und dort ausgefahren wird. Der vordere Zentimeter ist mit unterschiedlichen Polymeren (zur Absorption der Analyten) und/oder Adsorbentien beschichtet. Bei der verwendeten Carboxen/PDMS-Faser überwiegen Adsorptionsprozesse am Carboxen, die für die bekannten Hauptkontaminaten TCE und cDCE eine sehr hohe Emp-

findlichkeit gewährleisten. Bei der Gasraumanalyse werden, durch Vermeidung des Kontaktes zwischen Probe und Faser, Matrixinterferenzen verringert und die Faser wird geschont. Zudem wird die Selektivität verbessert, da ein Großteil der Störsubstanzen, wie z. B. schwerflüchtige Substanzen, abgetrennt wird.

Die gaschromatographische Trennung und die massenspektrometrische Detektion der Bohrkernproben aus den Bäumen erfolgten, aus Gründen der Vergleichbarkeit, in Anlehnung an die Laboranalytik der aus den Direct-Push-Beprobungen erhaltenen Grundwasserproben. Zur Bestimmung des MS-Programms wurde der EPA-Standard 624 Calibration Mix A (Fa. Supelco) herangezogen, der zusätzlich mit cDCE versetzt wurde. Für jede Substanz wurde anhand der Retentionszeiten ein Zeitfenster definiert, in dem die massenspektrometrische Messung der beiden intensivsten Massen über das Selected Ion Monitoring (SIM) erfolgte. Für beide analysierten Massen jeder Substanz wurden die Peakflächen bestimmt. Das Verhältnis von Hauptmasse zu zweiter Masse diente in Verbindung mit der Retentionszeit zur Identifikation der Substanzen. Zur Berücksichtigung der hohen Schwankungsbreite der Ergebnisse durch die Probenahme beeinflussende Faktoren wie z. B. Wetter, werden die Bäume anschließend anhand der aus den Parallelproben gemittelten Peakflächen semiquantitativ bewertet.

4 Ergebnisse und Diskussion

4.1 Standortverteilung ermittelter Schadstoffgehalte

Die Verteilung der Chlorethene konnte mit den Baumproben sehr gut dargestellt werden (vgl. Abb. 2). Für die grafische Darstellung der Schadstoff-

verteilungen wurden die Bäume daher anhand der aus den Parallelproben gemittelten Peakflächen semiquantitativ bewertet. Die Einteilung der semiquantitativen Bewertungsskala ist aus Tab. 1 ersichtlich. So zeigten sich weitere bisher unbekannte cDCE- und TCE-Kontaminationsbereiche im Nordosten der Lie-

Tab. 1: Semiquantitative Bewertungsskala mit Peakflächenbezug und entsprechenden Konzentrationsbereichen für TCE und cDCE in wässrigen Proben; nn: nicht nachgewiesen.

Bewertung	Peakfläche	TCE [ng/L]	cDCE [ng/L]
1	nn		
2	unsicher enthalten		
3	500–10 000	1,12–22,5	1,39–27,8
4	10 000–25 000	22,5–56,2	27,8–69,5
5	25 000–50 000	56,2–112	69,5–139
6	50 000–100 000	112–225	139–278
7	100 000–1 000 000	225–2 250	278–2 780
8	1 000 000–10 000 000	2 250–22 500	2 780–27 800
9	10 000 000–100 000 000	22 500–225 000	27 800–278 000
10	>100 000 000	>225 000	>278 000

genschaft inklusive des dort ebenfalls angrenzendem Feuchtgebietes und einem Bereich im Südwesten der Liegenschaft. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit den Grundwasserkonzentrationen, die aus den parallel erfolgten Direct-Push-Beprobungen ermittelt wurden. TCE wurde zusätzlich in geringen Mengen großflächig verteilt auf dem Standort gefunden, allerdings nicht im Südosten und dem südlichen Abstrom. Die Hauptkontaminationsfahnen von cDCE und TCE im Feuchtgebiet nördlich des bekannten Schadensherdes bei der ehemaligen chemischen Reinigung konnten mit den Baumbeprobungen abgegrenzt werden (vgl. Abb. 3). Die Ausbreitung ist im Wesentlichen durch stehende Oberflächengewässer (ehemalige Entwässerungsgräben) begrenzt, die das Feuchtgebiet im Nordwesten durchziehen.

Auffällig ist die unterschiedliche Verteilung des Ausgangssubstrats TCE und seines vornehmlichen

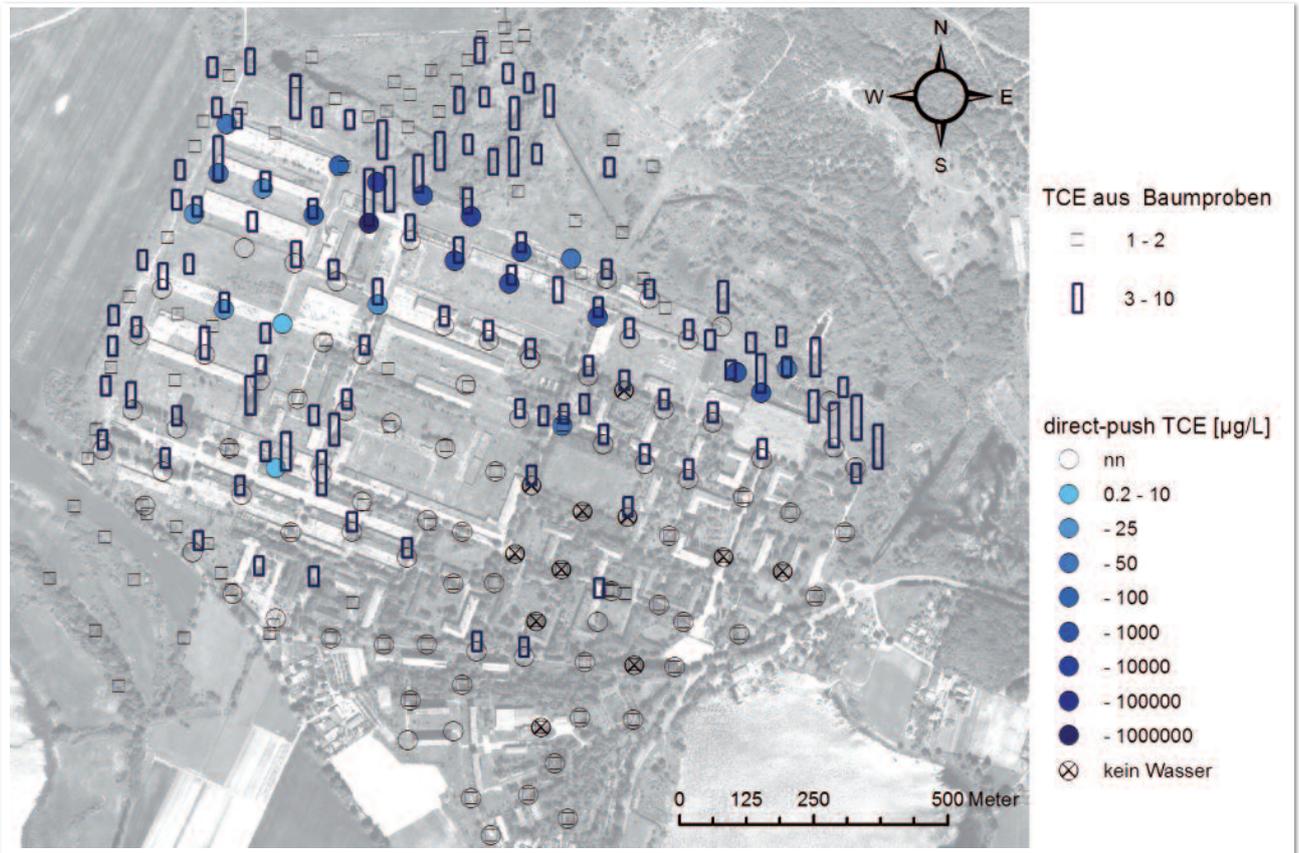


Abb. 2: Vergleich ermittelter TCE-Bewertung aus den Baumproben mit TCE-Konzentrationen aus der Direkt-Push-Grundwasserbeprobung.

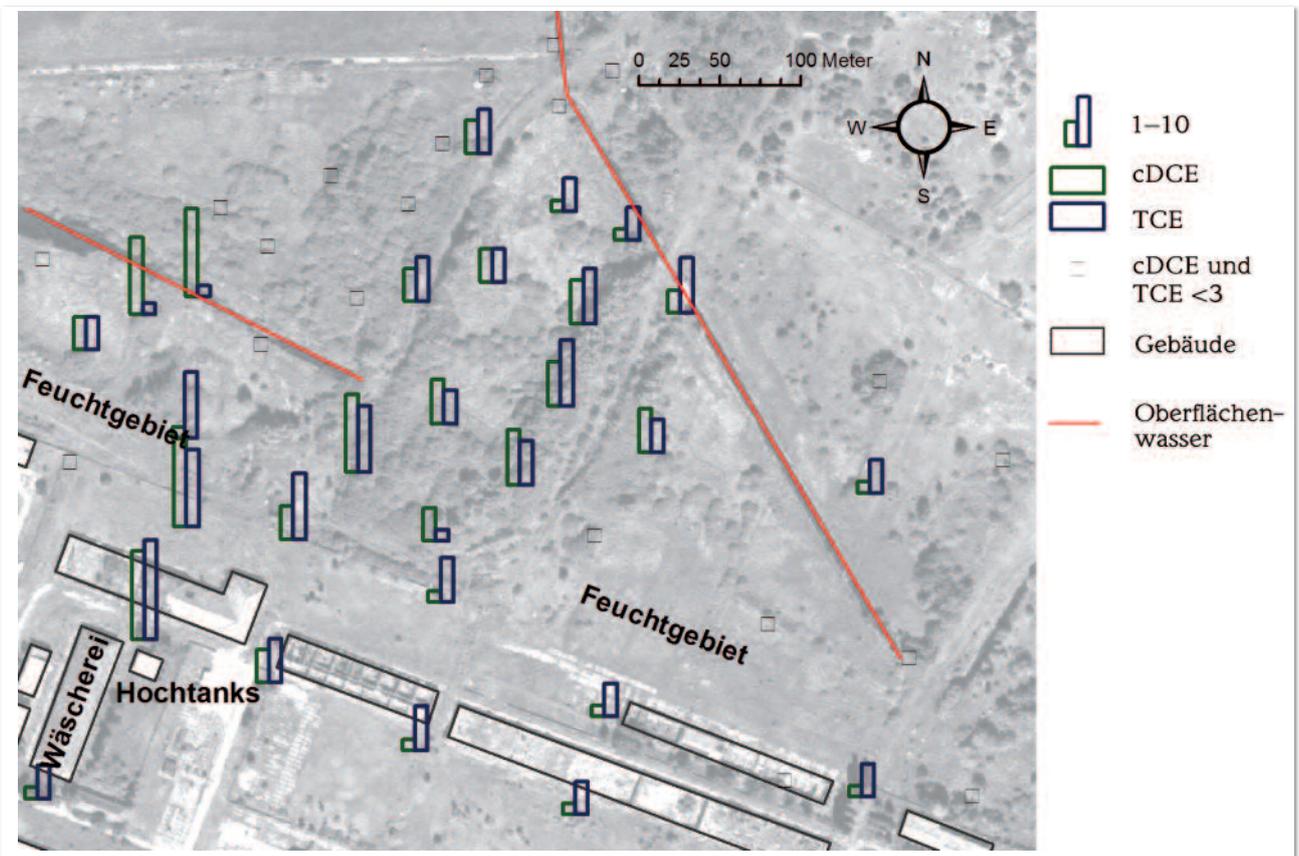


Abb. 3: cDCE- und TCE-Fahnenabgrenzung im Feuchtgebiet nördlich des bekannten Schadensherdes bei der ehemaligen chemischen Wäscherei.

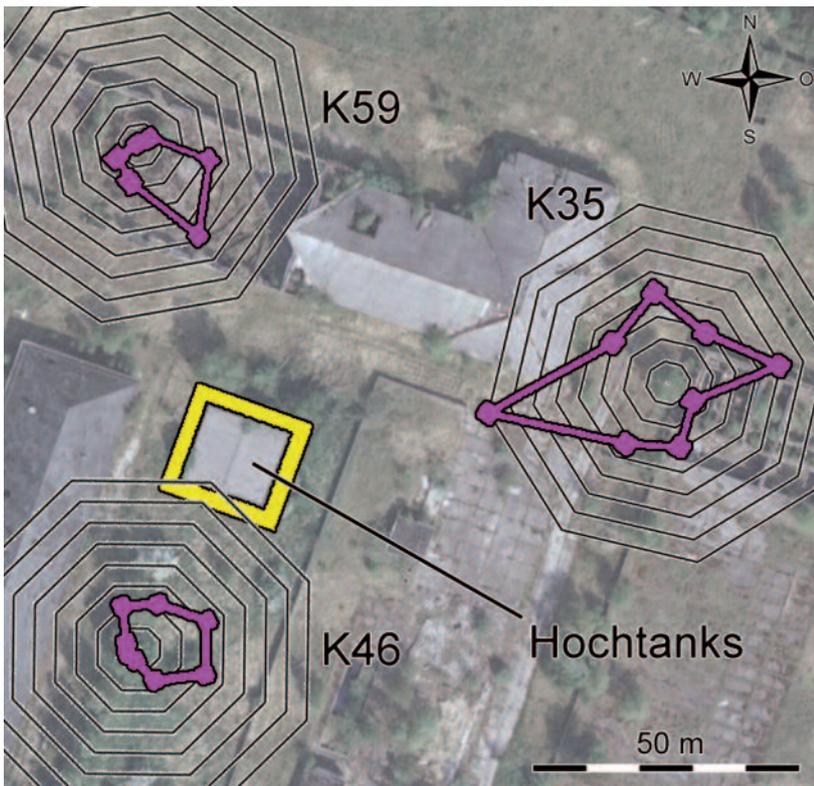


Abb. 4: Schematische Veranschaulichung der Messwerte des Ausrichtungsversuchs 2007.

mikrobiellen Abbauprodukt cDCE. TCE findet sich eher nördlich und östlich, während cDCE in hohen Konzentrationen eher nordwestlich nachgewiesen wurde. Generell ist eine Verlagerung des Stoffspek-

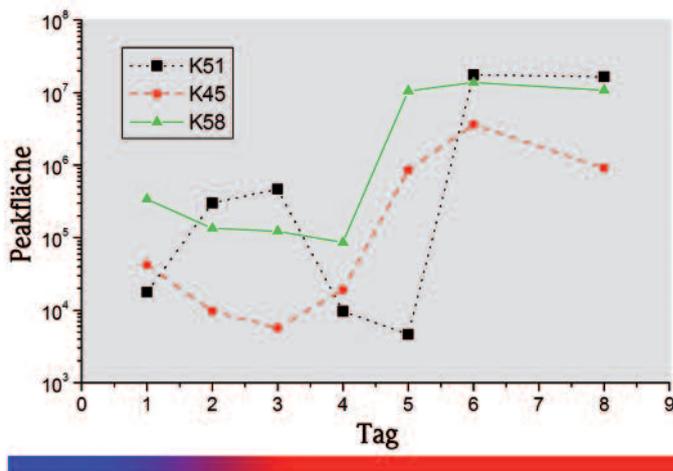


Abb. 5: Tag der Wetterumschwungsbeobachtung von nasskalt (unterer Balken: blau) nach heiß und trocken (unterer Balken: rot), aufgetragen gegen die TCE-Peakflächen aus Bohrkernen von drei Bäumen (K51, K45, K58).

trums zu beachten, so ist im Feuchtgebiet das Verhältnis cDCE zu TCE höher als in liegenschaftsinternen Bereichen.

4.2 Einflussfaktoren der Probenahme

Bei den systematischen Untersuchungen zur Evaluierung der Probenahmetechnik kristallisierten sich zwei Faktoren heraus, die die Ergebnisse im besonderen Maße beeinflussen. Zum Einen können sich unterschiedliche Ergebnisse bei der Beprobung eines Baumes zum gleichen Zeitpunkt, aber aus einer anderen Himmelsrichtung ergeben. Zum Anderen hat das Wetter, insbesondere der Niederschlag, einen starken Einfluss auf die zu ermittelnden Gehalte.

Abb. 4 zeigt ein Luftbild des Schadenszentrums, über das schematisch die jeweiligen Diagramme von drei Ausrichtungsreihen aus 2007 gelegt wurden. Der Einfluss der Anströmrichtung scheint offensichtlich. Da sie einen wesentlichen und im Vorfeld zu berücksichtigenden Faktor der Probenahme darstellt, wurden im Jahre 2008 vertiefende Untersuchungen angestrengt, mit denen der Zusammenhang zwischen Konzentrationsverteilung im Grundwasser, abhängig von der Lage des Schadenszentrums und horizontaler richtungsabhängiger Konzentrationsverteilung im Stamm geklärt werden sollte.

Die Ergebnisse zeigen, dass die horizontalen richtungsabhängigen Konzentrationsunterschiede im Baumstamm im Vergleich zur Streuung des Probenahme- und Analyseverfahrens zwar hoch sind,

andere Einflüsse wie Wetterbedingungen haben jedoch einen um ein Vielfaches höheren Einfluss. Für die Bestimmung der Lage des Schadenszentrums mit Hilfe von Radialbeprobungen reicht die Übereinstimmungswahrscheinlichkeit zwischen Richtung des horizontalen Konzentrationsgradienten im Baumstamm und Richtung, in der das Schadenszentrum zum Baum liegt, nicht aus.

