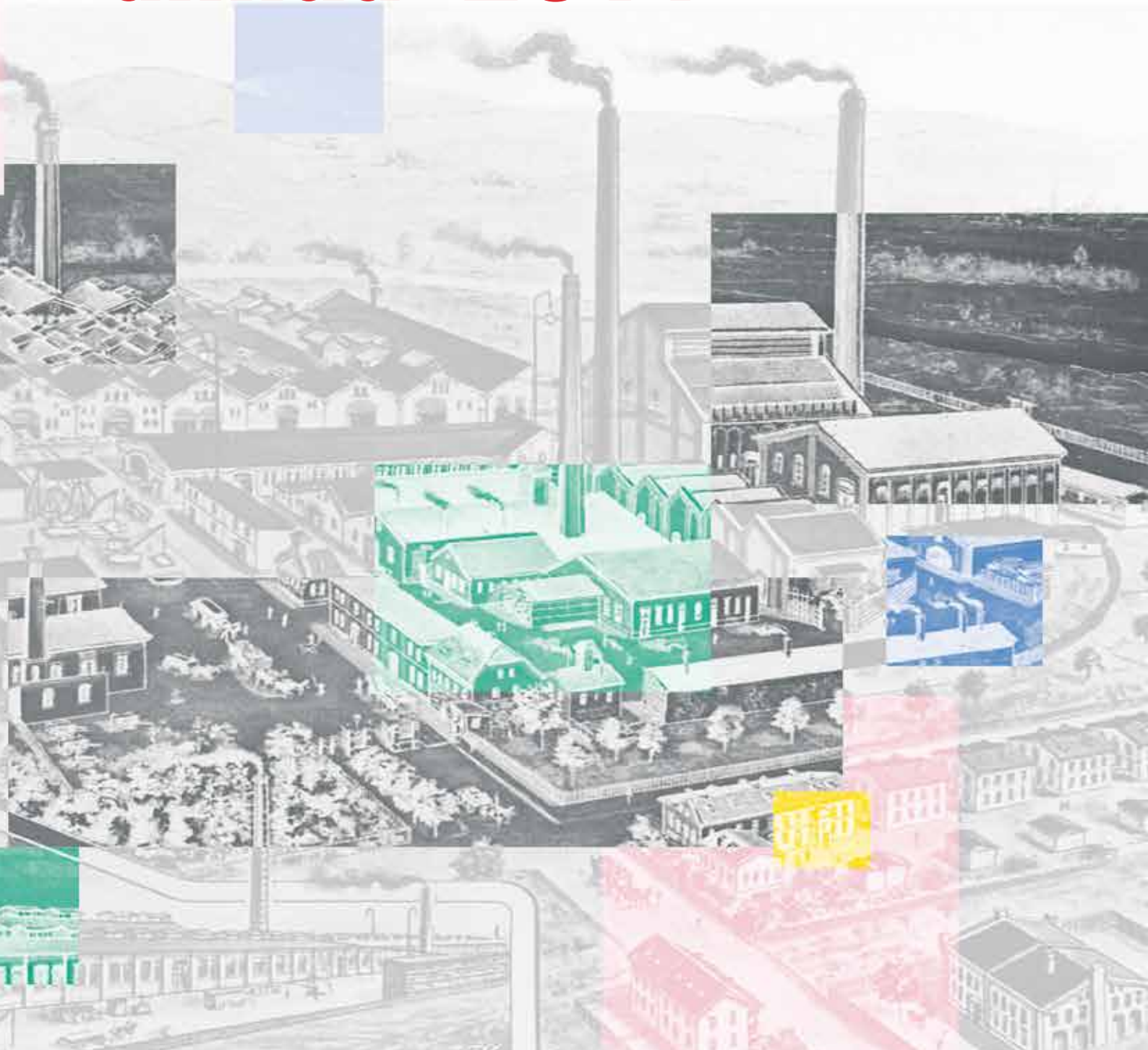


# Altlasten- annual 2014



# Altlasten- **annual 2014**

Wiesbaden, 2015

# **Impressum**

## **Altlasten-annual 2014**

ISBN: 978-3-89531-873-3

Bearbeitung: Redaktionsteam „annual 2014“, Dezernat Altlasten

Layout: Melanie Görger

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

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

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

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

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

# Inhalt

<b>Margareta Jaeger-Wunderer</b> Stand der Altlastenbearbeitung in Hessen .....	7
--	---

## Brennpunkt

<b>Berthold Meise</b> Kostenreduzierung bei Grundwassersanierungen – Auf der Suche nach Einsparmöglichkeiten .....	11
---	----

## Aktuell

<b>Marie-Anne Feldmann</b> Nachlese zum ITVA-Altlastensymposium 2014 in Fulda .....	27
--	----

<b>Marie-Anne Feldmann</b> Ökotoxikologische Untersuchungen bei der Beurteilung von Grundwasserverunreinigungen in der Altlastenbearbeitung .....	29
---	----

<b>Jan Brodsky</b> Altlastenbezogene Bewertungs- und Analyseempfehlung für kurzkettenige Alkylphenole (SCAP) und NSO-Heterozyklen (NSO-HET) – Modul 3 (LABO 2014) .....	33
---	----

<b>Thomas Schmid</b> Persönliches – Margareta Jaeger-Wunderer im Ruhestand .....	35
---	----

## Seminar Altlasten und Schadensfälle

<b>Horst Herzog</b> Ausgangszustandsbericht nach IED – Erste Erfahrungen mit der praktischen Umsetzung im Industriepark Höchst .....	37
--	----

<b>Katrin Lügger &amp; Erhard Weidner</b> Dioxine und dioxinähnliche PCB in landwirtschaftlich genutzten Böden Hessens .....	47
---	----

<b>Rosvita Milo-Rieks</b> PFT In Feuerlöschschäumen Unterschiedliche Perspektiven der Brandbekämpfung .....	55
---	----

<b>Monika Simon &amp; Michael Selle</b> Sanierung eines Mineralölschadens im Schadenszentrum eines ehemaligen Tanklagers mit dem Terracure® -Verfahren .....	59
--	----

<b>Knut Herzberg</b> Grundwassersanierung am Standort Opel in Rüsselsheim .....	71
--	----

<b>Peter Martus</b> Praxiserfahrungen mit tiefenorientierter Grundwasserbeprobung .....	79
--	----

<b>Peter Halla</b> Berghof Thermo-Flowmeter: Messung vertikaler Grundwasserströme Ein hochauflösender Flowmeter zur Strömungsmessung .....	81
--	----

<b>Andrea Bonner</b> Schutzmaßnahmen bei Arbeiten in kontaminierten Bereichen .....	91
--	----

<b>Jan Brodsky</b> Aktuelles zum Thema Altlastenanalytik .....	95
---	----

**Dieter Binder**

Informationsblätter zu NSO-Heterozyklen und Alkylphenolen ..... 97

**Jörg Peters**

Beispiel für die Sicherung eines Arsenschadens unter Berücksichtigung gegebener wirtschaftlicher  
Randbedingungen des Sanierungsverantwortlichen ..... 99

**Elisabeth Schirra, Ulrich Urban & Jochen D. Blecher**

Boden gut gemacht – Sanierung der ehem. Chemischen Fabrik Neuschloß  
Bodensanierung – Grundwassersanierung – Sanierungsziele erreicht?  
Bürgerbeteiligung – Dialog gestalten, Konflikte lösen ..... 101

**Infothek**

Altlasten im Internet ..... 117

Handbuchreihe Altlasten ..... 119

Sonstige Veröffentlichungen ..... 127

Bestellschein ..... 129

Autorinnen und Autoren des Altlasten-annual 2014 ..... 130





## Vorwort

Liebe Leserin, lieber Leser,



die Erfahrungen in der Praxis haben gezeigt, dass bei Grundwasser-sanierungen auch bei langen Laufzeiten das festgelegte Sanierungsziel häufig nicht erreicht werden kann. Gleichzeitig steht mit zunehmender Sanierungsdauer der finanzielle Aufwand in einem immer ungünstigeren Verhältnis zum Ergebnis. Wie können die Laufzeiten der Sanierungen verkürzt und damit die Kosten reduziert werden? Der Beitrag im *Brennpunkt* sucht Antworten auf diese Frage und stellt die Ergebnisse eines Projektes vor, das die Grundwasser-sanierungen, die im Auftrag des Landes Hessen durchgeführt und aus öffentlichen Mitteln finanziert werden, hinsichtlich Effektivität und Effizienz untersucht hat.

In der Rubrik *Aktuell* informieren wir Sie über aktuelle Tätigkeiten und Entwicklungen in der Altlastenbearbeitung.

Weitere interessante Fachbeiträge aus dem Altlastenbereich finden Sie in den Vorträgen, die auf unserem Seminar Altlasten und Schadensfälle in Rüsselsheim gehalten wurden.

Bei allen Autorinnen und Autoren dieser Ausgabe bedanke ich mich ganz herzlich und wünsche Ihnen, liebe Leserin, lieber Leser, eine anregende Lektüre.

A handwritten signature in black ink that reads "Thomas Schmid". The signature is written in a cursive style.

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



# Stand der Altlastenbearbeitung in Hessen

MARGARETA JAEGER-WUNDERER

An dieser Stelle möchte ich Sie über wichtige Entwicklungen im Bereich Altlasten informieren sowie

über die Arbeitsschwerpunkte 2014 des Dezernats Altlasten berichten.

## Arbeitshilfen

Die Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlamentes und des Rates über Industrieemissionen (Industrial Emissions Directive – IED) vom 24. November 2010 ist am 06.01.2011 in Kraft getreten und durch das **Gesetz zur Umsetzung der Richtlinie über Industrieemissionen vom 8. April 2013** (BGBl. I S. 734) in nationales Recht umgesetzt.

Die Antragsteller, die nach § 10 Abs. 1a BImSchG (BGBl. I S. 1274) eine sog. IED-Anlage betreiben wollen, in der relevante gefährliche Stoffe verwendet, erzeugt oder freigesetzt werden, haben mit den Unterlagen u.a. einen Ausgangszustandsbericht (AZB) vorzulegen, wenn eine Verschmutzung des Bodens oder des Grundwassers möglich ist. Die Arbeitshilfe der LABO zum Ausgangszustandsbericht für Boden und Grundwasser wurde auf der LABO-Homepage eingestellt (<https://www.labo-deutschland.de/Veroeffentlichungen.html>).

Die EU-Kommission hat am 06.05.2014 die „**Leitlinien der Europäischen Kommission zu Berichten über den Ausgangszustand gemäß Artikel 22 Absatz 2 der Richtlinie 2010/75/EU über Industrieemissionen**“ (Amtsblatt 2014/C 136/03) veröffentlicht.

Lt. UMK-Beschluss 20/2013 soll die LABO-Arbeitshilfe nach Veröffentlichung der EU-Leitlinie überprüft

und auf Basis der bis dahin vorliegenden Erfahrungen im Umgang mit der Arbeitshilfe aus der Vollzugspraxis aktualisiert werden. Als Grundlage sollen die aktuellen Vollzugserfahrungen in den Ländern abgefragt und zusammengestellt werden.



Das Handbuch Altlasten, Band 2 Teil 2 „**Erfassung von Altstandorten in Hessen**“, das erstmals im Jahr 2003 erschienen ist, wurde überarbeitet und liegt nun in einer aktualisierten Fassung vor. Die überarbeitete Auflage berücksichtigt aktuelle rechtliche Bestimmungen wie das Hessische Altlasten- und Bodenschutzgesetz und die Altflächendateiverordnung sowie die Umstellung der Branchenerfassung auf die Klassifikation der Wirtschaftszweige 2003. Die wichtigste Neuerung ist die Einführung des Datenübertragungssystems DATUS im Jahr 2012. Damit wurde das PC-Programm AltPro durch ein modernes bedienerfreundliches Werkzeug für die Erfassung und Validierung von Altstandorten sowie den Datenaustausch mit der Altflächendatei abgelöst.



Das bewährte Handbuch Altlasten „**Untersuchung von altlastverdächtigen Flächen und Schadensfällen**“ aus dem Jahr 2002 wurde aktualisiert und überarbeitet. Die Struktur des Handbuchs mit den



drei Hauptkapiteln „Wasser“, „Boden“ und „Bodenluft“ blieb erhalten. Insbesondere die Kapitel „Arbeitsschutz“ und „Altflächendatei/Datentransfer“ wurden in weiten Teilen überarbeitet. Das Handbuch liegt als gebundene Druckfassung vor.



Im Auftrag des HLUG wurde untersucht, ob und wie standardisierte ökotoxikologische Testverfahren auch für die Altlastenbearbeitung und für die Beurteilung von Grundwasserkontaminationen herangezogen werden können. In einer Arbeitsgruppe von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern aus RP und HLUG wurde die Veröffentlichung dieser Erkenntnisse vorbereitet. Verschiedentlich wurde beim hessischen Altlastenseminar oder hier im Altlasten-annual darüber berichtet. Die Studie **„Ökotoxikologische Verfahren als Bewertungshilfe bei Altlastenverfahren“** liegt nun als Band 3 Teil 8 der Handbuchreihe Altlasten vor.



Zum Thema „Berücksichtigung der natürlichen Schadstoffminderung bei Altlasten“ liegt eine Veröffentlichung der Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) aus dem Jahr 2009 vor. In die Arbeitshilfe sind Erfahrungen auch aus hessischen Altlastenfällen eingeflossen ([www.hlug.de/start/altlasten/altlastenbearbeitung/mna-natuerliche-abbau-und-rueckhalteprozesse-im-grundwasser.html](http://www.hlug.de/start/altlasten/altlastenbearbeitung/mna-natuerliche-abbau-und-rueckhalteprozesse-im-grundwasser.html)).

Um neue Erkenntnisse aus Wissenschaft und Vollzugspraxis weiterzugeben, fanden 2014 bundesweit Fortbildungsveranstaltungen zur „Überwachung na-

türlicher Abbau- und Rückhalteprozesse“ (Monitored Natural Attenuation MNA) statt, unter anderem in Idstein. Die Veranstaltungen wurden von der LABO gefördert. Die Vorträge sind beim „Länderfinanzierungsprogramm Wasser, Boden und Abfall“ herunterladbar ([www.laenderfinanzierungsprogramm.de](http://www.laenderfinanzierungsprogramm.de)).

Eine Kernaussage der o. g. LABO-Veröffentlichung ist, dass MNA nur dann eine Handlungsoption ist, wenn aktive Sanierungsverfahren „unverhältnismäßig“ sind. Jedoch fehlen für die Betrachtung der **Verhältnismäßigkeit in Hinblick auf die Entscheidung über ein MNA-Konzept** praxistaugliche fachliche Bewertungsmaßstäbe. Um diese Lücke zu schließen, hat die LABO den **ALA-Unterausschuss „MNA“** beauftragt, die fachlichen Randbedingungen und ermessensleitende Kriterien für eine Verhältnismäßigkeitsbetrachtung zu erarbeiten. Das HLUG ist im Unterausschuss vertreten. Eine Veröffentlichung der Arbeitsergebnisse ist für 2015 zu erwarten.



Das Thema „Sickerwasserprognose“ ist nach wie vor aktuell. Bereits zum dritten Mal fand 2014 eine Schulung für das **Schadstoff-Transportmodell ALTEX-1D** statt. Dies ist eine kostenfreie EXCEL-Anwendung, mit der die Abschätzung des Schadstofftransports durch die ungesättigte Zone in das Grundwasser möglich ist. Berechnet werden Schadstoffkonzentrationen und -frachten in Abhängigkeit von der Zeit ([www.hlug.de/start/altlasten/altlastenbearbeitung/sickerwasserprognose-elutionsverfahren-saugkerzen.html](http://www.hlug.de/start/altlasten/altlastenbearbeitung/sickerwasserprognose-elutionsverfahren-saugkerzen.html)).

## Schadstoffbewertung/Analytik

Seit einigen Jahren arbeitet das HLUG im **ALA-Gesprächskreis „Schadstoffbewertung“** mit. Der Unterausschuss (UA) hat den Auftrag, **länderübergreifende Prüfwerte und Bewertungshilfen** bei der Altlastenbearbeitung zu entwickeln. Im Rahmen des Projektes „Altlastenbezogene Bewertungs- und Analyseempfehlungen für kurzketige Alkylphenole (SCAP) und NSO-Heterozyklen (NSO-HET)“ wurde als Modul 3 des Projektes das Thema Ökotoxizität ausgewählter SCAP und

NSO-HET bearbeitet und 2014 abgeschlossen ([http://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/cms/WaBoAb\\_prod/WaBoAb/Vorhaben/LABO/B\\_2.11\\_und\\_B\\_2.11a/index.jsp](http://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/cms/WaBoAb_prod/WaBoAb/Vorhaben/LABO/B_2.11_und_B_2.11a/index.jsp)).

Ein weiterer Schwerpunkt ist die analytische Bestimmung der MKW-Fractionen hinsichtlich der Bewertung nach der Norm E DIN ISO 11504 „Beurteilung der Wirkung von mit Mineralölkohlenwasserstoffen verunreinigten Böden (ISO/DIS 11504:2010) für

den Pfad Boden-Mensch“. Die Arbeit an der Norm ist inhaltlich abgeschlossen, die zugehörigen Analysenverfahren befinden sich ebenfalls im ISO/DIS-Status. Im Rahmen einer Robustheitsstudie sollen zunächst die relevanten Fraktionen bis C 12 mit der bekannten Methode DIN ISO 22155:2006-07 (statische HS) bestimmt werden. Diese Studie ist Gegenstand des LFP-Projektes B 3.14, das voraussichtlich Ende 2014 beginnen wird. Das HLOG übernimmt zusammen mit LUWG RP die Projektleitung.

In Hessen wurde eine Arbeitsgruppe aus den Reihen der RPUen und des HLOG ins Leben gerufen, die die Aufgabe hat, Informationen zu den Stoffgruppen kurzkettige Alkylphenole (SCAP) und NSO-Heterozyklen (NSO-HET) zusammenzustellen und übersichtlich darzustellen. In Form von Informationsblättern soll eine Hilfe für die Kolleginnen und Kollegen, die im Rahmen der Altlastenbearbeitung mit solchen Fragestellungen konfrontiert werden, bereitgestellt werden. Die Informationsblätter wurden inzwischen weitgehend bearbeitet und befinden sich zurzeit in der redaktionellen Überarbeitung. Nach Fertigstellung werden sie auf der Homepage des HLOG für Interessierte zur Verfügung stehen.



Das HLOG ist auch Mitglied im **LAWA-UA „Aktualisierung der Datenblätter der Geringfügigkeitsschwellenwerte“** (Kurztitel: „Aktualisierung GFS“) des Ständigen Ausschusses „Grundwasser und Wasserversorgung“ der LAWA. Der UA überprüfte und aktualisierte die Stofflisten und Datenblätter der LAWA-Veröffentlichung von 2004 „Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser“. Berücksichtigt wurden dabei auch Änderungen durch rechtliche Regelungen wie z.B. der RL 2008/105/EG (Umweltqualitätsnormen im Bereich der Wasserpolitik) oder aktuelle ökotoxikologische Erkenntnisse. Angepasst wurde auch das Ableitungsschema für die ökotoxikologische Stoffbewertung, da europäische Vorgaben die nationalen Bewertungsvorgaben ersetzt haben.

Den Berichten zur Methodik der Ableitung, zu den aktualisierten Datenblättern sowie zu der Übersichtstabelle hat die 145. LAWA-Vollversammlung im März 2013 zugestimmt und das BMU gebeten, die Ergebnisse des Berichtes für die Erstellung der Mantel-VO zu berücksichtigen. Weiterhin wurden LAGA und LABO um Stellungnahme gebeten. Eine darüber gebildete Kleingruppe erstellt aktuell ein zusätzlich aufzunehmendes Kapitel „Anwendungsregeln für die GFS in den einzelnen Rechtsbereichen“, das im Anschluss noch einer Abstimmung zwischen LAWA-AG und LAWA-AR bedarf.

Darüber hinaus befasst sich der LAWA-UA in Zusammenarbeit mit dem ALA-Gesprächskreis Stoffbewertung mit der Ableitung von **GFS-Werten für per- und polyfluorierte Chemikalien (PFAS) für den Pfad Boden-Grundwasser**.

Die bereits arbeitende LABO/LAWA-Kleingruppe strebt an, die bereits vorliegende Geringfügigkeitsschwelle (GFS) für PFOS zu ergänzen sowohl um GFS für weitere relevante PFAS als auch um eine GFS für einen evtl. darüber zu bildenden Gruppenparameter für PFAS. Das HLOG ist Mitglied in dieser KG.



Im Bereich der Analytik engagierte sich das HLOG auch 2014 im DIN-Arbeitskreis NA 119-01-02-02-05 (AK 5 „**Organische Analytik**“), in dem aktuelle DIN-Normen geprüft und der Sachstand nationaler und internationaler Normungsvorhaben diskutiert wird. Die Sitzung des AK findet einmal pro Jahr statt.

Seit Mai 2012 wird im DIN- Arbeitskreis NA 119-01-03-02-20 AK ein Normverfahren zur Analytik von NSO-Heterozyklen in Wasser erarbeitet, ebenfalls unter Mitwirkung des HLOG. Der Arbeitskreis trifft sich zweimal pro Jahr zu Sitzungen.

## Sachverständige und Untersuchungsstellen

Als Vertreter der LABO wurde Herr Dr. Brodsky zum Mitglied des Sektorkomitees Chemie und Umwelt der Deutschen Akkreditierungsstelle (DAkkS) für den Zeitraum vom 01.09.2014 bis 31.08.2017 benannt. Die DAkkS führt Akkreditierungen nach DIN EN ISO/IEC 17025 für die im gesetzlich geregelten Umweltbereich tätigen Untersuchungsstellen durch. Im Sektorkomitee werden u.a. Regeln zur Anwendung der DIN EN ISO/IEC 17025 für Untersuchungsstellen erstellt (<http://www.dakks.de/content/sektorkomitee-chemie-und-umwelt>).

Das **Recherchesystem ReSyMeSa** ist ein wichtiges Instrument bei der Bekanntgabe von Untersuchungsstellen (Messstellen) und Sachverständigen im gesetzlich geregelten Umweltbereich. Seit dem Jahr 2012 hat das HLUg im Auftrag des ALA die fachliche Verantwortung für den Bereich Boden und Altlasten in der Projektgruppe ReSyMeSa übernommen und ist damit Ansprechpartner für die fachlichen Be-

lange des Systems im Bereich Boden und Altlasten bei der **Bekanntgabe von Untersuchungsstellen und Sachverständigen nach § 18 Bundesbodenschutzgesetz**. Die durch neue gesetzliche Anforderungen, wie die Dienstleistungsrichtlinie bedingten Änderungen des Systems wurden bereits umgesetzt. Darüber hinaus ist das Modul Boden/Altlasten an das neue „Fachmodul Boden/Altlasten“ anzupassen. Die Anpassung ist zum Ende April 2014 erfolgt. Durch das neue Fachmodul ergab sich die Notwendigkeit der Aktualisierung der ländereigenen Verordnungen, die den Notifizierungen zu Grunde liegen. Bis zur Vollendung der Aktualisierung und für die Zeit der Geltungsdauer der letzten nach dem alten Fachmodul ausgesprochenen Notifizierung sind in ReSyMeSa sowohl das alte Fachmodul von 2000 als auch das neue Fachmodul von 2012 mit ihren unterschiedlichen Untersuchungsbereichen vorzuhalten (<http://www.resymesa.de/resymesa/ResymesaStart.aspx?Cookies=Checked>).

## Altflächendatei

Das **Fachinformationssystem Altflächen und Grundwasserschadensfälle** (FIS AG) wird unter dem Datenbanksystem **HUMANIS** (= Hessisches Umweltmanagement- und Informationssystem) betrieben. Das Fachverfahren ist etabliert und durch die Benutzer akzeptiert. HUMANIS basiert auf einer FoxPro Programmierung, deren Support jedoch 2015 endet und daher abgelöst werden muss. Das vom Umweltministerium initiierte **Projekt UM-FIS** (= Umbau der Fachinformationssysteme des HMUKLV) hat das Ziel, HUMANIS auf Basis einer neuen IT-Architektur umzubauen. Als Nachfolgeprodukt wird

FISBox (= FIS out of the Box) entwickelt und bis 2015 etabliert sein. Pilotverfahren für die Neuentwicklung ist FIS AG 2.0.

FIS AG 2.0 befindet sich seit Juli 2014 in der Testphase. Für die Weiterentwicklung und Fehlerbereinigungen mit mehreren weiteren Testintervallen ist der Zeitraum bis Ende des Jahres 2014 geplant. Die Produktivsetzung von FIS AG 2.0 ist am Ende des 1. Quartals 2015 vorgesehen. Gleichzeitig wird HUMANIS FIS AG abgeschaltet.

Der Erfolg unserer Arbeit hängt nicht zuletzt vom intensiven Austausch innerhalb und außerhalb des HLUg ab. Ich bedanke mich bei allen, die durch ihr

Engagement in Arbeitskreisen und Projektgruppen die fachliche Diskussion vorangebracht haben.

# Brennpunkt:

## Kostenreduzierung bei Grundwassersanierungen - Auf der Suche nach Einsparmöglichkeiten

BERTHOLD MEISE

### Zusammenfassung

Ende 2012 steuert die HIM GmbH, Bereich Altlastensanierung („HIM-ASG“), als Trägerin der Altlastensanierung in Hessen insgesamt 34 Projekte, die eine Grundwassersanierung zum Gegenstand haben. Für den Betrieb dieser Grundwassersanierungen hat das Land Hessen bis Ende 2012 im Wege der Ersatzvornahme zusammen 74,5 Mio. € ausgegeben und wird auch weiterhin, als Rechtsträger der Vollzugsbehörden des Bundes-Bodenschutzgesetzes, beträchtliche Kosten aufwenden müssen. Zur Entlastung des öffentlichen Haushalts stellt sich die Frage: „Gibt es Einsparmöglichkeiten?“

Langjährige Erfahrungen haben gezeigt, dass die festgelegten Sanierungszielwerte in absehbarer Zeit und in der überwiegenden Zahl der Grundwassersanierungen nicht erreicht werden. Laufzeiten werden umso länger, je niedriger der Sanierungszielwert festgeschrieben wird. Im Sinne eines hohen Grundwasserschutzstandards wird im Vollzugsalltag nicht selten der Geringfügigkeitsschwellenwert (GFS) pauschal zum Sanierungszielwert erklärt.

Eine solch pauschale, den Einzelfall nicht betrachtende Vorgehensweise sieht der Verwaltungsgerichtshof Baden-Württemberg in seiner Entscheidung vom 8. März 2013 als ermessens- und damit rechtsfehlerhaft an [1]. Er hält die Prüfung eines gesteigerten oder geminderten öffentlichen Interesses an der Intensität der Sanierungsanstrengungen bei der Festlegung des

Sanierungszielwertes (vor Beginn der Maßnahme) für geboten.

Eine beachtenswerte Entscheidung, denn bei den 34 laufenden Sanierungsmaßnahmen, die das Land Hessen finanziert, liegt der Sanierungszielwert in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle in der Höhe des Geringfügigkeitsschwellenwertes (GFS), obwohl dies von Rechts wegen vielleicht gar nicht geboten ist.

Der vorliegende Artikel diskutiert Effektivität und Effizienz dieser 34 laufenden Sanierungsmaßnahmen. Weiterhin beschäftigt er sich damit, wie Sanierungszielwerte vor Beginn der Maßnahme festgelegt werden und welche Bedeutung es hat, gegen Ende derselben Maßnahme die Verhältnismäßigkeit zu prüfen und kommt zu folgendem Ergebnis:

- Wenn das Land Hessen - in Ermangelung eindeutiger normativer Vorgaben - Festlegungen trifft, wie ein Sanierungszielwert im Einzelfall festzulegen ist, öffnet sich ein Entscheidungsspielraum, der zu kürzeren Laufzeiten führen kann.
- Wenn es darüber hinaus Antworten auf die Frage ausarbeitet, wann eine Sanierung eingestellt werden kann, obwohl der Sanierungszielwert nicht erreicht ist, erweitert sich der Entscheidungsspielraum ein weiteres Mal. Restlaufzeiten könnten verkürzt und Ausgaben reduziert werden.

Dabei muss das Land an sein Handeln die gleichen Kriterien anlegen, wie im Fall des ordnungsrechtlichen Handelns seiner Vollzugsbehörden gegenüber den Normadressaten des Bundes-Bodenschutzgesetzes.

So kämen diese Regelungen nicht nur den 34 vom Land finanzierten Maßnahmen zugute, sondern würden auch einen wesentlichen Beitrag zur Vereinheitlichung des Gesetzesvollzugs in den rund 270 weiteren Grundwassersanierungen, die in Hessen gegenwärtig durchgeführt werden, sicherstellen [2].

## Einführung

Das Land Hessen hat in den zurückliegenden 24 Jahren die kommunale und gewerbliche Altlastensanierung finanziell stark gefördert. Hierfür wurden von 1990 bis 2012 über 600 Mio. € in die Boden- und Grundwassersanierung von gewerblichen und 162 Mio. € in die von kommunalen Altlasten, zusammen 762 Mio. € investiert. Dabei wurden über 4.000 Tonnen Schadstoffe aus dem Boden entfernt und 5 Millionen Kubikmeter verunreinigtes Grundwasser gereinigt [3]. Die HIM GmbH ist in Hessen Trägerin der „gewerblichen“ Altlastensanierung. Sie steuert Projekte der Boden- und Grundwassersanierung, zu denen ein Sanierungspflichtiger nicht oder nicht rechtzeitig herangezogen werden konnte [4].

Grundwassersanierungen schlagen dabei seit ihrer Gründung mit insgesamt rund 121 Mio. € netto zu Buche. Ende 2012 werden noch 34 Grundwassersanierungen betrieben, deren Kostenumfang sich auf 74,5 Mio. € [5, S.5] beläuft. Allein 21 Grundwassersanierungen werden zur Entfernung von leichtflüch-

tigen halogenierten Kohlenwasserstoffen (LHKW) betrieben.

Eine Prognose, wie lange die Maßnahmen noch zu betreiben sind, um die behördlich festgelegten Sanierungszielwerte zu erreichen, gibt es nicht. Ohne Laufzeitprognose ist eine seriöse Kostenschätzung für die Folgejahre oder möglicherweise gar Jahrzehnte nicht möglich. Grund genug, eine Zwischenbilanz zu ziehen und dabei die Frage nach Effektivität und Effizienz der Grundwassersanierungen zu stellen.

Dieser Beitrag stützt sich auf die Ergebnisse einer Projektarbeit, die in der Zeit vom 15. Januar - 14. Juli 2013 im Rahmen einer Abordnung beim Hessischen Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (heute: Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) erbracht wurde [5].

## Bestandsaufnahme zur Zwischenbilanz

Mit Landesmitteln finanzierte Grundwassersanierungen erfolgen durch

- Beauftragung der HIM-ASG durch das zuständige Regierungspräsidium (Bedarfsfeststellung und Beauftragung),
- die anschließende Auftragsabwicklung durch die HIM-ASG (Projektsteuerung)
- und die Zielerreichung (Abschluss).

Bedarfsfeststellung und Beauftragung werden in Hessen ausführlich durch die Regierungspräsidien geprüft und begründet.

Zur Auftragsabwicklung stimmt die HIM-ASG die notwendigen Maßnahmen mit der Behörde ab und schreibt die Leistungen im Wettbewerb aus. Die Sanierung wird im laufenden Betrieb regelmäßig über-

wacht und die Ergebnisse sowie das weitere Vorgehen in Projektbesprechungen abgestimmt.

Die Zielwerterreichung ist in vielen Fällen noch offen, weshalb sich bereits in 2007 die HIM-ASG der Frage gewidmet hat, ob ihre Grundwassersanierungen optimal durchgeführt werden. Die Ergebnisse der Prüfung hat sie auf dem ITVA-Altlastensymposium in Erfurt am 23. März 2007 der Fachöffentlichkeit vorgetragen [6, S. 128 ff.].

Als Maximalwert wurde in 2007 für die Entfernung eines Kilogramms Schadstoff aus dem Grundwasser ein Spitzenwert von 16.000 Euro/kg angegeben. Ein Wert, der nahe dem damaligen Goldpreis lag [6, S. 128]. Seit 2007 werden die Betriebskosten jährlich durch die HIM ASG im Rahmen der Qualitätssicherung auf den Prüfstand gestellt. Schwerpunkt der regelmäßigen Prüfungen sind dabei die zum Einsatz kommende Sanierungstechnologie und das Monitoringprogramm im Einzelfall.

Im Altlastenbereich ist bekannt, dass lang laufende Grundwassersanierungen häufig die Laufzeitprognosen, sofern diese überhaupt existieren, übersteigen, ohne das Sanierungsziel erreicht zu haben. Die Betriebskosten stehen mit fortschreitender Sanierungsdauer in zunehmend ungünstigerem Verhältnis zum Sanierungseffekt. Dabei nähert sich die Konzentrationsentwicklung über die Zeit exponentiell dem Sanierungszielwert [7, S. 7]. Die dabei sinkende Effizienz der gesamten Maßnahme erfordert geeignete Optimierungsmaßnahmen, die Prüfung, ob das Sanierungsziel „richtig“ bestimmt wurde und häufig eine Prüfung der Verhältnismäßigkeit.

In 2012 hat die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) eine Handlungshilfe veröffentlicht, die eine standardisierte Vorgehensweise zur Ermittlung der fachtechnischen Grundlagen zur Vorbereitung der Verhältnismäßigkeitsprüfung beschreibt [8]. Der

Handlungshilfe liegt eine bundesweite Datenerhebung bei Landesämtern, Kommunen und der Industrie zugrunde. 112 Datensätze für Grundwassersanierungen bilden für die statistische Auswertung die Basis zur Ermittlung der spezifischen Betriebsparameter. Die baden-württembergische Handlungshilfe setzt mit dieser Auswertung einen neuen Maßstab. Erstmals werden Kosten in dieser umfassenden Form der Schadstoffentfernung zugeordnet und als Kennzahl in Kosten [€] / Schadstoff [kg] statistisch ausgewertet.

Die 34 laufenden Grundwassersanierungen der HIM-ASG gehören dabei nicht zu den 112 ausgewerteten Fällen. Daher bietet es sich an, die 34 laufenden „HIM-ASG-Fälle“ nach der LUBW-Systematik zu erheben und auszuwerten.

Zur Darstellung der Sanierungseffizienz werden hierzu drei spezifische Kennzahlen gebildet:

- Grundwasserförderung [m<sup>3</sup>] / Schadstoff [kg] („Wasserverbrauch“)
- Energieverbrauch [kWh] / Schadstoff [kg] („Energieverbrauch“)
- Kosten [€] / Schadstoff [kg] („Kosten“)

Grundsätzlich können die Kennzahlen für zwei Betriebszeiträume dargestellt werden:

- die „gesamte Betriebszeit“ und
- das „letzte Betriebsjahr“.

Innerhalb dieser Zeiträume kann zwischen den Parametergruppen

- „alle Fälle“ und der
  - „LHKW-Fälle“
- unterschieden werden.

Dargestellt aus der Vielfalt der Arbeitsergebnisse werden nachfolgend nur die Ergebnisse der Fallgruppen:

- „gesamte Betriebszeit“ und
- „alle Fälle“.



## Spezifische Kennzahl „Wasserverbrauch“

Zur Bestimmung dieser Kennzahl wird der Quotient aus der Gesamtmenge des geförderten Grundwassers in Kubikmetern und der Gesamtmenge des entfernten Schadstoffes in Kilogramm gebildet. Die so ermittelten Kennzahlenwerte werden aufsteigend sortiert und als Summenkurve mit logarithmischer Skalierung aufgetragen. Auf der Abszisse wird das Ergebnis der Division und auf der Ordinate der prozentuale Anteil an der Grundgesamtheit aufgetragen.

Von den 34 erfassten Fällen zu Pump-and-Treat-Maßnahmen (PT-Maßnahmen) kann der spezifische Wasserverbrauch für alle 34 Sanierungsfälle bestimmt werden. Zur Verdeutlichung von Verteilung und Streuung werden die statistischen Verteilungsparameter (Median, Quantil und 95. Perzentil) dargestellt (s. Abbildung 1). Die so ermittelte Verteilung des spezifischen Wasserverbrauchs für alle 34 Projekte zeigt, dass bei 50 % der Grundwassersanierungen durch PT-Maßnahmen die Werte im Bereich zwischen 205 und 1.024 m<sup>3</sup>/kg (0,25 bzw. 0,75-Quantil) liegen. Bei 95 % der Sanierungsfälle beträgt der spezifische

Wasserverbrauch weniger als 4.039 m<sup>3</sup>/kg. Der Median der Verteilung liegt bei 470 m<sup>3</sup>/kg [5, S. 16].

Die statistischen Kennwerte des spezifischen Wasserverbrauchs der bundesweiten Erhebung (74 Fälle) können der Tabelle A2-2 der baden-württembergischen Publikation [8, S.58] entnommen werden und mit der hessischen Auswertung [5] verglichen werden. Hierzu eignet sich die Darstellung in einem „Boxplot“, denn der Boxplot oder die Fünf-Punkte-Zusammenfassung stellen verschiedene Streuungsmaße in einem Diagramm dar. Die Fünf-Punkte-Zusammenfassung (Min-Wert, Q1, Median, Q3, Max-Wert) teilt den Datensatz in vier Teile, so dass in jedem Teil etwa ein Viertel der Beobachtungswerte liegen.

Das nachfolgende Boxplot Diagramm (s. Abbildung 2) zeigt eine gute Übereinstimmung der statistischen Kenngrößen der Verteilung zwischen den hessischen Fällen und den bundesweiten Fällen. Die Mediane bewegen sich in nahezu gleicher Größenordnung.

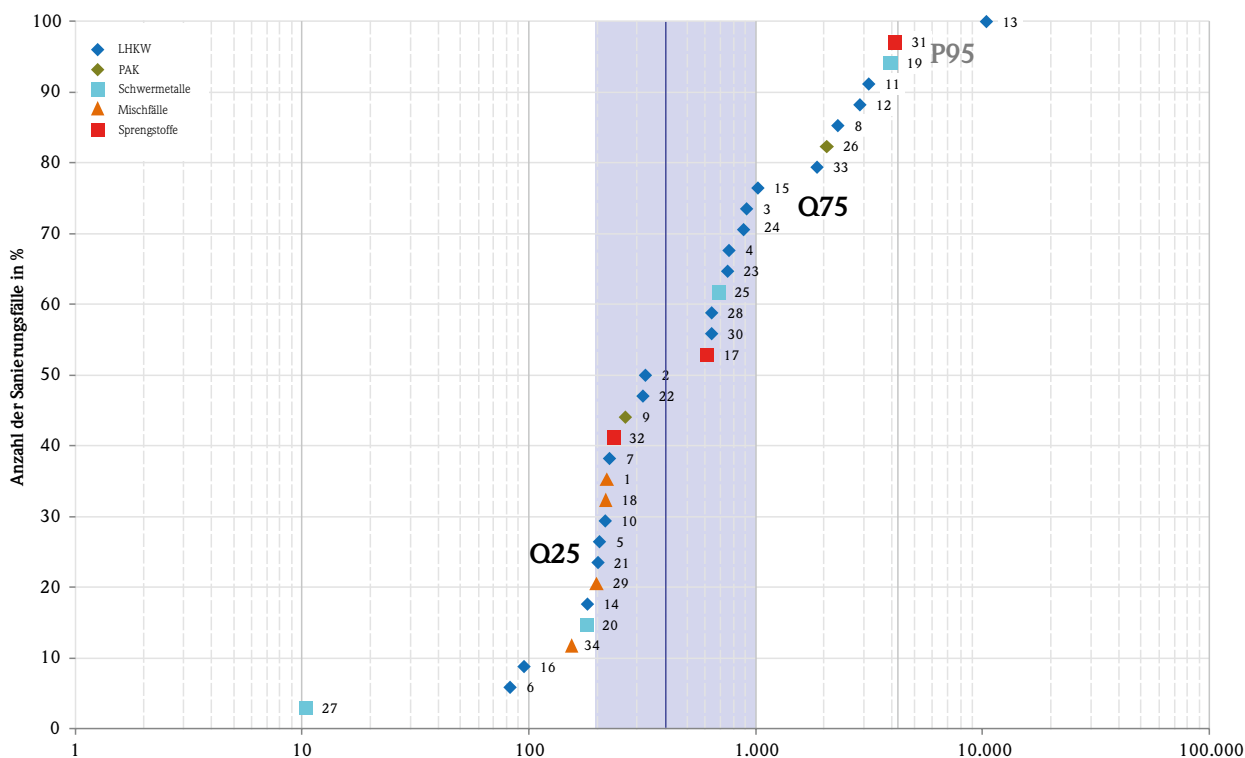


Abb. 1: Summenkurve „Spezifischer Wasserverbrauch“ bei 34 HIM-ASG-Fällen über den gesamten Betriebszeitraum.

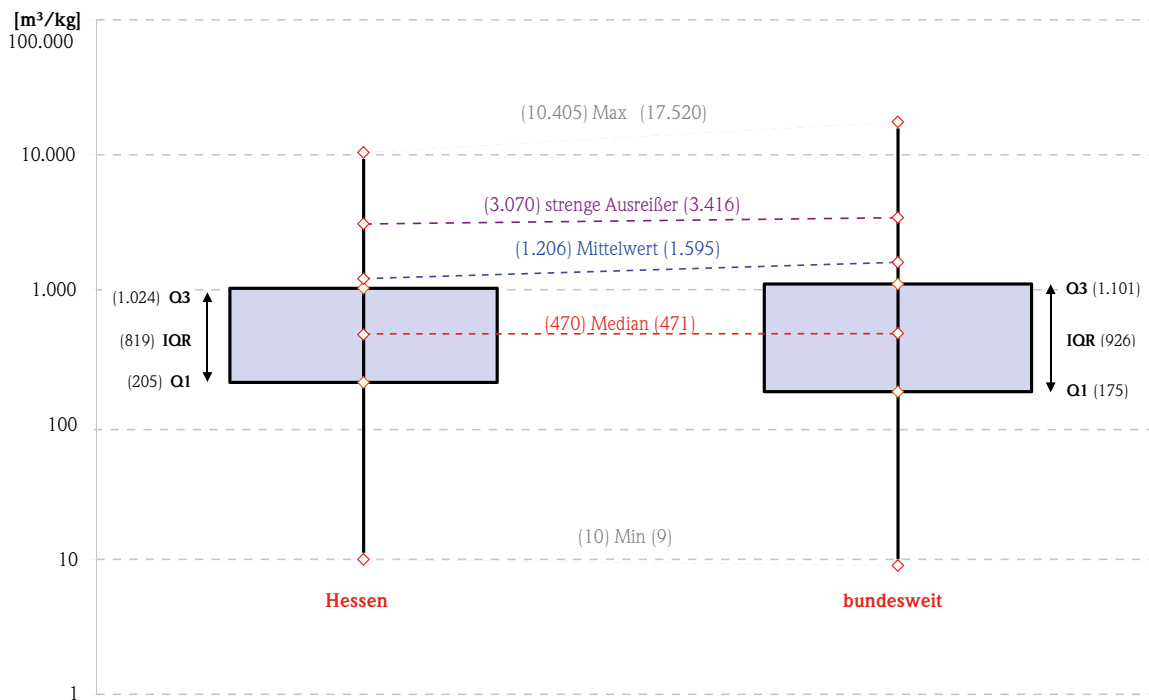


Abb. 2: Boxplot „spezifischer Wasserverbrauch“, hessische und bundesweite Fälle im Vergleich.

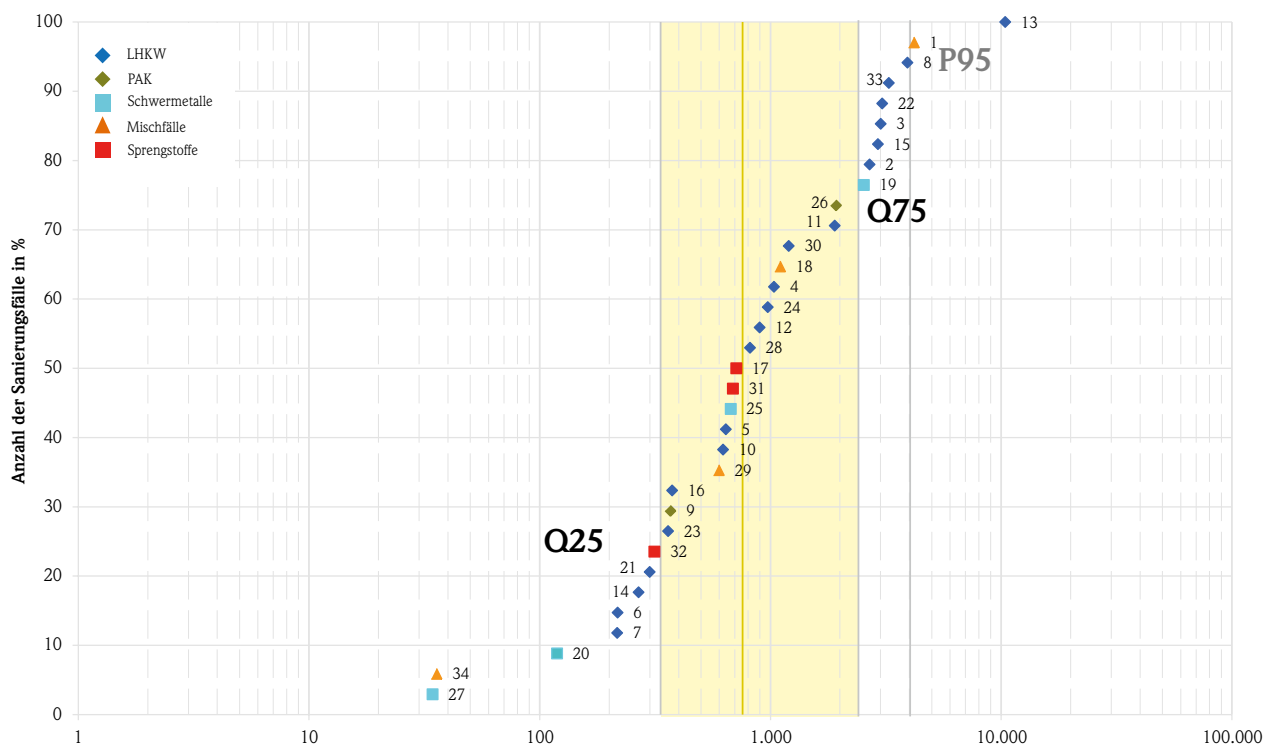
Der Interquartilsabstand IQR der hessischen Fälle mit 819 m<sup>3</sup>/kg liegt geringfügig niedriger als bei den bundesweiten Fällen mit 926 m<sup>3</sup>/kg. Der arithmetische Mittelwert liegt bei 1.206 m<sup>3</sup>/kg und somit um den Faktor 0,76 niedriger als das arithmetische Mittel mit 1.595 m<sup>3</sup>/kg der bundesweiten Erhebung [5, S.19].

Es kann festgehalten werden, dass sich die hessischen Datensätze „störungsfrei“ in die bundesweite Auswertung eingliedern würden, ohne die Spannweite oder den Interquartilsabstand zu weiten. Sie „bestätigen“ in diesem Sinne die bundesweite Auswertung.

## Spezifische Kennzahl „Energieverbrauch“

Zur Bestimmung dieser Kennzahl wird der Quotient aus der Gesamtmenge der verbrauchten Energie in Kilowattstunden und der Gesamtmenge des entfernten Schadstoffes in Kilogramm gebildet. Die so ermittelten Werte werden als Summenkurve mit logarithmischer Skalierung aufgetragen. Von den 34 erfassten Fällen zu PT-Maßnahmen kann der spezifische Energieverbrauch für alle 34 Sanierungsfälle bestimmt werden. Zur Verdeutlichung von Verteilung und Streuung werden auch hier die statistischen

Verteilungsparameter (Median, Quantil und 95 Perzentil) dargestellt (s. Abbildung 3). Die ermittelte Verteilung des spezifischen Energieverbrauchs für alle 34 Projekte zeigt, dass bei 50 % der Grundwasser-sanierungen durch PT-Maßnahmen die Werte im Bereich zwischen 360 und 2.538 kWh/kg (0,25 bzw. 0,75-Quantil) liegen. Bei 95 % der Sanierungsfälle beträgt die spezifische Grundwasserförderung weniger als 4.058 kWh/kg. Der Median der Verteilung liegt bei 763 kWh/kg [5, S.20].



**Abb. 3:** Summenkurve „spezifischer Energieverbrauch“ bei 34 HIM-ASG-Fällen über den gesamten Betriebszeitraum

Die Kennwerte des spezifischen Energieverbrauchs der bundesweiten Erhebung (63 Fälle) können der Tabelle A2-3, der baden-württembergischen Publikation [8, S. 58] entnommen werden.

Das Boxplot-Diagramm (s. Abbildung 4) zeigt, dass der Energieverbrauch bei den hessischen Fällen höher liegt, als in der bundesweiten Auswertung. Der

Interquartilsabstand IQR der hessischen Fälle mit 2.178 kWh/kg liegt über dem der bundesweiten Fälle mit 1.363 kWh/kg. Der arithmetische Mittelwert liegt bei 1.541 kWh/kg und somit um den Faktor 1,38 höher als das arithmetische Mittel mit 1.118 kWh/kg der bundesweiten Erhebung [5, S 24].

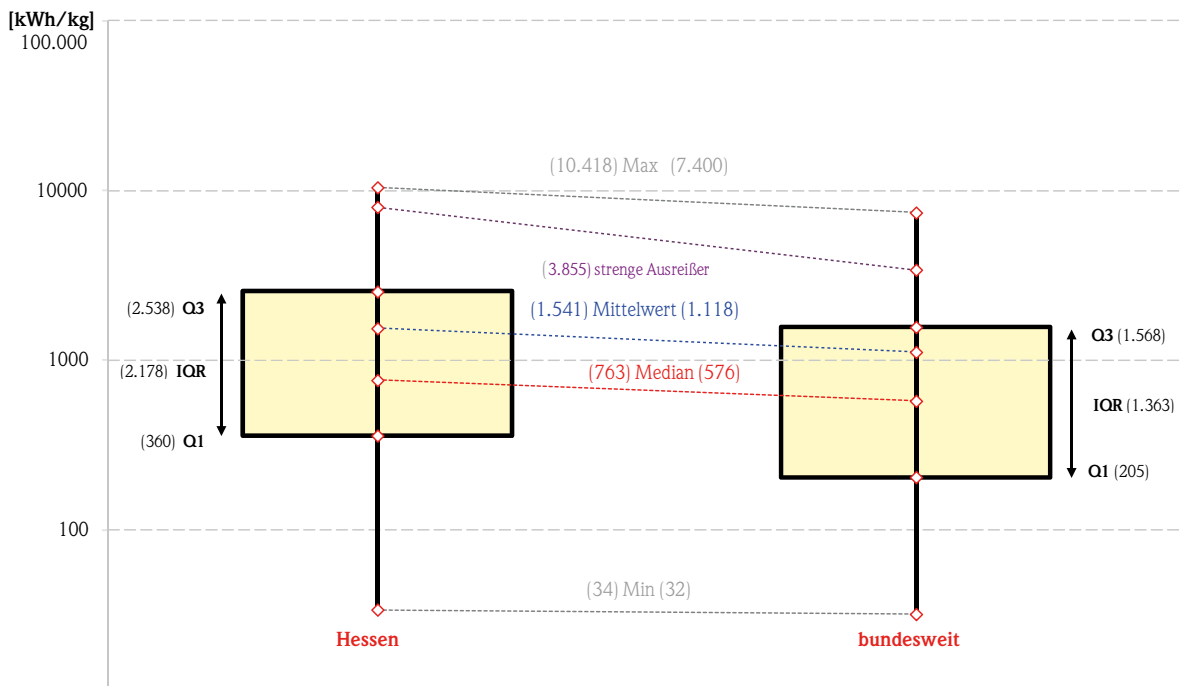


Abb. 4: Boxplot „spezifischer Energieverbrauch“, hessische und bundesweite Fälle im Vergleich („gesamter Betriebszeitraum“ und „alle Fälle“)

## Spezifische Kennzahl „Kosten“

Zur Bestimmung dieser Kennzahl wird der Quotient aus der Gesamtmenge der Kosten in Euro und der Gesamtmenge des entfernten Schadstoffes in Kilogramm gebildet.

Die Datengrundlage zur Bestimmung der Kosten der 34 hessischen Fälle ist qualitativ sehr hochwertig. Die Daten stammen aus der buchhalterischen Finanzverwaltung der HIM-ASG. Die Leistungen, die hinter den Kosten stehen, wurden im Wettbewerb nach VOB, VOF und VOL ausgeschrieben und vergeben. Sie beinhalten alle Kosten für Investition, Betrieb der Anlage sowie sonstige Kosten:

- **Investition:** Feldarbeiten, Erkundung, Messstellen- und Brunnenbau, Sofortmaßnahmen und Wasseraufbereitungsanlage,
- **Betrieb:** Analytik, Chemikalien, Probenahme und Transport, Verbrennung, Brauchwasser, Mikrobiologie,

- **Sonstige Kosten:** Ingenieurleistungen Sanierungsplanung und –genehmigung, Ingenieurleistungen Sanierung, Entsorgungsplanung, Gefährdungsabschätzungen und Monitoring.

Bei der HIM-ASG wird jede Ausgabe seit 1989 mit den Methoden der Buchführung sachlich und zeitlich geordnet erfasst, auf Konten gebucht und dokumentiert. Diese hochwertigen Datensätze sind für die Jahre von 1990 – 2012 lückenlos verfügbar und bilden mit der Gesamtsumme von 121,1 Mio. Euro alle abgeschlossenen und laufenden Grundwassersanierungen ab. Die 34 laufenden Grundwassersanierungen, die hier zur Auswertung gekommen sind, haben dabei einen Kostenumfang von 74,5 Mio. € [5, S. 5].

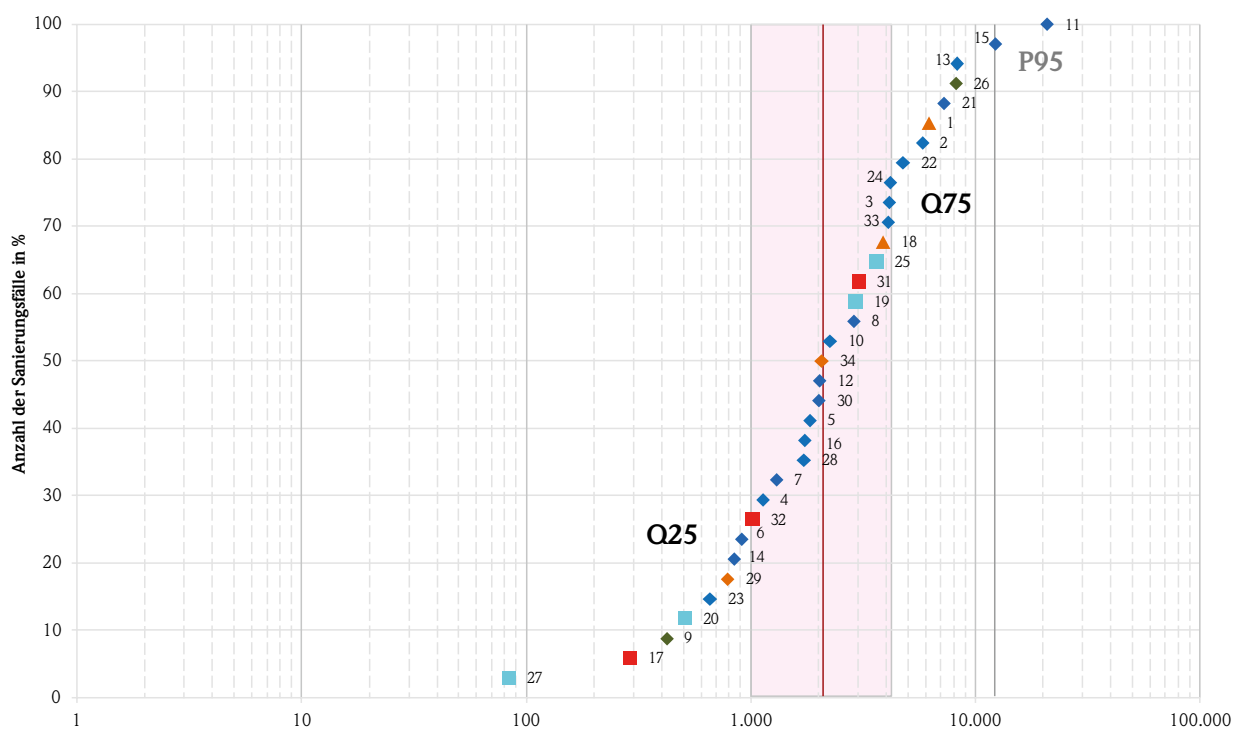


Abb. 5: Summenkurve „spezifische Betriebskosten“ bei 34 HIM-ASG-Fällen über den gesamten Betriebszeitraum.

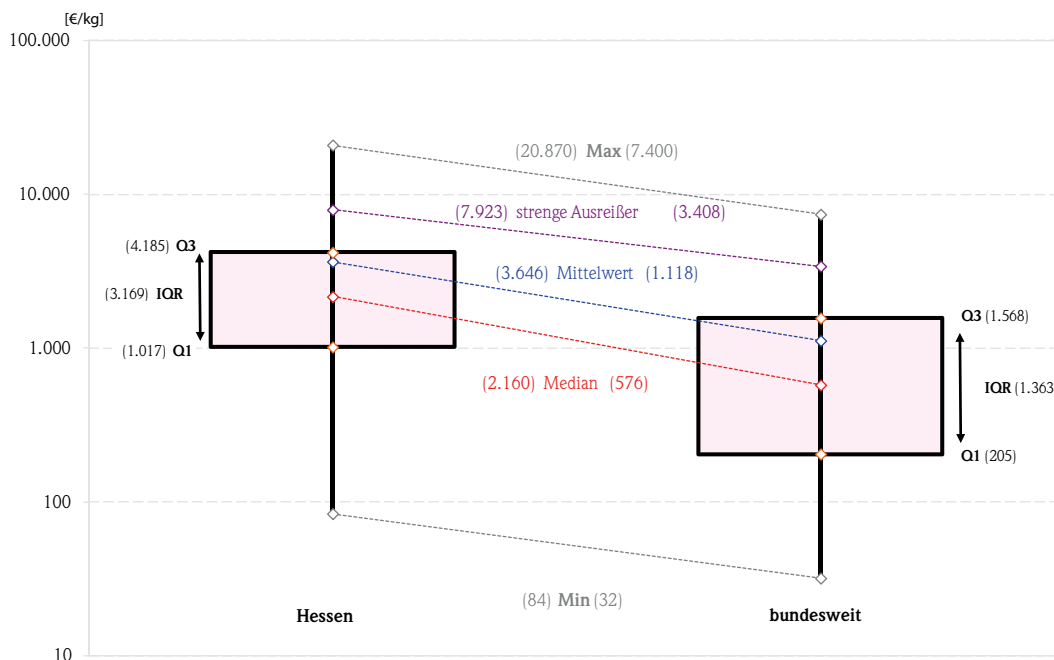


Abb. 6: Boxplot „spezifische Betriebskosten“, hessische und bundesweite Fälle im Vergleich („gesamter Betriebszeitraum“ und „alle Fälle“)

Von den 34 erfassten hessischen Fällen zu PT-Maßnahmen können die Betriebskosten (Betrieb und sonstige Kosten) für alle 34 Sanierungsfälle bestimmt werden.