Wie die in Abb. 5 dargestellte Wetterschwungsmessung verdeutlicht, sollte die Probenahme an trockenen Tagen stattfinden, um die Regenwasserverdünnung zu vermeiden. Der Konzentrationsanstieg findet versetzt zum Aussetzen des Regens statt, was auf die Restfeuchte des Bodens zurückgeführt wird. Diese Beobachtung wird durch den verzögerten Schadstoffkonzentrationsanstieg bei K51 unterstützt. Dieser Baum befand sich nach dem Aussetzen des Regens und dem Umschlag zu sonnigem, heißem Wetter noch zwei Tage im Stauwasser einer Pfütze. Als Resultat lässt sich festhalten, dass die Dauer zwischen dem Umschlag zu sonnigem, heißem Wetter und dem TCE-Anstieg mindestens einen Tag betragen hat. Die Probenahme sollte von daher bei trockenem Wetter durchgeführt werden, da schwer quantifizierbare Verdünnungseffekte vermieden werden und der Nachweis geringerer Grundwasserkonzentrationen ermöglicht wird. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass bei extremer Trockenheit die Bäume ihren Transpirationsstrom einstellen. In diesem Fall diffundieren die Substan-

zen nach und nach aus dem Stamm heraus in die Atmosphäre.

5 Fazit

Anhand bisheriger Untersuchungen konnte die Eignung des Phytoscreenings zum Monitoring oder zur orientierenden Standorterkundung für die Substanzen tDCE, cDCE, TCE und 1,2 DCA zweifelsfrei belegt werden. Dabei scheint es unerheblich, wie groß die Bäume sind. Lediglich die Durchwurzelungstiefe im Bezug zur Tiefenlage der Kontamination spielt eine Rolle. Ein systematischer Abgleich von Einzelwerten mit Standardverfahren ist aufgrund der vielfältigen Einflussfaktoren bei der Probenahme, wie z. B. dem Wetter, nicht möglich. Eine semiquantitative Bewertung führt jedoch zu schlüssigen Schadensbildern, die sich mit denen anderer Verfahren weitestgehend deckt.

Hinsichtlich der Akzeptanz der Pflanzenbeprobungen kann festgestellt werden, dass alle beteiligten Bürger, Einrichtungen, die Presse und weitestgehend auch die Behörden den Untersuchungen sehr aufgeschlossen begegneten und mit Blick auf die übergeordnete Schadstoffproblematik der jeweiligen Standorte keinerlei Bedenken hinsichtlich der Beprobung der Bäume bestanden. An einigen behördlichen Stellen ist jedoch noch Überzeugungsarbeit zu leisten.

Hopla¹ – eine Sanierung fällt aus

Untersuchung und (Nicht-)Sanierung eines Gaswerkstandortes

REINHARD BODACK

1 Historie des Standortes

1.1 Erste Nutzung

1850 Errichtung und Inbetriebnahme des Gaswerkes vor dem Holländischen Tor durch die Aktiengesellschaft „Gasbereitungsanstalt zu Cassel“.

1875 Übernahme des Gaswerkes in das Eigentum der Stadt Kassel. In der Folge mehrfache Produktionserweiterung zur Anpassung an den steigenden Bedarf der wachsenden Stadt

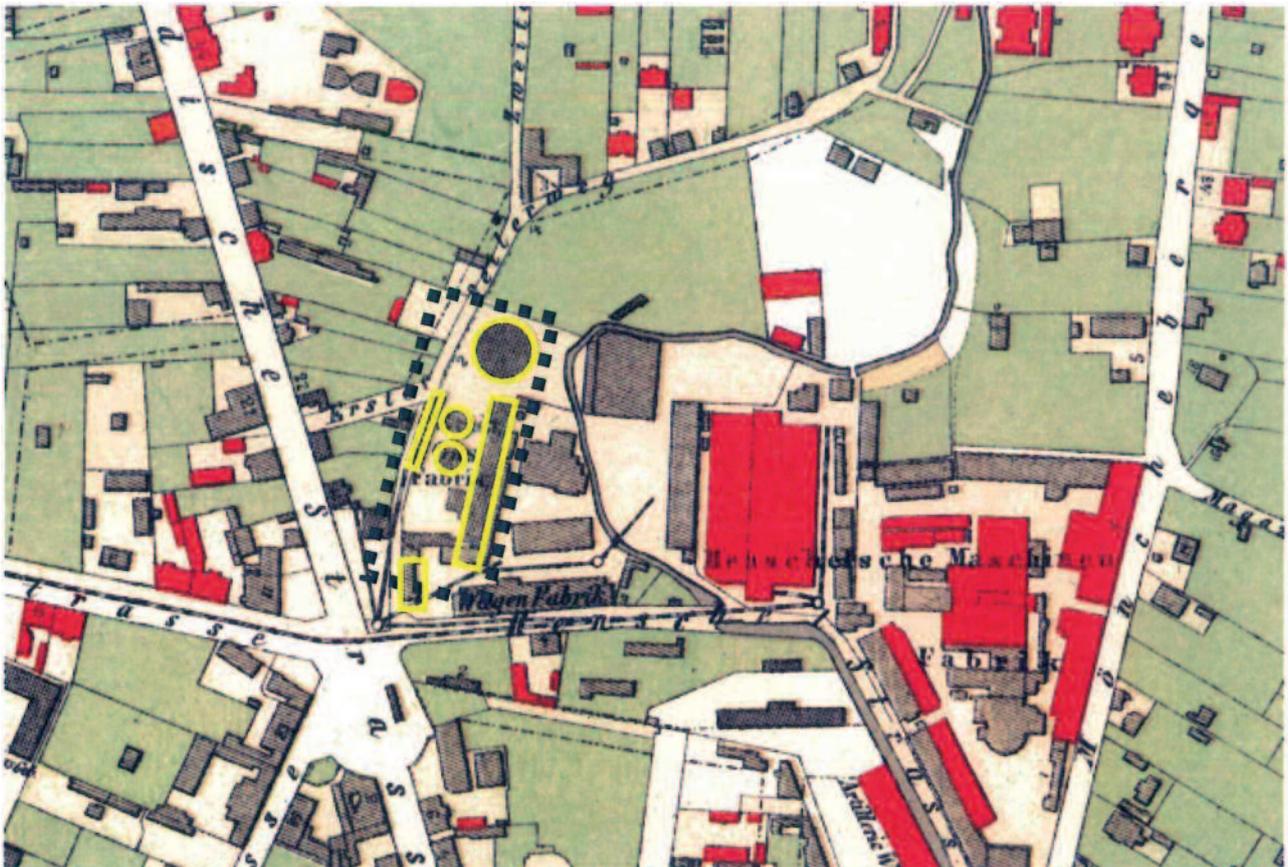


Abb. 1: „Städtische Gasfabrik“ (Quelle Stadtkarte Kassel 1878).



¹ „Hopla“ meint nicht einen Überraschungsausruf o. ä., sondern ist „Uni-Slang“ für den Campusstandort am **Holländischen Platz**

(1850 rd. 36 500 Einw., 1893 rd. 80 000 Einw.).

- 1893 stößt das Gaswerk an seine Kapazitätsgrenzen. Erweiterung ist nicht möglich, da die stark im Dampflokomotivenbau expandierende Fa. Henschel & Sohn das angrenzende Areal östlich bis an die Mönchebergstraße und nördlich bis an die Moritzstraße belegt (vgl. Abb. 1)
- 1894 geht das neue Gaswerk „Auf dem kleinen Forst“ in Betrieb und das Gaswerk an der Holländischen Straße wird still gelegt.

1.2 Zweite Nutzung

- 1898 erwirbt die Fa. Henschel & Sohn das Grundstück und errichtet
- 1902–1904 ein dreigeschossiges Hauptverwaltungsgebäude (K 10) auf dem ehemaligen Gaswerksgelände. Der zwischen dem bisherigen Betriebsgelände und der hinzu gekauf-

ten Fläche verlaufende große Bogen der Ahna wird durch eine heute noch bestehende geradlinige Bachführung ersetzt. Das schafft Raum und die Lokomotivenmontagehalle wird nach Westen bis in die Nähe des Verwaltungsgebäudes vergrößert (21 000 m², Jahresproduktion rund 1 200 Dampflokomotiven).

- 1910 erhält das Verwaltungsgebäude einen Lang-Anbau nach Norden entlang der Henschelstraße. Damit wird der alte Gaswerksgrundriss direkt überbaut (vgl. Abb. 2). Im gleichen Jahr wird zum 100jährigen Firmenjubiläum die 10 000ste Henschel-Dampflokomotiv ausgeliefert. Der Lokbau boomt und die Firma nimmt den Spitzenplatz im europäischen Lokbau ein.

Im Ersten Weltkrieg wird die Firma Rüstungsschmiede. An einem weiteren Werkstandort in Kassel entsteht der Geschützbau. Nach den harten Einschnitten der Weltwirtschaftskrise geht es mit der Entwicklung

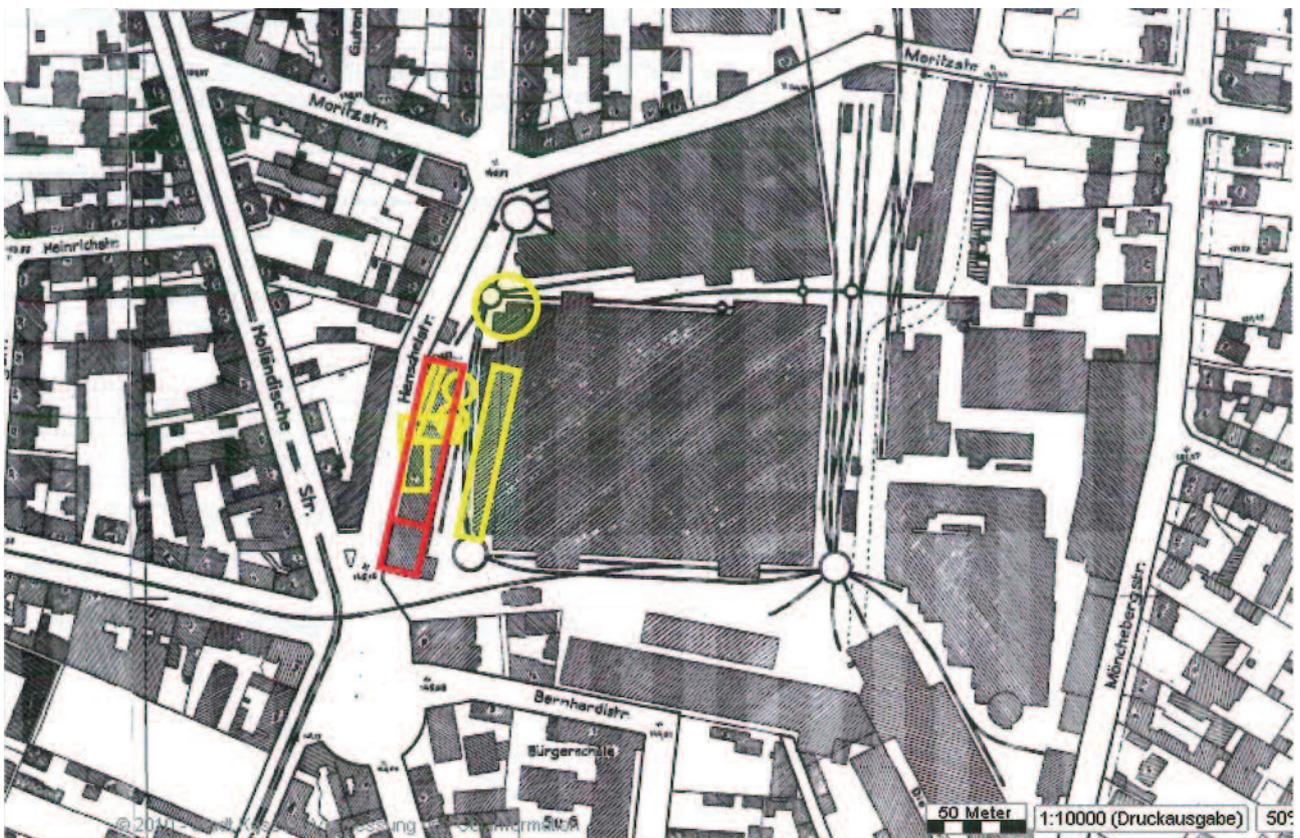


Abb. 2: Fa. Henschel & Sohn (Quelle Stadtkarte Kassel 1943).

einer Schnellzug-Dampflokomotive wieder aufwärts. Dazu kommt der Bau von LKWs und Bussen.

Im 3. Reich wird die Firma wieder wichtiger Rüstungsbetrieb. Dies, und das Vorhandensein weiterer Rüstungsbetriebe, kommt der Stadt teuer zu stehen.

1943 liegt sie durch verheerende Bombardierungen in Schutt und Asche. So auch die Henschel-Werke. Dort

beginnt gleich nach Kriegsende die Beseitigung der Kriegsschäden an Hallen und Verwaltungsgebäuden. Langsam wird wieder die Produktion aufgenommen. Anfangs werden allerorts fehlende Haushaltsgeräte (Töpfe, Pfannen, Bügeleisen usw.) hergestellt und Militärfahrzeuge für die zivile Nutzung umgebaut. Das Kopfgebäude von K 10 wird aufgestockt und erhält anstelle des kriegszerstörten einen neuen Dachstuhl. Der sich anschließende Langbau längs der Henschelstraße erhält später in 1962 ein Laternengeschoss (vgl. Abb. 3).

1946 bekommt die Fa. Henschel von der Besatzungsmacht die Genehmigung, wieder Lokomotiven und Straßenbaumaschinen herzustellen. Es geht wieder aufwärts.

1958 geht die Epoche von Henschel-Dampflokomotiven zu Ende.

1962 fährt die letzte fertig gestellte Rangierlok vom Werksgelände Holländischer Platz zum Unterstadtbahnhof und das Verbindungsgleis wird stillgelegt.

1972 wird das Stammgelände der früheren Fa. Henschel & Sohn am Holländischen Platz nach verschiedenen Übernahmen und Umfirmierungen aufgegeben.



Abb. 3: K 10 nach dem Umbau .

1.3 Dritte Nutzung

1974 beschließt die Hessische Landesregierung, den zentralen Campus der 1971 gegründeten Gesamthochschule Kassel (GhK) auf dem Areal der früheren Fa. Henschel & Sohn in der Nordstadt zu errichten.

In der ersten so genannten „Bauphase Null“ werden ab

1975 wenige erhaltenswerte Henschelgebäude vor dem Verfall gerettet und für Hochschulzwecke umgebaut, darunter auch der ehemalige Verwaltungsbau K 10.

1976 wird bei Gründungsarbeiten für den Treppenhauseinbau auf der Ostseite des Langbaues am K 10 in einer Tiefe von ca. 3–4 m **erstmalig Teeröl im Boden angetroffen**. Untersuchungen und Recherchen führen **nicht** zu dem Schluss, dass hier ein kommunales Gaswerk betrieben wurde. Nach der Entsorgung der kontaminierten Massen werden keine weiteren Untersuchungen vorgenommen!

1978 sind die ersten ehemaligen Henschelgebäude für die GhK umgenutzt. Das K 10 beherbergt die Fachbereiche Architektur, Stadtplanung und Landschaftsplanung.

In der Folgezeit wird der Campus entwickelt (vgl. Abb. 4 u. 5).

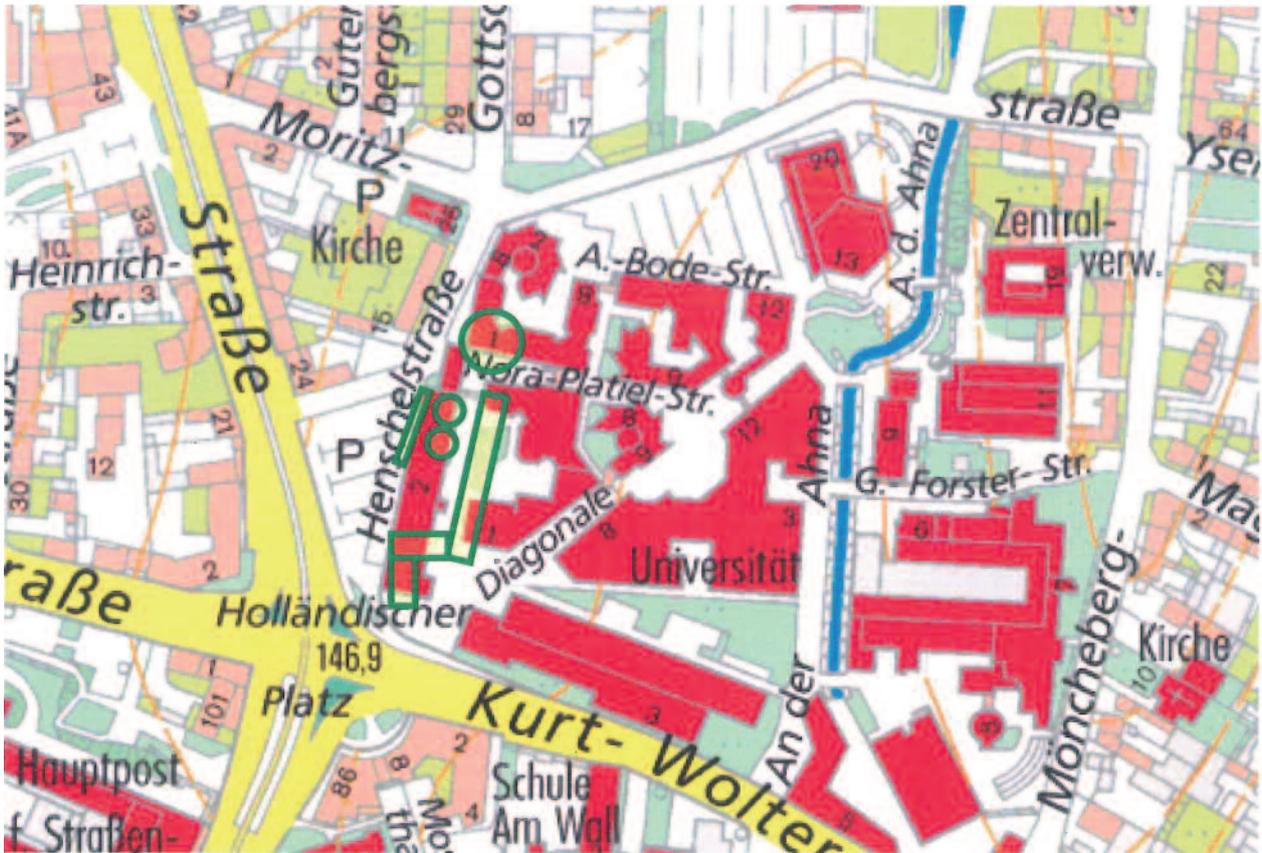


Abb. 4: Campus der Universität Kassel (Quelle Stadtkarte Kassel 2009).

ehem. Gaswerk

2 Untersuchung

- 1999 stellt das Regierungspräsidium (RP) die Sanierungsverantwortlichkeit der Stadt Kassel fest. Diese stellt
- 2000 den Antrag auf Förderung der Erstuntersuchung nach AFR². Es ergeht ein Förderbescheid mit Festbetragsbezuschung in Höhe von 30.000 DM. In den Folgejahren bis einschließlich
- 2005 werden weitere Untersuchungen zur Eingrenzung und zur Gefährdungsabschätzung durchgeführt.