Die ermittelten Werte werden als Summenkurve mit logarithmischer Skalierung aufgetragen. Zur Verdeutlichung von Verteilung und Streuung werden die statistischen Verteilungsparameter (Median, Quantile und 95 Perzentil) dargestellt (s. Abbildung 5). Die ermittelte Verteilung der Kosten für alle 34 Projekte zeigt, dass bei 50 % der Grundwassersanierungen durch PT-Maßnahmen die Werte im Bereich zwischen 1.017 und 4.185 EUR/kg (0,25 bzw. 0,75-Quantil) liegen. Bei 95 % der Sanierungsfälle beträgt der spezifische Kosteneinsatz weniger als 10.313 EUR/kg. Der Median der Verteilung liegt bei 2.160 EUR/kg [5, S. 27].

Die in Abbildung 5 dargestellten Daten der HIM-ASG zur Kennzahl Kosten können nur mit großen Einschränkungen und unter Vorbehalt mit derjenigen Kostenerhebung, die der LUWB-Publikation [8, S.

35] zugrunde liegt, verglichen werden. Bundesweite Erhebungen zu Sanierungskosten haben mit der Schwierigkeit umzugehen, dass die Datenqualität der Kostenzuordnung erhebliche Unschärfen besitzt [7, S. 17] oder Kostenangaben überhaupt nur in wenigen Einzelfällen gemacht werden können [9, S. 44]. Von den 112 Fällen der bundesweiten Erhebung eignen sich 67 Fälle zur Bestimmung der spezifischen Kennzahl Kosten [8, S. 58].

Das Boxplot Diagramm in Abbildung 6 zeigt erwartungsgemäß, dass der Kosteneinsatz in Hessen höher liegt als in der bundesweiten Auswertung. Die unterschiedliche Höhe der Kosten ist, wie o. g., ursächlich in den unterschiedlichen Qualitäten der Datenangaben zu suchen.

Die buchhalterische Erfassung, wie dies durch die HIM-ASG erfolgt ist, hat den Vorteil, die Kosten genau abbilden zu können. Kostenschätzungen hingegen haben den Nachteil, ungenau zu sein. Dieser Umstand prägt das Ergebnis für den spezifischen Kosteneinsatz im Vergleich.

## Sanierungseffektivität und Sanierungseffizienz

Allgemein versteht man unter Effektivität ein Maß der Zielerreichung (Wirksamkeit) und unter Effizienz ein Maß für die Wirtschaftlichkeit (Kosten-Nutzen-Relation). Vereinfacht gesagt, geht es bei der Effektivität um die Frage: „Tun wir die richtigen Dinge?“ und bei der Effizienz darum, ob wir die Dinge richtig tun [10, S. 67].

Der Begriff der „Sanierungseffizienz“ fasst die Ergebnisse der drei, in den vorherigen Kapiteln dargestellten, spezifischen Kennzahlen zusammen. Da es für die Bewertung dieser Kennzahlen keine allgemeingültigen bzw. gesetzlichen Bewertungskriterien gibt, helfen nur solch zusammengestellte Erfahrungen aus bereits erfolgten oder noch laufenden Sanierungen weiter.

Die Erfahrungswerte für den spezifischen Wasserverbrauch und den Energieverbrauch aus der bundesweiten Erhebung [8, S. 58] stimmen erstaunlich

gut mit der hessischen Erhebung [5, 18 ff.] überein, wenngleich der hessische Energieverbrauch etwas höher ist. Die hessischen Erfahrungswerte bestätigen in diesem Sinne die bundesweite Auswertung.

Für die entscheidende Kennzahl, dem spezifischen Kosteneinsatz, gilt das nicht. Hier liegen die Kosten in Hessen deutlich höher als dies in der bundesweiten Erhebung der Fall ist. Damit verschiebt sich auch der Erfahrungswert (z. B. der Median), ob eine Sanierung vergleichsweise effizient oder ineffizient arbeitet. In Hessen liegt der Median um den Faktor 3,75 höher als bei der bundesweiten Erhebung. Gerade wenn monetäre Ansätze die Entscheidungsfindung über den Weiterbetrieb einer Grundwassersanierung im Rahmen der Verhältnismäßigkeitsprüfung unterstützen sollen, kommt der Qualitätssicherung der erfassten Daten eine besondere Bedeutung zu. Denn geschätzte Kosten können im Gegensatz zu tatsächlichen Kosten möglicherweise einen Korridor



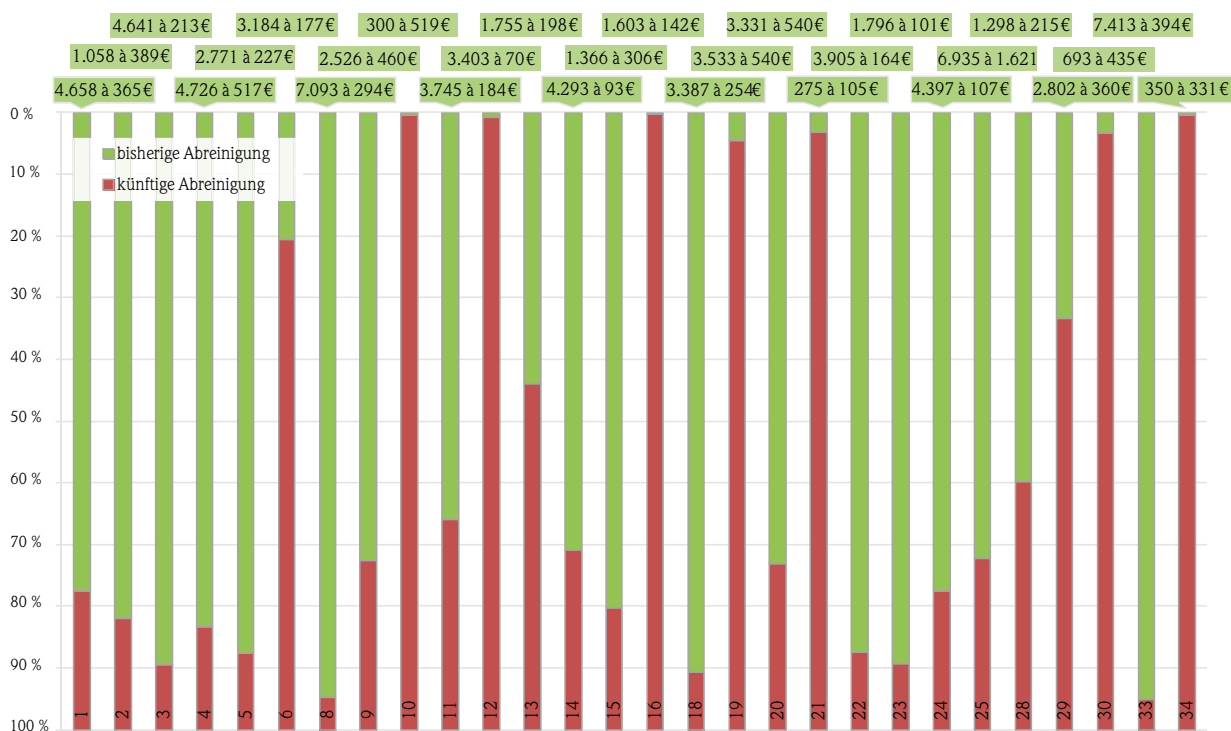
effizienter Sanierungen abbilden, den es tatsächlich nicht gibt. Für die Daten aus der Finanzbuchhaltung der HIM-ASG gilt das nicht. Diese Kosten unterliegen einer externen Wirtschaftsprüfung und sind qualitativ gesichert.

Die bundesweite Erhebung hat mit einem Fragebogen gearbeitet (8, Anl. 2, S. 63), in dem die „bisherigen Gesamtbetriebskosten“ abgefragt wurden. Wenn diese nicht bekannt waren, sollte eine Schätzung angekreuzt werden. Wie oft geschätzt wurde und welche Kosten für welche Leistungen tatsächlich in Anschlag gebracht wurden, kann hier nicht beurteilt werden. Im Gegensatz zu Hessen wurden die Gutachterkosten beispielsweise grundsätzlich nicht erfasst. Da in Hessen der Median um den Faktor 3,75 höher liegt als bei der bundesweiten Erhebung, wird

vermutet, dass Kostenschätzungen, unterschiedliche Kostenzusammenstellungen und fehlende Kosten für Gutachter bei der bundesweiten Auswertung ursächlich für das niedrigere Kostenniveau sind.

Neben den „Erfahrungswerten“ zur Sanierungseffizienz liefern die Angaben zur Sanierungseffektivität weitere wesentliche Anhaltspunkte zur Beurteilung einer Maßnahme.

In Grundwassersanierungsfällen, in denen eine Schadstoffentfernung und nicht eine Grundwassersicherung als Schutzziel festgelegt ist, wird Effektivität verstanden als ein Maß für die Wirksamkeit einer Sanierung. Sie beschreibt das Verhältnis der erreichten Schadstoffbelastung im Rohwasser zum Sanierungsziel. Die Effektivität gibt Aufschluss darüber, wie na-



**Abb. 7:** Darstellung des bisherigen Sanierungserfolges und der künftige Schadstoffentfernung unter Angabe der Anzahl der bisherigen Betriebstage und deren Kosten pro Tag in EUR.

he ein Zwischenergebnis dem Sanierungsziel gekommen ist [5, S. 46].

Beispiel: Ein Grundwasserschaden mit einer Ausgangskonzentration von 550 µg/l Summe LHKW gilt als saniert; wenn der Sanierungszielwert von 20 µg/l dauerhaft unterschritten ist (= Sanierungserfolg). Eine erreichte IST-Konzentration von 46,5 µg/l entspricht damit einer Sanierungsleistung von etwa 95% (s. a. Tabelle 1). Der Sanierungserfolg, gemessen in Prozent, ist somit das Maß der Effektivität.

**Tab. 1:** Sanierungserfolg (Effektivität)

Effektivität – Sanierungserfolg	
Ausgangskonzentration (AK)	550 µg/L
IST-Konzentration (IK)	46,5 µg/L
Sanierungszielwert (SZ)	20 µg/L
Sanierungserfolg (SE)	95,0 Prozent
Sanierungserfolg (SE)	$= [(AK-IK)/(AK-SZ)] * 100\%$

Von den 34 laufenden HIM ASG-Sanierungen konnte für 28 Maßnahmen die Effektivität ausgewertet werden. Bei 6 Maßnahmen war kein Sanierungszielwert bestimmt.

Ein Blick auf die statistische Auswertung der Daten in Abbildung 7 zeigt, dass bei diesen 28 Verfahren insgesamt 86.507 Betriebstage bis Ende 2012 anfielen. Das entspricht einer Gesamtlaufzeit von 237 Jahren. Dieser Betrieb kostete insgesamt rund 33 Mio. € netto und jeder Betriebstag mithin im Mittel 381 €. Bei gleichzeitigem Betrieb dieser 28 Verfahren fallen für das Land Hessen täglich 10.675 € Kosten an.

Diese Zahlen machen einmal mehr deutlich, was gemeinhin vermutet werden kann: Lange Laufzeiten bedeuten hohe Kosten! Die Länge der Laufzeit wird durch das Sanierungsziel und der Antwort auf die Frage: „Wann kann die Sanierung eingestellt werden, wenn das Ziel mit verhältnismäßigen Mitteln nicht erreicht werden kann?“ entscheidend bestimmt. Der „richtigen“ Bestimmung des Sanierungsziels für das Grundwasser kommt daher eine große Bedeutung zu.

## Sanierungsziel - Sanierungszielwert

In vielen Fällen wird als Sanierungsziel die Wiederherstellung eines Zustandes unterhalb der Gefahrenschwelle festgelegt. Dieses Ziel wird in der Regel nur mit einer Dekontamination der gesamten Grundwasserverunreinigung (Schadstoffquelle und Schadstofffahne) erreicht [11, S. 21]. Die behördliche Vorgehensweise, als Sanierungszielwert den Geringfügigkeitsschwellenwert der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) pauschal, d. h. ohne Prüfung des Einzelfalls, festzulegen, hat der Verwaltungsgerichtshof Baden-Württemberg in seiner Entscheidung vom 8. März 2013 als ermessens- und damit rechtswidrig beurteilt [1, Rn 53]. Er führt aus,

„ ... dass die bei der Sanierung von Gewässern zu erfüllenden Anforderungen sich nach dem Wasserrecht richten (§ 4 Abs. 4 Satz 3 BBodSchG, Anhang 2 Nr. 3.2 lit. e BBodSchV), dem Wasserrecht sich aber für den vorliegenden Fall kein hinreichend bestimmtes Sanierungsziel entnehmen lässt, weil ge-

setzliche Grenzwerte für den Schadstoffgehalt im Grundwasser nicht existieren[1, Rn 53].“

Das Gericht legt weiterhin dar, dass wenn die Bodenschutzbehörde sich auf Empfehlungen der Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) für grundwasserbezogene Geringfügigkeitsschwellenwerte stütze, so könne dies als Ausgangspunkt einer gebotenen einzelfallbezogenen Festlegung der Sanierungsziele taugen, diese einzelfallbezogene Festlegung selbst aber nicht ersetzen oder erübrigen. Empfehlungen und Verwaltungsvorschriften würden keine normative Bindungswirkung entfalten, sondern kämen als vorweggenommene Sachverständigengutachten in Betracht [1, Rn 53].

„Über diese letztlich verfassungsrechtliche Anforderung hilft auch der an sich zutreffende Hinweis des Beklagten auf ein prinzipiell aus den Vorschriften des Wasserhaushaltsgesetzes sich ergebendes Erforder-

*nis eines hohen Schutzniveaus für das Grundwasser nicht hinweg. Jedenfalls rechtfertigt bzw. verlangt dieses grundsätzlich gebotene Schutzniveau nicht in jedem Einzelfall ohne weiteres die Gleichsetzung von Prüfwerten bzw. Geringfügigkeitsschwellenwerten mit festzulegenden Sanierungszielwerten, ohne Berücksichtigung eines gesteigerten oder geminderten öffentlichen Interesses an der Intensität der Sanierungsanstrengungen (etwa im Falle von Wasserschutzgebieten oder Trinkwassereinzugsgebieten einerseits und anderen, weniger sensible Nutzungen aufweisenden Bereichen andererseits) und ohne Berücksichtigung individueller Zumutbarkeitsgesichtspunkte auf Seiten des Sanierungspflichtigen. Wegen des Fehlens einer diesbezüglichen Abwägung ist die Festlegung des Sanierungsziels auf den jeweils niedrigsten Schwellenwert der LAWA-Empfehlungen bzw. der VwV-Orientierungswerte ermessens- und damit rechtsfehlerhaft [1, Rn 53].“*

Diese Ausführungen fasst der Verwaltungsgerichtshof Baden-Württemberg in folgendem Leitsatz prägnant zusammen:

*„Die verbindliche Vorgabe von Sanierungszielwerten setzt eine einzelfallbezogene Abwägung nach Maßgabe des Grundsatzes der Verhältnismäßigkeit voraus [1, Leitsatz 2].“*

In Hessen werden Sanierungszielwerte nicht abschließend sondern häufig mit einer „Öffnungsklausel“ formuliert:

*„Werden während des Verlaufs der Sanierung neue Erkenntnisse gewonnen oder tritt eine Stagnation oberhalb der Sanierungszielwerte ein, kann das vorgegebene Sanierungsziel – auf Antrag – angepasst werden, wenn aufgrund des laufenden Sanierungsbetriebes ausreichende und aussagefähige Erfahrungswerte vorliegen [12, S. 31].“*

In Hessen regelt die Verwaltungsvorschrift zur Erfassung, Bewertung und Sanierung von Grundwasserunreinigungen (GWS-VwV), welche Anforderungen zu erfüllen sind [13]. Die Öffnungsklausel beruht dabei auf Nr. 5 Abs. 2, denn *„ist aufgrund der örtlichen Verhältnisse eine Beseitigung der schädlichen Grundwasserunreinigung mit verhältnismäßigen Mitteln nicht zu erwarten, kann mit Zustimmung*

*der zuständigen Behörde ein abweichendes Sanierungsziel bestimmt werden.....[13, Nr. 5 Abs. 2].“*

Die „Arbeitshilfe zur Sanierung von Grundwasserunreinigungen – HLUg, Band 3, Teil 7“ [12] leistet zur GWS-VwV weitere wichtige Erläuterungen und fachliche Konkretisierungen. Dabei wird insbesondere die Methodik zur Bestimmung einer schädlichen Grundwasserunreinigung erläutert. Aus Praxisfällen abgeleitete Algorithmen definieren die Grenzen zwischen „keine – geringe – mittlere und große“ schädliche Grundwasserunreinigung. Die Methodik ermöglicht die Ausgrenzung von Bagatellfällen, also die Bestimmung derjenigen Fälle, bei denen eine Sanierung aus Gründen der Verhältnismäßigkeit gar nicht erst begonnen werden braucht.

Die Arbeitshilfe beantwortet dabei nicht die Fragen:

- Welchen Anforderungen sind an die Festlegung eines Sanierungszielwertes zu stellen, wenn dieser über eine „Öffnungsklausel“ relativiert wird?
- „Was ist ein Schutzniveau und welche Sanierungsanstrengung und damit welcher Sanierungszielwert sind welchem Schutzniveau zuzuordnen?“
- Wo und wie werden im Verfahren individuelle Zumutbarkeitsgesichtspunkte des Sanierungspflichtigen abgewogen?

In Ermangelung diesbezüglicher Ausarbeitungen wird in Hessen der Sanierungszielwert häufig in Höhe des Geringfügigkeitsschwellenwertes und mit einer Öffnungsklausel festgelegt.

Das von LAWA und LABO gemeinsam erarbeitete Grundsatzpapier zum nachsorgenden Grundwasserschutz fordert einerseits, dass *„eine Grundwasserunreinigung grundsätzlich so zu sanieren ist, dass die Geringfügigkeitsschwellen im Grundwasser dauerhaft unterschritten werden [11, S. 21]“*.

Andererseits sei bei der Festlegung der Sanierungsziele und –maßnahmen die Größe der Grundwasserunreinigung (Kapitel 6.2) ein wesentliches Kriterium. Weitere bei dieser Prüfung zu beachtende Kriterien sind in der Anlage des Grundsatzpapiers aufgelistet. Unter den 9 gelisteten Kriterien findet sich beispielsweise [11, S. 23 ff.]:

- die wasserwirtschaftliche Bedeutung,
- die durch die Verunreinigung betroffenen Schutzgüter (wasserwirtschaftliche Schutz- und Vorranggebiete, Vorflut etc.) und
- die durch die Verunreinigung gefährdeten Nutzungen (Trink- und Brauchwasser, Heilquellen etc.).

Ein Blick in andere Bundesländer zeigt, dass beispielsweise Hamburg zur Festlegung eines Sanierungszielwertes ein spezifisches Managementkonzept entworfen hat. Hier werden, neben der Schadstofffracht, die Konzentration der Schadstoffe, die Schutzgüter, die Grundwassernutzung, die Art und das Ausmaß der Verunreinigung sowie die Erreichbarkeit des Sanierungszielwertes betrachtet. Viele Kriterien des Grundsatzpapiers [11, S. 23 ff.] finden im Manage-

mentkonzept [14, S. 5] Beachtung. Die einzelfallbezogene zulässige Konzentration für den Sanierungszielwert kann bei maximal dem 10-fachen GFS-Wert liegen.

Dem gesteigerten oder geminderten öffentlichen Interesse an der Intensität der Sanierungsanstrengung dadurch Ausdruck zu verleihen, dass die Kriterien des Grundsatzpapiers der LAWA/LABO angemessen gewürdigt werden, indem dem GFS-Wert ein Faktor, beispielweise zwischen 1 für sehr hohes Interesse bis 10 für sehr niedriges zugeordnet wird, erscheint ein beachtenswerter reproduzierbarer und transparenter Ansatz zur Bestimmung eines Sanierungszielwertes. Auf diese Weise abgeleitete Sanierungszielwerte können die Sanierungsdauer erheblich beeinflussen.

## Prüfung der Verhältnismäßigkeit

Der aus dem Rechtsstaatsprinzip abgeleitete Grundsatz der Verhältnismäßigkeit verlangt eine Abwägung zwischen dem Nutzen der Maßnahme und den durch die Maßnahme herbeigeführten Beeinträchtigungen. Ihm liegt der Gedanke zugrunde, dass staatliche Maßnahmen grundsätzlich nicht grenzenlos sein dürfen, sondern ihre Rechtfertigung in einem spezifischen Zweck finden müssen, an dem sie in Umfang und Ausmaß gemessen werden. Damit dient der Grundsatz der Verhältnismäßigkeit der Verteidigung der individuellen Rechts- und Freiheitssphäre. Er bindet alle staatliche Gewalt, sofern diese subjektive Rechte des Bürgers beeinträchtigt [15, S. 87]. In die Waagschale von Justitia sind daher auf der einen Seite der beabsichtigte Zweck (Erfolg) und auf der anderen Seite die Schwere des Eingriffs (Beeinträchtigung) zu legen. Sie dürfen nicht außer Verhältnis stehen.

Die Gewichtung der einzelnen, in die Abwägung eingehenden Aspekte sowie auch deren gegenseitige Abwägung und erst recht die Bestimmung der Grenze im Sinne der Angemessenheit beruhen jeweils auf subjektiven Wertungen [16, S. 45]. Das BVerfG räumt dadurch staatlichen Organen bei der Prüfung der Verhältnismäßigkeit einen Bewertungs- und Ermessensspielraum ein, der einen Verstoß gegen das

Gebot der Verhältnismäßigkeit im engeren Sinne nur bei deutlicher Unangemessenheit annimmt [16, S. 46].

Bei der Bewertung einer laufenden Grundwassersanierung fehlt es im Vollzugsalltag oft schon an der richtigen Zusammenstellung der abzuwägenden Aspekte und an Erfahrungswerten, wo die Grenze zur deutlichen Unangemessenheit liegt. Schriftlich formulierte Prüfungen der Verhältnismäßigkeit in Einzelfällen bilden daher eine Ausnahme. Es herrscht der Eindruck vor, dass die Prüfung, welcher Mitteleinsatz noch verhältnismäßig ist, äußerst schwer zu fassen ist und anerkannter Maßen Schwierigkeiten bereitet.

Vor der Schwierigkeit, eine praktikable Methode zur Überprüfung der Unverhältnismäßigkeit von Maßnahmenkosten zu entwickeln, stand auch der Vollzug der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL). Artikel 4 der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) erlaubt Ausnahmeregelungen vom Ziel des guten Gewässerzustands, wenn die nötigen Maßnahmen zur Zielerreichung mit unverhältnismäßigen Kosten verbunden sind. Zur Lösung wurden in einem von der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser finanzierten FE-Projekt Kriterien entwickelt und eine praktische

Vorgehensweise vorgeschlagen, wie sich die Unverhältnismäßigkeit von Maßnahmenkosten beurteilen lässt. Grundlage der praktischen Vorgehensweise bildet dabei ein erweiterter Ansatz der Kosten-Nutzen-Analyse [17, S. 1f].

Auch wenn die Kriterien und die vorgeschlagenen praktische Vorgehensweise aus [17] nicht die Frage beantworten können, wann eine Sanierungsanlage außer Betrieb zu nehmen ist, so zeigt die Studie doch, dass eine systematische Analyse dem Vollzug sehr wohl praktikable Antworten liefern kann. Insbesondere die Ausführungen zur Kosten-Nutzen-Analyse als ein wichtiger Aspekt der Abwägung sind lesenswert und machen Mut, auch im Bereich der Gefahrenabwehr im Umweltmedium Grundwasser nach geeigneten Antworten zu suchen.

Die baden-württembergische [8] und in Ergänzung dazu die hessische Auswertung [5] von Pump-and-Treat-Maßnahmen zeigen im Ergebnis einen „Korridor vertretbarer Sanierungen“ auf. Für den Bereich der Grundwassersanierung ließe sich eine Kosten-Nutzen-Analyse aufstellen, indem dem Nutzen (je 1% Sanierungserfolg) die jeweiligen Betriebskosten in Euro zugeordnet werden [5, S. 49]. Monetäre Ansätze für Kosten und Nutzen können die Entscheidungsfindung unterstützen, auch wenn sie nicht das finale Entscheidungskriterium einer Verhältnismäßigkeitsprüfung darstellen [18, S. 146].

Im richtigen Zusammenwirken, beginnend mit der „richtigen“ Festlegung des Sanierungsziels über einen stetig dem Optimum angepassten Betriebsablauf (auch Anlagenverfügbarkeit) und der abschließenden Prüfung der Verhältnismäßigkeit liegt ein effizienter

und effektiver Einsatz öffentlicher Mittel.

Wenn das Land Hessen - in Ermangelung eindeutiger normativer Vorgaben - Festlegungen trifft, wie ein Sanierungszielwert im Einzelfall festzulegen ist, öffnet sich ein Entscheidungsspielraum, der zu kürzeren Laufzeiten führen kann. Für die „richtige“ Festlegung des Sanierungszielwertes im Einzelfall besteht Handlungsbedarf.

Wenn das Land Hessen darüber hinaus Antworten auf die Frage ausarbeitet, wann eine Sanierung eingestellt werden kann, obwohl der Sanierungszielwert nicht erreicht ist, erweitert sich der Entscheidungsspielraum ein weiteres Mal. Restlaufzeiten könnten verkürzt und Ausgaben reduziert werden. Auch hier besteht Handlungsbedarf.

Das Land Hessen, das ja im Wege der Ersatzvornahme oder der unmittelbaren Ausführung tätig wird und dazu im Regelfall die HIM-ASG beauftragt, darf und muss an sein Handeln die gleichen Kriterien anlegen wie im Fall des ordnungsrechtlichen Handelns seiner Vollzugsbehörden gegenüber den Normadressaten des Bundes-Bodenschutzgesetzes.

Bedenkt man, dass für die 34 Maßnahmen, die hier ausgewertet wurden, jährlich Kosten in Höhe von rund 4 Mio. € anfallen und diese etwa 10% der laufenden Grundwassersanierungen in Hessen (300 Fälle) repräsentieren, zeigt sich, dass hier erheblicher Anlass zur Suche nach einer Lösung besteht.

## Literatur

1. VGH, Verwaltungsgerichtshof Baden-Württemberg 10. Senat. Vorgabe von Sanierungszielwerten. Mannheim : JURIS 1190/09, 2013-03-08. 10 S 1190/09.
2. HLOG, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie. unveröffentlichte Anfrage . Wiesbaden : s.n., 2014.
3. HMUKLV, Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. webseite: <https://umweltministerium.hessen.de/umwelt-natur/boden/altlastensanierung>. 2014-09-04.
4. HIM GmbH, Bereich Altlastensanierung - HIM-ASG. webseite: <http://www.him-asg.de/ueberuns.php/Grundlagen>. Biebesheim : s.n., 2014-09-29.
5. MEISE, BERTHOLD. unveröffentlicht: Einsparmöglichkeiten bei den mit Landesmitteln geförderten Grundwassersanierungen in der gewerblichen Altlastensanierung in Hessen (74 Seiten). Wiesbaden : s.n., 2013.
6. SCHMITT-BIEGEL, BIRGIT (HIM-ASG) anlässlich ITVA Altlastensymposium, Ingenieurtechnischer Verband für Altlastenmanagement und Flächenrecycling e.V. Strategischer Ansatz zur nachhaltigen Optimierung lang laufender Grundwassersanierungen. Berlin : ITVA - Tagungsband; S. 128 – 129, 2007.
7. SMUL, Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie. Entscheidungshilfe Grundwassersanierung: Effizienz von Pump and Treat-Sanierungen. Dresden : Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, 2007.
8. LUBW - Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg. Altlasten und Grundwasserschadensfälle 44, Ermittlung fachtechnischer Grundlagen zur Vorbereitung der Verhältnismäßigkeitsprüfung von langlaufenden Pump-and-Treat-Maßnahmen. Karlsruhe : LUBW, 2012.
9. DRANGMEISTER, J. GROSSMANN, J., WILLAND, A. GWKON, Eine Auswertung von durchgeführten Grundwassersanierungen der Länder und Ansätze zur Optimierung zukünftiger Maßnahmen. Berlin : Umweltbundesamt, 2007. UBAFBNr 000786.
10. DRUCKER, PETER FERDINAND. Peter Drucker on the Profession of Management. Harvard : Harvard Business Press, 1998.
11. LAWA, LABO /. Grundsätze des nachsorgenden Grundwasserschutzes bei punktuellen Schadstoffquellen. Mainz : Länderarbeitsgemeinschaft Wasser LAWA, 2006.
12. HLOG, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie. Arbeitshilfe zur Sanierung von Grundwasserverunreinigungen, Band 3, Teil 7. Wiesbaden : HLOG, 2008, aktualisiert 2013.
13. GWS-VwV. Verwaltungsvorschrift zur Erfassung, Bewertung und Sanierung von Grundwasserverunreinigungen, Wiesbaden 16. Februar 2011, StAnz. 10/2011, S. 475 .
14. HAMBURG, Freie und Hansestadt. Gefährdungsbeurteilung und Sanierung. Hamburg : Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, 2012.
15. WINZER, STEPHANIE. Göttinger Studien zu den Kriminalwissenschaften Band 11. Göttingen : Universitätsverlag Göttingen, 2010. 1864-2136.
16. MAUNZ, DÜRIG. Grundgesetz Art.20 - 69. München : C.H. Beck, 1996.
17. UFZ-Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung. Verhältnismäßigkeit der Maßnahmenkosten im Sinne EG-Wasserrahmenrichtlinie - komplementäre Kriterien zur Kosten-Nutzen-Analyse. Leipzig : LAWA, 2007. AR 1.05.
18. BIZER, KILIAN. Ökonomisch-juristische Institutionenanalyse – Ziele und praktische Anwendung in Responsive Regulierung: Beiträge zur interdisziplinären Institutionenanalyse . Tübingen : J.C.B. Mohr (Paul Siebeck), 2002. 3-16-147728-6.





# Aktuell:

## Nachlese zum ITVA-Altlastensymposium 2014 in Fulda

MARIE-ANNE FELDMANN

In diesem Jahr fand das Altlastensymposium in Hessen statt, und zwar am 20. und 21. März in Fulda. Neben dem Ingenieurtechnischen Verband für Altlastenmanagement und Flächenrecycling e.V. (ITVA) war die HIM GmbH, Bereich Altlastensanierung – HIM-ASG – Mit-Veranstalterin. Eine gute Gelegenheit, das HLOG mit einem Stand dem Fachpublikum zu präsentieren!



Abb. 2: Eines der Plakate des HLOG, Dezernat Altlasten



Abb. 1: Stand des HLOG auf dem ITVA-Symposium (Foto: Feldmann, HLOG)

Beim Get-together am Vorabend hat der Präsident des HLOG, Herr Dr. Schmid, einen Vortrag („Keynote“) gehalten zum Thema Fracking: Chance oder Risiko? Dieser Blick über den Tellerrand der Altlastenbearbeitung verdeutlicht, dass Veranstalter und Publikum interessiert sind, auch Themen außerhalb des Fachbereiches aufzugreifen.

Wie üblich war die Veranstaltung auch in diesem Jahr mit rd. 400 angemeldeten Teilnehmenden sehr gut besucht. In den Pausen wurde die Gelegenheit zur Diskussion gerne genutzt.

Als Investition in die Zukunft bezeichnete Hessens Umweltstaatssekretärin Dr. Beatrix Tappeser die Sanierung von Altlasten in Ihrer Eröffnungsrede. „Hessen hat bei der Altlastensanierung viel Boden gut gemacht – das Thema bewohnte Altlasten gehört weitgehend der Vergangenheit an. Mit den vom Land



**Abb. 3:** Diskussion in der Pause vor dem HLUG-Stand (Foto: Woisnitza, HIM-ASG)

Hessen von 1990 bis einschließlich 2013 für die Sanierung von Rüstungs- und gewerblichen Altlasten bereitgestellten Mitteln von zusammen mehr als 600 Mio. € wurden in den letzten 23 Jahren über 4.000 Tonnen Schadstoffe aus dem Boden und dem Grundwasser entfernt und dabei eine Fläche von über 5.000.000 m<sup>2</sup> Boden einer Wiedernutzung zugeführt“, betonte die Staatssekretärin. „Mit der Strategie der zügigen Altlastensanierung hat Hessen seit 1989 eine Vorreiterrolle übernommen.“

Der Block „Sanierungsmanagement“ am 2. Seminartag wurde moderiert von Frau Dr. Jaeger-Wunderer, Leiterin des Dezernates Altlasten im HLUG. In diesem Themenschwerpunkt wurden Erfahrungen bei der Sanierung bewohnter Altlasten am Beispiel Lampertheim-Neuschloß, Aspekte des vorsorgenden Bodenschutzes sowie die Berücksichtigung des Naturschutzes bei der Entwicklung von Industriebrachen beleuchtet.

Die Teilnehmenden des HLUG – und sicher nicht nur diese – sind mit neuen Eindrücken, bestärkt in ihrem fachlichen Engagement und mit Anregungen und Ideen über neue Entwicklungen, nach Wiesbaden zurück gekehrt.

# Ökotoxikologische Untersuchungen bei der Beurteilung von Grundwasserverunreinigungen in der Altlastenbearbeitung

MARIE-ANNE FELDMANN

Bei Altlasten handelt es sich häufig um Flächen, die mit sehr heterogenen Schadstoffgemischen belastet sind. Oft gibt es

- nur unzureichende Informationen über die eingesetzten oder abgelagerten Stoffe;
- noch keine Bewertungsgrundlagen für einzelne relevante Stoffe;
- keine Kenntnisse über mögliche Wechselwirkungen der Stoffe untereinander (z.B. Verstärkung der Schadwirkung);
- keine Kenntnisse über Zwischenprodukte (Metaboliten) aus möglichen biochemischen Abbauprozessen sowie deren Konzentration und Wirkung.

Üblicherweise werden die Gehalte einzelner Schadstoffe chemisch-analytisch nachgewiesen. Dieses Vorgehen stößt unter den genannten Aspekten regelmäßig an Grenzen. Die Identifikation unbekannter Verbindungen über Screening-Verfahren kann sehr aufwändig und kostenintensiv sein. Zudem sagt die mithilfe der chemischen Analytik ermittelte Konzentration einzelner Stoffe unter Umständen nur wenig über die komplexe Schadwirkung von Gemischen auf die belebte Umwelt aus. Exponierte Organismen können in Intensität und Umfang völlig unterschiedlich in ihren Lebensfunktionen wie z.B. Stoffwechsel, Fortpflanzung und Wachstum beeinträchtigt werden. Um Auswirkungen von Schadstoffgemischen vor allem im Abstrom von Altlasten zu erfassen, sind daher Verfahren von Interesse, die Wirkungen anzeigen. Untersucht man die Wirkungen, so ist man nicht davon abhängig, jede einzelne Substanz zu kennen. Wirkungen werden mithilfe von ökotoxikologischen Testverfahren seit Jahren in verschiedenen Fachbereichen untersucht.

Hessen hat eine Studie zur grundlegenden Anwendbarkeit etablierter aquatischer ökotoxikologischer Testverfahren bei der Beurteilung von Grundwasserverunreinigungen erarbeitet. Die Studie enthält Grundlagen zur Anwendung von ökotoxikologischen Tests und kommt zu folgenden Ergebnissen:

Grundsätzlich sind etablierte ökotoxikologische Verfahren, die für Oberflächengewässer entwickelt wurden und dort Anwendung finden, auch für die Untersuchung von Grundwasserproben geeignet. Unter bestimmten Randbedingungen können sie neben der chemischen Analytik ergänzende Informationen zur Bewertung von Grundwasserverunreinigungen liefern. Hierzu wird ein Beurteilungsrahmen aufgezeigt, der die Bewertungsmaßstäbe aus anderen Fachbereichen aufgreift und die Empfindlichkeit von Fließgewässern als Skalierungsfaktor in Relation zum Grundwasser berücksichtigt.

Am 8. Mai 2014 fand in der Stadthalle Idstein ein Fachgespräch statt, bei dem diese Studie vorgestellt wurde.

Zu Beginn hat Herr Dr. Hahn (Universität Koblenz-Landau) das Grundwasser als Lebensraum vorgestellt. Besonders interessant war die begleitende Präsentation lebender Grundwassertiere durch Frau Dr. Stein (Institut für Grundwasserökologie IGÖ). Eine Kamera, auf das Mikroskop aufgesetzt, hat die Asseln, Würmer, Kleinkrebse und Hüpferlinge auf die Leinwand übertragen, so dass den Zuschauern ein Eindruck über das Gewusel von Lebewesen im Grundwasser vermittelt wurde (s. Abb. 1).



**Abb. 1:** Tiere des Grundwassers: Links oben Höhlenflohkrebs, rechts unten eine Grundwasserassel (beide Fotos: K. Grabow, Karlsruhe), in der Mitte Muschelkrebs, Raupenhüpferling und Brunnenkrebs (von links unten nach rechts oben; Fotos: Dr. Hahn, Landau).

Nachdem der Blick auf das Ökosystem Grundwasser so anschaulich geschärft wurde, nahm Frau Dr. Stahlschmidt-Allner (GOBIO GmbH) die Anwesenden gedanklich mit in ein Labor und erklärte viel Wissenswertes rund um ökotoxikologische Testverfahren und deren Anwendung.

Anschließend wurde die Vorgehensweise der Arbeitsgruppe bei der Erarbeitung der Studie präsentiert. Frau Teichmann (RP DA) zeigte die Ansätze aus anderen Fachbereichen auf.

Die Bewertungsansätze für den Altlastenbereich, die unter Berücksichtigung der vorhandenen Maßstäbe entwickelt wurden, wurden von Herrn Nickel

(RP KS) vorgestellt. Abschließend stellte Frau Feldmann (HLUG) anhand von Beispielen die Fragestellungen heraus, bei denen ökotoxikologische Untersuchungen die Entscheidungsfindung unterstützen können.

Die sehr interessierten Teilnehmenden nutzten intensiv die Gelegenheit, die Vortragenden zu befragen und lebhaft zu diskutieren.

Die Studie ist in der Handbuchreihe des HLUG erschienen als Handbuch Altlasten Band 3 Teil 8: „Ökotoxikologische Verfahren als Bewertungshilfe bei Altlastenverfahren“ (siehe Infothek).



**Abb. 2:** Herr Dr. Hahn bei seinem Vortrag (Foto: Werner Frensch).



**Abb. 3:** Blick in das Auditorium beim Vortrag von Frau Teichmann (Foto: Tilman Oerter).





## **Altlastenbezogene Bewertungs- und Analyseempfehlung für kurzkettige Alkylphenole (SCAP) und NSO-Heterozyklen (NSO-HET) – Modul 3 (LABO 2014)**

JAN BRODSKY

In der Altlastenbearbeitung spielen die Stoffgruppen der kurzkettigen Alkylphenole (engl. Short Chained Alkyl Phenols, SCAP) und der heterozyklischen Kohlenwasserstoffe (NSO-HET) bisher eine eher untergeordnete Rolle. Die beiden Stoffgruppen sind beispielsweise in Teerölen enthalten, wo sie die als Hauptbestandteil vorkommenden polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) begleiten. In Schadensfällen, die durch Teeröle verursacht werden, wie z.B. auf ehemaligen Gaswerkstandorten, sind SCAP und NSO-HET in unterschiedlicher Zusammensetzung und Konzentration zu finden. Auf Grund ihrer relativ guten Löslichkeit weisen beide Stoffgruppen eine im Vergleich zu PAK erhöhte Mobilität in wässrigen Medien auf. Daher können SCAP und NSO-Het zu einer Gefährdung des Trinkwassers führen.

In der Altlastenbearbeitung wurden die SCAP bisher über den Summenparameter Phenolindex miterfasst. NSO-HET wurden bei der Analytik und Bewertung häufig nur unzureichend berücksichtigt.

Um die Datenlage bei der Untersuchung und Bewertung von Schadensfällen unter Berücksichtigung von SCAP und NSO-HET zu verbessern, hat die Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) ein Projekt initiiert, das im Rahmen des Länderfinanzierungsprogramms in mehreren Modulen unter fachlicher Begleitung des Altlastenausschusses (ALA) der LABO durchgeführt wurde [1-3]. Das Modul 3 des Projektes „Altlastenbezogene Bewertungs- und Analyseempfehlung für kurzkettige Alkylphenole (SCAP) und NSO-Heterozyklen (NSO-HET)“ wurde im Mai 2014 abgeschlossen [3].

Im Modul 1 des Projektes erfolgte zunächst eine Sichtung der bisher erschienenen Literatur im Hinblick auf das Vorkommen, das Abbaupotential, das

Sorptionsvermögen, die Toxizität und die Möglichkeiten zur Analytik der SCAP-Einzelsubstanzen. Im zweiten Teil der Studie wurden anhand von vier Referenzstandorten der carbochemischen Industrie das Vorkommen und die Verbreitung im Feld sowie mittels Mikrokosmen und On-site-Experimenten die Abbaubarkeit unter verschiedenen Redoxmilieus untersucht. Zusätzlich erfolgte im Labormaßstab die Bestimmung des Sorptionspotentials bei unterschiedlichen Eigenschaften von fester und mobiler Phase [1].

Im Rahmen des Moduls 2 sollten geeignete GC-MS-Analysenverfahren für SCAP und NSO-HET aus Wasser- und Bodenproben ausgewählt, optimiert und abschließend validiert werden. Das Ziel war der Nachweis einer möglichst großen Zahl an Einzelverbindungen. Als Ergebnis des Vorhabens wurde für jede Stoffgruppe ein Analysenverfahren zur Bestimmung der Substanzen in wässrigen Medien entwickelt und validiert. Die abschließende Liste der Einzelsubstanzen umfasst 42 NSO-HET und 23 SCAP [2].

Im Rahmen des Moduls 3 wurden ökotoxikologische Untersuchungen für 11 NSO-HET, Indan, Inden, 18 SCAP sowie mehrere Realstoffgemische durchgeführt und die Ergebnisse der drei Module zusammengefasst. Die Auswahl der einzelnen zu untersuchenden NSO-HET erfolgte auf Basis und in Ergänzung der Substanzliste aus der LAWA-Veröffentlichung von 2010 „Ableitung von Geringfügigkeitsschwellen für das Grundwasser. NSO-Heterozyklen“ [4]. Die aquatische Toxizität der Substanzen wurde mit einem Satz an genormten toxikologischen Testverfahren, die unterschiedliche Trophiestufen und toxikologische Wirkungen repräsentieren, ermittelt und bewertet.



Basierend auf den Daten zur Toxikologie, zum Transportverhalten und mikrobiologischen Abbau sowie zum standortspezifischen Vorkommen der Substanzen wurde zusammenfassend eine Bewertung der Substanzen vorgenommen und Vorschläge zu Leitparametern für beide Stoffgruppen abgeleitet.

Grundlage für die Vorschläge zu Leitparametern ist hinsichtlich der Stoffbewertung ein Bewertungsverfahren nach LAWA [4], die Standortbewertung stützt sich auf das Vorgehen von Blotevogel et.al. [5] und erweitert dieses. Das angewendete Bewertungsverfahren berücksichtigt die Stoff- und Standortbewertung zu gleichen Teilen.

Durch Addition der Stoff- und Standortbewertung wurde eine Gesamtpunktzahl für 18 SCAP und 93 NSO-HET sowie Indan und Inden ermittelt. Anhand der Bewertung (höchste Gesamtpunktzahl) wurden die für die Altlastenbearbeitung relevanten SCAP und NSO-HET identifiziert.

Für die Gruppe der SCAP wird im Rahmen der Altlastenbearbeitung empfohlen, alle 18 untersuchten Substanzen als Leitparameter zu erfassen, da die Alkylphenole von ähnlicher Stoffrelevanz sind und mit dem gleichen Verfahren ohne großen zusätzlichen Aufwand analysiert werden können.

Die NSO-Heterozyklen weisen hinsichtlich der Stoffbewertung größere Unterschiede auf. Bei der Stand-

ortbewertung liegen für viele Einzelstoffe keine Daten vor und es können keine verlässlichen Angaben zur Standortrelevanz getroffen werden.

Als Prioritärsubstanzen werden 18 NSO-HET-Einzelsubstanzen aufgeführt, wobei 16 NSO-HET um die relevanten aromatischen Kohlenwasserstoffe Indan und Inden ergänzt wurden. Dabei wurde eine aus einem einschlägigen DIN-Arbeitskreis stammende, vorläufige Liste um relevante Substanzen aus dem Modul 3 erweitert und in das im Normungsprozess befindliche Analysenverfahren integriert.

Weiterhin wird empfohlen, zumindest bei Aufträgen der öffentlichen Hand, zusätzlich fünf weitere Substanzen mit hoher Stoffrelevanz zu untersuchen, um Erkenntnisse über deren Standortrelevanz zu erhalten. Diese Stoffe können mit dem im Modul 2 entwickelten Analysenverfahren erfasst werden.

Hinsichtlich der weiteren Vorgehensweise wird im Abschlussbericht empfohlen, für die relevanten SCAP und NSO-HET humantoxikologische Daten zu ermitteln. Zusammen mit den ökotoxikologischen Daten aus Modul 3 wird damit eine sinnvolle, abschließende toxikologische Bewertung der einzelnen Substanzen ermöglicht. Das weitere Vorgehen wird gegenwärtig in den Gremien der LABO diskutiert.

## Literatur

- [1] LABO 2010: Altlastenbezogene Bewertungs- und Analyseempfehlungen für kurzkettige Alkylphenole (SCAP) – Modul 1 (Projekt –Nr. B 2.09) [http://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/cms/WaBoAb\\_prod/WaBoAb/Vorhaben/LABO/B\\_2.09/Abschlussbericht\\_Modul1.pdf](http://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/cms/WaBoAb_prod/WaBoAb/Vorhaben/LABO/B_2.09/Abschlussbericht_Modul1.pdf) (Abrufdatum: 15.10.2014)
- [2] LABO 2011: Altlastenbezogene Bewertungs- und Analyseempfehlung für kurzkettige Alkylphenole (SCAP) und NSO-Heterocyclen (NSO-HET) – Modul 2 (Projekt-Nr. B 2.10) [http://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/cms/WaBoAb\\_prod/WaBoAb/Vorhaben/LABO/B\\_2.10/Projekt\\_LABO\\_B2.10\\_Abschlussbericht.pdf](http://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/cms/WaBoAb_prod/WaBoAb/Vorhaben/LABO/B_2.10/Projekt_LABO_B2.10_Abschlussbericht.pdf) (Abrufdatum: 15.10.2014)
- [3] LABO 2014: Altlastenbezogene Bewertungs- und Analyseempfehlung für kurzkettige Alkylphenole (SCAP) und NSO-Heterozyklen (NSO-HET) – Modul 3 (Projekt-Nr. B 2.11) [http://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/cms/WaBoAb\\_prod/WaBoAb/Vorhaben/LABO/B\\_2.11\\_und\\_B\\_2.11a/Projekt\\_B\\_2\\_11\\_Modul\\_3\\_TZW\\_Abschlussbericht\\_140528.pdf](http://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/cms/WaBoAb_prod/WaBoAb/Vorhaben/LABO/B_2.11_und_B_2.11a/Projekt_B_2_11_Modul_3_TZW_Abschlussbericht_140528.pdf) (Abrufdatum: 15.10.2014)
- [4] LAWA 2010: Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser. NSO-Heterozyklen [http://www.lawa.de/documents/Bericht\\_NSO\\_Heterozyklen\\_9f8.pdf](http://www.lawa.de/documents/Bericht_NSO_Heterozyklen_9f8.pdf) (Abrufdatum: 15.10.2014)
- [5] Blotevogel J., Held. T., Rippen G., Wiesert P. (2007): Heterocyclische Aromaten und andere teerölytische Schadstoffe im Grundwasser - TP 1: Bewertung der Stoffeigenschaften und des Vorkommens im Hinblick auf das Potenzial an natürlichem Rückhalt und Abbau, Abschlussbericht, Darmstadt

## Persönliches

THOMAS SCHMID

### Margareta Jaeger-Wunderer im Ruhestand

Frau Dr. Margareta Jaeger-Wunderer, bisherige Leiterin des Dezernats Altlasten, hat sich zum 31. August 2014 in den wohlverdienten Ruhestand verabschiedet.

An der Bayerischen Julius-Maximilians-Universität in Würzburg studierte sie von 1969 -1975 Biologie und promovierte anschließend an der Gesamthochschule/Universität Kassel. Während des Promotionsstudiums war sie auch als wissenschaftliche Mitarbeiterin bei der DFG tätig.

Die erste Station ihrer beruflichen Laufbahn beim Land Hessen war 1985 das Wasserwirtschaftsamt Wiesbaden. Danach wechselte sie zum Hessischen Umweltministerium, wo sie sich bereits dem Fachgebiet Altlasten widmete. 1990 begann Margareta Jaeger-Wunderer ihre Tätigkeit beim Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie (damals noch Hessische Landesanstalt für Umwelt), zunächst als Dezernentin, seit 2000 dann als Leiterin des Dezernats Altlasten.

Das Entwickeln von gemeinsamen Strategien und der fachliche Austausch auch über die Landesgrenzen hinweg waren ihr immer wichtig. Daraus resultierte nicht zuletzt ihr Engagement in zahlreichen Projekten und Fachgremien auf Landes- und Bundesebene. Für die Umsetzung der fachlichen Belange hat sie sich stets mit ihrer großen Sachkenntnis sowie mit Diplomatie und Beharrlichkeit eingesetzt. Neben ihren fachlichen Aufgaben hat sie die Angelegenheiten der Frauen zu ihrer Sache gemacht und 3 Jahre lang das Amt als stellvertretende Frauenbeauftragte übernommen. Als Dezernatsleiterin hatte sie jederzeit ein offenes Ohr für ihre Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und stand ihnen mit Rat und Tat zur Seite.

Mit dem Ende ihrer beruflichen Verpflichtungen hat sie jetzt Zeit und Muße, ihre vielfältigen Interessen und Hobbies – bekannt ist ihre Liebe zum Musizieren – zu pflegen. Wir sagen herzlichen Dank für die geleistete Arbeit und wünschen Frau Jaeger-Wunderer weiterhin Gesundheit und viel Freude im Ruhestand!



# Ausgangszustandsbericht nach IED

## – Erste Erfahrungen mit der praktischen Umsetzung im Industriepark Höchst

HORST HERZOG

### 1 Kein neues Thema für einen Standortbetreiber

- Infraserv Höchst ist Eigentümerin des Industrieparks Höchst (abgekürzt IPH), Besitzerin von Grund und Boden und somit auch Verantwortliche für die Sicherung und Sanierung der Altlasten
- Alle Kunden im IPH sind Mieter oder Pächter von Grundstücken
- Bei Neuansiedlungen gibt es vertragliche Regelungen bezüglich der Verantwortlichkeit für Untergrundbelastungen, die dem gedanklichen Ansatz in der IED-Richtlinie sehr nahe kommen
- Infraserv stellt alle Neuansiedler frei von jeglichen Ansprüchen bezüglich etwaiger Sanierungen oder Sicherungen von Untergrundbelastungen. Der Pächter/Mieter ist verantwortlich für die selbst verursachten Belastungen nach dem Stichtag der Inbetriebnahme der neuen Anlage
- Übersicht der Geschäftsbereiche und Tätigkeiten s. Abb. 1

#### Geschäftsbereiche

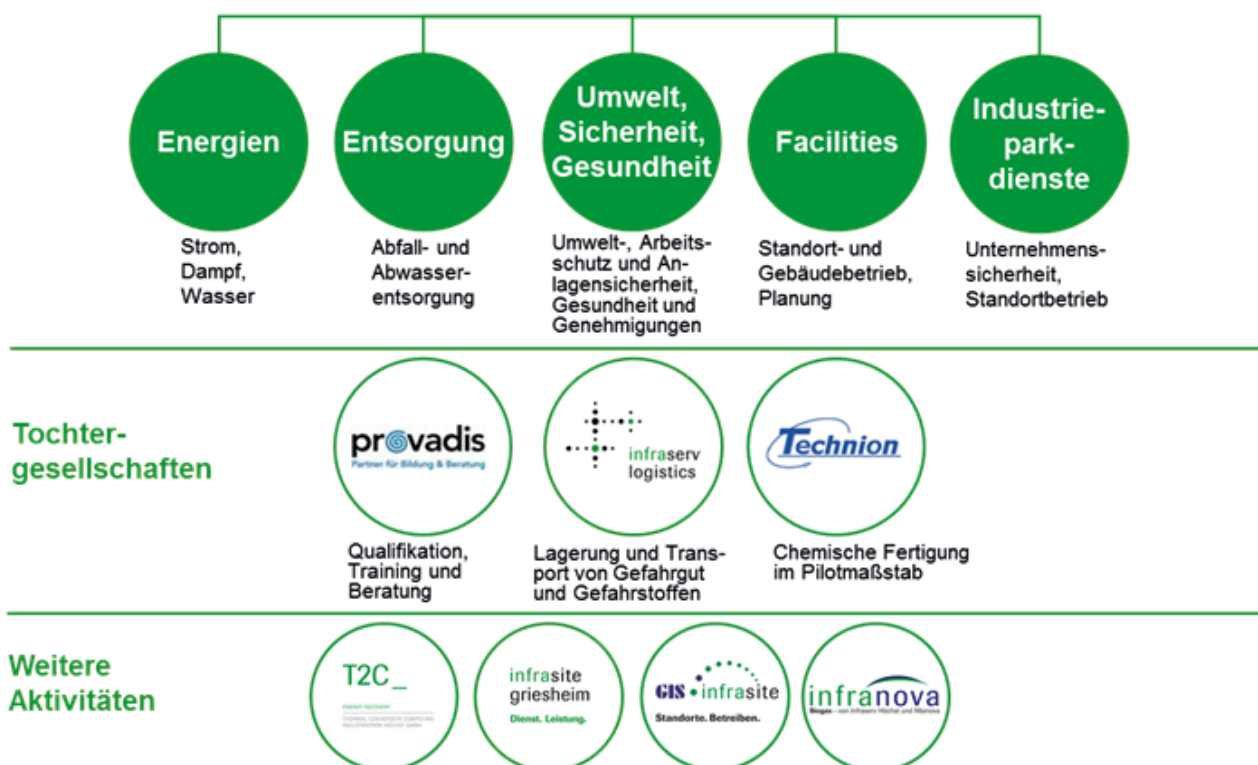
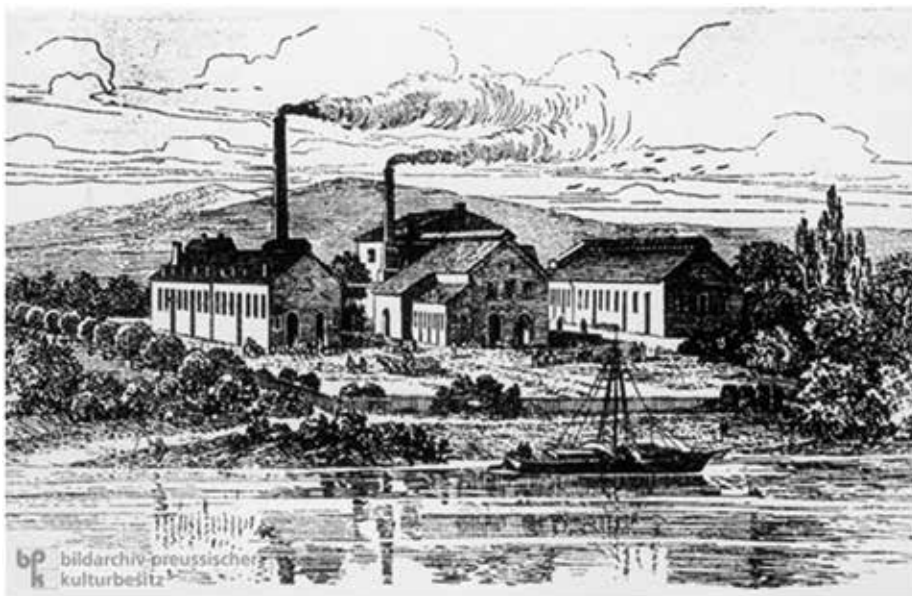


Abb. 1: Übersicht der Geschäftsbereiche und Tätigkeiten der Infraserv Höchst Gruppe.

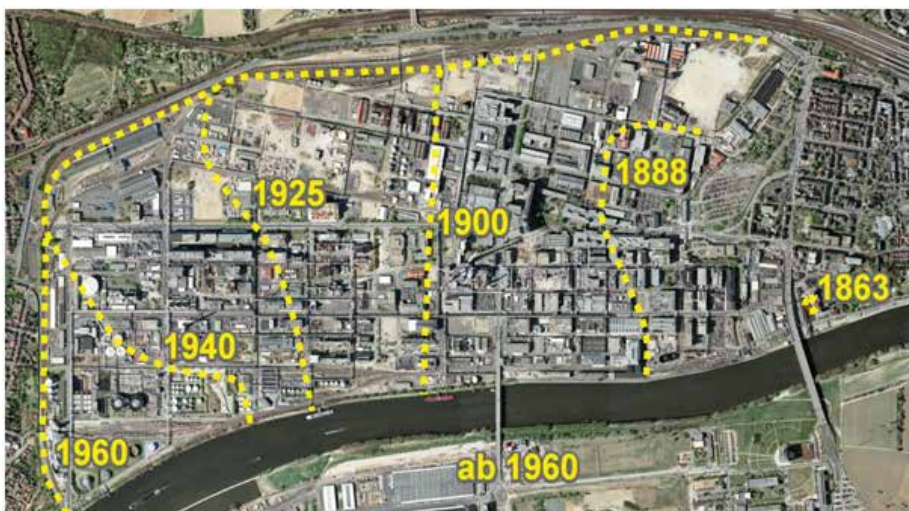
## 2 Historische Entwicklung des Standortes ab 1863 und Sanierungsstrategie

Die Keimzelle des heutigen Standortes wurde als Farbwerke Meister, Lucius & Brüning in 1863 in Frankfurt gelegt. Der Standort hatte im Nordteil bis 1960 die heutige Ausdehnung (s. Abb. 2 und 3)

Die Belastungssituation im Untergrund ist aus einer Vielzahl von Erkundungen bekannt (Abb. 4). Um sicherzustellen, dass keine Belastungen den Bereich des Industrieparks verlassen, wird das belastete Grundwasser mittels einer Brunnengalerie gefasst und in die biologische Abwasserreinigungsanlage eingeleitet. Eine Prinzipskizze bietet die Abb. 5.