Die Untersuchungen, die wesentlichen Ergebnisse und das präferierte Sanierungsverfahren werden in einem gesonderten Beitrag dargestellt.

3 Sanierung (?)

- 2006 Im April stellt das RP den Sanierungsbedarf fest und fordert die Stadt auf, einen Sanierungsplan aufzustellen.
- 2006 Ab November – nach Vorlage des Planes – beginnen die Prüfung und das Beteiligungsverfahren zur Verbindlicherklärung des Sanierungsplanes.
Wesentliche Änderungspunkte betreffen die zeitliche Durchführung. Das RP fordert zur Emissionsminderung den Zeitplan in zwei aufeinanderfolgende Winterbauphasen aufzuteilen. Die Uni Kassel bittet den Sanierungsbeginn auf das Jahr 2009 zu verschieben, da dann das Gebäude K 10 wegen Auszug der Fachbereiche temporär leer steht und die sanierungsbedingten Beeinträchtigungen geringere Auswirkungen haben.

² AFR = Altlastenfinanzierungsrichtlinien des Landes Hessen zur Förderung der Untersuchung und Sanierung kommunal verursachter Altlasten.

Die Stadt Kassel und das RP stimmen dem zu.

2007 legt die Stadt den veränderten Plan vor. Die erneut beteiligte Uni verweist auf Verschiebungen im eigenen Zeitplan bezüglich der baulichen Weiterentwicklung am „Campus Nord“³ und sieht die Durchführbarkeit der **Sanierungsarbeiten frühestens 2010 und 2011**. Verbindliche Termine zur Erzielung einer Planungssicherheit für die Stadt können nicht benannt werden.

Wegen der intensiven Standortnutzung und eventuell zu erwartender Einwände und Beschwerden seitens Personal, Lehrender und Studierender fordert das RP im Mai zur Ergänzung des Sanierungsplanes ein umweltmedizinisch-toxikologisches und ein klimatologisches Gutachten zur Beurteilung der

Emissionen bei der Sanierung. Die Stadt Kassel kann die Beauftragungen noch im Finanzierungsrahmen der AFR-Förderung für den Sanierungsplan abwickeln.

2008 Im August legt die Stadt Kassel das toxikologische und das klimatologische Gutachten vor. Ersteres leitet Handlungswerte für Benzol und Naphthalin ab, Zweites betrachtet die lokalen Ausbreitungspfade der leichtflüchtigen Schadstoffe.

Wiederum wird die Uni eingebunden.

2009 Im Januar legt die Uni Kassel eine umfangreiche Stellungnahme vor, in der aufgezeigt und begründet wird, dass die **Uni von den geplanten Sanierungsarbeiten in einer nicht tolerierbaren Weise beeinträchtigt würde**. Der Uni-Betrieb wäre nicht aufrecht zu erhalten.



Abb. 5: : Campus der Universität Kassel 2008, die vordere Bildhälfte zeigt den vorh. Campus mit dem K 10 links, die Industriebrache im Hintergrund wird zum Campus Nord entwickelt.

³ Baureifmachung, denkmalgerechte Gebäudeertüchtigung und Errichtung von Neubauten.

Nach intensiven Beratungen erklären das RP und die Stadt Kassel, der Haltung der Uni folgen zu können:

Das Schadstoffinventar im Boden ist zwar immens, aber stationär. Eine Fahne ist nicht ausgeprägt. Eine Status-quo-Messung zeigt, dass – nachdem mehrjährig nicht mehr per Bohrungen und Sondierungen in den Schadensbereich eingegriffen/eingewirkt wurde – bei den Gehalten im Grundwasser eher eine positive Entwicklung zu verzeichnen ist. Letztendlich ist abzuwägen zwischen der Betroffenheit der Schutzgüter Boden und Grundwasser und der Betroffenheit der Uni / des Uni-Betriebes bei Durchführung der Sanierung.

Dieser Abwägungsprozess führt zu dem Ergebnis, dass dem Uni-Betrieb Priorität einzuräumen ist und kein bautechnischer Eingriff zur Sanierung durchgeführt wird. Das Risiko, doch „irgendwann“ sanierungstechnisch eingreifen zu müssen, ist bei gleichbleibender Nutzung als äußerst gering einzuschätzen.

Selbstverständlich muss bei nicht Durchführung der geplanten Sanierung ein qualifiziertes Monitoring über voraussichtlich lange Zeit durchgeführt werden.

2009 Im November findet eine Besprechung der Beteiligten mit Zuziehung des HMWK⁴ statt. Abschließende Festlegungen werden nicht getroffen. Es wird das Erfordernis gesehen, das weitere Vorgehen in größerem Rahmen (Beteiligte siehe folgende Ausführungen) abzustimmen.

2010 Eine Besprechung im Februar zwischen HMWK, HMU⁵, HMdF⁶, RP Kassel, Uni Kassel und Stadt Kassel klärt einvernehmlich das weitere Vorgehen:

- Es findet kein Sanierungseingriff statt.
- Die Stadt Kassel beobachtet den Grundwasserschaden mit einem dauerhaften Monitoring, dessen Umfang noch auszuarbeiten und festzulegen ist.
- Die Uni Kassel/Land Hessen und die Stadt Kassel schließen einen öffentlich-rechtlichen Vertrag über eine anteilige Kostentragung, soweit bei Baumaßnahmen oder sonstigen Eingriffen altlastenbedingte Mehrkosten anfallen. Die Kostenteilung entspricht derjenigen bei einem AFR-Sanierungsdarlehen.
- Sobald der öffentlich-rechtliche Vertrag abgeschlossen ist, ändert das RP Kassel seinen Sanierungsbescheid gegenüber der Stadt Kassel in einen Bescheid zur Durchführung des Monitorings.

Die Ausführung aller technischen Erkundungen und der Gutachterleistungen (inkl. Sanierungsplan) ist nach der Erstuntersuchung in vier Kampagnen als AFR-Fördermaßnahmen mit 90 % Förderanteil durchgeführt worden. Der Gesamtbetrag der eingesetzten Mittel beläuft sich auf 489 000 €.

Quellen

Kartenausschnitte:

<http://www.stadt-kassel.de/verwaltung/aemter/geoinformation/index.html>

Henschel-Firmengeschichte und Bilder:

<http://regiowiki.hna.de/Hauptseite>

⁴ Hessisches Ministerium für Wissenschaft und Kunst

⁵ Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

⁶ Hessisches Ministerium der Finanzen

Unsicherheit bei der Feststoffprobenahme

THORSTEN SPIRGATH

Einführung

Der Fehler bei der Probenahme setzt sich aus einer Vielzahl von einzelnen Fehlern zusammen, welche teilweise untereinander im Zusammenhang stehen (s. Abb. 1):

Die Unsicherheit einer Probenahme steigt mit zunehmender Heterogenität. Dieser mögliche Fehler

kann kompensiert werden, indem die Probenmenge entsprechend erhöht wird. Die Unsicherheit einer Probenahme wird von den vorliegenden Bindungseigenschaften der zu untersuchenden Substanz maßgeblich beeinträchtigt. Dieser mögliche Fehler kann durch eine Anpassung der Probenmenge verringert werden.

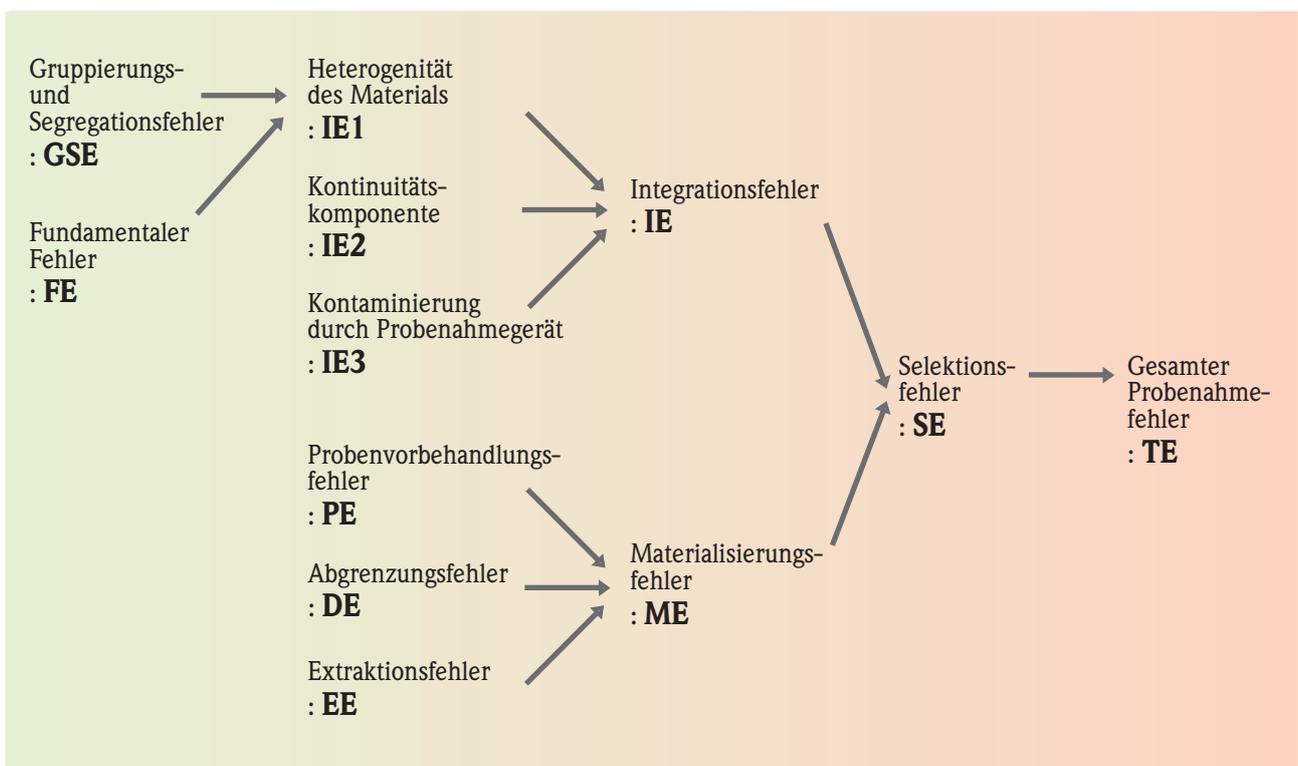


Abb. 1: Aufschlüsselung des gesamten Probenahmefehlers (verändert nach Gv, 1992).

Der Gesamtfehler der Probenahme nimmt exponentiell mit der Probenmasse ab, daher ist die Ermittlung der repräsentativen Probenmasse ein entscheidender Faktor für ein repräsentatives Ergebnis. Bei organischen Untersuchungen kommt dem Verteilungsmuster des Analyten und dem Verhältnis der Matrix zum Analyten eine besondere Bedeutung zu.

Generell lassen sich zu den Betrachtungen zur Gesamtunsicherheit der Probenahme zwei grundsätzliche Aussagen festhalten:

- Je größer die Probenmasse, desto kleiner der fundamentale Fehler
- und
- Je größer die Homogenität, desto kleiner der Gruppierungs- und Segregationsfehler.

Eine nachträgliche Angabe der Unsicherheit der Probenahme ist in der Praxis meist nicht möglich, da wichtige Faktoren (z. B. die Probenahme-strategie) oft nicht ausreichend dokumentiert bzw. begründet werden. Umso wichtiger ist die gründliche und nachvollziehbare Planung, bei welcher die Unsicher-

heit der Probenahme als Bestandteil berücksichtigt wird.

Die Bestimmung der Unsicherheiten von Messungen in der analytischen Chemie erfolgt häufig über die Bestimmung der Standardunsicherheiten aller Einflussfaktoren, deren Varianzen addiert werden. Die Einzelunsicherheiten können dabei durch (Wiederhol-) Messungen oder theoretische Betrachtungen ermittelt werden (**Bottom-up-Methode**). Sofern nicht alle Einflussfaktoren bekannt sind, kann die Unsicherheit über Vergleichsuntersuchungen abgeschätzt werden (**Top-down-Methode**). Der grundlegende Unterschied zur Bestimmung der Messunsicherheit im analytischen Bereich liegt darin, dass für entscheidende Einflussfaktoren bei der Probenahme keine Standardunsicherheiten rechnerisch ermittelt werden können (z. B. durch den Einsatz von Referenzmaterialien, Standards, Kontrollkarten oder Vergleichsuntersuchung). Daher ist in der Praxis normalerweise nur die Anwendung der Top-down-Methode möglich.

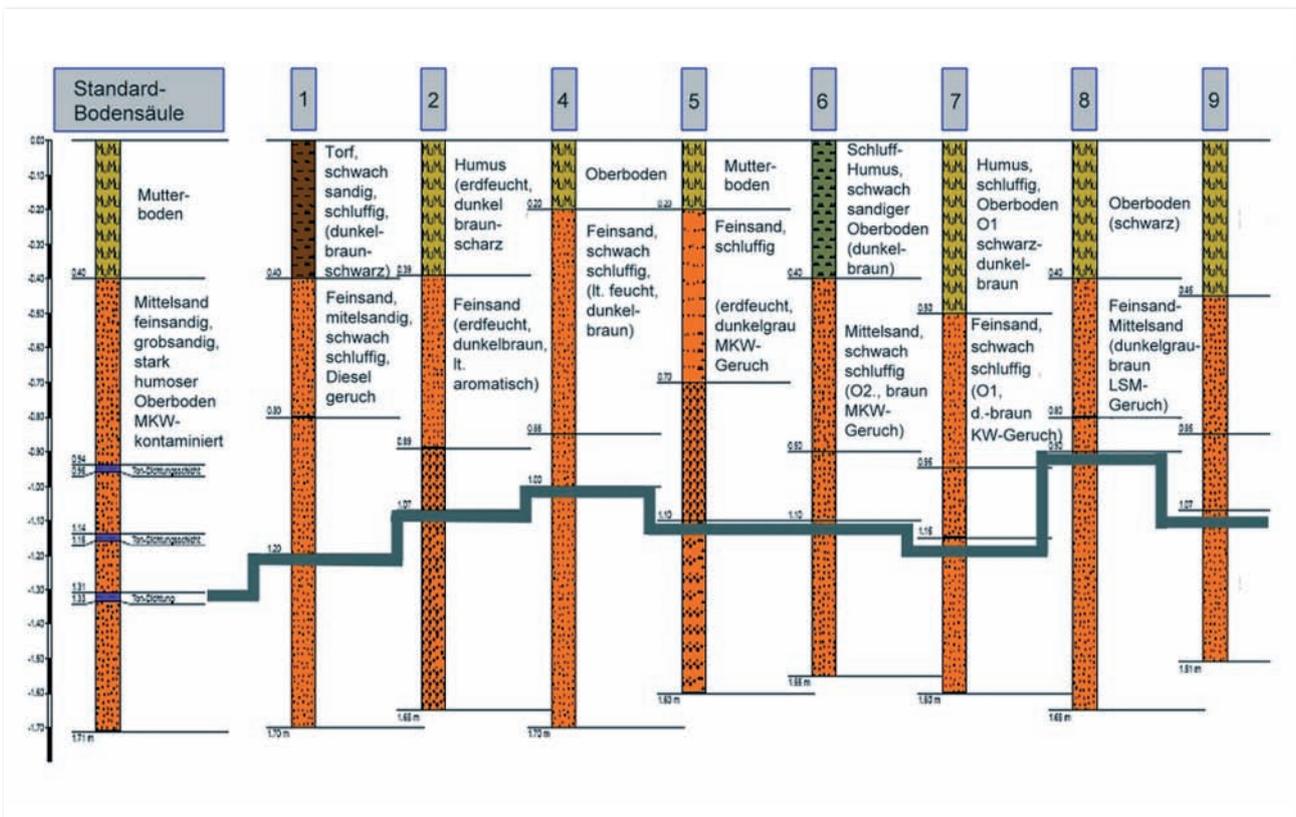


Abb. 2: Grafische Darstellung der aufgenommenen Bodenprofile der Teilnehmer, modifiziert nach BAERMANN et.al. (2005).

ITVA-Vergleichsprobenahme 2003

Im Jahre 2003 wurde durch den ITVA e.V. eine Vergleichsprobenahme von kontaminiertem Boden mit 8 Teilnehmern durchgeführt. Ziel war die Überprüfung, ob eine solche Vergleichsuntersuchung eine geeignete Methode zur Bestimmung der Unsicherheit ist.