**Abb. 2:** Keimzelle des Industrieparks Höchst, 1863.



**Abb. 3:** Werkentwicklung des Nordteiles des Industrieparks Höchst, 1863 bis 1960.



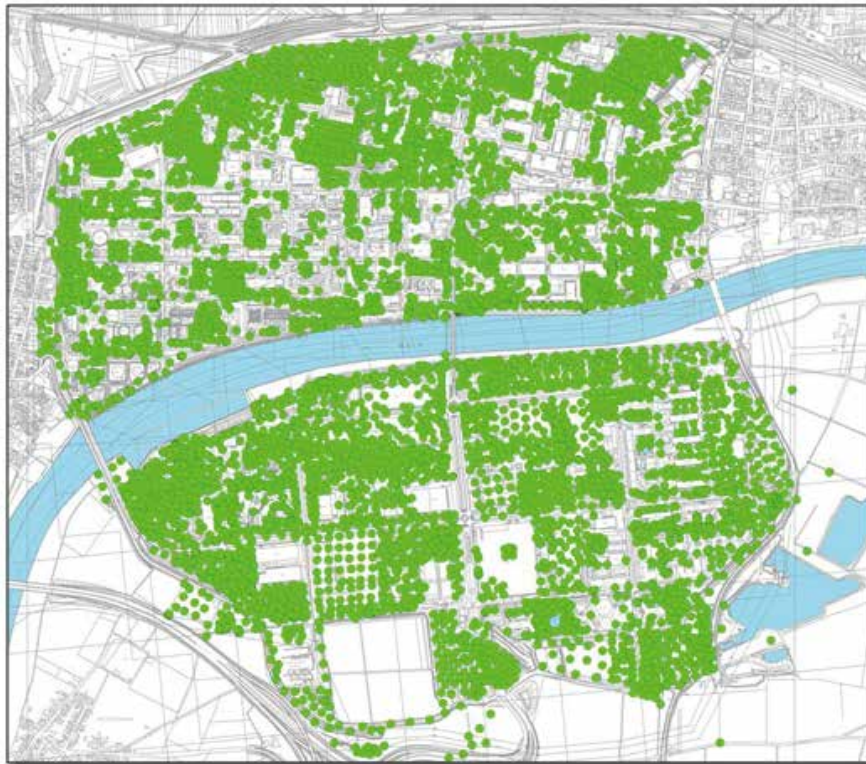


Abb. 4: Untersandsituation im Industriepark Höchst ist aus mehr als 6.000 Bohrungen bekannt.

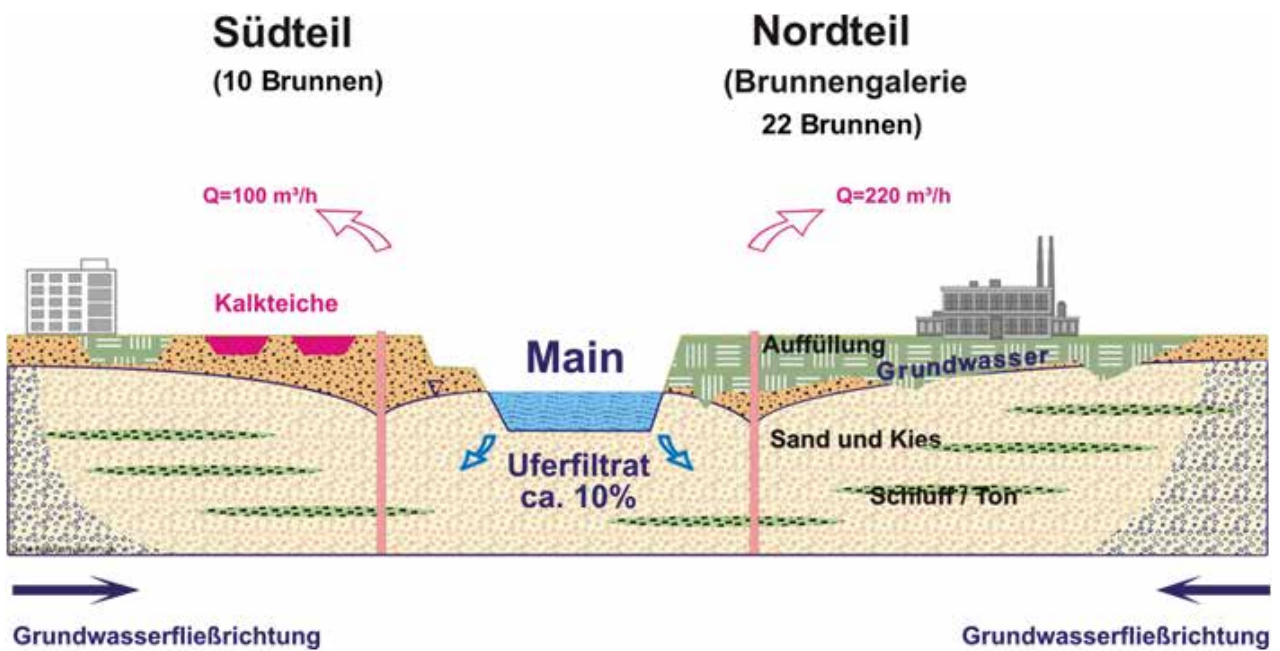


Abb. 5: Prinzipskizze der hydraulischen Sicherung im Industriepark Höchst.

## 2.1 Den Rahmen des Umganges mit Belastungen im IPH bilden drei Sanierungsbescheide

Basierend auf das BBodSchG nebst BBodSchV wurden in 2002 – teilweise aktualisiert in 2011 – für den Industriepark Höchst durch das zuständige Regierungspräsidium Darmstadt – Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt Frankfurt – insgesamt drei Bescheide erlassen:

- Rahmenbescheid Grundwassersanierung,
- Rahmenbescheid Untergrunduntersuchungen zur Gefährdungsabschätzung und
- Rahmenbescheid Bodenluft.

## 2.2 Basis des Vorgehens im Industriepark Höchst

- Die auffüllungsbürtige Belastung überwiegt fast überall und trägt zu mehr als 95% zum Schadstoffbild unterhalb des IPH's bei.
- Produktionsbedingte Belastungen sind lediglich untergeordnet vorhanden.
- Sanierungsbescheide / öffentlich-rechtliche Verträge klären Verantwortlichkeiten und Pflichten und geben jedem potentiellen Investor Sicherheit!
- Dauerhafte hydraulische Fassung des belasteten Grundwassers ist „der Rahmen“, in welchem sich die Entwicklung des Standortes bewegt.
- Zur Absicherung der Verantwortlichkeiten und zur Vermeidung etwaiger späterer Streitfälle: Untersuchung des Untergrundes einer neuen Pachtfläche. Welche Stoffe sind für die betrachtete Fläche und den neuen Betrieb relevant? (Anlage zum Pachtvertrag)

### Regelung in IED/AZB

- Untersuchung des Grundwassers und Berichterstattung alle 5 Jahre
- Untersuchung des Bodens und Berichterstattung alle 10 Jahre
- Bericht über den Ausgangszustand eines Grundstücks
- Bericht zum Zustand eines Grundstücks bei Einstellung der Tätigkeit
- Ggf. Rückführungspflicht in den Ausgangszustand bei Stilllegung
- AZB für jenen Teilbereich des Anlagengrundstücks, auf dem [...] die Möglichkeit der Verschmutzung des Bodens und des Grundwassers besteht."

### Ohne IED/AZB

- BImSchG - §5 Betreiberpflichten
- BImSchG - §7 Anforderungen an genehmigungspflichtige Anlagen
- Landesbaugesetze: Beschreibung Altlastensituation im Rahmen der Baugenehmigungen (HBG)
- WHG: Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (§62)
- VAWS (Hessen): Besorgnisgrundsatz in § 3 Abs. 1
- StörfallV – Umgang mit nicht bestimmungsgemäßem Betrieb von Störfallanlagen

### 3 Eine Reihe bestehender Regelungen verhindert bereits heute bei modernen BImSch-Anlagen Emissionen in den Boden und ins Grundwasser

Die IED-Richtlinie bestätigt und ergänzt viele bestehende Regelungen.

- Bislang wurden erst sehr wenige Ausgangs-Zustandsberichte erstellt (1x im IPH)
- In der Praxis scheint sich die Erstellung eines abgestimmten AZB-Konzeptes bei Einreichung der

Genehmigungsunterlagen zu bewähren (bisher 3x im IPH)

- VAWs Flächen sowie organisatorische Regelungen fließen in die Konzepte mit ein.

### 4 Vorgehensweise bei der Erstellung eines Ausgangszustandsberichtes

#### 4.1 Werden relevante gefährliche Stoffe oder Gemische gehandhabt?

Der erste Schritt ist die Einstufung nach CLP-Kennzeichnung und der Zuordnung der H- und R-Sätze sowie Aussagen zum Umgang innerhalb oder außerhalb gesicherter Anlagen (Abb. 6). Dabei steht die Frage nach der Möglichkeit einer Boden- und Grundwasserbelastung im Mittelpunkt (stofflich und anlagenbürtig).

#### 4.2 Relevanzbetrachtung der eingesetzten Stoffe

- Relevant können nur solche gefährliche Stoffe sein, die in der Lage sind eine Verschmutzung des Bodens und des Grundwassers hervorzurufen (aus LABO-Leitfaden 3.1.2.1)
- Für alle Stoffe, die in der CLP-VO gelistet sind und innerhalb von VAWs Anlagen gehandhabt werden, gelten die Mengenschwellen 10.000 l (WGK1), 1.000 l (WGK 2) und 100 l (WGK3) (ansonsten Faktor 10 niedriger!)
- Unter dem Punkt „Relevanz des Stoffs für AZB“ fließt die naturwissenschaftliche Interpretation der eingesetzten Stoffe ein.

#### Formular 22/1 Ausgangszustandsbericht für IE-Anlagen

- Spalte 1:** Angaben entsprechend Kapitel 7; Rohstoff = R, Brennstoff = B, Hilfsstoff = H und Abfall = RA,P = Produkte, Zwischenprodukte = Z und NP =Nebenprodukte mit Angabe einer fortlaufenden Nummer.
- Spalte 5:** Stoff ist nach CLP-VO einzustufen Anhang 1 Teile 2-5.
- Spalte 6:** Durchsatz oder Lagerungskapazität [kg/a] oder [l] entsprechend LABO-Arbeitshilfe zum AZB (Nr. 3.1.2.2).
- Spalte 7:** Ausgehend von der Verwaltungsvorschrift wassergefährdende Stoffe (VwWvS) vom 17. Mai 1999, am 29. Mai 1999 im Bundesanzeiger 98a veröffentlicht, am 01. Juni 1999 in Kraft getreten, zuletzt geändert am 27. Juli 2005, am 30. Juli 2005 im Bundesanzeiger 142a veröffentlicht, am 01. August 2005 in Kraft getreten bzw. Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV), Entwurf (Stand 31. August 2012).
- Spalte 8:** Gefahrenhinweise nach CLP-Verordnung, die nicht bei der Bestimmung der WGK relevant sind, aber ggf. eine Bodenrelevanz besitzen.
- Spalte 9:** Angaben derjenigen VAWs-Anlagen, in denen der Stoff gehandhabt wird und die Anlage entweder unterirdisch ist oder der Rauminhalt der Anlage die folgenden Mengenschwellen überschreitet: WGK 1 > 10.000 l, WGK 2 > 1.000 l bzw. WGK 3 > 100 l.
- Spalte 12:** Ausführliche Begründung auf separatem Blatt.

Stoffbeschreibung				Stoff- und Mengenrelevanz (§ 3 (10) BImSchG)				Teilbereiche §4a (4) Satz 4 9. BImSchV		Relevanz	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Art des Stoffs	Stoffname	EG-Nr.	CAS-Nr.	Stoff nach CLP-VO	Menge in der Anlage [kg/a] oder [l]	WGK	Zusätzliche Gefahrenhinweise	Umgang des Stoffs in den VAWs-Anlagen (Kap. 17)	Umgang außerhalb von VAWs-gesicherten Anlagen	Relevanz des Stoffs für AZB	Begründung, sofern Stoff als nicht relevant für den AZB angesehen wird

Abb.6: Auszug aus dem Formular 22 eines BImSchG-Antrages.



Sind einzelne Stoffe hoch reaktiv und würden sie sich innerhalb kürzester Zeit im Boden umsetzen (nicht als Indikatoren für eine Zusatzbelastung geeignet!) oder ist ein Eintrag in den Boden auszuschließen?

### 4.3 Begehungen in den Betrieben

- Sinnhaftigkeit von Erkundungsbohrungen vor Ort prüfen und Abstimmung zur Relevanz der Stoffe für den AZB (auch Aggregatzustand!)
- Prüfung, welche standardisierten Analysemethoden vorliegen, um die ausgewählten Parameter zu untersuchen (DIN, EPA, Hausmethoden,...) nebst Angabe der Bestimmungsgrenzen (Abstimmung mit Labor)
- Fokus auf VAwS Flächen, WHG-Flächen, organisatorische Maßnahmen, wie regelmäßige Begehungen in den Schichten nebst Dokumentationen im Schichttagebuch, unterkellerte Bereiche,

einzelne Fotos, die als Beleg im AZB-Konzept mit einfließen können, Lage vorhandener Grundwassermessstellen, ...

### 4.4 Standard-Unterlagen eines AZB Konzeptes

- Übersichtslageplan
- Detaillageplan Anlage mit vorhandenen Bohrpunkten
- Detaillageplan Anlage mit Grundwassergleichplan 1. Grundwasserleiter nebst Lage vorhandener Grundwassermessstellen und Brunnen und Darstellung des lokalen Schadindex (Höhe der Belastung im Grundwasser)
- Abgestimmte Tabelle Formular 22 BImSch-Genehmigungsantrag
- Aussage zu VAwS Flächen (evtl. incl. eines Profilschnittes durch die Anlage/Tasse/...)
- Aussagen zum Turnus und der Dokumentation der gutachterlichen Bewertungen sowie der organisatorischen Kontrollmaßnahmen

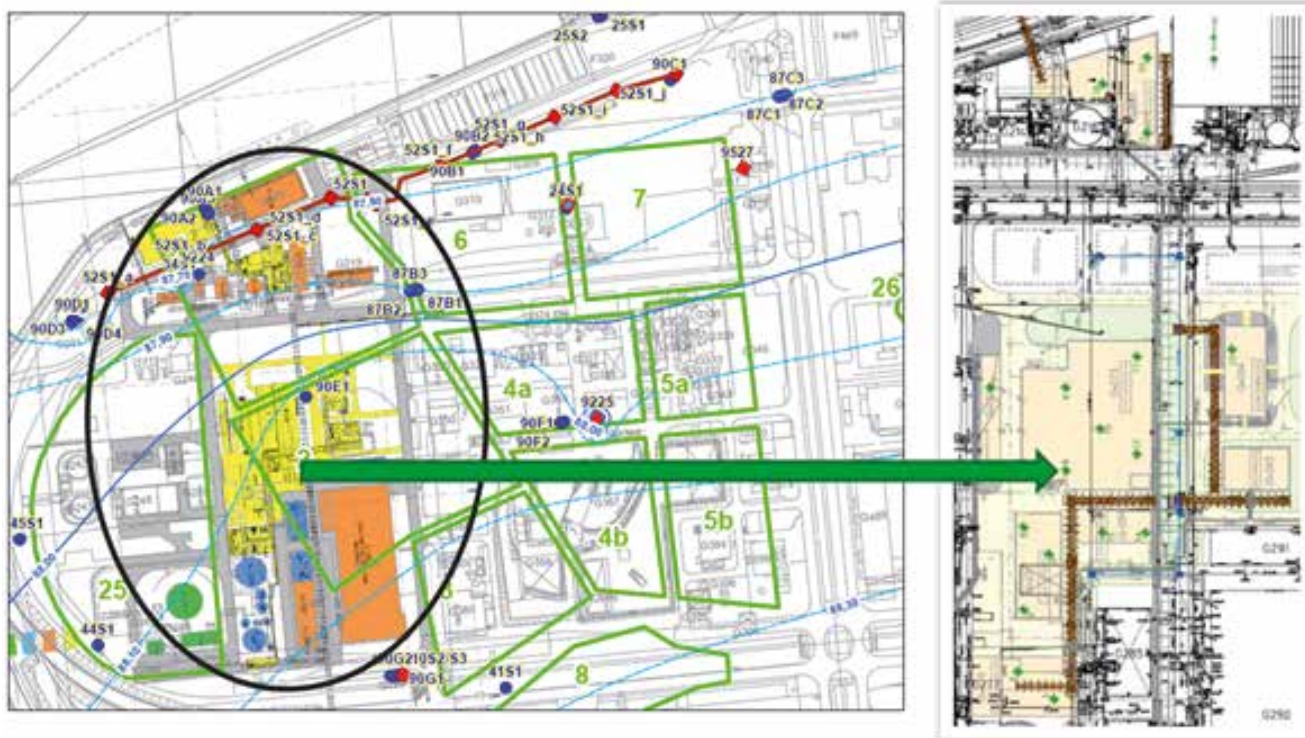


Abb.7: Beispiel eines Anlagengrundstückes aus einem aktuellen BImSchG-Antrag.

## 4.5 Erstellung des Ausgangszustandsberichtes

Falls der AZB nicht bereits mit dem Antrag eingereicht wurde, wird er im Nachgang erstellt.  
Einzuplanende Schritte (je nach Bedarf, nicht zwingend summarisch zu sehen!):

- Bohrungen (Durchmesser abhängig von Probenbedarf in der Analytik: Kernbohrungen, Rammkersondierungen, Schürfe)
- Erstellung von 1-2 Grundwassermessstellen im Zu- und Abstrom der Anlage
- Bohrarbeiten können vorab stattfinden oder im Zuge der Bauarbeiten, wenn die Gründungssohle erreicht ist. Im letzteren Fall ist mit der Baufirma bereits vorab eine entsprechende Wartezeitregelung zu treffen, um Nachträge zu vermeiden! Oft sind Bohrarbeiten sowieso im Vorfeld der Baumaßnahme aus baustatischer Sicht erforderlich.

- Analysen der Boden- und Grundwasserproben durchführen lassen
- Auswertung und Zusammenstellung durch Genehmigungen und ISH-AAM
- Einreichen des Berichtes an die Behörde **vor** der Inbetriebnahme der Anlage.

## 4.6 Begriff des „Anlagengrundstücks“ ist klar definiert (Bereiche in denen mit relevanten Stoffen umgegangen wird!)

Klassische Erkundung bei einer Neubebauung durch Schürfe oder Bohrungen – oft schon aus baustatischer Sicht erforderlich (Abb. 7)!

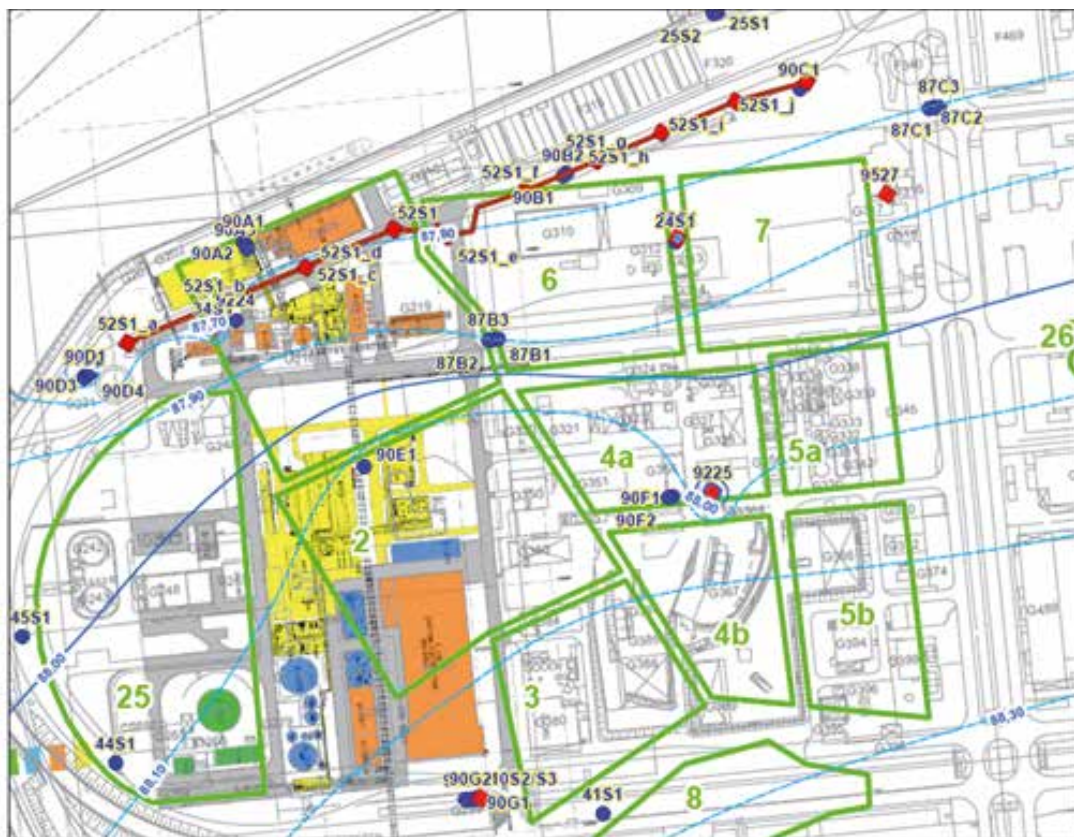


Abb.8: Mögliches Grundwassermonitoring aus einem aktuellen BImSchG-Antrag.





Abb.9: Bodenaushub im Südteil des Industriepark Höchst (2008)

#### 4.7 Bei Bestandsanlagen ist die Betrachtung bestehender VAWS-Flächen essenziell

- Eine generelle Ausnahme von VAWS-Flächen gibt es nicht
- Enthalten ist ein Beleg, dass der Eintritt von Stoffen in Boden oder Grundwasser auszuschließen ist (im Wasserrecht „Besorgnisgrundsatz“ – schwächer formuliert)
- Als Belege gelten z. B. die Vorlage der Ergebnisse von Sachverständigenüberprüfungen oder organisatorische Regelungen im Betrieb, die zertifiziert und nachvollziehbar geregelt und umgesetzt werden
- Dann in der Praxis gut darstellbar
- In der Chemischen Industrie sind wir der Überzeugung, diesen Filter ganz vorne in der Argumentationskette ansetzen zu können
- Bei der Bewertung des Risikos eines Eintrages von Stoffen in den Boden oder das Grundwasser sollte die **Art der Gründung** zwingend mit einbezogen werden (oft durchgehende Bodenplatten mit mindestens einem Meter Mächtigkeit!).

#### 4.8 „Systematischer“ Beleg des Zustandes kann nach Bau der Anlagen sinnvoller Weise anhand eines Grundwassermonitorings geschehen

##### Vergleich Zu- und Abstrom im Grundwasser (Abb. 8)

- Dabei festlegen: Parameter, Untersuchungsmethode, Bestimmungsgrenzen, Zeigermessstellen, Art der Probenahme (Schöpfprobe, Pumpprobe bei 1 m<sup>3</sup>/h...10 m<sup>3</sup>/h, PN-Tiefe), Datum der PN (Hoch-/Niedrigwasserstand), falls möglich: Schwankungsbereich bisheriger Messungen...
- Frachtenbetrachtung Abstrom ./.. Zustrom  
Betrachtung des Hintergrundgehaltes bietet eine gangbare Alternative (90er Perzentil nach LABO-Vorschlag) – aber damit sind i.S. der IED **keine geogenen Belastungen** gemeint, sondern auf Umfeld der Betrachtungsfläche bezogen!

#### **4.9 Beprobungsraster und -tiefe müssen an den vorliegenden Einzelfall angepasst werden**

- In Fällen vergleichbarer Industriestandorte ist eine vom LABO-Papier abweichende Beprobungstiefe sinnvoll (bis zu meterweise Mischproben) – vgl. Heterogenität der Auffüllung in Abb. 9.
- Vorgehen ist durch das Wording in der Arbeitshilfe zum AZB abgedeckt
- Regelung zu wieder einzubauendem, ortsfremden Material ebenfalls sinnvoll
- Regelungen aus bestehenden öffentl.-rechtl. Verträgen oder Bescheiden nutzen

#### **4.10 Rückführungspflicht nach IED muss mit dem Grundsatz der Verhältnismäßigkeit vereinbar sein**

- Regelfall im IPH: Hohe Vorbelastung des Bodens und des Grundwassers mit Arsen, Schwermetal-

len und bereichsweise mit organischen Schadstoffen (Chlorbenzol und Derivate, LHKW, BTEX, PAK, etc.).

- Die voraussichtliche Dauer der bestehenden hydraulischen Sicherung des Standortes kann mit mind. 1.000 Jahre beziffert werden.
- Ein möglicher Eintrag – etwa aus einer Tropfleckage – würde auf der Mehrzahl der Flächen im IPH lediglich eine minimale Erhöhung des Schadstoffpools im Untergrund bedeuten.
- Der Umgang mit nicht bestimmungsgemäßen Betriebssituationen ist mittels Notfallmanagement belegbar geklärt. Unfälle werden daher jederzeit erkannt. Diese sind auch nicht im Fokus des AZB's! Durch den AZB sollen bisher unerkannte Einträge in Boden und Grundwasser erfasst werden.
- Regelungen der bestehenden Bescheide / öffentl.-rechtl. Verträge sollten berücksichtigt werden.
- Keine Diskrepanz zu § 4 Abs. 5 des BBodSchG.

### **5 Zusammenfassung**

- ZB nach IED ergänzt bestehende, gelebte und in Deutschland bereits auf einem sehr hohem Niveau etablierte Vorgehensweisen im Rahmen der Anlagengenehmigung und des -betriebes.
- Bestehende Filter zur Auswahl der gefährlichen, relevanten Stoffe ist in der Praxis umsetzbar, soweit die Möglichkeit der Boden- und Grundwasserbelastung sowie die spätere Nutzung der Parameter als Beleg eines Eintrages im Fokus steht und nicht der Gedanke zwingend einen AZB abzugeben!
- Bei Vielstoffanlagen ist es ein guter Weg, Indikatorparameter (Leit- oder Summenparameter) zu nutzen.
- Die Mengenrelevanz ist aus der Sicht der Chemischen Industrie weiterhin viel zu niedrig angesetzt. Positiv ist der Faktor 10 bei VAWS-Anlagen.
- VAWS- und WHG-Flächen werden – mit entsprechender Begründung – bei der Beurteilung der Möglichkeit, eine Boden- oder Grundwasserunreinigung hervorzurufen, berücksichtigt.
- Den Probenahmeumfang sowie die Auswirkungen der Ergebnisse im Sinne des BBodSchG an öffentlich-rechtliche Verträge oder Bescheide sowie an der individuellen Standortcharakteristik anlehnen
- Die systematische Kontrolle über das Grundwasser verbunden mit den Ergebnissen der Messungen und Begehungen der Anlagen („[...] *systematische Kontrolle des Verschmutzungsrisikos* [...]“ – Auszug aus VO) ist eine sehr gute Alternative zu den 10-jährigen Bodenuntersuchungen im Betrieb. Im Feststoff zudem hohe Unsicherheiten durch die Streubreite bei heterogen aufgebauten Standorten!
- Empfindlicher Mehraufwand: Etablierung von Analysemethoden für Boden und Grundwasser liegen bei Weitem noch nicht für alle eingesetzte Stoffe vor UND ist nicht für alle eingesetzten Stoffe erforderlich! (Indikative Parameter, Summen- und Leitparameter!)



# Dioxine und dioxinähnliche PCB in landwirtschaftlich genutzten Böden Hessens

KATRIN LÜGGER & ERHARD WEIDNER

## 1 Einleitung

In verschiedenen Bundesländern wurden in den letzten Jahren bei Untersuchungen von Rindfleischproben Überschreitungen der Auslösewerte und Höchstgehalte (EU 2006a, 2006b, 2011) für polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/F) und dioxinähnliche polychlorierte Biphenyle (dl-PCB) festgestellt (z.B. LANUV 2010, LAU 2012, BVL 2013). In Hessen wurden im Jahr 2008 zunächst Werteüberschreitungen in Rindfleischproben aus dem Main-Taunus- und Vogelsbergkreis gemessen. An den Standorten der betroffenen landwirtschaftlichen Betriebe wurden daraufhin u.a. Bodenproben entnommen und untersucht (HLUG 2009). 2009 wurde dann ein hessenweites Rindermonitoring durchgeführt (LHL 2009). Dabei wurden weitere Proben gefunden, die den Höchstgehalt überschritten. Ausschlaggebend für diese Überschreitungen waren in erster Linie erhöhte dl-PCB-Gehalte, während die PCDD/F-Gehalte überwiegend deutlich unter dem zulässigen Höchstgehalt lagen. Im Anschluss

beauftragte das damalige Hessische Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUELV) das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG), standortbezogen zu diesen gefundenen Wertüberschreitungen in tierischen Lebensmitteln repräsentative Böden zu untersuchen. Mit dem Untersuchungsprogramm sollten zwei Ziele verfolgt werden: Einerseits sollte der Zusammenhang zwischen der Kontamination der Rinder und den PCDD/F- und dl-PCB-Gehalten der Böden näher betrachtet werden. Andererseits sollte die Datenbasis zur Beurteilung von Bodenbelastungen mit organischen Schadstoffen generell verbessert werden, insbesondere im Hinblick auf die dl-PCB, für die bis dahin in Hessen erst wenige Bodenanalysen existierten. Ein ausführlicher Bericht über die Untersuchungen und ihre Ergebnisse wurde in der Reihe „Böden und Bodenschutz“ in Hessen veröffentlicht. (HLUG 2014).

## 2 Untersuchungskonzept

Im Rahmen der beiden Untersuchungsprogramme wurden an insgesamt 96 Standorten von 29 landwirtschaftlichen Betrieben Bodenproben entnommen. Zum überwiegenden Teil handelte es sich dabei um Grünlandstandorte (Weiden, Mähwiesen); im Main-Taunus-Kreis wurden auch 5 Ackerflächen untersucht. **Karte 1** zeigt die Lage der beprobten Standorte in den hessischen Landkreisen differenziert nach ihrer Nutzung.

Die Bodenproben wurden in Anlehnung an das in Hessen auf Bodendauerbeobachtungsflächen (BDF) unter Grünland gängige Beprobungsschema gewonnen: Auf einer Fläche von 30 m x 30 m wurden mittels 20 Einstichen über die Diagonalen Flächenmischproben entnommen. Beprobt wurde nur der Oberboden. Die Probennahme erfolgte horizontspezifisch, so dass die Entnahmetiefen je nach Horizontmächtigkeit zwischen 5 und 40 cm variierten.

Die PCDD/F- und dl-PCB-Analysen wurden von einem zertifizierten Privatlabor durchgeführt. Die entnommenen Bodenproben wurden zeitnah getrocknet und gesiebt (< 2 mm), der Feinanteil wur-

de der Analyse zugeführt. Die PCDD/F-Analysen wurden nach DIN 38414 S24 durchgeführt. Die 12 dl-PCB wurden in Anlehnung an die EPA Methode 1613 (modifiziert für dl-PCB) analysiert.

### 3 Ergebnisse

PCDD/F und dl-PCB konnten auf allen untersuchten Flächen nachgewiesen werden. **Tabelle 1** gibt die aus den Daten berechneten Perzentil- sowie Minimum- und Maximumwerte wieder. Dabei wird differenziert zwischen allen untersuchten Standorten (landwirtschaftliche Nutzung) und der im Vordergrund stehenden Grünlandnutzung. Eine separate

Auswertung der ackerbaulich genutzten Standorte wurde aufgrund der geringen Fallzahl nicht durchgeführt.

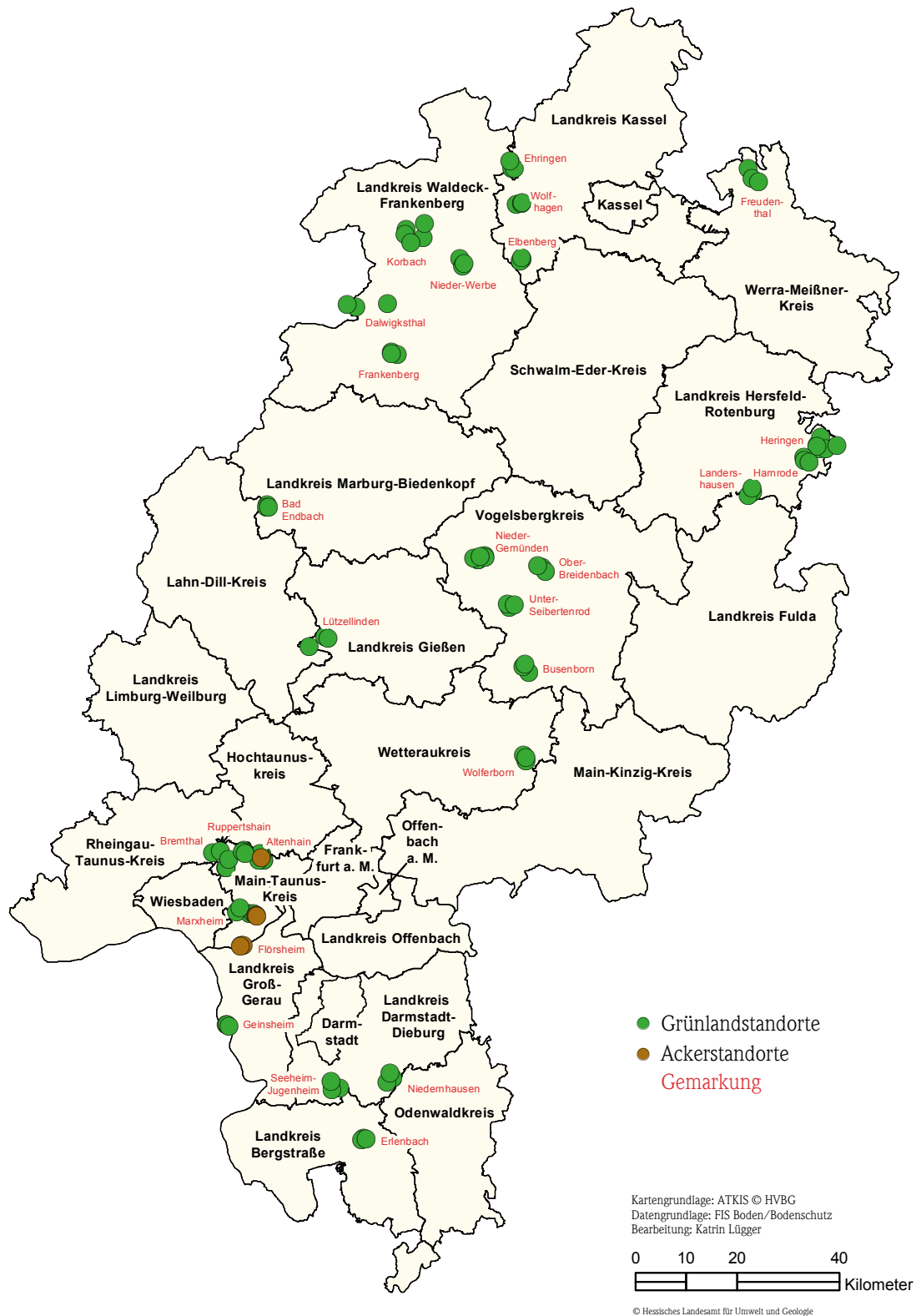
Die PCDD/F-Analysen der Proben umfassten Toxizitätsäquivalente zwischen 0,286 und 21,6 ng I-TEQ/kg TM (bzw. 0,271 und 20,4 ng WHO-TEQ/

**Tab. 1:** Statistische Auswertungen der PCDD/F- und dl-PCB-Toxizitätsäquivalente.

	PCDD/F I-TEQ*	PCDD/F WHO-TEQ**	dl-PCB WHO-TEQ**	PCDD/F+dl-PCB WHO-TEQ**
	[ng/kg TM]			
<b>Landwirtschaftliche Nutzung</b>				
<b>Anzahl</b>	96	96	96	96
<b>Minimum</b>	0,286	0,271	0,122	0,401
<b>10. Perzentil</b>	0,714	0,717	0,173	0,908
<b>25. Perzentil</b>	0,864	0,879	0,230	1,141
<b>50. Perzentil</b>	1,410	1,470	0,336	1,858
<b>75. Perzentil</b>	1,745	1,830	0,585	2,256
<b>90. Perzentil</b>	2,725	2,925	0,871	3,675
<b>Maximum</b>	21,600	20,400	26,400	28,880
<b>Grünland</b>				
<b>Anzahl</b>	90	90	90	90
<b>Minimum</b>	0,286	0,271	0,122	0,401
<b>10. Perzentil</b>	0,696	0,706	0,171	0,890
<b>25. Perzentil</b>	0,855	0,874	0,225	1,094
<b>50. Perzentil</b>	1,395	1,380	0,327	1,772
<b>75. Perzentil</b>	1,690	1,790	0,535	2,224
<b>90. Perzentil</b>	2,795	2,905	0,947	3,775
<b>Maximum</b>	21,600	20,400	26,400	28,880

\* I-TEQ nach NATO/CCMS (1988)

\*\* WHO-TEQ 1997 nach VAN DEN BERG et al. (1998)



**Karte 1:** Lage und Nutzung der untersuchten Standorte in den hessischen Landkreisen.



kg TM), der Median lag für landwirtschaftliche Nutzung und für reine Grünlandnutzung gerundet bei 1,4 ng I-TEQ/kg TM. Damit wird der niedrigste in der Bundes-Bodenschutzverordnung (BBodSchV 1999) für PCDD/F existierende Maßnahmenwert für die sensibelste Nutzung „Kinderspielflächen“ von 100 ng I-TEQ/kg TM in allen Proben deutlich unterschritten.

Im Rahmen der dl-PCB-Analysen wurden Toxizitätsäquivalente zwischen 0,122 und 26,4 ng WHO-TEQ/kg TM gemessen, der Median lag hier bei rund 0,3 ng WHO-TEQ/kg TM für landwirtschaftliche und reine Grünlandnutzung. Für dl-PCB sind in bodenschutzrechtlichen Regelungen derzeit keinerlei Werte enthalten. Im Rahmen der geplanten Novelisierung der BBodSchV wird aber im Wirkungspfad Boden – Pflanze für Grünland ein gemeinsamer Prüfwert von 30 ng WHO-TEQ/kg TM für die Summe aus PCDD/F und dl-PCB vorgeschlagen (BMU 2012). Summiert man die Toxizitätsäquivalente der PCDD/F- und dl-PCB-Analysen, so umfassen die untersuchten Proben eine Spanne von 0,401 bis 28,88 ng WHO-TEQ/kg TM, der Median liegt für beide Nutzungskategorien bei ungefähr 1,8 ng WHO-TEQ/kg TM. Damit bleiben alle untersuchten Proben noch knapp unter dem vorgeschlagenen Prüfwert.

Da für die PCDD/F in der BBodSchV nur Maßnahmenwerte für den Wirkungspfad Boden-Mensch angegeben werden, können als Bewertungshilfe auch noch die schon 1992 von der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Dioxine veröffentlichten Bodenrichtwerte und Maßnahmen herangezogen werden (BLAG Dioxine 1992). Diese Richtwerte haben allerdings keine gesetzlich verbindliche Wirkung. Der PCDD/F-Richtwert für eine uneingeschränkte landwirtschaftliche und gärtnerische Bodennutzung von 5 ng I-TEQ/kg TM wird an 4 der untersuchten Standorte überschritten. Bezieht man die dl-PCB in die Bewertung mit ein, so erhöht sich die Anzahl auf 7 Standorte. Auf diesen Flächen ist nach Bewertung der BLAG Dioxine (1992) eine Einschränkung der Beweidung bzw. ein Verzicht auf die Freilandhaltung von Tieren für Selbstversorger anzuraten.

Belastungsschwerpunkte lagen erwartungsgemäß vor allem in Überschwemmungsgebieten. Ursächlich für die hier gemessenen erhöhten Konzentrationen ist

der fluviale Eintrag belasteter Sedimente in die Auenböden. Neben den am höchsten belasteten Beprobungsflächen in der Rheinaue zeigten auch Böden in den Auen kleinerer Flüsse wie Werra und Ohm erhöhte Gehalte. Auch von den beprobten Standorten im Main-Taunus-Kreis lagen einige mit dem Summenwert aus PCDD/F- und dl-PCB knapp über 5 ng WHO-TEQ/kg TM, wobei sowohl die PCDD/F- als auch die dl-PCB-Gehalte erhöht waren. Es kann davon ausgegangen werden, dass diese leicht erhöhten Belastungen auf die industriellen und infrastrukturellen Einflüsse im Verdichtungsraum Rhein-Main zurückzuführen sind, da sich die Beprobungsflächen in unmittelbarer Nähe zu Industriegebieten, Siedlungen oder größeren Verkehrswegen befinden. Besonders auffällig war eine Beprobungsfläche im Landkreis Darmstadt-Dieburg, auf der mit 26,4 ng WHO-TEQ/kg TM der mit Abstand höchste dl-PCB-Gehalt der Untersuchungsprogramme gemessen wurde, während der PCDD/F-Gehalt unauffällig blieb. Die dl-PCB machten damit über 90 % der Summe der Toxizitätsäquivalente aus, während ihr Anteil im Mittel der übrigen untersuchten Standorte nur 22 % betrug. Zur genaueren Klärung des Sachverhalts wurden weitere Proben auf der Weide entnommen. Die Ergebnisse waren heterogen, teilweise bestätigten sich erhöhte dl-PCB-Gehalte, teilweise blieben die Werte unauffällig. Die festgestellte hohe Belastung mit dl-PCB ließ sich nicht auf der gesamten Weide wiederfinden, sondern war eher punktueller Natur. Eine Rücksprache mit dem Bewirtschafter ergab, dass auf der Weide in der Vergangenheit verschiedene „Fremdmaterialien“ (Material kommunaler Klärgruben, Grabsteinschleifstaub) aufgebracht worden waren. Es ist zu vermuten, dass die teilweise hohen dl-PCB-Konzentrationen auf Kontaminationen einzelner „Chargen“ der aufgetragenen Fremdmaterialien zurückzuführen sind.

Im Vergleich mit Ergebnissen anderer Länder bzw. von bundesweiten Programmen liegen die in Hessen gemessenen Gehalte außerhalb von Belastungsschwerpunkten in gleicher Größenordnung mit Werten aus Baden-Württemberg (LUBW 2010) und bundesweiten typischen Gehalten unter Grünland (BUSSIAN et al. 2013). Die erhöhten Gehalte in Überschwemmungsgebieten sind ebenfalls vergleichbar mit Ergebnissen anderer Bundesländer (LBEG 2012, LANUV 2010, TLUG 2003). Eine Sonderstellung

nimmt allerdings die Elbe ein, in deren Überschwemmungsflächen deutlich höhere Konzentrationen von bis zu mehr als 3000 ng WHO-TEQ/kg TM gemessen wurden (LBEG 2009).

Im Hinblick auf den Zusammenhang zwischen der Belastung von hessischen Rindern und den PCDD/F- und dl-PCB-Gehalten der Böden sind die Ergebnisse differenziert zu bewerten. Zwar scheint im Fall der erhöhten Belastungen einiger Flächen der Zusammenhang evident, der Großteil der untersuchten Bodengehalte liegt jedoch im Bereich der Hintergrundwerte. Zusammenfassend kann deshalb die Schlussfolgerung gezogen werden, dass erhöhte Werte im Fleisch nicht grundsätzlich mit erhöhten Belastungen im Boden einhergehen. Insofern sind in Abhängigkeit von Einflussfaktoren wie Bewirtschaftungs- und Haltungsform etc. ubiquitäre PCDD/F- und dl-PCB-Konzentrationen im Boden möglicherweise schon ausreichend, um erhöhte Gehalte im Rind zu verursachen. Dieses Ergebnis entspricht dem Fazit des Untersuchungsprogrammes von Böden, Pflanzen, Futter- und Lebensmitteln in Nordrhein-Westfalen (LANUV 2010) und den Ausführungen des BMU (2011, 2013), auch wenn dort betont wird, dass der derzeitige Wissensstand es noch nicht erlaubt, diese Aussage zu verallgemeinern, und dass die Transferwege in die Nahrungskette noch nicht ausreichend nachvollzogen werden können. Nach HENNECKE et al. (2011) ist der dominante Aufnahmepfad für die Kontamination von Nutztieren die Aufnahme von belastetem Bodenmaterial beim Fressen. Der Transfer von PCDD/F und dl-PCB vom Boden ins Tier erfolgt entweder dadurch, dass Nutztiere beim Fressen Bodenpartikel direkt aufnehmen, oder dadurch, dass der Verschmutzungsanteil der Futtermittel durch Bodenmaterial hoch ist. Dabei wird der Anteil der Bodenaufnahme durch die Nutztiere sowie der Grad der Futtermittel-Verschmutzung von einer Vielzahl an Faktoren (Tierart, Bewirtschaftungs- und Haltungsform, Besatzdichte, Bodenfeuchte, Grundfuttergewinnung, Fütterungsbedingungen, Pflanzenart etc.) beeinflusst. In BMU (2013) wird für PCB darüber hinaus noch der direkte Übergang von der Luft auf die Pflanze erörtert. Eine Kontamination über den Luftpfad würde sich aber in erster Linie auf aktuelle PCB-Quellen beziehen (z.B. Schredderanlagen). WEBER et al. (2012) kommen zu dem Schluss,

dass dl-PCB-Höchstwertüberschreitungen bei Rindern bei niedrigen Bodenwerten darauf hindeuten könnten, dass möglicherweise Punktquellen aus PCB-belasteten Produkten (Fugenmassen, Chlorkautschukanstriche etc.) eine Rolle spielen.

Generell sind vor allen Dingen Maßnahmen, die zu einer geschlossenen, dichten Grasnarbe führen, wichtig, um den Transfer von Schadstoffen vom Boden ins Tier zu verringern. So konnten bei den Probenahmen im Rahmen des Untersuchungsprogrammes auf einer Vielzahl von Weideflächen zerstörte oder lückenhafte Grasnarben beobachtet werden. Um Schäden an der Grasnarbe und die Verunreinigung von Mähgut mit Bodenpartikeln zu vermeiden, sollten Landwirte entsprechend geeignete betriebliche Maßnahmen ergreifen. Zu nennen wären in diesem Zusammenhang beispielsweise Nachsaaten, eine dem Nährstoffbedarf angepasste Düngung, die Vermeidung zu hoher Besatzdichten und zu langer Beweidungszeiten, das Abschleppen der Weiden zum Verteilen von Maulwurfs- und Wühlmaushaufen, eine ausreichende Schnitthöhe bei der Heuernte oder ein Säuberungsschnitt auf Flächen in Überschwemmungsgebieten. Einen detaillierten Katalog mit Erläuterungen einzelner Maßnahmen enthält das „Maßnahmenkonzept zur verschmutzungsarmen Nutzpflanzenernte“ (LABO 2007). In Hessen wurden vom Landesbetrieb Landwirtschaft Flyer zum Thema „Schadstoffaufnahme bei der Tierfütterung vermeiden“ herausgegeben (LLH 2013a, 2013b), die Hintergrundinformationen, Maßnahmen und Ansprechpartner beinhalten.

Zusammenfassend verdeutlichen die Ergebnisse der Untersuchungsprogramme, dass der Boden und seine Belastung ein möglicher Verursacher für die Überschreitung der Höchstgehalte in Rindern sein kann. Zur Ursachenaufklärung sind jeweils Einzelfalluntersuchungen der beweideten Böden ratsam. Bei der Identifizierung potenzieller punktueller Belastungsquellen sind die „Fragebögen für Geflügel-, Rinder-, Schaf- und Schweinehalter zur Analyse und Vermeidung einer möglichen Belastung mit Dioxinen und PCB“ hilfreich (BMU 2013).

## 4 Literatur

- BBodSchV (1999): Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung; BGBl, Teil I, Nr.36; Bonn.
- BLAG Dioxine - Bund/Länder-Arbeitsgruppe Dioxine (1992): Umweltpolitik – Eine Information des Bundesumweltministers. Rechtsnormen, Richtwerte, Handlungsempfehlungen, Messprogramme, Messwerte und Forschungsprogramme; Bonn.
- BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2011): Dioxin- und PCB-Einträge in Lebensmittel vermeiden – Ein Leitfaden für Geflügel-, Rinder-, Schaf- und Schweinehalter. – 55 S.; Berlin.
- BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2012): Verordnung zur Festlegung von Anforderungen für das Einbringen oder das Einleiten von Stoffen in das Grundwasser, an den Einbau von Ersatzstoffen und für die Verwendung von Boden und bodenähnlichem Material (Entwurf, Stand 31.10.2012). [[http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Bodenschutz/entw\\_mantelverordnung.pdf](http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Bodenschutz/entw_mantelverordnung.pdf), Zugriff 24.2.2014]
- BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2013): Umweltschutz – Standbein der Lebensmittelsicherheit. Dioxin- und PCB-Einträge vermeiden. – 35 S.; Berlin.
- BUSSIAN, B.M., SCHMIDT, S. & UTERMANN, J. (2013): Typische Gehalte von Dioxinen und dl-PCB in Böden. – Vortrag im Rahmen des Fachgespräches „Dioxine und PCB: Bessere Daten – Schnellere Aufklärung“ am 14.11.2013 im BMU; Bonn. [[http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/dokumente/utermann\\_-\\_dioxine\\_-\\_dl-pcb\\_in\\_boeden\\_2013-10-28\\_-\\_final.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/dokumente/utermann_-_dioxine_-_dl-pcb_in_boeden_2013-10-28_-_final.pdf), Zugriff am 20.3.2014]
- BVL – Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (2013): Berichte zur Lebensmittelsicherheit 2011. Bundesweiter Überwachungsplan 2011. Gemeinsamer Bericht des Bundes und der Länder – BVL-Reporte, Band 7, Heft 4: 71 S.; Berlin.
- DIN 38414 S24: Verfahren zur Bestimmung von polychlorierten Dibenzodioxinen (PCDD) und polychlorierten Dibenzofuranen (PCDF).
- EPA (1994): Method 1613 - Tetra- through Octa-Chlorinated Dioxins and Furans by Isotope Dilution HRGC/HRMS.
- EU - Europäische Union (2006a): Richtlinie 2006/13/EG der Kommission vom 3. Februar 2006 zur Änderung der Anhänge I und II der Richtlinie 2002/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über unerwünschte Stoffe in Futtermitteln in Bezug auf Dioxine und dioxinähnliche PCB.
- EU - Europäische Union (2006b): Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 der Kommission vom 19. Dezember 2006 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln.
- EU - Europäische Union (2011): Verordnung (EU) Nr. 1259/2011 der Kommission vom 2. Dezember 2011 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 hinsichtlich der Höchstgehalte für Dioxine, dioxinähnliche PCB und nicht dioxinähnliche PCB in Lebensmitteln.
- HENNECKE, D., BECKER, L. & DÜRING, R.A. (2011): Expositions Betrachtung und Beurteilung des Transfers von Dioxinen, dioxinähnlichen PCB und PCB. Literaturstudie. – UBA-Texte 57/2011: 129 S.; Dessau.
- HLUG – Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (2009): Ergebnisse der Bodenproben des Dioxin-Kontrollteams Main-Taunus-Kreis und Vogelsberg. – Unveröffentlichter Bericht: 11 S.; Wiesbaden.
- HLUG – Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (2014): Persistente organische Schadstoffe in landwirtschaftlich genutzten Böden Hessens. – Böden und Bodenschutz in Hessen, Heft 11; Wiesbaden.
- LABO – Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (2007): Maßnahmenkonzept zur verschmutzungsarmen Nutzpflanzenernte (Kurzfassung). – Handlungsempfehlungen für die Bodenschutzbehörden für Bewirtschaftungsbeschränkungen auf landwirtschaftlichen Nutz-

- flächen bei schädlichen Bodenveränderungen. – LABO-Projektnummer B 4.03: 26 S. [[https://www.labo-deutschland.de/documents/33\\_Anlage\\_TOP\\_14\\_Nutzpflanzenente\\_kurz\\_1cc.pdf](https://www.labo-deutschland.de/documents/33_Anlage_TOP_14_Nutzpflanzenente_kurz_1cc.pdf); Zugriff 15.3.2014]
- LANUV – Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2010): Bericht über das Untersuchungsvorhaben „Dioxine und PCB in Böden, Pflanzen, Futter- und Lebensmitteln in Überschwemmungsgebieten in NRW 2009“. [<http://www.lanuv.nrw.de/boden/pdf/berichtpcbueberschwemmungsgebiet2009.pdf>, Zugriff 5.2.2014]
- LAU – Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (2012): 2. Dioxinbericht: 118 S.; Halle.
- LBEG – Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (2009): Aktivitäten des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie (Ref. Landwirtschaft und Bodenschutz, Landesplanung) zur Ermittlung der PCDD/F & dl-PCB-Gehalte in niedersächsischen Böden. – 55 S.; Hannover.
- LBEG – Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (2012): Ergebnisse Niedersächsischer Untersuchungsprogramme zur Charakterisierung der Stoffgehalte von Dioxinen (PCDD/F) und dioxinähnlichen (dl-)PCB-Belastungen in Sedimenten, Schwebstoffen, Böden und der Luft. – GeoBerichte 25: 47 S.; Hannover.
- LHL – Landesbetrieb Hessisches Landeslabor (2009): Jahresbericht 2009. – 204 S., Gießen.
- LLH – Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (2013a): Schadstoffaufnahme bei der Tierfütterung vermeiden, Teil I: Futterernte vom Grünland; Kassel.
- LLH – Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (2013b): Schadstoffaufnahme bei der Tierfütterung vermeiden, Teil II: Hinweise zur Weidehaltung und Fütterung von Schafen und Rindern; Kassel.
- LUBW – Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (2010): dl-PCB in den Böden von Baden-Württemberg. – 71 S.; Karlsruhe.
- NATO/CCMS (1988): International Toxicity Equivalency Factor (I-TEF) – Method of Risk Assessment for Complex Mixtures of Dioxins and Related Compound; North Atlantic Treaty Organization, Committee on Challenges of Modern Society, Report Number 176.
- TLUG – Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (2003): Referenzmessprogramm für allergene und kanzerogene Luftschadstoffe – 11 S.; Jena. [<http://www.tlug-jena.de/umweltdaten/umweltdaten2007/luft/pdf/referenzmessprogramm.pdf>; Zugriff am 10.3.2014]
- VAN DEN BERG, M., BIRNBAUM L. S., BOSVELD, A.T.C., BRUNSTRDM, B., COOK, P., FEELY, M., GIESY, J.P., HANEBERG, A., HASEGAWA, R., KENNEDY S.W., KUBIAK, T., LARSEN, J.C., ROLAF VAN LEEUWEN, F.X., LIEM, A.K.D., NOLT, C., PETERSON, R.E., POELLINGER, L., SAFE, S., SCHRENK, D., TILLITT, D., TYSKLIND, M., YOUNES, M., WARN, F. & ZACHAREWSK, T. (1998): Toxic equivalency factors (TEFs) for PCBs, PCDDs, PCDFs for humans and wildlife. – Environmental Health Perspectives 106 (12): 775-792.
- WEBER, R., HOLLERT, H., KAMPHUES, J., BALLSCHMITER, K & BLEPP, M. (2012): Teilzusatzleistung „Vertiefte Analyse des Eintragspfades von PCB und PCDD/PCDF in Rindfleisch“ des UBA-Forschungsvorhabens: „Analyse und Trendabschätzung der Belastung der Umwelt und von Lebensmitteln mit ausgewählten POPs und Erweiterung des Datenbestandes der POP-Dioxin-Datenbank des Bundes und der Länder mit dem Ziel pfadbezogener Ursachenaufklärung“. – Unveröffentlichter Bericht; Göttingen.



# PFT in Feuerlöschschäumen

## Unterschiedliche Perspektiven der Brandbekämpfung

ROSVITA MILO-RIEKS

### Hintergrund

Die Aufgabe der Feuerwehren besteht in der Rettung von Menschen und dem Schutz der Umwelt und Sachwerten. Brandereignisse bedrohen Menschenleben, die Umwelt und Sachwerte teilweise in massiver Form. In Abhängigkeit vom Brandgut, Brandgröße, der Brandtemperatur und der Branddauer werden hoch toxische und gefährliche Brandprodukte, wie beispielsweise polyzyklisches Aromaten, Dioxine, Stickoxide, Kohlenstoffmonoxid, Kohlenstoffdioxid,

Chlorgase, Blausäure, Halogenwasserstoffe etc. freigesetzt. Je schneller ein Brand bekämpft wird, umso geringer ist die Freisetzung der giftigen Produkte. Die richtigen Feuerlöschmittelzusätze helfen den Feuerwehren den Löschvorgang effizienter und kürzer zu gestalten und damit das Ausmaß der Katastrophe und damit auch den Grad der Umweltverschmutzung zu begrenzen.