Das Ergebnis war eine sehr deutliche Schwankung in der Qualität und im Umfang der Dokumentation (s. Abb. 2). Es wurde von allen Teilnehmern die Kontamination in den untersten, unbelasteten Bodenhorizont verschleppt, wenn auch in unterschiedlichem Ausmaß. Die Vergleichsprobenahme stellte sich als geeignetes Mittel zur Bestimmung der Unsicherheit bei Feststoffprobenahmen heraus, wobei aber auch Verbesserungspotential für Versuchsplanung und -durchführung festgestellt wurde.

ITVA-Vergleichsprobenahme 2008/2009

Im Jahr 2008 wurde durch das LfU Bayern eine Vergleichsprobenahme mit insgesamt 27 Teilnehmern (Notifizierten Untersuchungsstellen) geplant und unter Federführung des ITVA e.V. durchgeführt. Das Ergebnis war Folgendes: Es handelte es sich nur um 6 Teams, die die Bodenarten nach KA 5 ansprachen (23,1 %). Dagegen arbeiteten 18 Teams nach der baugrundorientierten DIN-Bodenansprache (69,23 %). Von 8 Teams wurde die Farbtabelle nicht eingesetzt (30,77 %). 9 Teams haben den Grobbodenanteil nicht und drei Teams nicht eindeutig

beschrieben (46,2 %). Es traten bei allen Bohrungen Stauchungen auf, die von 15 Teams im Schichtenverzeichnis vermerkt wurden (57,75 %). Vereinzelt wurden Schichten getrennt und Nachfall als Schicht oder Bänderung angesprochen.

Auswertung

Beide Vergleichsuntersuchungen zeigen, dass trotz vorhandener Regelungen und vorgegebener Standards häufig nicht anforderungsgerecht gearbeitet wird und der Fehler der Probenahme sehr erheblich sein kann.

Eine pauschale Aussage zur Unsicherheit bei der Probenahme von heterogenen Feststoffen kann nicht getroffen werden. Die Unsicherheit einer Probenahme von Feststoffen muss daher im jeweiligen Einzelfall betrachtet werden.

Im Normalfall ist der tolerierbare Fehler ein Kompromiss aus der notwendigen Aussage-sicherheit und den wirtschaftlichen Bedingungen (Kosten).

Einfache und effiziente Möglichkeiten zur Verringerung der Unsicherheit der Probenahme:

- Dokumentation der Kriterien, die zur Festlegung der Probenahmestrategie verwendet werden
- ausführliche und vollständige Probenahmeprotokolle
- Einsatz von Referenzproben
- Einsatz von Vergleichsprobenahmen
- übergeordnete Normen.

Boden – das unbekannte Wesen

KARL-JOSEF SABEL

Was sind Böden

- Böden sind Verwitterungsbildungen des oberflächennahen Gesteins
- Böden sind locker, in der Regel humos und immer belebt
- Böden haben einen typischen Aufbau

Böden sind die oberste Verwitterungszone der Erdkruste, die von unbeschreiblich vielen Organismen belebt ist, Biomasse produziert und u. a. Menschen und Tieren als Nahrung und/oder Lebensraum dient. Die Leistungsfähigkeit dieses Lebensraumes basiert abgesehen vom Klima im Wesentlichen auf der Fähigkeit der Wasserspeicherung im Wurzelraum und der Verfügbarkeit von Nährstoffen durch Verwitterung von Gestein und biotischer Substanz. Unsere Böden bestehen daher aus „erschlossenem“ Mineralboden und Humus sowie etwa zur Hälfte aus Hohlräumen (Poren), die mit Bodenwasser und Luft gefüllt sind, und einer immens reichhaltigen Lebewelt, die für Verwesung und Nährstofftransfer verantwortlich ist. Die Bodendecke ist sehr „dünnhäutig“, in Mitteleuropa nur wenige Dezimeter mächtig, und bedarf langer Zeiträume der Genese.

Faktoren und Prozesse der Bodenbildung

Zur individuellen Ausprägung der Pedogenese führt das komplexe Zusammenspiel der „bodenbil-

denden Faktoren (Abb. 1). Da die Bodenbildung ein Verwitterungsprozess ist, kommt dem **Klima** – vor allem global betrachtet – eine vorrangige Funktion zu. Hessen ist der Zone der Braunerden (Cambisole) zugeordnet. Eng gekoppelt mit den klimatischen Rahmenbedingungen sind die Faktoren **Flora** und **Fauna** sowie **Wasserhaushalt**. Böden bestehen fast immer aus „Erde“, sie haben also eine mineralische Komponente. Daher spielen das **Gestein** und die Lage im landschaftlichen **Relief** eine bedeutsame Rolle. Da der **Mensch** zunehmend in den Naturhaushalt eingreift, besonders großflächig z. B. durch die agrarische, vornehmlich ackerbauliche Nutzung, verändert er auch die Böden. Die Variabilität dieser bodenbildenden Faktoren und ihre wechselnde Wirkungsintensität führen im Verlaufe der **Zeit** schließlich zur Vielfalt der Bodenformen.

Infolge der pedogenetischen Prozesse gewinnt der Boden neue Merkmale und Eigenschaften im Unterschied zum unverwitterten Gestein, unabhängig ob es sich um Locker- oder Festgestein handelt. Initial werden die Ausgangsgesteine der Bodenbildung schnell von Vegetation und Bodentieren besiedelt, die durch Streuabbau und Bioturbation für den Aufbau eines Humuskörpers sorgen. Unter dem Humushorizont entsteht nach und nach der durch Oxidation des Eisens verbrauchte Unterboden, parallel wird die Feinerdematrix durch Lösungsverwitterung (wenn erforderlich) entkalkt. Dabei freigesetzte Restsubstanzen verlehmen den Boden mit Residualton. Mit weiter absinkendem pH-Wert setzt Hydro-

lyse ein. Vor allem die chemisch intensive Silikatverwitterung greift die gesteinsbildenden Minerale der Bodenmatrix an und setzt u. a. pflanzenverfügbare Nährstoffe frei. Andere Zersetzungsprodukte verbinden sich zu Bausteinen neuer Tonminerale wie Illit oder Montmorillonit, deren Sorptionsfähigkeiten z. B. die Nährstoffbevorratung im Boden ganz wesentlich verbessern. Im weiteren Verlauf der Pedogenese werden z. B. Tonminerale mobil und wandern aus dem Ober- in den Unterboden. Aber auch organische Stoffe können mit fortschreitender Versauerung in Lösung gehen und sich zusammen mit mobilisiertem Aluminium und Eisen verlagern (Podsolierung). Gleichzeitig verändern bodenphysikalische Prozesse die Bodenstruktur, es werden verschiedene, z. T. komplexe Gefüge gebildet wie z. B. Säulen-, Krümel-, Polyeder- oder Prismengefüge.

nika, die durch fließendes Wasser, Wind, oder Solifluktion abgelagert wurden, sowie Torfe der Moore die größte Rolle. Sie können als metermächtige, quasi homogene Sedimente vorliegen oder als Gesteinsgemische wie die jüngeren pleistozänen Solifluktionsdecken, in denen sich z. B. Löss oder Laacher-See-Tephra zumindest noch mineralogisch nachweisen lassen. In der Bodenübersichtskarte Hessen (Abb. 2) wird die Verteilung in Hessen offenkundig.

Zu den Flussablagerungen zählen vornehmlich die feinkörnigen warmzeitlichen Auen- und eiszeitlichen Hochflutablagerungen (Einheiten 1, 3, 4), die Kies- und Schotterlagen abdecken. Die äolischen Ablagerungen spielen für die Bodenbildung und das Leistungsvermögen unserer Böden eine ganz besondere Rolle. Entstanden sind sie durch Auswehung

der riesigen Schotter- und Kiesfluren unserer Flüsse, in denen sich das Gesteinszerreibsel nach der Zurundung der Steine sammelte. Die gröberen Anteile wurden als Flugsand unweit der Flüsse wieder sedimentiert (Einheit 5), der Staub als Löss oder Sandlöss jedoch weit im Lande verteilt (Einheit 6). Die bevorzugten Agrarstandorte Hessens sind an den Löss gebunden. Zusätzlich sollten die vulkanischen Aschen des jüngsten Vulkanausbruchs in Deutschland, dem heutigen Laacher See bei Mayen in der Osteifel, vor ca. 12 880 Jahren erwähnt werden, die in Hessen überall nachweisbar sind

(Einheit 9). Auch dort, wo Festgestein als unverwitterter Untergrund oberflächennah ansteht, entwickelten sich die Böden in der Regel nicht direkt aus diesen Gesteinen, sondern aus periglaziär gebildeten (Geli-)Solifluktionsdecken, die als „Lagen“ gegliedert werden (restliche Einheiten außer Einheit 2). Das

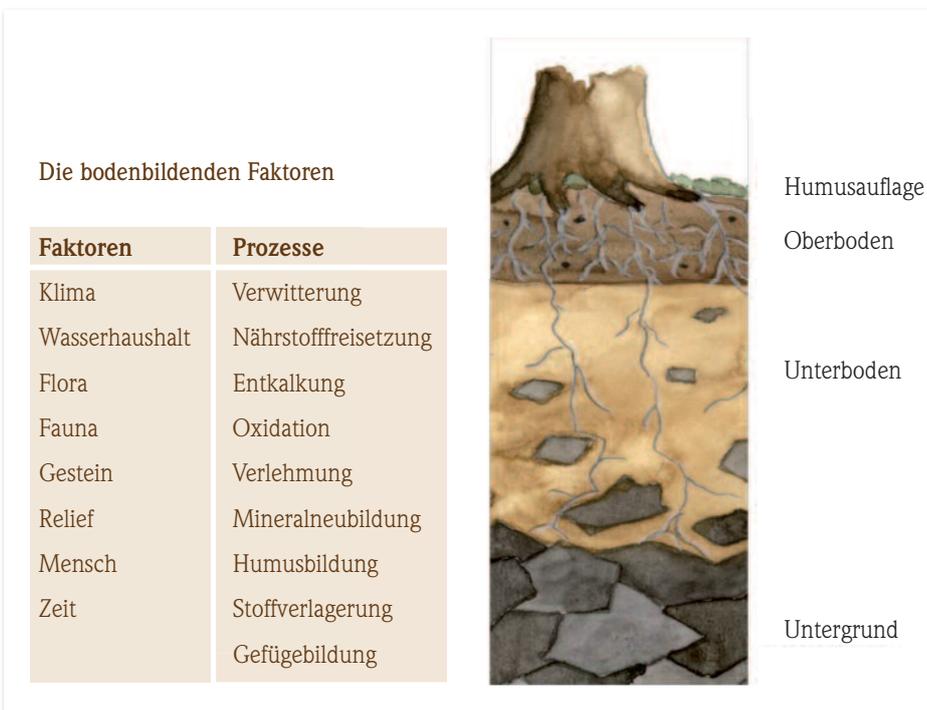


Abb. 1: Bodenbildende Faktoren und Prozesse.

Das Ausgangsgestein der Bodenbildung

Abgesehen von dem globalen Faktor Klima, prägt vor allem das Ausgangsgestein die Bodenbildung. In Hessen spielen als bodenbildendes Gestein durchweg stratigraphisch jüngere Lockergesteine/Orga-

Bodenübersichtskarte Hessen

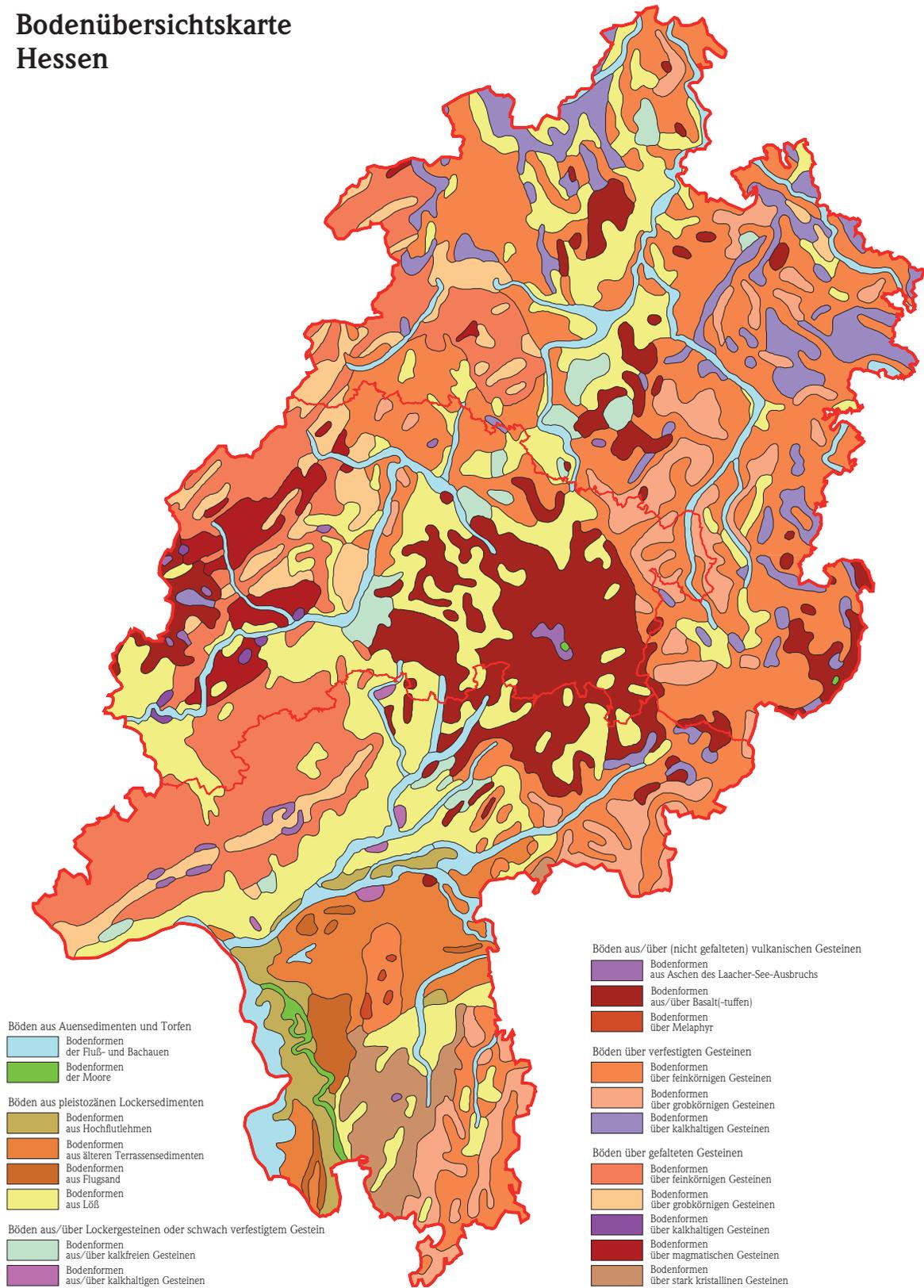


Abb. 2: Bodenübersichtskarte Hessen.

Bodenausgangsgestein ist durch die Zerrüttung der anstehenden Gesteine durch intensive Bodengefrorenis während der Eiszeiten entstanden. Zugleich wurden Flugsand und vor allem Löss und Sandlöss angeweht und allmählich mit den Gesteinsbruchstücken vermischt. Während der sommerlichen Auftauphasen taute das oberflächennahe Gesteinsgemisch wenige Dezimeter tief auf und bewegte sich langsam breitartig hangabwärts. Mit Beginn der derzeitigen Warmzeit taute auch der tiefere Untergrund auf, das frei werdende Wasser konnte versickern, Vegetation kam auf und der eiszeitliche Prozess des Bodenfließens wurde immobilisiert. Dieser im Bergland allgegenwärtige Vermischungsvorgang hat erhebliche Auswirkungen auf den Stoffhaushalt der Böden, die von der Geochemie des Anstehenden dann deutlich abweichen. Besonders offenkundig wird dies, wenn der Schutt Gesteinsgrenzen überwandert hat.

Die besondere Betonung des Lösses auch als äolische Fremdkomponente in den Solifluktsdecken begründet sich auf seine pedogenetisch wirksamen Eigenschaften. Im Vergleich zum überwiegend als Grobboden vorliegenden Schutt des anstehenden Gesteins besteht der Flugstaub überwiegend aus der Korngröße Schluff mit untergeordnet wechselnden Anteilen Ton und Sand. Die Fähigkeit zur Speicherung pflanzenverfügbaren Wassers ist in diesem bodenartigen Spektrum nahezu optimal. Desweiteren ist die Größe der reaktionsfähigen Oberfläche des Schluffes um ein Vielfaches größer als die des Grobbodens und erhöht infolge dessen das Potenzial der Nährstofffreisetzung durch Lösungsverwitterung ganz erheblich, aber auch der Tonmineralneubildung und Sptionsfähigkeit. Leider wird der Löss auch besonders leicht aquatisch verspült, so dass gerade auf den bevorzugten Ackerbaustandorten Bodenerosion zu befürchten ist.

In der Einheit 2 werden Nieder- und Hochmoore aus biogenem Torf zusammengefasst. Der Vollständigkeit halber seien weitere Bodenausgangssubstrate erwähnt, die für das Bodenmosaik lokal von Bedeutung, aber nicht großflächig zusammenhängend verbreitet sind. Dazu zählen Schwemmfächersedimente, Abschwemmmassen und Kolluvien, ver-

stürzte Schutte, Rutschmassen sowie anthropogene künstliche Materialien.

Die Entwicklung der Böden in Hessen

Mit der allmählichen Klimaverbesserung in der Spätphase der letzten Kaltzeit wurde die Kältestarre überwunden und es setzten schon schwache Humusbildung und erste pedogen relevante chemische Veränderungen ein. Dazu zählen sicher eine initiale Entkalkung und Oxidation des solifluidal bewegten Lösses, vor allem in den feuchteren Landesteilen und im Bergland. In der trocken-kalten Lösstundra der Wetterau dagegen dürfte die Bodenbildung kaum über das Stadium von Pararendzina hinausgegangen sein. Mit dem Beginn der heutigen Warmzeit setzte unter vergleichsweise kontinentaleeren Klimabedingungen in den niederschlagsarmen Börden und Beckenlagen auf Löss und lössähnlichen Sedimenten eine Schwarzerdeentstehung ein, deren Relikte u. a. noch in der Wetterau und in der Fritzlarer Börde, aber auch auf den ältesten Auenablagerungen des Rheins erhalten sind. Wahrscheinlich herrschten damals lichte, krautreiche Wälder vor, in denen die später einwandernde, stark beschattende Buche fehlte. Außerhalb der Trockeninseln und mit zunehmender Humidität wird es natürlich auch im Frühholozän schon Übergangsbodenformen bis hin zur Parabraunerde gegeben haben, ohne dass sich die damaligen Grenzen der beiden Bodengesellschaften heute noch verlässlich rekonstruieren lassen.

Bis zu diesem Zeitpunkt hatte der nomadisierende Mensch als Jäger und Sammler kaum bodenverändernd in den Naturraum eingegriffen. Dies änderte sich grundsätzlich mit der die Sesshaftigkeit und den Ackerbau begleitenden Rodungstätigkeit der linearbandkeramischen Kultur im frühen Atlantikum. Vollkommen natürliche Ökotope wurden von da an immer mehr zurückgedrängt und sind heutzutage auf Extremstandorte begrenzt, während die Folgen des kulturellen Handelns des Menschen durch die Veränderung von Flora und Fauna sowie der Böden manifest wurden. Offenkundig bevorzugt wurden von dieser ersten Ackerbau treibenden Gesellschaft die Schwarzerdegebiete und ihre Über-

gänge zur Parabraunerde, in denen sich schnell die Wälder lichteteten, die Bodenoberfläche aufgebrochen und erosive Bodenumlagerungen ausgelöst wurden.

Im Laufe des Atlantikums wurde auch Hessen von der überregional zunehmenden Ozeanität des Klimas beeinflusst. Infolge dessen sank der pH-Wert, setzten verstärkt Humusabbau, Silikatverwitterung, Tonmineralneubildung und –verlagerung ein, was die Degradation der Schwarzerde einleitete und regional bis hin zur Parabraunerdegenese führte. In vielen Parabraunerdegebieten (z.B. südliche Wetterau, Untermaingebiet) bezeugen heute nur noch die unter Kolluvien begrabenen fossilen Bodenrelikte die einst ungleich größere Verbreitung schwarzerdeartiger Böden im Alt- und Frühholozän. Mit der Entwicklung und Verbreitung der Metallverarbeitung seit dem späten Neolithikum nahm auch die Rodungstätigkeit im Bergland erheblich zu. Siedlungsschwerpunkte waren aber nach wie vor die ertragreichen Agrargebiete aus Löss z. B. der Wetterau, die von den Römern gezielt kultiviert und ihrem Herrschaftsbereich eingegliedert wurde.

Getragen von der Klimagunst und der Bevölkerungsexplosion setzte spätestens im Hochmittelalter mit der Binnenkolonisation in großem Stil die Rodung der Mittelgebirgswälder ein. In Ermangelung einer nachhaltigen Forstwirtschaft hatte die Zerstörung des Großteils des Waldbestandes katastrophale Folgen. Die Bodenerosion nahm jetzt auch im Bergland sprunghaft zu und verschüttete die Auen mit gewaltigen Sedimentmengen. Auf den ohnehin kargen Gebirgsstandorten beschleunigte die Entwaldung und Übernutzung die Nährstoffverarmung und den Humusabbau und infolge dessen die Versauerung und Podsolierung. Daneben führte das erhöhte Bodenwasserdargebot zu Staunässe (Pseudovergleyung). Die Folgen des exzessiven Raubbaus und der Devastierung gerade der Berglandschaften wurden durch das „Little-Ice-Age“ (von ca. 1450 bis 1850), einer markanten Klimaverschlechterung des Spätmittelalters und der frühen Neuzeit, so verstärkt, dass der steten Kulturlandausweitung eine anhaltende, durch sozio-ökonomische Wandlungen und Kriegswirren noch verschärfte Wüstungsperiode

folgte, in der die landwirtschaftliche Ökumene deutlich zurückgenommen werden musste.

Im Zuge der Industrialisierung entwickelte sich die heutige Forstwirtschaft und es wurden bevorzugt aufgelassene und erosionsträchtige Agrarstandorte wieder bestockt. Vor allem der Humuskörper erholte sich und eine Regradation der übernutzten Böden wurde eingeleitet. Die einfacheren Anbaumethoden, die gesicherte Versorgung mit Saatgut, die große Nachfrage nach Bauholz und ihre Toleranz gegenüber den „ausgelaugten“ Böden führten aber auch dazu, die versauerten und staunassen Flächen bevorzugt mit schnellwüchsigen und anspruchslosen Koniferen zu bestocken, die längerfristig den latenten Bodenversauerungsprozess und die Podsolierungstendenz sogar noch verstärkten. Infolge dessen baute sich vor allem in den Hochlagen der Mittelgebirge eine mächtige Humusaufgabe auf, die regional bis zum Rohhumus angewachsen ist.

Bodenbelastungen

Zu den jüngsten, profilprägenden Prozessen zählen die Krümmenvertiefung durch die moderne Pflugtechnik, Oberbodenverdichtung durch unsachgemäßen Maschineneinsatz im Feld wie im Wald oder zunehmend der völlige Verlust von Böden durch Abgrabung oder Überbauung. Zugleich erlaubt die Technik immer schnellere, immer umfangreichere Erdbewegungen. Verfüllung, Rekultivierung und Bodenaufbringungsmaßnahmen sowie Landschaftsmodellierungen schaffen stetig neue Oberflächen, also neue Böden. Als „Stadtböden“ eröffnen sie völlig neue Bodenwelten, deren Ausgangssubstrate künstlich, deren Vergesellschaftung zufällig, deren Eigenschaften und Merkmale extrem heterogen sind. In der Gegenwart werden die Immissionen besonders beklagt, die vor allem die bewaldeten Böden der Hochlagen mit exorbitant hohen Metallfrachten sowie organischen und anorganischen Verbindungen belasten und in den Auflagehorizonten oder den Oberböden schon toxische Konzentrationen erreichen können. Parallel dazu schwächen eingetragene Säuren die Pufferfähigkeit der Böden, die so ihre Wirksamkeit als Schadstoffsenke verlieren und in der Folge gar zur Schadstoffquelle mutieren

können. Die Auswirkungen lassen sich derzeit noch nicht in ihrer Tragweite überblicken. Dies gilt auch für gezielt ausgebrachte Stoffe, deren Wirkung und

Abbau erprobt und bewährt, deren Metabolite aber oft nur wenig bekannt sind.

Erfahrungen mit ökotoxikologischen Testsystemen bei der Beurteilung kontaminierter Standorte

JÖRG RÖMBKE & STEPHAN JÄNSCH

1 Einleitung: Grundlagen einer Beurteilungsstrategie

Seit der Verabschiedung des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG) 1998 gibt es klare Vorgaben hinsichtlich der Beurteilung von Böden und Bodenmaterialien. Die vom BBodSchG abgedeckten Schutzgüter (§ 2, Abs. 2) sind in Abb. 1 schematisch wiedergegeben. In der 1999 verabschiedeten Bundes-Bodenschutzverordnung (BBodSchV) sind für die Umsetzung der gesetzlichen Vorgaben nur chemische Methoden bzw. chemisch abgeleitete Bodenwerte aufgeführt. Neben den rechtlichen Regelungen auf Bundesebene gibt es eine Vielzahl von untergesetzlichen Vorgaben zur Beurteilung von Böden und Bodensubstraten wie z. B. die „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen – Technische Regeln“ der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA). Ihnen allen ist gemeinsam, dass die Beurteilung der Bodenqualität ausschließlich chemisch, d. h. über die Bestimmung der Konzentration einer kleinen Zahl von Chemikalien erfolgt. Allerdings könnten ökotoxikologische

Tests zur Beurteilung der Funktion des Bodens als Lebensraum für Bodenorganismen (Pflanzen, Bodentiere, Mikroorganismen: Lebensraum- bzw. Habitatfunktion) und seiner Funktion zum Schutz des Grundwassers (Rückhaltefunktion) eingesetzt werden.

Die Beurteilung von Böden bzw. Bodenmaterialien allein anhand von chemischen Kriterien wird aus verschiedenen Gründen zunehmend kritisiert, weil

- die Anzahl der in den rechtlichen Vorgaben behandelten Stoffe (ca. 15 Schwermetalle und ca. 10 Organika) im Vergleich zur Zahl der möglichen Kontaminanten sehr klein ist;

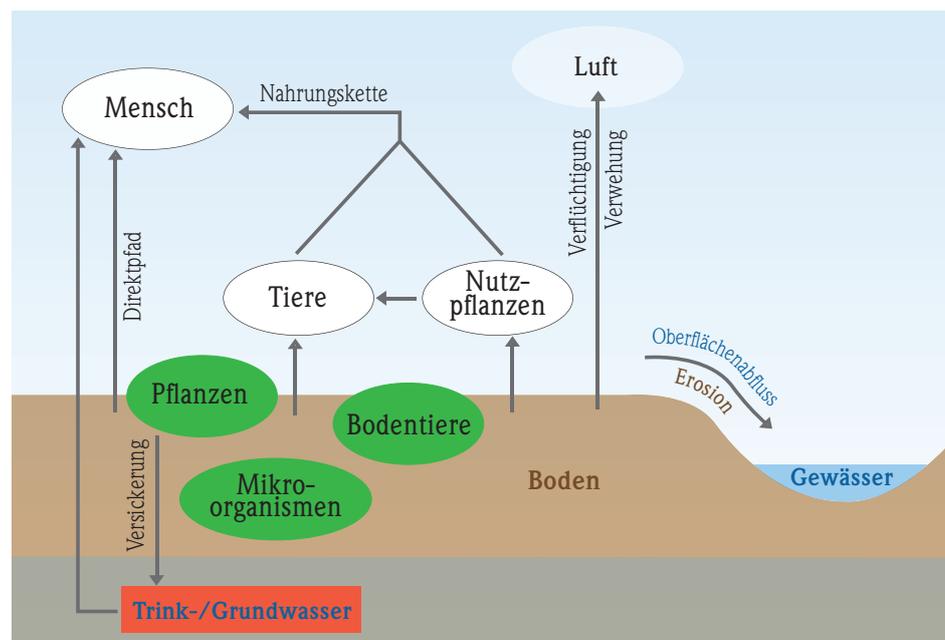


Abb. 1: Schutzgüter des BBodSchG (KÖRDEL et al. 2000). Rot: Retentionsfunktion; Grün: Habitatfunktion.

- per definitionem alle nicht-gemessenen Stoffe bei der Beurteilung nicht einbezogen werden;
- insbesondere alle Wirkungen nicht erfasst werden, die durch die Interaktion von mehreren Schadstoffen (Mischungen) auftreten;
- maximal drei von vier Wirkungspfaden des BBodSchG abgedeckt werden, denn der Pfad Boden → Bodenorganismen (d. h. die Funktion als Lebensraum für Bodenorganismen) ist nicht berücksichtigt.

Generell ist es also nicht möglich, anhand von Chemikalienkonzentrationen allein die biologische Qualität des jeweiligen Bodens vorherzusagen, da je nach Stoffgemisch, den möglicherweise betroffenen Organismen und den jeweiligen Umweltbedingungen ein unterschiedlicher Anteil der Chemikalien bioverfügbar ist und damit auch die jeweilige Wirkung stark differieren kann.

Aus den genannten Gründen liegt es daher nahe, den bisher angewendeten chemischen Beurteilungsansatz durch biologische, ökotoxikologische Methoden zu ergänzen (NICHT zu ersetzen!). Durch die Anwendung biologischer wirkungsbezogener Methoden zur ökotoxikologischen Charakterisierung

von Böden und Bodenmaterialien werden die integrativen Effekte aller im Boden enthaltenen Schadstoffe pfadbezogen unter Berücksichtigung ihrer Bioverfügbarkeit erfasst. Unter anderem können hieraus Empfehlungen für die Nutzung kontaminierter bzw. sanierter Standorte, für die (Wieder-)Verwertung behandelter Böden und Bodenmaterialien oder für die Entsorgung kontaminierter Bodenmaterialien abgeleitet werden. Damit leistet ein Kombinationsansatz zugleich einen Beitrag zum nachhaltigen Umgang mit Böden und Bodenmaterialien. Die wissenschaftlichen Grundlagen für einen Kombinationsansatz wurden in den letzten Jahren erarbeitet und haben sich inzwischen in drei international verbindlichen Richtlinien niedergeschlagen (ISO 15799, 2005; ISO 17616, 2007; ISO 17402, 2009).

Bei der Einführung ökotoxikologischer Methoden in die Beurteilung kontaminierter Böden sind die Anforderungen der Praxis besonders zu berücksichtigen; d. h. ihre Verwendung sollte

1. eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit des Umgangs mit belastetem Boden (z.B. durch eine andere Entsorgung) erlauben;
 2. die (Rechts-)Sicherheit bei der Klassifikation von Bodenmaterial erhöhen;
 3. die Effizienz bei Sanierungsmaßnahmen (Erst- und Endbeurteilung) verbessern.
- Diese Vorteile müssen unter Praxisbedingungen, z. B. anhand von Pilotstudien, belegt werden.

Ausgehend von den gegenwärtig gültigen rechtlichen Vorgaben sowie unter Einbeziehung biologisch-ökotoxikologischer Methoden lässt sich die Beurteilung von Böden und Bodenmaterialien an einem konkreten Standort in vier Schritte einteilen (dabei ist zu beachten,

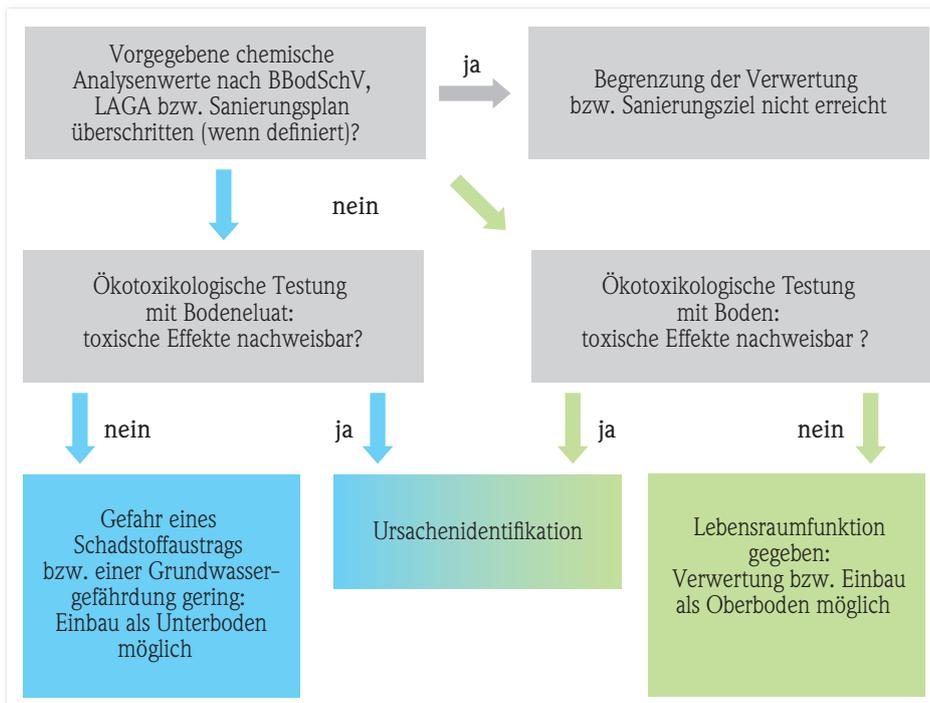


Abb. 2: Vorstellung einer Beurteilungsstrategie (ISO 17616).

dass einzelne (Zwischen-) Schritte je nach Datenlage bzw. Zwischenergebnissen mehrfach durchlaufen werden können):

1. Standortbeschreibung: Zusammenstellung aller relevanten Informationen zu dem zu beurteilenden Standort bzw. Boden inklusive der Klärung der geplanten Nutzung des Bodens bzw. Standorts und damit Identifikation der Schutzziele sowie der Wirkungspfade;
2. Zusammenstellung einer standortspezifischen Testbatterie;
3. Beurteilung: chemisch, d.h. auf der Grundlage rückstandsanalytischer Daten (Gesamtgehalte); biologisch: Anwendung von standardisierten (= ISO) ökotoxikologischen Tests, getrennt nach Rückhalte- und Lebensraumfunktion);
4. Gesamtbeurteilung von Rückhalte- bzw. Lebensraumfunktion anhand aller vorliegenden chemischen und biologischen Daten.

Schritt 1 entspricht dem heute üblichen Vorgehen. Bei den hier ergänzend aufgeführten ökotoxikologischen Untersuchungen handelt es sich um ein Vorgehen, wie es auch in der ISO Richtlinie 17616 vorgeschlagen wird (Abb. 2).

2 Methodischer Ansatz: Das Projekt ERNTE

Oberstes Ziel des BMBF-Projekts ERNTE war die Schaffung der Voraussetzungen für die praktische Anwendbarkeit biologischer Methoden in der Praxis (Römbke et al. 2006a). Im Einzelnen:

- sollten diese Tests routinemäßig zur effizienteren Beurteilung von Böden bzw. Bodenmaterialien in Ergänzung bestehender chemischer Methoden genutzt werden;
- sollte die Effizienz der Testanwendung durch eine Verkürzung der Testdauer und die Entwicklung spezifischer Automatisierungs- und Auswertungssoftware gesteigert werden;
- sollte durch die Identifikation der Grenzen der Anwendbarkeit einzelner Testmethoden eine Steigerung der Aussagesicherheit (d. h. Belastbarkeit der Testergebnisse) erreicht werden.