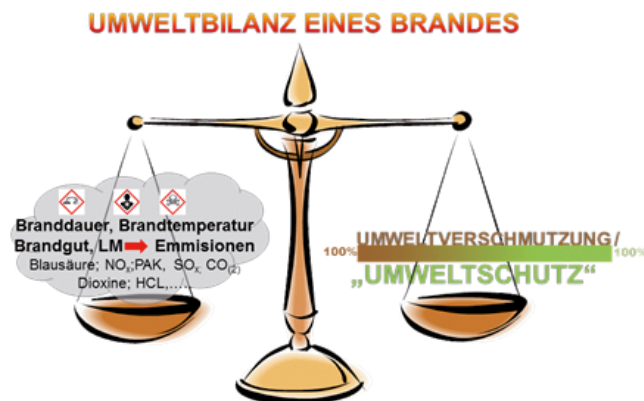


Abb. 1: Bilanz des Brandes: Zahlreiche Faktoren entscheiden über das Ausmaß der Umweltverschmutzung durch ein Brandereignis

### Historie PFC in Schaummitteln

In den 60-er Jahren ist in den USA von der Fa. 3M ein hoch wirksames Löschmittel auf Basis von perfluorierten Tensiden (Hauptkomponente PFOS) auf den Markt gekommen. In Folge der stetig zunehmenden Größe von Industrieanlagen, vor allem in der chemischen Industrie, Tanklagern und auf großen Flughäfen stieg die Gefahr großer und schwer beherrschbarer Flüssigkeitsbrände. Zusammen mit

entsprechender Technik zeigte sich das sogenannte AFFF-Löschmittel deutlich überlegen gegenüber den herkömmlichen fluorfreien Produkten. Der Siegeszug bewegte sich auch nach Europa. Einige Hersteller, wie auch 3M, stellten Ihre Fluortenside durch ein einfaches und damit günstiges Verfahren der Elektrofluorierung her. Dieses Produkt enthielt einen hohen Anteil an PFOS und zahlreiche Nebenprodukte. Ein

weiteres teureres Verfahren zur Herstellung von sogenannten Fluortelomeren auf Basis von polyfluorierten Produkten kam auf den Markt. Wie sich erst Jahrzehnte später herausstellte, bargen die perfluorierten Bestandteile, allen voran das C-8 Produkt PFOS, ein hohes toxisches, bioakkumulierendes und persistentes Potential (PBT-Substanz) und wurde im Jahre 2006 in Europa gemäß der Richtlinie EN 2006/122 EG reguliert. Das beim Telomerisationsverfahren entstehende Nebenprodukt PFOA zeigt ebenfalls PBT Eigenschaften. Bei C-6 basierten Telomeren konnten nach bisherigen Kenntnissen keine belastbaren Be-

weise der PBT-Eigenschaft erbracht werden, es laufen aber nach wie vor Untersuchungen. Ein Problem der C-6 Telomeren ist ihre Persistenz, die unbekannte chronische Auswirkung und die sehr gute Wasserlöslichkeit und damit ihre Mobilität in der Natur.

Durch die Regulierung von PFOS als PBT Substanz ist aufgrund des Schutzes von Mensch und Umwelt gegenüber diesen Verbindungen, der Verunsicherung aufgrund der Komplexität des Sachverhaltes ein allgemeiner Wunsch nach Verbot aller fluorierten organischen Verbindungen in Feuerlöschmitteln angekommen.

## Warum werden heute noch PFC in Löschschäumen eingesetzt?

In Abhängigkeit vom Brandgut (Feststoffbrand; Flüssigkeitsbrand) sind unterschiedliche Löschmittel konzipiert worden. Bei dem größten Teil der Brandereignisse auf kommunaler Ebene handelt es sich um Feststoffbrände oder „kleine“ Flüssigkeitsbrände“, die vorwiegend mit sogenannten fluorfreien Mehrbereichschaummitteln oder Wasser bekämpft werden können. In bestimmten Fällen wurden aus strategischen Gründen im kommunalen Bereich diese Brände ebenfalls mit AFFF/AR bekämpft. Die Vorhaltung nur eines Schaummittels mit universellem Charakter, einem schnellen Löscherfolg auch bei schlechter Verschäumung, gute Löscherfolge bei „unbekannten Brandgütern“ waren die Hauptgründe für seine Verbreitung. Die Verwendung fluorierter

Schaummittel ist in der Großzahl der kommunalen Feuerwehren ohne Industrierainner oder anderer Gefahren großer Flüssigkeitsbrände in der Regel nicht notwendig. Der Einsatz fluorfreier Löschmittel erfordert eine gute Anwendungspraxis der Feuerwehrleute im Umgang mit Schaummitteln (siehe auch Empfehlungen im *Leitfaden „Auswahl von Schaummitteln“ vom Hessischen Ministerium des Innern und für Sport* - 2014).

Wie bereits beschrieben, ist aus unserer Sicht der Einsatz von AFFF-Schaummitteln bei großen Flüssigkeitsbränden mit einem extrem hohen Risiko für Mensch und Umwelt als sinnvoll zu erachten, um ein Höchstmaß an Sicherheit im Brandfall zu gewährleisten.

Produkt	Wasserfilm	fluorhaltig*	Viskosität	Hauptverwendung Brandklasse
Mehrbereich/ Class A	nein	nein	N	A (B) klein
AFFF	ja	ja	N	B
AFFF/AR	ja	ja	P	B
FF (fluorine-free) alkoholbeständig	nein	nein	P	A/ (B) alkoholbeständig

\*Ohne Zusatz von Fluortensiden, kann produktionsbedingt Spuren enthalten  
 •N: newtonsche Flüssigkeit, P: pseudoplastisch  
 •Brandklasse A: glutbildende Feststoffbrände; B: Flüssigkeitsbrände

Abb. 2: Vereinfachte Darstellung für die Hauptverwendung der einzelnen Schaummitteltypen.

Sogenannte AFFF-Schaummittel, basierend auf Fluortensiden, erzielen auf großen unpolaren (nicht Wasser mischbaren) Flüssigkeitsbränden eine sehr gute und nachhaltige Löschwirkung. Die Konzeption der AFFF-Schaummittel basiert auf einem Schaumtypus, der stark wasserhaltig ist und sich schnell auf der brennenden Oberfläche ausbreitet. Hieraus wird ein sogenannter gasdichter fluorhaltiger Wasserfilm auf der Oberfläche ausgebildet. Dieser schwere nasse Schaum kann auf weite Distanzen geworfen werden, um auch Brandherde (z.B. Lagertank), die nicht aus nächster Nähe erreicht werden können, zu bekämpfen. AFFF-Schaummittel können auf diese Weise selbst bei schlechter Schaumbildung durch den Was-

serfilm in sehr schneller Zeit nachhaltig große unpolare Flüssigkeitsbrände löschen. Die spezielle Eigenschaft der Fluorverbindungen, zusammen mit der hohen thermischen und chemischen Beständigkeit, sorgt für ein sehr schnelles Löschergebnis, geringen Löschmittel- und Wasserverbrauch und damit eine schnelle Begrenzung schädlicher Emissionen. Die Vorteile der hohen chemischen und thermischen Beständigkeit der Fluortenside bei einem Brand sorgen auf der anderen Seite für die aus Umweltsicht nachteilige und unerwünschte Eigenschaft der Persistenz dieser anthropogenen Substanz.

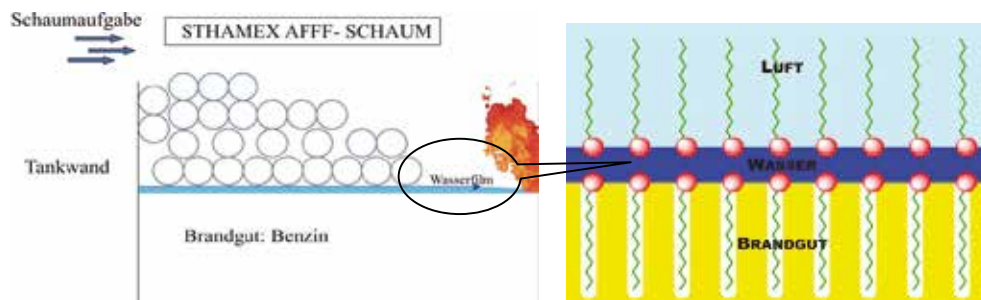


Abb 3: Wasserfilmbildung durch Fluortenside bei unpolaren Flüssigkeitsbränden.

## Welche Alternativen gibt es zu AFFF?

Wie bereits beschrieben, kann man in den meisten Brandfällen auf AFFF-Schaummittel verzichten (siehe auch Empfehlungen im *Leitfaden „Auswahl von Schaummitteln“ vom Hessischen Ministerium des Innern und für Sport - 2014*). Es gibt eine große Zahl fluorfreier Löschmittel. Im Segment der AFFF-Ersatzprodukte handelt es sich aus unserer Sicht um mehr oder weniger geeignete Substitute. Häufig sind die Produkte sehr hoch viskos und bergen für den Anwender zusätzliche Risiken bei der korrekten Dosierung. Einbußen in der Schaumqualität und damit einhergehend eine schlechtere Löschwirkung sind mögliche Folgen einer Unterdosierung. Fluorfreie und biologisch voll abbaubare Produkte benötigen eine sehr gute Schaumqualität und eine spezielle Aufgabetechnik, um auch nur annähernd eine ähnliche

Wirkung auf unpolaren Flüssigkeiten zu erzielen. Die Produkte sind in der Regel nicht für die Applikation des Schaummittels über große Wurfweiten geeignet. Bei einigen Schaummitteln, die nach Herstellerangaben an die Eigenschaften von AFFF herankommen sollen, bleibt die Frage nach vollständig biologisch abbaubaren Inhaltsstoffen offen. Keines der bislang offerierten Alternativen wurde unserer Kenntnis nach unter annähernd realen Einsatzbedingungen, beispielsweise bei einem Tankbrand (schlechte Verschäumung - direkte Monitoraufgabe), erfolgreich getestet. Die Einsatzleitungen der Feuerwehren tragen in diesen Fällen das volle Risiko, im Einsatzfall den Brand nicht erwartungsgemäß bekämpfen zu können.



Längere Löschzeiten, ungewisse Löscheinleistung, größere Mengen an Schaummittel und Löschwasser, stärkere Emissionen an hoch toxischen Produkten und ein größeres Risiko der Einsatzkräfte, stärkere Gefährdung von Menschenleben und Sachwerten können die Gesamtbilanz eines Brandes und damit den umweltrelevanten „Impact“ bei Verwendung des falschen Löschmittels signifikant verschieben.

AFFF-Schaummittel werden in der Regel als hoch sicherheitsrelevantes Instrument nur dann eingesetzt, wenn andere Sicherheitsmaßnahmen bereits versagt haben und damit der „worst case Fall-Brand“ eingetreten ist. Der größte Anteil an AFFF-Schaummittel wird nicht zur Brandbekämpfung verwendet. Das Produkt lagert in der Regel über viele Jahre (bis zu 10-15 Jahre) in den Lagertanks der Brandschutzeinrichtungen.

Der Empfehlung des Umweltbundesamtes (*Ratgeber Fluorhaltige Schaumlöschmittel umweltschonend einsetzen*), wie auch des Hessischen Ministeriums folgend (*Leitfaden „Auswahl von Schaummitteln“ vom Hessischen Ministerium des Innern und für Sport - 2014*), sollte zum Schutz unserer Umwelt und damit der Gesundheit der Menschen die Verwendung von AFFF-Schaummitteln auf ein absolut notwendiges Mindestmaß reduziert werden.



**Abb. 4:** Tankbrand.

Aus unserer Sicht als verantwortungsvolle Hersteller empfehlen wir in den hoch sensiblen und gefährdeten Bereichen AFFF-Schaummittel als sicherheitsrelevantes Notfallinstrumentarium erst dann zu ersetzen, wenn eine sichere und nachgewiesen umweltfreundlichere Alternative existiert.

# Sanierung eines Mineralölschadens im Schadenszentrum eines ehemaligen Tanklagers mit dem Terracure® -Verfahren

MONIKA SIMON & MICHAEL SELLE

## Ausgangssituation

Auf einem von der Hafengesellschaft Frankfurt a.M. durch einen Mineralölkonzern gepachteten Gelände, das direkt an ein Hafenbecken und den Main angrenzt, wurden zwischen 1957 – 1984 ein Treibstofftanklager und eine Verladestation betrieben. Nach dem Rückbau des Tanklagers wurde das Grundstück einer neuen Nutzung durch ein Logistikunternehmen zugeführt.

Bereits kurz nach Betriebsstilllegung wurden vom Nutzungsnachfolger noch Schadstoffe mit den damals verfügbaren Analysenverfahren (nach dem Prinzip „H-18“) im Baugrund nachgewiesen: an der Kaimauer zum Hafenbecken 3 100 mg/kg Kohlenwasserstoffe und im Grundwasser 26 000 µg/l aliphatische Kohlenwasserstoffe sowie 3 400 µg/l BTEX (kein Verfahren benannt).

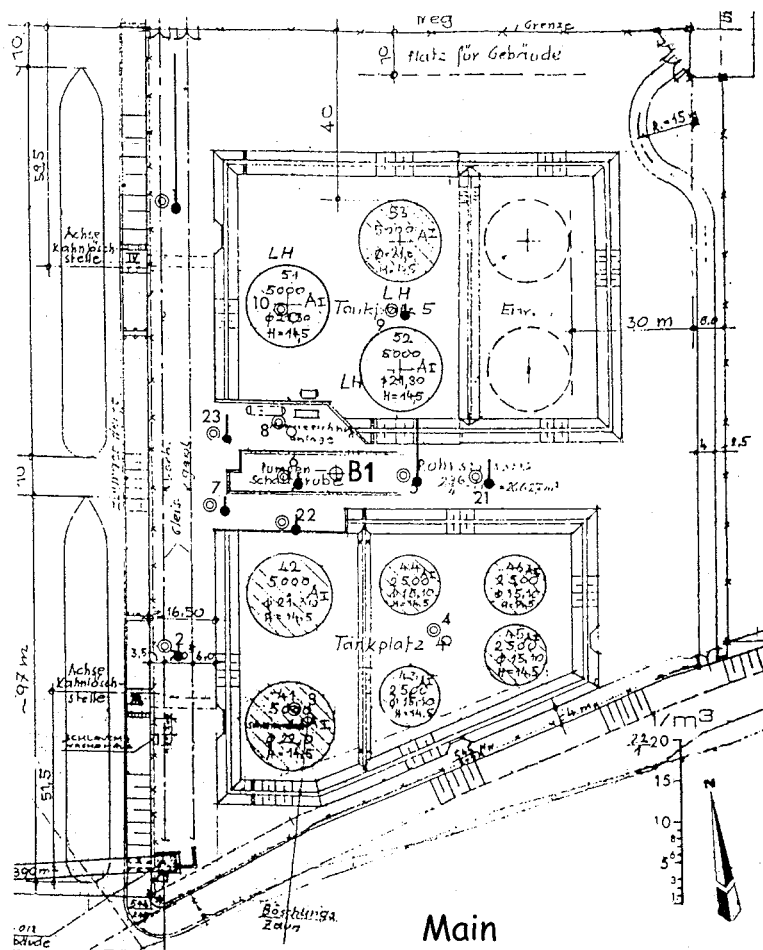


Abb. 1. Historischer Lageplan (1985).

Nach Übergang der Zuständigkeit auf das Regierungspräsidium Darmstadt als obere Bodenschutzbehörde und weiteren Untersuchungen wurde das Gelände im September 1994 zur Altlast festgestellt. Im Jahr 2005 wurde die Wiederaufnahme systematischer Untersuchungen mit dem Mineralölkonzern abgestimmt. Die bekannten Schadensbereiche sollten vertikal und horizontal abgegrenzt werden, wobei die Überbauung durch den neuen Nutzer sich insgesamt als hinderlich erwies.

## Schadenssituation

Im Jahre 2006 wurden durch Frau Dr. Völker, Umweltgutachterin, Herrenberg im Auftrag des Mineralölkonzerns ein umfangreiches Gutachten über die Historie des Standortes (Historische Recherche) erstellt sowie detaillierte Boden- und Grundwasseruntersuchungen auf die Verunreinigungen durch Mineralölprodukte mittels hochauflösender Kapillargaschromatographie durchgeführt. Diese Analysetechnik ermöglichte im Gegensatz zum veralteten "H-18-Prinzip" die eindeutige Differenzierung verschiedener Produkte voneinander und die Feststellung der zwischenzeitlich ggf. eingetretenen Veränderungen durch die Bodenpassage sowie evtl. stattgefundenen mikrobiologischer Veränderungen primär durch Peakmustervergleich. Diese Analyse-methode lieferte keineswegs vergleichbare quantitative Ergebnisse, wie sie mit der alten Technik ermittelt wurden.

Aus der räumlichen Darstellung der Untersuchungsbefunde ergaben sich drei Schadensbereiche:

- Gleisanlage am Hafenbecken sowie dazu parallel verlaufende Entwässerung des Tanklagers,
- zentraler Entwässerungsschacht, Pumpenschalt-grube, Rohrstr.,
- Tankbehälter 45 für Turbo-Jet (JP4).

Als eine Haupteintragsstelle kam die Tankentwässerung im Bereich des zentralen Übergabeschachts bei RKS 22 in Betracht.

Zur südlichen Abgrenzung des Hauptschadensbereiches wurde die Messstelle GWM 6 gebaut. Während die Feststoffanalysen aus der ungesättigten Bodenzone keine Schadstoffbelastungen aufwiesen, wurden innerhalb eines Pumpversuches erhöhte Konzentrationen an AKW (500 µg/l), (gem. ALEX,

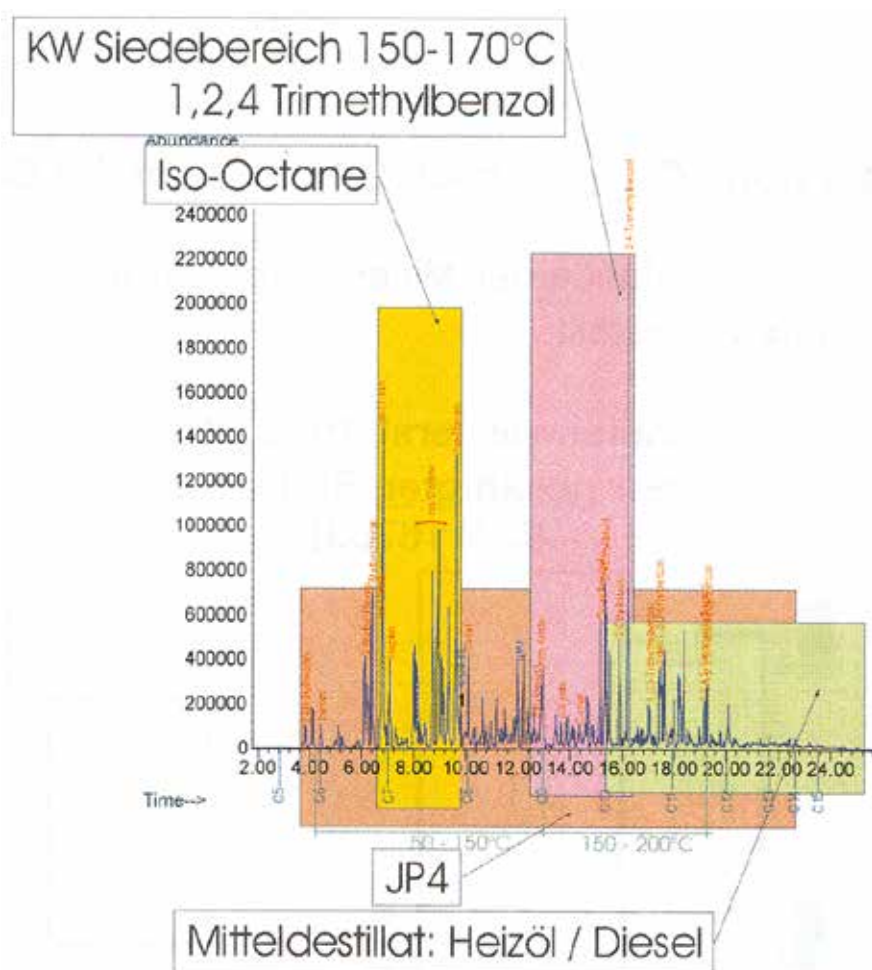


Abb. 2: Typisches Peakmuster-Chromatogramm.

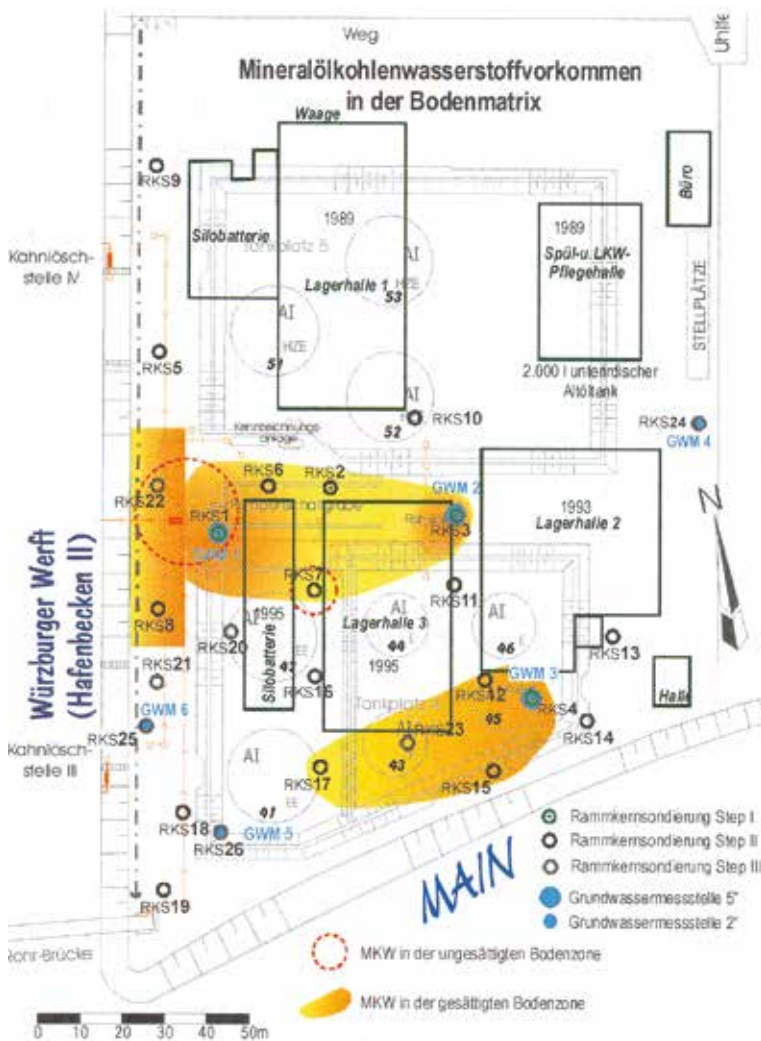


Abb. 3: Schadensbereiche mit skizzierter Überbauung durch die Folgenutzung.

einer erweiterten Liste an Aromatenparameter nach Rheinland-Pfalz), Benzol (60 µg/l - 70 µg/l) sowie n-Alkane (2.200 µg/l) ermittelt, deren Konzentration im Laufe des Pumpversuches angestiegen waren.

In der Bodenprobe der südlicher gelegenen RKS 8 wurden beim Vergleich der Chromatogramme der RKS 22 auffallende Ähnlichkeiten der angetroffenen Mineralölprodukte an beiden unterschiedlichen Lokalitäten nachgewiesen.

Die Schadstoffkontaminationen im Bereich „Zentraler Entwässerungsschacht, Pumpenschaltgrube, Kennzeichnungsanlage und Rohrstr.“ sind vermutlich auf Handhabungsverluste zurückzuführen. Ein Schwerpunkt von Mineralölkohlenwasserstoffverunreinigungen wurde hierbei in der gesättigten Bodenzone ermittelt.

Im südlichen Tankfeld 45 befand sich ein Hochbehälter, in dem Flugtreibstoff Turbo Jet eingelagert war. Im Untergrund dieses Bereiches wurden leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe nachgewiesen.

## Grundwassersituation

Die Anstrommessstelle GWM 4 ist frei von Schadstoffen. Die höchsten Schadstoffbelastungen wurden in GWM 6 ermittelt. Ausschließlich in dieser Messstelle wurde Benzol nachgewiesen.

Auf Basis der Grundwasserstandsmessungen und aufgrund der nachweislich dichten Hafenspundwand im Westen des Standortes wurde ein Abströmen von Grundwasser in Richtung Main über die südliche Mainspitze vermutet.

Die Schadstoffzusammensetzung in den Messstellen GWM 1, GWM 2 und GWM 3 ist nahezu identisch mit einer Maximalkonzentration von 570 µg/l BTEX in GWM 2.

Somit wurde eine sanierungsbedürftige Grundwasserbelastung am Standort nachgewiesen.

Die vertiefenden Untersuchungen der drei Schadensbereiche wurden im Jahre 2006 von ARCADIS



weitergeführt. Zur weiteren Schadensabgrenzung wurden neben Rammkernsondierungen auch zusätzliche Messstellen errichtet und nachfolgend beprobt. Dabei traten an den vorhandenen Messstellen verglichen mit den vorherigen Untersuchungen deutliche Messwertschwankungen auf, welche u.a. auf die geänderte Probenahmenteknik und Analyseverfahren zurückgeführt wurden.

Bei der wiederholten Beprobung aller GWMs traten bei den Messergebnissen zunächst unerklärliche Schwankungen auf. Als Prüfergebnis wurde festgehalten, dass die Probenahme in standardisierter Form erfolgen muss, um eine Vergleichbarkeit der Messergebnisse zu erreichen. Zur Vereinheitlichung der Messergebnisse wurden ab 2008 Vorgaben zu standardisierten Probenahmen festgelegt und umgesetzt. Dies beinhaltet die Festlegung der Einbautiefe in Abhängigkeit des Grundwasserstandes, der Förderate, des Fördervolumens und der Erfassung der Feldparameter.

Die Grundwasseruntersuchungen im weiteren Abstrom der identifizierten Schadensbereiche ergaben keine relevanten Belastungen. Dies ist auf einen mikrobiellen Schadstoffabbau und die Rinnenstruktur des Stauhizontes, welche zu einem geprägten Abstrom des Grundwassers in Form von Strähnen (Fingering) führt, zurückzuführen.

Da die Nachfolgefirma auf dem ehemaligen Tanklagergelände große Hallen und Silos errichtet hat, konnte im Rahmen der vertiefenden Untersuchungen zur Schadensabgrenzung deren Untergrund aus Verhältnismäßigkeitsgründen nicht herangezogen werden. Somit war nur eine grobe Schätzung des Schadensinventars möglich. Nach einer weiteren Verdichtung des Abstrommessstellennetzes konnte der Gutachter eine quasi Stationarität der Schadenszone nachweisen.

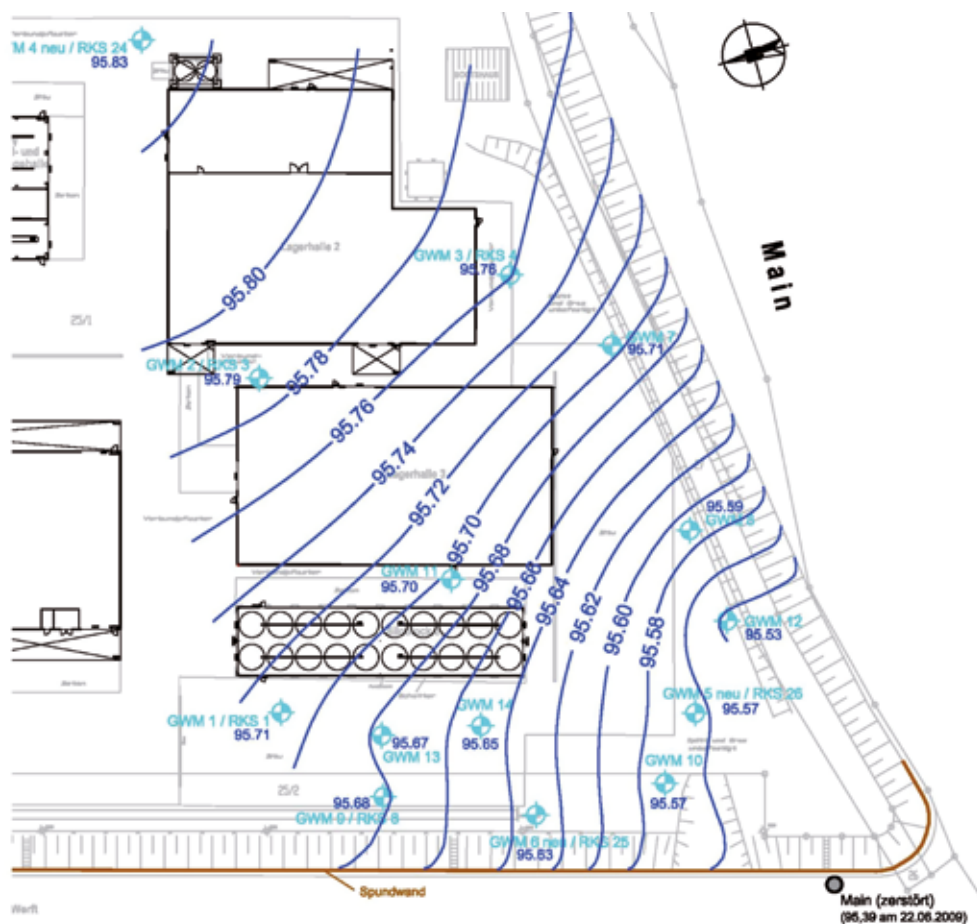


Abb. 4: Grundwassergleichenplan.