Finales Ziel des ERNTE-Verbundprojekts war die Erstellung einer Handlungsempfehlung, in der Vorschläge zum Einsatz biologischer Methoden in der Bodenbeurteilung sowie praktische Erfahrungen aus zwei Hamburger Fallstudien zusammengefasst werden (Römbke et al. 2006b).

ERNTE-Verbundpartner waren die ECT Ökotoxikologie GmbH Flörsheim, die Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, die Freie Universität Berlin, das Fraunhofer Institut Schmallenberg, die Hölle & Hüttner AG Tübingen sowie die Fintelmann & Meyer GmbH Hamburg.

3 Ökotoxikologische Tests: Terrestrische Verfahren

Im Folgenden werden die im Projekt ERNTE verwendeten bzw. verbesserten terrestrischen Testverfahren für die Beurteilung der Habitatfunktion kurz vorgestellt (aus Platzgründen entfällt die Behandlung der aquatischen Tests zur Beurteilung der Retentionsfunktion).

Bakterienkontakttest (ISO 10871; 2008)

Testprinzip:	Labortest zur Bestimmung der Toxizität von Chemikalien und Umweltproben (Böden, Sedimente) auf Bodenbakterien
Testsystem:	Einzelspeziesstest mit dem Bodenbakterium <i>Arthrobacter globiformis</i> in einer Boden- bzw. Sedimentsuspension
Testdauer:	6 h
Testparameter:	Erfassung der Hemmung der Dehydrogenaseaktivität des Testbakteriums nach 2 h Inkubation mit dem Bodenmaterial über die Resazurinreduktion
Wassergehalt:	Naturfeucht bzw. 40–60 % der WHK_{max} (Chemikalienprüfung)
pH – Wert:	Pufferung auf pH = 6–9 während der Reaktionszeit
Temperatur:	30 °C
Lichtbedingungen:	dunkel
Substratversorgung:	Substratsättigung durch Nährmedium

Testgefäße: Mikrotiterplatten (24 well)
 Substrat pro Well: 0,6 g Feuchtgewicht
 Validitätskriterien: Anstieg der Fluoreszenz in der Kontrolle um mindestens den Faktor fünf, Hemmung der Positivkontrolle >30 % und <80 %

Regenwurm-Vermeidungstest (ISO 17512-1; 2007)

Testprinzip: Labortest zur Bestimmung der Verhaltenstoxizität von Chemikalien oder Böden auf Regenwürmer
 Richtlinie: ISO/DIS 17512
 Testsystem: 10 adulte, 300–600 mg schwere *Eisenia andrei* pro Testgefäß (5 Replikate)
 Testdauer: Ursprünglich: 48 h; hier verkürzt zu 24 h
 Testparameter: Fluchtverhalten bestimmt einmalig am Testende
 Wassergehalt: 40–60 % der WHK_{max} *
 pH – Wert: 5,5–6,5 *
 Temperatur: 18–22 °C *
 Lichtbedingungen: 16 h hell (400–800 Lux), 8 h dunkel *
 Fütterung: Keine
 Testgefäße: Bellaplast, 11 x 15,5 x 6 cm
 Substrat pro Gefäß: 500 g Trockengewicht
 Validitätskriterien: Mortalität ≤ 10 % pro Testgefäß.

Regenwurm-Reproduktionstest (ISO 11268-2; 1998)

Testprinzip: Labortest zur Bestimmung der chronischen Toxizität von Chemikalien oder Böden auf Regenwürmer
 Richtlinie: ISO 11268-2
 Testsystem: 10 adulte, 300–600 mg schwere *Eisenia andrei* pro Testgefäß; vier Replikate
 Testdauer: 56 d
 Testparameter: Mortalität und Biomasseentwicklung nach 28 Tagen; Reproduktion nach 56 Tagen
 Wirkkriterium: 50 % Unterschied der Reproduktion im Vergleich zur Kontrolle
 Wassergehalt: 40–60 % der WHK_{max} *
 pH-Wert: 5,5–6,5 *
 Temperatur: 18–22 °C *

Lichtbedingungen: 16 h hell (400–800 Lux), 8 h dunkel *
 Fütterung: wöchentlich 5 g Rinderdung
 Testgefäße: Bellaplast, 11 x 15,5 x 6 cm
 Substrat pro Gefäß: 500 g Trockengewicht
 Validitätskriterien: Mortalität ≤ 10 % und Reproduktion ≥ 30 Juvenile/ Testgefäß in der Kontrolle; Variationskoeffizient für Reproduktion ≤ 30 %.

Collembolen-Reproduktionstest (ISO 11267; 1999)

Testprinzip: Labortest zur Bestimmung der chronischen Toxizität von Chemikalien oder Böden auf Collembolen
 Richtlinie: ISO 11267
 Testsystem: Zehn, 10–12 Tage alte *Folsomia candida* pro Testgefäß
 Testdauer: 28 d
 Testparameter: Mortalität und Reproduktion nach 28 Tagen
 Wirkkriterium: 50 % Unterschied der Reproduktion im Vergleich zur Kontrolle
 Wassergehalt: 40–60 % der WHK_{max} *
 pH – Wert: 5,5–6,5 *
 Temperatur: 18–22 °C *
 Lichtbedingungen: 16 h hell (400–800 Lux), 8 h dunkel *
 Fütterung: Testbeginn und nach 14 Tagen 2 mg Hefe
 Testgefäße: Glas, 200 mL
 Substrat pro Gefäß: 30 g Feuchtgewicht
 Validitätskriterien: Mortalität ≤ 20 % und Reproduktion ≥ 100 Juvenile/ Testgefäß in der Kontrolle; Variationskoeffizient für Reproduktion ≤ 30 %.

Pflanzen-Wachstumstest (ISO 22030; 2004)

Testprinzip: Labortest zur Bestimmung der akuten und chronischen Toxizität von Chemikalien oder Böden auf das Wachstum höherer Pflanzen
 Testsystem: Stoppelrübe, *Brassica rapa* (schnellwüchsig), 10 Samen pro Replikate

Testdauer:	35 Tage nach Aussaat
Testparameter:	Bestimmung der Auflafrate innerhalb der ersten Woche; nach 14 Tagen Zwischenbonitur an Teilernte; Endpunkte: Frischgewicht, Sprosslänge, visuelle Schäden; nach 35 Tagen Endbonitur mit Erfassung der Samenschoten; Endpunkte: s.o. plus Samenschoten, Sprosslänge
Testsubstrat:	Variabel: LUFÄ Sp2.2, OECD-Kunsterde, unbelasteter Referenzboden, 800 ± 10 g Frischgewicht Boden/Replik
Testbedingungen:	Lichtzyklus: 16/8 Stunden hell/dunkel; Lichtintensität: 11 000–15 000 lx; Temperatur: 23 ± 3 °C
Düngung:	Substral Pflanzen-Nahrung (Scotts Celflor GmbH und Co. KG, Ingelheim); Verdünnung: 25 mL Dünger in 10 L demin. Wasser
Arbeiten im Test:	Versorgung mit Düngerlösung, Randomisieren der Testgefäße, Bestäuben der Blüten
Validitätskriterien:	Auflafrate von ≥75 % in den Kontrollgefäßen

primär auf der Grundlage rückstandsanalytischer Daten (Gesamtgehalte);

- Bewertung nach den in ERNTE erarbeiteten Verfahren (hier nur: Habitatfunktion);
- Gesamtbewertung: Analytik und Ökotoxikologie zusammen bzw. im Vergleich.

Die Ergebnisse einer zweiten Fallstudie (Hamburg-Schlachthofstrasse) sind hier aus Platzgründen nicht darstellbar [siehe RÖMBKE et al. (2006a,b) für Details].

4.1 Der Standort Hamburg-Grasbrook

Bei der Fläche handelt es sich um das ehemalige Betriebsgelände des ältesten Hamburger Gaswerkes am Standort „Grasbrook“ (Betriebszeit: 1844–1976; Fläche: 45 000 m²). Wie bei vielen ehemaligen Gaswerken ist der Untergrund stark mit organischen Verunreinigungen wie Teerölen, Benzol und PAKs belastet. Saniert wurde das Gelände durch einen umfassenden Bodenaushub. Insgesamt wurden rund 370 000 m³ Boden ausgehoben und auf Deponien gelagert oder in thermischen Anlagen behandelt (Kosten: ca. 20 Mio. Euro). Das Bodenmaterial wurde noch vor Ort nach Belastung und physikalischer Beschaffenheit (z. B. Klei, Bauschutt) auf unterschiedliche Halden sortiert. Die Einteilung des Belastungsgrades erfolgte zunächst olfaktorisch, wurde jedoch anschließend chemisch-analytisch anhand einer PAK-Analyse verifiziert. Es wurden drei PAK-Kontaminationsklassen festgelegt: Klasse I (<100 mg/kg), Klasse II (100–200 mg/kg) und Klasse III (>200 mg/kg). Diese Einteilung orientierte sich an der Zielvorgabe, das Material zur Entsorgung auf

4. Fallstudien: Das Beispiel Hamburg

Die Bewertung der in ERNTE getesteten Hamburger Fallstudie erfolgte in drei Schritten:

- Bewertung nach dem heutigen Stand der gesetzlichen Vorgaben (z. B. BBodSchV 1999),

Tab. 1: Schritt 1: Ergebnis der Bewertung der Halden der Fallstudie Grasbrook anhand der drei PAK-Klassen [Konzentrationen (mg/kg) in Klammern]. Das Material der Halden S-1B sowie S-3B wurde biologisch behandelt. Vorsorgewert laut BBodSchV (1999) = 20 mg/kg.

Halde	1A	1C	1D	1E	2A	3A
PAK-Klasse	I (10)	I (16)	I (16)	I (22)	II (110)	III (210)
Halde	3B	2B	1B	3C	S-1B	S-3B
PAK-Klasse	III (215)	III (220)	III (237)	(11 00)	I (50)	I (68)

Deponien der Deponieklassen der TA Siedlungsabfall (Anhang B), TA Abfall (Anhang D) bzw. DepV zuordnen zu können. Material mit >200 mg/kg (Klasse III) wurde vor der Deponierung einer biologischen Behandlung zugeführt. Material mit >1000 mg/kg PAK ging in die Verbrennung. Insgesamt wurden Proben von 12 Halden genommen, von denen zwei vorher biologisch behandelt wurden (Tab. 1).

Das Ergebnis der Bewertung der 12 Halden vom Standort Hamburg-Grasbrook hinsichtlich ihrer

Habitatfunktion ist Tab. 2 zu entnehmen. Aufgrund dieser Ergebnisse zeigen sich erhebliche Unterschiede in der Empfindlichkeit der einzelnen Testsysteme. Demnach reagieren die Pflanzen am geringsten, während der Regenwurm-Vermeidungstest am sensitivsten ist. Diese Unterschiede korrespondieren gut mit der Belastungssituation (z. B. ist die geringe Wirkung von PAKs auf Pflanzen aus Labortests bekannt). Zugleich belegen die Ergebnisse die Notwendigkeit des Einsatzes einer Testbatterie, um mögliche Wirkungen auch erkennen zu können.

Tab. 2: Schritt 2: Bewertung der Halden der Fallstudie Grasbrook mittels 5 ökotoxikologischer Tests. Das Ergebnis ist farblich kodiert: Dunkelgrau = Wirkkriterium des Tests überschritten; Hellgrau = Wirkkriterium nicht überschritten. Halden S-1B und S-3B: biologisch behandelt.

Test / Halde	1A	1C	1D	1E	2A	3A
Bakterienkontakt						
Regenwurmvermeidung						
Regenwurmreproduktion						
Collembolenreproduktopn						
Pflanzenwachstum						

Test / Halde	3B	2B	1B	3C	S-1B	S-3B
Bakterienkontakt						
Regenwurmvermeidung						
Regenwurmreproduktion						
Collembolenreproduktopn						
Pflanzenwachstum						

Tab. 3: Schritt 3: Vergleich der chemischen und ökotoxikologischen Ergebnisse für die Fallstudie Hamburg-Grasbrook. Chemisch (PAK-Konzentrationen): Klasse I (<100 mg/kg); Klasse II (100–200 mg/kg); Klasse III (200–1000 mg/kg); Verbrennung: schwarz; Ökotoxikologisch: Dunkelgrau = Wirkkriterium ≥ 3 Tests überschritten; Mittelgrau = Wirkkriterium in 2 Tests überschritten; Hellgrau = Wirkkriterium in 0 – 1 Test nicht überschritten. Halden S-1B und S-3B: biologisch behandelt.

Halde	1A	1C	1D	1E	2A	3A
Bewertung:chemisch						
Bewertung:ökotoxikologisch						

Halde	3B	2B	1B	3C	S-1B	S-3B
Bewertung:chemisch						
Bewertung:ökotoxikologisch						

Der Vergleich zwischen chemischer und ökotoxikologischer Bewertung zeigt, dass es im Allgemeinen eine gute Übereinstimmung zwischen beiden gibt (Tab. 3); d. h. bei fünf (einschließlich der zwei sanierten) Proben zeigen sich bei geringer PAK-Konzentration auch nur geringe oder keine ökotoxikologische Wirkungen, während bei drei weiteren Proben eine hohe PAK-Konzentration mit mittleren (1B) bzw. hohen (3A, 3B) ökotoxikologischen Wirkungen korrespondierte. Bei den übrigen fünf Proben gab es Abweichungen in beide Richtungen: Bei mittleren bzw. hohen PAK-Konzentrationen traten bei den Proben 2A, 2B und 3C keine ökotoxikologischen Wirkungen auf. Dies ist vor allem bei letzterer ein Beleg für den Zuwachs an Information durch ökotoxikologische Tests, denn die Probe 3C war sehr hoch mit PAKs belastet. Bei der Probe 1C trat dagegen der umgekehrte Fall auf: chemisch war diese Halde nicht auffällig, während das Wirkkriterium in zwei ökotoxikologischen Tests deutlich überschritten war. Fazit dieser Untersuchung ist damit, dass der Sanierungserfolg mit beiden Ansätzen belegbar ist und dass es einen klaren „Mehrwert“ durch die ökotoxikologischen Tests gab, wie das Beispiel des bisher übersehenen Gefährdungspotentials bei der Probe 1C zeigt.

5 Schlussfolgerungen und Ausblick: Die Handlungsempfehlung

Der Nutzen der Kombination von chemischer Analytik und ökotoxikologischen Tests besteht also darin, dass durch die Einbeziehung der Biologie eine größere Sicherheit bei der Entsorgung (Verwertung oder Beseitigung) durch Hinweise auf das Gesamtschadenspotential gegeben wird als bei der alleinigen Nutzung chemischer Daten. Zudem können in bestimmten Fällen auch Aussagen zur Kausalität einer beobachteten Wirkung gemacht werden. Hinsichtlich der Gesamtbeurteilung gibt es bei diesem Kombinationsansatz vier Möglichkeiten:

- Bestätigung der chemischen Analytik
- Hinweis auf höhere Bodenqualität (geringe Verfügbarkeit der Schadstoffe)
- Hinweis auf differenziertere Verwertung (Ober-/

Unterboden; Bodenstruktur)

- Hinweis auf weitere Kontaminanten.

Diese Vorteile können sich nicht zuletzt auch in einer effizienteren und damit unter Umständen auch kostengünstigeren Verwertung von Böden bzw. Bodenmaterialien niederschlagen. Details zu den Ergebnissen von ERNTE, vor allem aber der Anwendung des Kombinationsansatzes wurden in einer Handlungsempfehlung für die Praxis zusammengefasst (RÖMBKE et al. 2006b).

6 Literatur

- BBodSchG (Bundes-Bodenschutzgesetz (1998): Gesetz zum Schutz des Bodens. Bundesgesetzblatt 1998 Teil I Nr. 16; 502-510.
- BBodSchV (Bundes-Bodenschutzverordnung) (1999): Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12. Juli 1999. BGBl I, Nr. 36, 1554-1582
- ISO (International Organisation for Standardization) (1998): Soil Quality – Effects of Pollutants on Earthworms (*Eisenia fetida*). Part 2: Determination of Effects on Reproduction. ISO 11268-2. Genf, Schweiz.
- ISO (International Organisation for Standardization) (1999): Soil Quality – Effects of soil pollutants on Collembola (*Folsomia candida*). Methods for the determination of effects on reproduction. ISO 11267. Genf, Schweiz.
- ISO (International Organisation for Standardization) (2004): Soil Quality – Biological Methods – Chronic Toxicity in Higher Plants. ISO 22030. Genf, Schweiz.
- ISO (International Organisation for Standardization) (2005): Soil Quality – Guidance on the ecotoxicological characterization of soils and soil materials. ISO 15799. Genf, Schweiz.
- ISO (International Organisation for Standardization) (2007): Soil Quality – Guidance for the choice and evaluation of bioassays for the ecotoxicological characterization of soils and soil materials. ISO-Draft 17616. Genf, Schweiz.
- ISO International Organization for Standardization. (2007): Soil Quality – Avoidance test for evaluating the quality of soils and the toxicity of chemicals. Test with Earthworms (*Eisenia fetida/andrei*). ISO 17512-1. Genf, Schweiz.
- ISO (International Organization for Standardization) (2008): Water Quality – Determination of the inhibition of *Arthrobacter globiformis* – Solid contact test

using the redox dye resazurine. ISO/CD 10871. Genf, Schweiz.

ISO (International Organisation for Standardization) (2009): Soil Quality – Guidance on the selection and application of methods for the assessment of bioavailability of contaminants in soil and soil materials. ISO 17402. Genf, Schweiz.

KÖRDEL, W., MÜLLER-WEGENER, U., RÖMBKE, J. & VON DER TRENCK, T. (2000): Anforderungen an physikalisch-chemische und biologische Testmethoden zur Einschätzung von Böden und Bodensubstraten. GDCh Monographie Bd. 20, 284 S.

RÖMBKE, J., EISENTRÄGER, A., HUND-RINKE, K., JÄNSCH, S., NEUMANN-HENSEL, H. & SCHALLNASS, H.-J. (2006a): Erprobung und Vorbereitung einer praktischen Nutzung ökotoxikologischer Testsysteme. SIDUS-Verlag, Limburg, 372 S.

RÖMBKE, J., EISENTRÄGER, A., HUND-RINKE, K., JÄNSCH, S., NEUMANN-HENSEL, H. & WEBER, G. (2006b): Handlungsempfehlung für die ökotoxikologische Beurteilung von Böden. SIDUS-Verlag, Limburg, 43. S.

Danksagung:

Allen Kollegen aus dem Verbundvorhaben ERNTE wird hiermit für ihre engagierte Mitarbeit gedankt. Außerdem danken wir dem Projektträger Jülich (BMBF Jülich No. 0330300) für die Förderung dieses Vorhabens.

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

● Aktuelle Informationen

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

● Altflächendatei

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

- Altablagerungen
- Altstandorte

- Altlastverdächtige Flächen
- Altlasten
- Sonstige Schädliche Bodenveränderungen
- Grundwasserschadensfälle
- Verdachtsflächen

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

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

● Altlastenanalytik

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

● Altlastenbearbeitung

Unter „Grundlagen“ werden die Ziele und der Ablauf der Altlastenbearbeitung in Hessen detailliert dargestellt. Desweiteren werden aktuelle Beiträge

des HLUG zur Untersuchung von Altlasten, zur Grundwassersanierung, zu Schadstofffrachten im Grund- und Sickerwasser sowie zu den natürlichen Abbau- und Rückhalteprozessen im Grundwasser veröffentlicht.

● **Arbeitshilfen**

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

● **Archiv**

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

● **DATUS**

Die Übermittlung von Altflächendaten durch externe Stellen wie Kommunen oder Ingenieurbüros in die Altflächendatei FIS AG (Fachinformationssystem Altflächen und Grundwasserschadensfälle) kann über das Datenübertragungssystem DATUS erfolgen.

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

● **Rechtsgrundlagen und Fachdokumente**

Es stehen Dokumente zu den Themen:

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

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

● **Sachverständige**

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

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

Handbuchreihe Altlasten

Neuerscheinung:

Handbuch Altlasten, Band 6 Teil 3

Sanierungstechniken und -verfahren (2010)

(Dichtwände, Reaktive Wände, Biologische in-situ-Sanierungen) (Volltext verfügbar*)

Die Inhalte dieses Handbuchs sind erstmals 2005 im Band 8 Teil 2 erschienen. Sie wurden unverändert übernommen und als Band 6 Teil 3 neu herausgegeben. Diese Fassung ist nur als Download verfügbar. Der Band 8 Teil 2 ist weiterhin als Druckfassung erhältlich.

Handbuch Altlasten, Band 1 Altlastenbearbeitung in Hessen

(1999)

€ 7,50

Gefährliche Stoffe auf ehemaligen Industriestandorten oder in Abfallablagerungen haben vielfach zu Verunreinigungen in Grundwasser und Boden geführt. Es gilt deshalb gezielt jene Flächen herauszufinden, die saniert werden müssen. Das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie hat den gesetzlichen Auftrag, für Hessen gültige und sinnvolle Regeln und Verfahren der Altlastenbearbeitung zu erarbeiten und zu veröffentlichen.

Die verschiedenen Bände des Handbuchs Altlasten informieren Fach- und Vollzugsbehörden, öffentliche Gebietskörperschaften, Sachverständige und Untersuchungsstellen sowie die interessierte Öffentlichkeit über die technischen und rechtlichen Aspekte der Altlastenbearbeitung; insbesondere angesprochen sind auch Betroffene und Verursacher von Altlasten. Das Handbuch Altlasten dokumentiert den Stand der Technik, ist Arbeitshilfe, Regelwerk und Entscheidungshilfe. Es kann und soll jedoch nicht die individuelle Betrachtung des Einzelfalls ersetzen.

Der Band 1 gibt einen programmatischen Überblick über die Ziele und Konzepte des Landes Hessen bei der Altlastenbearbeitung und informiert über rechtliche, finanz- und datenverarbeitungstechnische Grundlagen. Die Darlegungen beruhen auf dem Hessischen Altlastengesetz. Sobald hessische Regelungen zum Bundes-Bodenschutz-Gesetz und zur Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung getroffen sind, werden sie in einer Neuauflage dieses Handbuchs berücksichtigt.

Handbuch Altlasten, Band 2 Erfassung von Altflächen

Teil 2

€ 7.50

Erfassung von Altstandorten (2003)

Volltext verfügbar *

Das Handbuch Erfassung von Altstandorten wurde in Zusammenarbeit mit dem Planungsver-

* <http://www.hlug.de/start/altlasten> unter Arbeitshilfen

band Ballungsraum Frankfurt/Rhein-Main verfasst. Es richtet sich an die Kommunen und an von diesen mit der Erfassung von Altstandorten beauftragte Dritte.

Die hessischen Kommunen sind nach dem Gesetz verpflichtet, dem HLUG ihre Kenntnisse über die in ihrem räumlichen Zuständigkeitsbereich liegenden Altstandorte mitzuteilen. Diese Daten werden für Planungen, Berichtspflichten und Auskünfte an Betroffene benötigt. Mit Hilfe des in diesem Leitfaden beschriebenen Vorgehens kann der Aufwand für die Altstandorterfassung minimiert werden.

Teil 4 € 7.50

Branchenkatalog zur Erfassung von Altstandorten (2008)

Volltext verfügbar *

Für die systematische Erfassung von Altstandorten (Stillgelegte Anlagen) werden in Hessen die kommunalen Gewereregister herangezogen. Der Branchenkatalog dient der Ermittlung der altlastenrelevanten Betriebe und deren Zuordnung zu Branchen und Branchenklassen. Der Branchenkatalog basiert auf der Klassifikation der Wirtschaftszweige 2003 des Statistischen Bundesamtes und ersetzt das bisherige Handbuch „Codierung und Einstufung von Altstandorten“ von 1996.

Teil 5 nur im Internet*

PC-Programm AltPro (Version 4.1.6) (2009)

Die Altflächendatei ist durch das "Fachinformationssystem Altflächen und Grundwasserschadensfälle in Hessen - FIS AG", bestehend aus dem "Altflächen-Informationssystem Hessen" (ALTIS), der "Analysendatei Altlasten und Grundwasserschadensfälle" (ANAG) und einer Anbindung an ein Geographisches Informationssystem, realisiert.

An diese zentrale Datenbank sind neben dem HLUG die Umweltabteilungen der Regierungspräsi-

dien (RPU) angeschlossen. Die Landkreise und kreisfreien Städte können ebenfalls – beschränkt auf ihren örtlichen Zuständigkeitsbereich – auf diese Daten zugreifen, soweit sie über einen ekom21-Anschluss verfügen.

Deshalb wurde mit AltPro ein Programm geschaffen, welches über spezielle Transferdateien, die auf Diskette oder per E-Mail verschickt werden, mit ALTIS im wechselseitigen Datenaustausch steht.

Hierbei spielt die Erfassung der Altstandorte aus dem örtlichen Gewereregister eine zentrale Rolle. AltPro wurde in erster Linie als Hilfsmittel für die Gemeinden geschaffen.

Das Anliegen des PC-Programms AltPro lässt sich folgendermaßen charakterisieren:

1. Hilfe für die Behörden bei der Erfassung der Altstandorte und bei der Fortschreibung von Altstandortdaten.
2. Vereinfachung des Datenaustausches der Kommunen und Kreise mit dem HLUG unter besonderer Berücksichtigung des Datenschutzes.
3. Hilfe bei der Recherche vorhandener Altflächeninformationen in der Umweltplanung, Bauleitplanung oder bei der Bearbeitung von Bauanträgen.

Handbuch Altlasten, Band 3

Erkundung von Altflächen

Teil 1 [zur Zeit vergriffen]

Einzelfallrecherche (1998)

Nach der Erfassung der Altflächen wird die 2. Stufe der Altlastbearbeitung als Einzelfallrecherche und Orientierende Untersuchung bezeichnet.

Die Einzelfallrecherche ist die beprobungslose Erkundung einzelner Altflächen mit Hilfe von Akten und Kartenauswertungen sowie Ortsbesichtigungen. Die Orientierende Untersuchung schließt eine gezielte technische Erkundung mit Probenahme und Analytik ein, um einen konkreten Verdacht ermitteln oder ausschließen zu können. Der Einzelfallrecherche kommt deshalb besondere Bedeutung zu.

* <http://www.hlug.de/start/altlasten> unter Arbeitshilfen

Der Band Einzelfallrecherche ist das Ergebnis eines intensiven Diskussionsprozesses einer Arbeitsgruppe, in der Landesbehörden, Kreise, Kommunen, der Umlandverband Frankfurt, die HLT Ges. für Forschung, Planung und Entwicklung mbH sowie ein erfahrenes Ingenieurbüro vertreten waren. Es wurde ein Handlungsmodell entwickelt, das einen praktikablen Weg beschreibt, um mit einem vertretbaren Arbeits- und Kostenaufwand Grundlagen für Beurteilungen und Entscheidungen zu legen und zu verknüpfen:

- Zusammenführung verschiedener Rechtsbereiche,
- Darstellung fachlich und wirtschaftlich optimierter Verfahren und Methoden zur Ermittlung des Altlasten-Anfangsverdachts,
- Handlungsgrundlagen für private Betroffene und Behörden durch angemessene Interpretation der gewonnenen Ergebnisse.

Die einzelnen Arbeitsschritte werden genau beschrieben. Vorgangsbezogene Formulare, Zusammenstellung von Informationsquellen für Daten, Karten und Luftbilder, Anschriften, Ablaufschemata etc. erleichtern die Bearbeitung. Die strukturierte Vorgehensweise dieses Bandes dient insgesamt dem Ziel, Arbeitsabläufe und Entscheidungen klar und eindeutig durchzuführen. Ein erhöhter Arbeitsaufwand und zusätzliche Kosten, die durch umständliche Nachrecherchen entstehen können, lassen sich auf diese Weise vermeiden.

Teil 2 € 20,-

Untersuchung von altlastverdächtigen Flächen und Schadensfällen (2002)

Volltext verfügbar *

Die Untersuchung von altlastverdächtigen Flächen und Schadensfällen nimmt bei der Bearbeitung von Verdachtsflächen eine Schlüsselposition ein, weil auf den Ergebnissen von orientierenden Untersuchungen und Detailuntersuchungen weitrei-

chende Entscheidungen getroffen werden. Der Altlastenverdacht wird entweder bestätigt oder ausgeräumt.

Das Handbuch besteht aus den Hauptteilen

- Wassererkundung
- Bodenerkundung
- Bodenlufterkundung

Aufgabe des Handbuchs ist es, geeignete und in der Praxis angewandte Untersuchungsmethoden vorzustellen. Unter Berücksichtigung der Vorgaben der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) werden die Einsatzgebiete, Vor- und Nachteile der Untersuchungsmethoden beschrieben. Das Handbuch gibt einen Untersuchungsstandart vor, der im Einzelfall an die Standortgegebenheiten angepasst und ggf. erweitert werden kann. Die dargestellte Vorgehensweise zur zielorientierten, optimierten Untersuchung ermöglicht eine effiziente Projektbearbeitung.

Teil 3 € 15,-

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

Volltext verfügbar *

Mit dem Instrument der Sickerwasserprognose soll die von verunreinigtem Boden ausgehende Gefährdung des Grundwassers abgeschätzt werden. Die Sickerwasserprognose ist anwendbar, wenn der Schadensherd in der ungesättigten Bodenzone liegt und der Transport von Schadstoffen aus dem Schadensherd in das Grundwasser über das Sickerwasser stattfindet. Ziel der Sickerwasserprognose ist die Abschätzung der Schadstoffkonzentration und -fracht im Sickerwasser am sogenannten Ort der Beurteilung. Dieser befindet sich etwa im Bereich des Grundwasserhöchststandes. In der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) werden drei Möglichkeiten aufgezählt, wie die Sickerwasserprognose durchgeführt werden kann:

* <http://www.hlug.de/start/altlasten> unter Arbeitshilfen

Bodenuntersuchungen im Labor, Untersuchungen im Grundwasser und In-situ-Untersuchungen. Bis zum Erscheinen des vorliegenden Handbuches fehlten jedoch praktikable Instrumente zur Umsetzung der Sickerwasserprognose. Insbesondere die Ermittlung der Schadstofffreisetzung aus Böden, z. B. mittels Elutionsverfahren, sowie die Beurteilung des Rückhalte- und Abbauvermögens der ungesättigten Bodenzone lassen einen breiten Interpretationsspielraum zu. Computergestützte Stofftransportmodelle, die prinzipiell zur Beschreibung der Vorgänge in der ungesättigten Bodenzone geeignet sein könnten, sind nur in wenigen Fällen praktikabel. Daher hat das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) in Zusammenarbeit mit einem Arbeitskreis aus Fachleuten der Umweltverwaltung das vorliegende Handbuch als praxistaugliche Arbeitshilfe zur Sickerwasserprognose entwickelt. Das Handbuch ist insbesondere für orientierende Untersuchungen nach § 9 Abs. 1 BBodSchG geeignet und richtet sich an die Mitarbeiter in Behörden und Ingenieurbüros.

Wesentliche Bestandteile des Handbuches sind

- Datenblätter mit Angaben zu den chem.-physik. Eigenschaften organischer Stoffgruppen sowie zu deren Mobilität und Abbaubarkeit
- Kurzbeschreibung der wichtigsten Elutionsverfahren mit Hinweisen zum Anwendungsbereich und zu Vor- und Nachteilen
- Tabellen, mit denen der Schadstoffrückhalt und -abbau im Untergrund und die Grundwassergefährdung abgeschätzt werden können
- Bearbeitungshinweise für den Fall, dass Bodenverunreinigungen in der gesättigten Zone liegen.

Teil 4 € 5,-
Chemische analytische Untersuchungen von Altlasten – Laborverfahren – Stoffsammlung (2. Aufl. 2003)

Volltext verfügbar *

Auf der 42. Umweltministerkonferenz wurde die Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) beauftragt, Vorschläge für eine länderübergreifende Einrichtung und Vereinheitlichung eines Qualitätssystems für Altlastenleistungen zu erarbeiten.

Im Jahre 1995/96 und 2000 wurden die vorhandenen Unterlagen, die in den einzelnen Ländern vorhanden waren, gesammelt, geordnet und bewertet. Dies erfolgte durch das Institut Fresenius im Auftrag des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (HLUG). Als Bewertungskriterium wurde herangezogen, ob die einzelnen Analyseverfahren für eine länderübergreifende Anwendung geeignet sind. Die Auswertung erfolgte für die verschiedenen Umweltkompartimente Wasser, Boden, Bodenluft und Elutionsverfahren für eine Liste altlastenrelevanter Parameter. In einem abschließenden Kapitel wurden Vorschläge für Qualitätssicherungsmaßnahmen für das Gebiet der Umweitanalytik zusammengestellt.

Für die Darstellung wurden die Methodenbeschreibung, die Verfahrenskenngrößen und die Bewertung der einzelnen Methoden in einer Tabelle aufgeführt.

Diese Zusammenstellung wurde im Jahr 2000 vom HLUG in der Schriftenreihe Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz Heft 217 "Laboranalytik bei Altlasten" veröffentlicht.

Zielsetzung der vorliegenden Arbeit ist es, diese Veröffentlichung zu aktualisieren, um die in den letzten zwei Jahren erarbeiteten Analyseverfahren 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 Analyseverfahren 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 Analyseverfahren gibt den derzeitigen Stand für die Untersuchung von Schadstoffen wieder und kann nicht ohne Rückfrage mit dem Labor zur Festlegung des Analyseverfahrens

* <http://www.hlug.de/start/altlasten> unter Arbeitshilfen

für einen bestimmten Parameter herangezogen werden, da das Analysenverfahren auch durch die Fragestellung bestimmt sein kann. Ferner werden in den kommenden Jahren neue Analysenverfahren entwickelt werden, die für die jeweilige Fragestellung besser geeignet sein können. Die Laborverfahren bei der Altlastenuntersuchung unterliegen einer stetigen Fortentwicklung und müssen daher fortgeschrieben und aktualisiert

Diese Aufstellung der Analysenverfahren gibt den derzeitigen Stand für die Untersuchung von Schadstoffen wieder und kann nicht ohne Rückfrage mit dem Labor zur Festlegung des Analysenverfahrens für einen bestimmten Parameter herangezogen werden, da das Analysenverfahren auch durch die Fragestellung bestimmt sein kann. Ferner werden in den kommenden Jahren neue Analysenverfahren entwickelt werden, die für die jeweilige Fragestellung besser geeignet sein können. Die Laborverfahren bei der Altlastenuntersuchung unterliegen einer stetigen Fortentwicklung und müssen daher fortgeschrieben und aktualisiert werden.

Teil 5 € 7,50 **Auswertung von Mineralöl-Gaschromatogrammen (2005)**

Volltext verfügbar *

Boden- und Grundwasserverunreinigungen mit Mineralölprodukten (Benzin, Kerosin, Diesel, Heizöl, Hydrauliköl) treten häufig auf. Das bisher angewendete Analysenverfahren „H 18“ darf nicht mehr angewendet werden, da dieses Verfahren auf der Verwendung eines vollhalogenierten Frigens beruht. Die Verwendung dieser ozonschädigenden Frigene ist jedoch mittlerweile verboten.

Als Alternative zu dem „H 18-Verfahren“ stehen gaschromatographische Verfahren für Wasser-, Boden- und Abfalluntersuchungen zur Verfügung. Diese Verfahren sind zwar aufwändiger, haben aber einen wichtigen Vorzug: Bei der Auswertung von MKW-Gaschromatogrammen sind Rückschlüsse über die Art, die Zusammensetzung und den

Abbaugrad der Mineralölprodukte in einer Probe möglich.

Im vorliegenden Handbuch wird erläutert, wie MKW-Gaschromatogramme qualitativ ausgewertet werden können. Anhand typischer Beispielchromatogramme können Vergleiche mit Chromatogrammen aus konkreten Schadensfällen gezogen werden.

Bei konkreten MKW-Schadensfällen ist das HLUG gerne zur Unterstützung bei der Auswertung von MKW-Gaschromatogrammen bereit. Ansprechpartner ist Hr. Zeisberger (0611/6939-748).

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

Volltext verfügbar *

Die Abschätzung von Schadstoff-Frachten sowohl im Sickerwasser als auch im Grundwasser gewinnt bei der Altlastenbearbeitung an Bedeutung. In diesem Handbuch werden u. a. folgende Themen behandelt:

- Neue Entwicklungen zu Elutionsverfahren (Sickerwasserprognose)
- Ermittlung der Sickerwasserrate
- Ermittlung von Schadstoff-Frachten im Sickerwasser
- Zuflussgewichtete Probennahme
- Stromröhrenmodell, Immissionspumpversuch, Transekten-Methode

Zum Handbuch gehörende EXCEL-Dateien:
Anhang 3, Berechnung der Sickerwasserrate
Anhang 4, Rückrechnung aus Grundwasseruntersuchungen
Anhang 5, Stromröhrenmodell

Die **Bewertung** von Schadstoff-Frachten im Grundwasser wird im Handbuch Altlasten Band 3 Teil 7 „Arbeitshilfe zur Sanierung von Grundwasserverunreinigungen“ beschrieben.

* <http://www.hlug.de/start/altlasten> unter Arbeitshilfen

Teil 7 € 7,50
Arbeitshilfe zur Sanierung von Grundwasserverunreinigungen (2008)

Volltext verfügbar *

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

Der Schwerpunkt der Arbeitshilfe liegt bei den Fragestellungen

- Liegt eine schädliche Grundwasserverunreinigung vor?
- Ist die Sanierung eines Grundwasserschadens erforderlich?

Weiterhin werden in der Arbeitshilfe folgende Themen kurz behandelt:

- Sanierungsziele
- Optimierung und Beendigung von Sanierungen
- Stand der Technik
- Einleitung von Hilfsstoffen in das Grundwasser bei In-situ-Sanierungen
- Einleitung von Grundwasser in Abwasseranlagen und oberirdische Gewässer.

Bei der Prüfung, ob bei einer Altlast, einer schädlichen Bodenveränderung oder einem Grundwasserschaden ein Sanierungsbedarf besteht, sind vor allem die im Grundwasser gelöste Schadstoffmenge und die mit dem Grundwasser transportierte Schadstofffracht relevant. Die in der Arbeitshilfe beschriebenen Bewertungsmaßstäbe für die Schadstoffmenge und -fracht wurden anhand von 35 hessischen Schadensfällen auf Plausibilität geprüft. Die endgültige Entscheidung über den Handlungsbedarf bleibt stets eine Einzelfallentscheidung.

Die Arbeitshilfe richtet sich an die Mitarbeiter in Behörden und Ingenieurbüros, die bei der Sanierung von Grundwasserschäden beteiligt sind. Sie wurde von einer Arbeitsgruppe mit Vertretern des Umweltministeriums, der Regierungspräsidien und Unteren Wasserbehörden sowie des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (Federführung) erarbeitet.

Handbuch Altlasten, Band 4
Rüstungsalstandorte

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

Im Handbuch Rüstungsalstandorte 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 Rüstungsalstandorten (1996)

Im Handbuch Rüstungsalstandorte Teil 2 sind Materialien über ehemalige Anlagen und Produktionsverfahren auf Rüstungsalstandorten 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

* <http://www.hlug.de/start/altlasten> unter Arbeitshilfen

Schilderung der Munitionsvernichtung nach Kriegsende in Hessen.

Handbuch Altlasten, Band 5 Bewertung von Altflächen

Teil 1 € 7,50 **Einzelfallbewertung (1998)**

Die Einzelfallbewertung ist ein Verfahren zur Bewertung von Altstandorten und Altablagerungen im Rahmen der Einzelfallrecherche. Dabei handelt es sich um eine beprobungslose Erkundung mittels Aktenrecherche und Ortsbesichtigung.

Die Einzelfallbewertung unterstützt die Entscheidung, ob ein Altlasten-Anfangsverdacht oder sogar ein Altlastenverdacht vorliegt. Spezielle 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.

Handbuch Altlasten, Band 6 Sanierung von Altlasten

Teil 1 € 7,50 **Arbeitshilfe zur Verfüllung bei der Sanierung von schädlichen Boden- veränderungen und Altlasten (2007)**

Volltext verfügbar *

Sanierungen von schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten („Bodensanierung“) erfolgen in Hessen häufig durch Aushub des kontaminierten Materials mit anschließender Verfüllung der Baugruben. Verfüllt werden im Sanierungsgebiet anfallende oder von außerhalb kommende Bodenmaterialien. Dafür werden jährlich zigtausende Tonnen von Bodenmaterial verwendet. 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 Flächen- nutzung (1996)**

Mit der vorliegenden Schrift soll gezeigt werden, wie die mit der Raumplanung und Altlastenbearbeitung befassten Stellen, aber auch die Baugenehmigungsbehörden und planenden Ingenieure rechtzeitig und gemeinsam die Probleme angehen können. Beispiele zeigen, wie durch eine differenzierte Nutzung Altablagerungen durchaus in eine Flächenbewirtschaftung integriert werden können.

* <http://www.hlug.de/start/altlasten> unter Arbeitshilfen

Handbuch Altlasten, Band 7 Analysenverfahren

Teil 1

€ 5,-

Bestimmung von Polycyclischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) in Feststoffen aus dem Altlastenbereich (1998)

Volltext verfügbar *

Das hier beschriebene Verfahren mündet sowohl in die Bestimmung der PAK mittels GC-MS als auch mittels HPLC-UV/FLD. Im GC-Teil berücksichtigt es bereits die Entwicklungen einer künftigen ISO-Norm (Norm-Entwurf ISO/DIS 18287, Ausgabe: 2003-10: Bodenbeschaffenheit - Bestimmung der polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) - Gaschromatographisches Verfahren mit Nachweis durch Massenspektrometrie (GC-MS)), die sich allerdings nur mit GC-MS befasst. Der entscheidendere Schritt ist die Extraktion, die auf eine bewährte Vorgehensweise aus dem Bereich der landwirtschaftlichen Untersuchungen zurückgeht. Dieses Verfahren bildet auch einen wichtigen Baustein für die künftige ISO-Norm.

Teil 3

€ 5,-

Bestimmung von Mineralöl-Kohlenwasserstoffen (MKW) mittels Kapillargaschromatographie in Feststoffen aus dem Altlastenbereich (2001)

Volltext verfügbar *

Die Extraktion der MKW mit 1,1,2-TRICHLOR-TRIFLUORETHAN wurde durch ACETON, PETROLETHAN, 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 Petrol-ether ausfallen und vor der Extraktreinigung - ohne die Elutropie des Extraktes zu verändern - nicht wieder in Lösung gebracht werden können. Dagegen hat sich inzwischen beim ISO/DIS das Verhältnis von Extraktionsmittel zur Einwaage als zu gering herausgestellt.

Teil 4

€ 5,-

Bestimmung von BTEX/LHKW in Feststoffen aus dem Altlastenbereich (2000)

Volltext verfügbar *

Das Verfahren beruht auf der sofortigen Konservierung des Bodenmaterials im Feld, indem der Boden - am besten durch einen geeigneten Kernstecker - 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.

* <http://www.hlug.de/start/altlasten> unter Arbeitshilfen

Teil 5

nur im Internet

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

Volltext verfügbar *

Zur analytischen Untersuchung von Feststoffproben auf sprengstofftypische Verbindungen an Rüstungsalstandorten gibt es keine genormten oder standardisierten Analysenverfahren. Auch wird es in absehbarer Zeit weder bei DIN noch bei ISO (TC 190; Bodenbeschaffenheit) Normierungsarbeiten für die analytische Bestimmung von sprengstofftypischen Verbindungen in Böden geben.

Da aber an zwei großen ehemaligen Rüstungsalstandorten in Hessen schon langjährig flächenhafte Erkundungen stattfinden, war es erforderlich, eine einheitliche Vorgehensweise vorzugeben.

Das jetzt hier allgemein beschriebene Verfahren wurde 1999 zusammen mit einer ganzen Reihe von vertraglich festgelegten Qualitätsanforderungen im Rahmen von Ausschreibungen in verschiedenen Laboratorien etabliert und seither in der Routine angewandt und weiter verbessert.

Teil 6

Arbeitshilfe – Angabe der Messunsicherheit bei Feststoffuntersuchungen aus dem Altlastbereich (2003)

Volltext verfügbar *

In der BBodSchV wird die Angabe der Messunsicherheit gemäß der Normen DIN 1319 Teil 3 und DIN 1319 Teil 4 verlangt. Diese beiden Normen sind jedoch schwer verständlich und daher für den Laboralltag nicht geeignet. Ebenso ist nach DIN EN ISO/IEC 17025 : 2000-04 für Prüf- und Kalibrierlaboratorien erforderlich, die Messunsicherheit ihrer Analysenverfahren im Prüfbericht anzugeben. Für die Laboratorien, die die Messunsicherheit angeben müssen, wurde eine Arbeitshilfe zum Thema "Unsicherheit von Messergebnissen" erstellt. Diese enthält

sowohl theoretische Grundlagen: Kapitel 3 und 4, als auch praktische Anwendungen: Anlagen. Sie wendet sich auch an Behörden, die bei der Bewertung von 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)

Volltext verfügbar *

Bei Grundwasserverunreinigungen, die durch aktive Sanierungsmaßnahmen schon weitgehend reduziert wurden, können unter bestimmten Voraussetzungen natürliche Abbauvorgänge im Grundwasser anstelle weiterer, möglicherweise langwieriger aktiver Sanierungsmaßnahmen genutzt werden. Die Arbeitshilfe enthält Grundsätze und Kriterien für die behördliche Beurteilung, in welchen Fällen auf eine aktive Grundwassersanierung zugunsten von natürlichen Schadstoffminderungsprozessen verzichtet werden kann.

* <http://www.hlug.de/start/altlasten> unter Arbeitshilfen

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.

len 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.

Teil 2 €12,- **Arbeitshilfen zur Überwachung und Nachsorge von altlastverdächtigen Flächen und Altlasten (2005)**

Volltext verfügbar *

Das Handbuch enthält vier Arbeitshilfen, welche sich jeweils mit einem speziellen Bereich der Altlastenüberwachung befassen:

1. Langzeitüberwachung und Funktionskontrolle von Dichtwandumschließungen
2. Langzeitüberwachung von Reaktiven Wänden
3. Überwachung von biologischen in-situ-Sanierungen
4. Kriterien für die Beendigung von Grundwasser- und Bodenluftüberwachungen.

In den ersten drei Arbeitshilfen, welche jeweils die Überwachung von bestimmten Sanierungsverfahren zum Thema haben, werden die Schwachstel-

* <http://www.hlug.de/start/altlasten> unter Arbeitshilfen

Sonstige Veröffentlichungen

Arbeitshilfen zur Qualitätssicherung in der Altlastenbehandlung

(2001) Ringordner € 20,-

Um einen bundesweit einheitlichen Qualitätsstandard in der Altlastenbearbeitung festlegen zu können, fehlte es bisher an gemeinsamen Anforderungen durch die Bundesländer. Mit den im Mai 2001 veröffentlichten "Arbeitshilfen zur Qualitätssicherung in der Altlastenbehandlung" steht den Altlastenbehörden sowie den beteiligten Sachverständigen und Untersuchungsstellen gleichermaßen ein länderübergreifendes Regelwerk zur Verfügung, welches Vorgaben für die technische Erkundung und Bewertung von Altlasten und altlastverdächtigen Flächen enthält.

Diese "Arbeitshilfen" sind das Ergebnis einer 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.

Folgende Themengebiete werden in den Arbeitshilfen behandelt:

- Untersuchungsstrategie
- Probennahme
- Probenbehandlung
- Vor-Ort-Analytik

- Chemische analytische Untersuchungen – Laborverfahren
- Biologische Verfahren in der Laboranalytik
- Interpretation der Untersuchungsergebnisse
- Strömungs- und Transportmodelle

Da es sich bei den "Arbeitshilfen" vorerst noch um einen, allerdings bundesweit abgestimmten Entwurf handelt, bleibt die Veröffentlichung den einzelnen Bundesländern überlassen. In Hessen wird das Werk vom Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie als Ringordner herausgegeben. Nach einer Erprobungsphase ist die endgültige Bearbeitung unter Berücksichtigung der bis dahin gesammelten Erfahrungen mit der Anwendung der "Arbeitshilfen" vorgesehen.

Parallel zu den dargestellten acht Teilthemen wurden bundesweit die fachlichen und materiellen Anforderungen an Sachverständige und Untersuchungsstellen erarbeitet, welche Eingang in die beiden folgenden Merkblätter fanden:

- Merkblatt über die Anforderungen an Sachverständige nach § 18 BBodSchG",
- Merkblatt für die Notifizierung von Untersuchungsstellen im Bereich Boden und Altlasten.

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

Sanierungsbilanz – € 20,- Stand der Altlastensanierung in Hessen – Übersicht über den Einsatz von Sanie- rungsverfahren und -techniken

(2003)

ISBN 3-89026-806-4

Mit der vorliegenden Sanierungsbilanz steht ein aktueller Überblick über den Einsatz von Sanierungstechniken in Hessen für den Zeitraum von 1996 – 2001 zur Verfügung.

Es werden Branche, betroffene Medien, das Schadstoffspektrum, angewandte Verfahren und der zeitliche Verlauf der Sanierung mit der jeweiligen Verfahrensdauer erfasst und ausgewertet.

Ihre Bestellung



- richten Sie bitte schriftlich an das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie
- – Vertriebsstelle –
- Postfach 3209, 65022 Wiesbaden,
- Fax: 0611 – 69 39 113 oder E-Mail: vertrieb@hlug.hessen.de

An Behörden werden i. d. R. jeweils 2 Exemplare eines Bandes kostenlos abgegeben.

(Preise: Stand Januar 2011, Änderungen vorbehalten).



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

Lieferanschrift

Name

Behörde/Firma

Straße

PLZ Ort

Telefon/Fax

Datum

Unterschrift

Bestellung / Anzahl der Exemplare

<input type="checkbox"/>	Titel	Band	Teil	€
<input type="checkbox"/>	Titel	Band	Teil	€
<input type="checkbox"/>	Titel	Band	Teil	€
<input type="checkbox"/>	Titel	Heft Nr.		€
<input type="checkbox"/>	Diskette			€
<input type="checkbox"/>	Altlasten-annual 2000, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009			kostenlos

Autorinnen und Autoren des Altlasten-annual 2010



Reinhard Bodack

Regierungspräsidium Kassel
Abt. Umwelt- und Arbeitsschutz
Steinweg 6

34112 Kassel

Jörg Römbke

ECT Ökotoxikologie GmbH
Böttgerstraße 12-14

65439 Flörsheim am Main

Mustafa Dönmez

Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie
Landwirtschaft und Verbraucherschutz
Referat Altlasten
Mainzer Straße 80

65189 Wiesbaden

Wolfgang Rotard

Technische Universität Berlin
Institut für Technischen Umweltschutz
Straße des 17. Juni 135

10623 Berlin

Olaf Holm

Technische Universität Berlin
Institut für Technischen Umweltschutz
Straße des 17. Juni 135

10623 Berlin

Sabine Ruwwe

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie
Dezernat Altlasten
Rheingastr. 186

65203 Wiesbaden

Dr. Margareta Jaeger-Wunderer

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie
Dezernat Altlasten
Rheingastr. 186

65203 Wiesbaden

Prof. Dr. Karl-Josef Sabel

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie
Dezernat Bodenschutz
Rheingastr. 186

65203 Wiesbaden

Stephan Jänsch

ECT Ökotoxikologie GmbH
Böttgerstraße 12-14

65439 Flörsheim am Main

Andrea Schütz-Lermann

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie
Dezernat Altlasten
Rheingastr. 186

65203 Wiesbaden

Berthold Meise

Regierungspräsidium Darmstadt
Abt. Arbeitsschutz und Umwelt Darmstadt
Wilhelminenstraße 1-3

64283 Darmstadt

Thorsten Spirgath

SpiCon GmbH
Magnusstraße 11

12489 Berlin

Thilo Springer-Greve

Regierungspräsidium Darmstadt
Abt. Arbeitsschutz und Umwelt Frankfurt
Gutleutstraße 114

60327 Frankfurt am Main

Volker Zeisberger

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie
Dezernat Altlasten
Rheingastr. 186

65203 Wiesbaden

Impressum

**Herausgeber,
© und Vertrieb** Hessisches Landesamt
für Umwelt und Geologie - HLUG
Rheingaustraße 186
65203 Wiesbaden
E-Mail: vertrieb@hlug.hessen.de
Telefax: 06 11-69 39 113

Bearbeitung: Redaktionsteam „annual 2010“
Dezernat Altlasten

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

Gestaltung: Hessisches Landesamt
für Umwelt und Geologie
Nadine Monika Lockwald

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die in der Veröffentlichung geäußerten Ansichten geben die persönlichen Meinungen der Autoren wieder.

Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit Quellenangabe und unter Überlassung von 5 Belegexemplaren gestattet.

Wiesbaden, April 2011