## Sanierungsverfahren

In einer Variantenstudie wurde für den Schadensbereich (Hot-Spot) „westliche Gleisanlage“ die Machbarkeit verschiedener Sanierungsverfahren geprüft. Ziel war dabei die unter den gegebenen Randbedingungen sinnvolle und genehmigungsfähige Sanierungsvariante auszuwählen. Folgende Verfahren bzw. Handlungsweisen wurden betrachtet:

1. MNA (monitored natural attenuation),
2. ISCO-Verfahren (in-situ-chemische Oxidation, z.B. mit Fentons Reagenz),
3. Terracure®-Verfahren (Biosparging, Einblasen von Luft in den gesättigten Bereich und Absaugen von beladener Luft im unges. Bereich),
4. aktive mikrobielle In-Situ-Sanierung
5. thermisch unterstützte Bodenluft-Absaugung (Dampf/Luftinjektion)
6. partieller Bodenaustausch.

Die einzelnen Maßnahmen wurden von ARCADIS gemäß der bezifferten Rangfolge bewertet:

### Zu 1.:

Beobachtung des natürlichen Verhaltens der Kontamination ohne menschlichen Eingriff; diese Variante wurde von ARCADIS favorisiert, begründet mit nachweisbar ablaufenden mikrobiellen Abbauprozessen und der Quasistationarität der Schadstofffahne. Ein Zeitraum bis zum Erreichen der Prüfwerte war schwer absehbar.

### Zu 2.:

Die in-situ-chemische Oxidation ist ein Sanierungsverfahren mit i.d.R. schnellem Sanierungserfolg. Für den Standort wurde es als nur bedingt geeignet angesehen. Die Fundamente der Silos und die Hafenspundwandverankerung könnten durch den Einsatz von Chemikalien (Oxidationsmittel, Schwefelsäure ...) geschädigt werden.

### Zu 3.:

Terracure® ist ein patentiertes Verfahren der Fa. Z.-Design, das für den Standort geeignet war. Der Anbieter sicherte unter den gegebenen Randbedingungen eine Sanierung innerhalb von 2 Jahren zu.

Das Prinzip beruht auf der Injektion von Luft in den gesättigten Bereich und einer Absaugung aus der darüber befindlichen ungesättigten Zone. Dabei wird der aerobe Abbau stimuliert und gleichzeitig ein physikalischer Austrag durch Strippen bewirkt.

### Zu 4.:

Bei der aktiven mikrobiellen In-situ-Sanierung wird per Pump- and Treat-Maßnahme Grundwasser entnommen, gereinigt und mit Substrat zugeetzt und reinfiltriert (hydraulischer Kreislauf). Es wird mit einer Sanierungsdauer von mindestens 3-4 Jahren gerechnet. Diese Maßnahme wurde als sinnvolle Option angesehen.

### Zu 5.:

Durch Dampfinjektion in die gesättigte Bodenzone sollten die vorhandenen Schadstoffe mobilisiert werden. Durch die hohen Energiekosten und wegen der benachbarten Lage zu den Silos und Hafenwand war das Verfahren nur bedingt geeignet.

### Zu 6.:

Partielle Bodenaustauschmaßnahmen bis in den gesättigten Bereich (4 - 5m Tiefe) sind aus bautechnischen Gründen nicht möglich. Die Standsicherheit der benachbarten Siloanlage hätte nicht

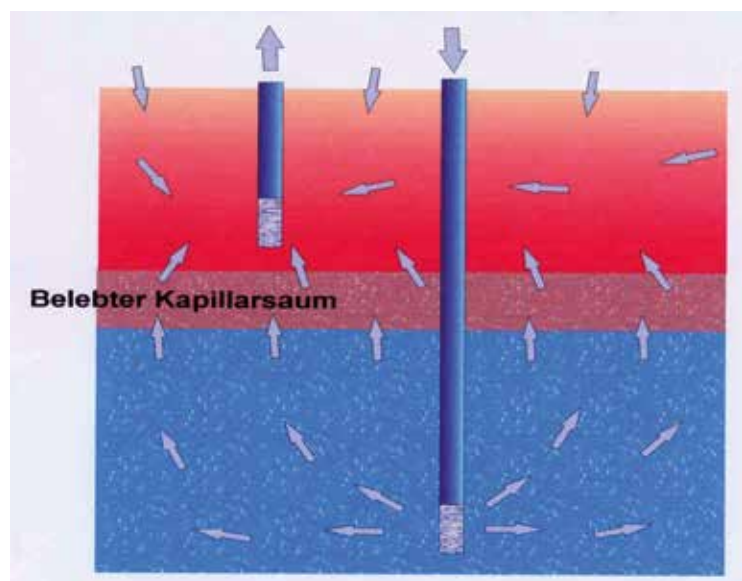


Abb. 5: Terracure-Prinzip.

gewährleistet werden können, außerdem ist die Hafenummauer in diesem Bereich mehrfach rückverankert, so dass die überbaute Zone der Kontamination so nicht zugänglich wäre.

Im November 2009 wurden im Rahmen eines Behördengesprächs die Sanierungsvarianten gegeneinander abgewogen und ausgewertet. Aufgrund der Randbedingungen wie quasistationäre Fließverhältnisse im Hot-Spot, Wirksamkeit natürlicher Abbauprozesse, moderates BTEX-Schadensgesamtinventar von 500 kg, sowie Bewertung anhand der HLUG-Arbeitshilfe als mittlere schädliche Grundwasserunreinigung mit einer eher günstigen Tendenz, wurde seitens AR-CADIS die Implementierung eines MNA-Konzeptes empfohlen.

Das Regierungspräsidium Darmstadt, die Eigentümerin des Standortes und der Mineralölkonzern kamen überein, dass im Hot Spot Bereich aufgrund der Höhe der Belastung vor der Akzeptanz einer MNA-Maßnahme eine aktive Quellensanierung erfolgen muss. MNA wird von der Genehmigungsbehörde für einen Gesamtstandort nur dann akzeptiert, wenn

eine Quellensanierung im Schadenszentrum erfolgt ist, andere Sanierungsmaßnahmen nicht greifen oder Kosten für andere Sanierungsmaßnahmen in keinem Verhältnis zum ursächlichen Schaden stehen.

Im Sommer 2010 wurde dem Terracure®-Verfahren als Sanierungsverfahren für den Hot-Spot-Bereich zugestimmt und ein entsprechender Sanierungsplan erstellt.

Die Schadstoffreduzierung erfolgt beim Terracure®-Verfahren in erster Linie durch den biologischen Abbau der Kohlenwasserstoffe zu CO<sub>2</sub> und Wasser. Ein physikalischer Austrag von leichtflüchtigen Kohlenwasserstoffen durch die Bodenluftextraktion tritt vor allem in der Anfangsphase der Sanierung auf. Im ungesättigten Bereich werden die leichtflüchtigen Schadstoffe über die Bodenluftabsaugung erfasst und über die Abluftreinigungseinheit eliminiert. Gleichzeitig wird der natürliche biologische Abbau der Schadstoffe aktiviert. Die im Grundwasser vorhandenen, vorwiegend leichtflüchtigen Verunreinigungen werden durch das Einblasen von Luft in den Grundwasserkörper ausgestript und über die

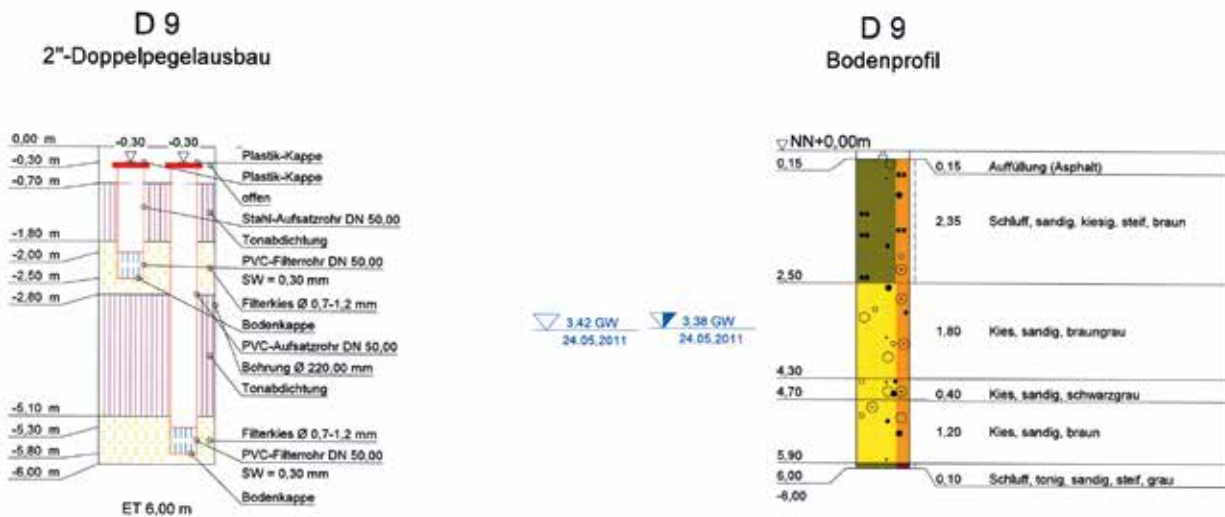
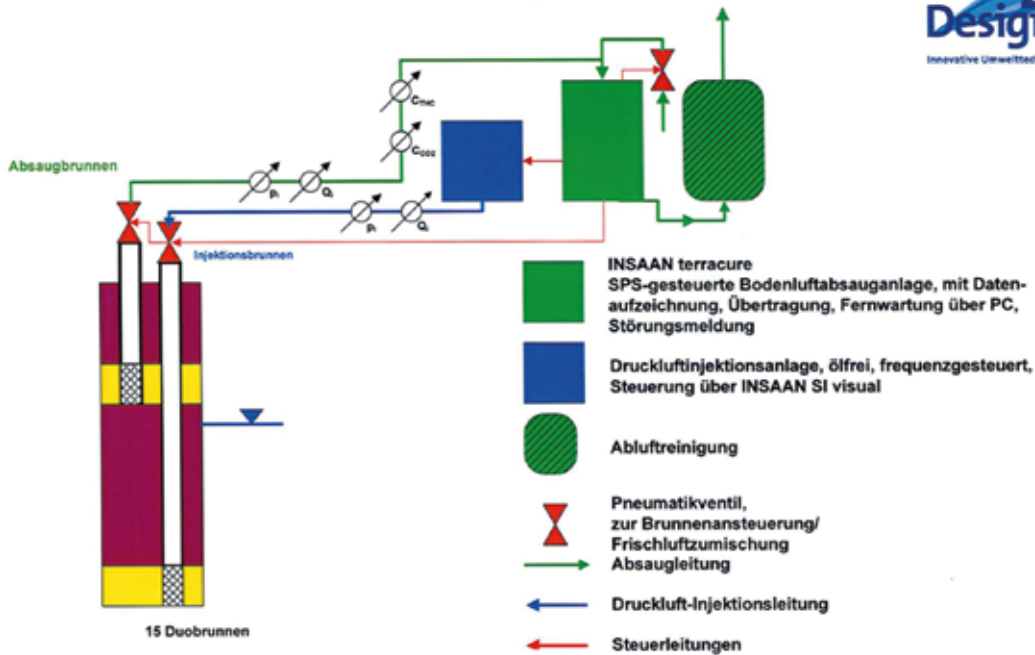


Abb. 6: Duopegelausbau.





**Abb.7:** Terracure-Verfahrensskizze.

Bodenluftabsaugung ausgetragen. Gleichzeitig erfolgt durch das Injizieren von Luftsauerstoff ein biologischer Abbau der Schadstoffe zu CO<sub>2</sub> und Wasser. Die bei diesem Kohlenwasserstoffschaden problematische Zone des Kapillarsaums, in der nachweislich noch große Mengen an Schadstoffen vorliegen, welche mit dem traditionellen in-situ-Verfahren nicht erfasst werden können, wird mit diesem Verfahren zu einer biologisch aktiven Zone ausgebildet und wirkungsvoll saniert. Dieses Verfahren eignet sich insbesondere auch für den auf dem Standort vorhandenen Untergrundaufbau. Bei kf-Werten von  $2,5 \cdot 10^{-3}$  und  $4,3 \cdot 10^{-4}$  und Deckschichten aus Auehlem bei ca. 2,6 m u. GOK.

Zur Anwendung des Terracure®-Verfahrens wurde das Sanierungsareal in 16 Sektoren aufgeteilt, die jeweils einen Belüftungs- und einen Absaugpegel enthalten. Die Anzahl der Duopegel ergab sich aus der ermittelten Reichweite der einzelnen Absaugbereiche. Bei der Niederbringung der Bohrungen waren sowohl Vertreter des Mineralölkonzerns, als auch ein Vertreter von der Fa. Z-Design und der Fa. Arcadis vor Ort und haben die Bohrungen überwacht. Die Bodenansprache wurden von Firma Z-Design und Fa. Arcadis gemeinsam durchgeführt und dokumentiert.

Auf Basis der ermittelten Bohrprofile wurden die Belüftungspegel unmittelbar über dem Ton, dem GW-Stauhohizont, eingerichtet. Die Filterstrecken der Absaugpegel wurden direkt unter den undurchlässigen Horizont im ungesättigten Bereich installiert, um einen direkten Kontakt mit dem Grundwasser zu vermeiden.

Bei der abgesaugten Bodenluft wird die KW-Konzentration als summarischer Parameter (VOC-Volatile Organic Compound) erfasst und über GC-FID gemessen. Die CO<sub>2</sub>-Konzentration wird über die IR-Messung erfasst und in dem Überwachungscontainer messtechnisch verarbeitet. Der dauernd gemessene CO<sub>2</sub>-Gehalt ist ein Leitparameter, um die Anlage zu steuern. Dieser Parameter zeigt die biologische Aktivität des Untergrundes an.

Die Daten wurden per on-line-Fernüberwachung weitergeleitet und von Überlingen – Owingen aus überwacht. Parallel hierzu erfolgte durch ARCADIS das Begleitmonitoring.

Bei diesem Verfahren wird zu keinem Zeitpunkt eine Nährlösung zur Sanierungsoptimierung zugeführt. Nach Erfahrungen der Fa. Z-Design ist dies in derartigen Böden nicht erforderlich.

In dem östlichen und westlichen Rand des Sanierungsbereiches wurden 2 Bodenluftpegel BL 1 und BL 2 niedergebracht, um eine mögliche horizontale

Verlagerung frühzeitig zu erkennen und ihr begegnen zu können.

## Sanierungszielwerte

In der Genehmigungsplanung (2010) wurden Sanierungszielwerte für das Grundwasser von ARCADIS abgeleitet. Dabei wurden Arbeitshilfen des HLUG und Arbeitsblätter der LABO berücksichtigt.

Folgende Werte wurden vorgeschlagen:

AKW	=	1.000 µg/l
Benzol	=	10 µg/l
Naphthalin	=	10 µg/l

Die Sanierungsziele sind eher als Etappenzielwerte zu verstehen, d.h. bis mindestens zu diesen Zielwerten ist die aktive Sanierung durchzuführen. Nach einem dauerhaften Unterschreiten kann dieser Bereich in die MNA-Überwachung überführt werden. Hierbei wird langfristig die Einhaltung der Geringfügigkeitsschwellenwerte (AKW 20 µg/l, Benzol und Naphthalin 1 µg/l) angestrebt. Falls mit dem Sanierungsverfahren über längere Zeiträume die Etappenzielwerte nicht erreicht würden, müsste über ein alternatives Sanierungsverfahren nachgedacht werden. Im Dezember 2010 wurde nach der Anhörung der

Sanierungsbescheid erlassen dem nunmehr abgestimmten Sanierungskonzept gemäß §21 BBodSchG i.V. §11 Abs. 2 und 4 HAItBodSchG zugestimmt.

Darin wurden in den Nebenbestimmungen Konkretisierungen zum Ausbau der Sanierungspegel festgelegt, die Etappenzielwerte mit der Festlegung, für welche Messstellen diese gelten und das Überwachungsprogramm mit der Nullbeprobung und den darauffolgenden Beprobungen von Grundwasser und Bodenluft aufgeführt. In den Zwischenberichten sollte eine Austragsbilanzierung vorgenommen werden.

Die weiteren Teilflächen der anderen beiden Schadensbereiche wurden per Bescheid in die MNA-Überwachung überführt. Aufgrund der festgestellten weitverteilten Schadstoffbelastungen wurden Sanierungsmaßnahmen als unverhältnismäßig angesehen. Nach 5 Jahren wird das Verfahren insgesamt überprüft, ggfs. müssen dann aus behördlicher Sicht weitere Schritte veranlasst werden.

## Sanierungserfolg im Hot-Spotbereich

In der nachfolgenden Abbildung sind die Austragsbilanzen der Sanierungsanlage, welche durch die Fa. Z-Design ermittelt wurden, dargestellt. Im Überwachungszeitraum Juni 2011 – November 2013 wurden insgesamt 5.052 kg AKW entfernt. Davon 4.360 kg über den biologischen Abbau und 692 kg über physikalischen Austrag.

Die Konzentrationsentwicklung im Hot-Spotbereich wird über 5 Grundwassermessstellen und 2 Bodenluftabsaugpegel überwacht.

Im Grundwasser war bis Ende der Air-Sparging-Sanierung generell eine Tendenz zu abnehmenden Schadstoffkonzentrationen zu verzeichnen. Alle Schadstoffparameter zeigten deutliche Rückgänge

und die nachgewiesenen Schadstoffgehalte lagen im Oktober 2013 an allen Messstellen unterhalb der Etappensanierungszielwerte. Exemplarisch sind in der folgenden Abbildung die Konzentrationsverläufe der am höchsten belasteten Messstellen GWM 9 und GWM 13 dargestellt.

Nach Außerbetriebnahme der Air-Sparging-Anlage im November 2013 ist für die Messstellen GWM 9 und GWM 13 eine Wiederzunahme der Schadstoffgehalte (Rebound) ersichtlich. Das Grundwasser der anderen Messstellen dagegen zeigt nur eine geringe bis gar keine Schadstoffbelastung.

**kumulative Schadstoffreduzierung**  
 Projekt: **Frankfurt terracure® INSAAN 2**

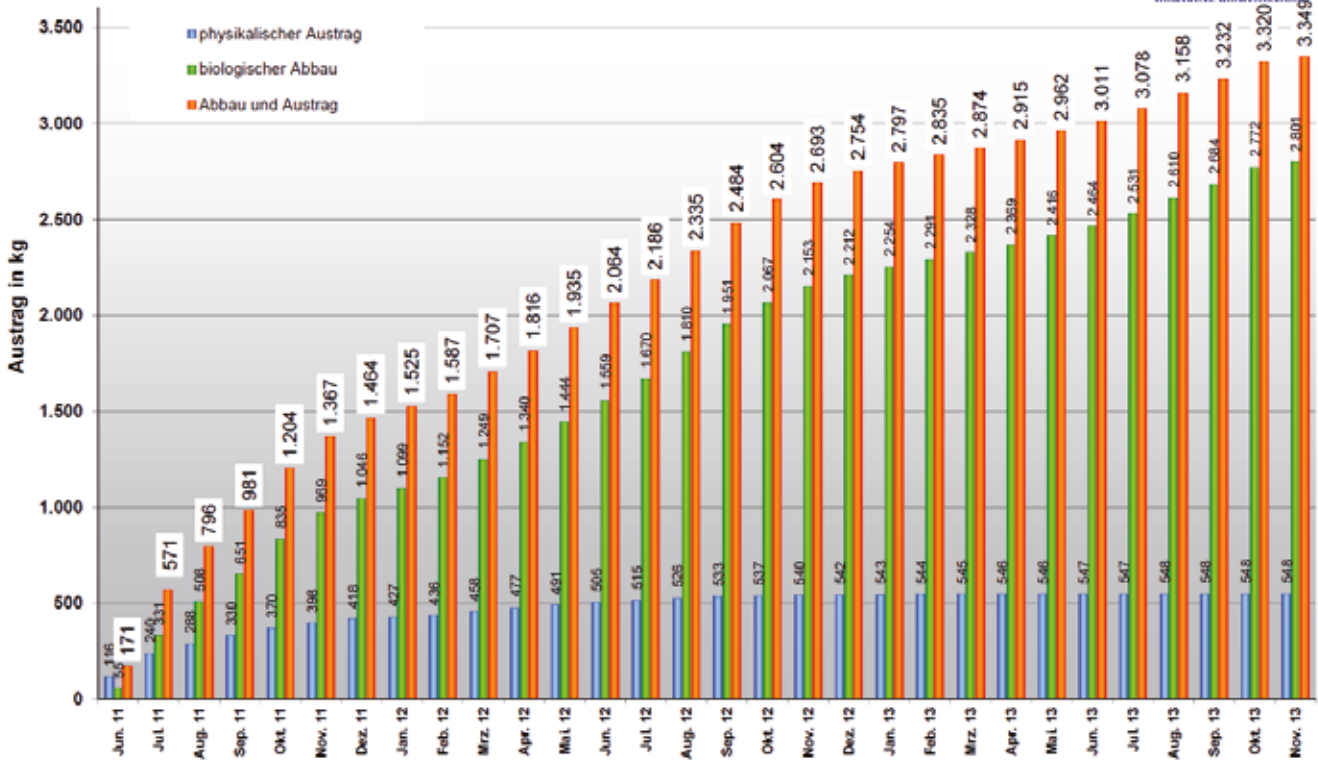


Abb. 8: Kumulierter Schadstoffaustrag (Anlage 2), Eigenüberwachung.

Die Sauerstoffgehalte im Grundwasser haben im Laufe der Sanierung im Bereich des Hotspots zugenommen. In der Messstelle GWM 9 wurde am Ende der Air-Sparging Sanierungsphase (im Oktober 2013) die höchste Sauerstoffkonzentration im Sanierungsgebiet mit 8,1 mg/l erreicht. Der Anstieg ist parallel zur Abnahme der Schadstoffkonzentration in dieser Messstelle besonders deutlich. In GWM 13 wurde ebenfalls eine starke Zunahme des Sauerstoffgehalts nachgewiesen. Insgesamt zeigten die Ergebnisse,

dass zumindest bereichsweise die Sanierung schon so weit vorangeschritten war, dass die Zufuhr des Sauerstoffs deutlich schneller war als dessen Zehrung im Rahmen des aeroben mikrobiellen Abbaus der Restschadstoffe. Nach Außerbetriebnahme des Air-Sparging Systems wurde aktuell ein starker Rückgang der Sauerstoffgehalte auf das Niveau vor Beginn der Sanierung nachgewiesen (0,17 mg/l - 0,42 mg/l). Dies deutet auf einer Wiedereinstellung von anaeroben Grundwasserbedingungen hin.

## Abschluss der aktiven Sanierungsmaßnahme

Nach 28 Monaten nach Sanierungsstart konnte die aktive Hot-Spot-Sanierungsanlage am 15. November 2013 abgeschaltet werden. In der höchstbelasteten Grundwassermessstelle GWM 13 wurde mit der Messung am 30.10.2013 eine Konzentration von 250 µg/l Aromaten gemessen. Damit wurde zum er-

sten Mal der festgelegte Etappenzielwert von 1.000 µg/l deutlich unterschritten. Auch die Konzentrationen der anderen Parameter wie Benzol und Naphthalin im Grundwasser lagen unterhalb der Etappenzielwerte.

Anfang April 2014 wurde an den Grundwassermessstellen und Bodenluftpegeln im Hot-Spot-Bereich eine Beprobung durchgeführt, um den ggf. zu erwartenden Wiederanstieg der Konzentrationen zu überprüfen (Reboundeffekt). Es wurde gemeinsam vereinbart, dass bei einem Anstieg der AKW-, Benzol-, Naphthalin-Konzentrationen um mehr als den Faktor 1,5 über den Etappenzielwerten die aktive Sanierung erneut in Betrieb zu nehmen ist.

Die Grundwasseranalysenergebnisse im April 2014 ergaben für die Messstelle GWM 9 eine Überschreitung des Etappenzielwertes für die Aromaten um den Faktor 1,5, so dass die Sanierungsanlage wieder in Betrieb genommen wurde.

Die erforderliche Dauer des Nachsanierungsbetriebes ist noch offen. Ob dann ggfs. nochmal eine Prüfung des Wiederanstiegs erforderlich ist, wird dann noch fachlich abgestimmt werden.

Nach einer erfolgreichen Übergangsphase kann dann unter behördlicher Zustimmung der Hot-Spot-Sanierungsbereich in die MNA-Überwachung übernommen werden.

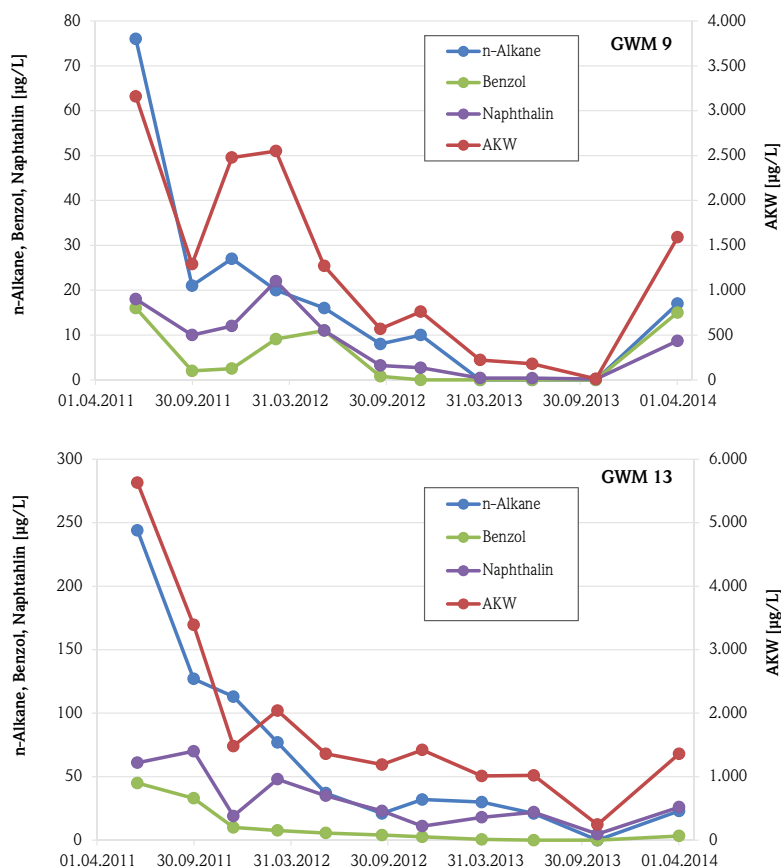


Abb. 9: Konzentrationsverlauf der aromatischen Kohlenwasserstoffe.

Der nächste Behördentermin ist für Juli 2014 geplant.

## Literaturverzeichnis

- Stegmann, Dr. Wilfried (27.01.1986): Gutachten über Gelände- und Laboruntersuchungen, Rimpf
- SGT, Streim, DR. A.W. (02.05.1994) Untersuchungsbericht Bauvorhaben Neubau Siloblock 2 und Halle 3, Frankfurt am Main
- Voelker, Dr. Heike (24.04.2005) Umweltwissenschaftliche Standortbewertungen, Herrenberg; Bericht über die Historische Recherche und detaillierte Untergrund- und Grundwassererkundungen
- ARCADIS (ab 2006 bis 2014) Berichte und Studien, Darmstadt
- HLUG – Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (2008): Arbeitshilfe zur Sanierung von Grundwasserverunreinigungen, Band 3 Teil 7, Wiesbaden
- HLUG – Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (2004): Arbeitshilfe zu überwachten natürlichen Abbau- und Rückhalteprozessen im Grundwasser, Band 8 Teil 1, Wiesbaden
- LABO – Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (2009): Berücksichtigung der natürlichen Schadstoffminderung bei der Altlastenbearbeitung
- Z-Design – Zyla, Werner: Anbieter-Angaben zum Terracure®-Verfahren (2011)
- Merkblatt Alex 02 (1997) Landesamt für Umwelt und Gewerbeaufsicht, Rheinland-Pfalz



# Grundwassersanierung am Standort Opel in Rüsselsheim

KNUT HERZBERG

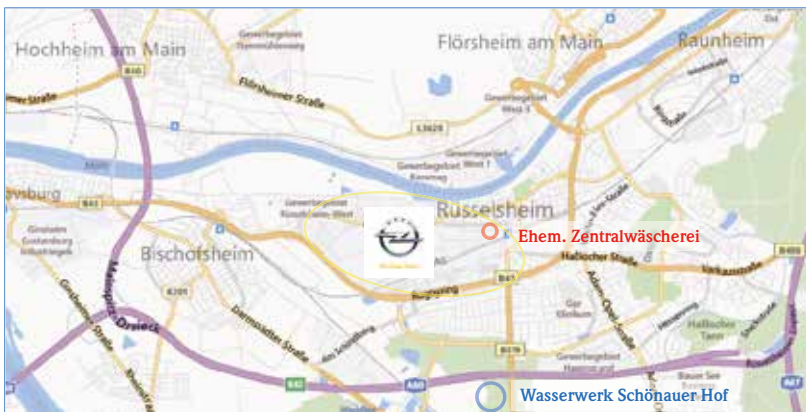


Abb. 1: Übersichtslageplan.

Quelle: Google Maps

Die Adam Opel AG betrieb auf ihrem Werksgelände in Rüsselsheim von 1951 bis 1991 eine werkseigene Zentralwäscherei. Hierbei kamen chlorierte Kohlenwasserstoffe (CKW), vor allem Tetrachlorethen (PER) und Trichlorethen (TRI), als chemische Reinigungsmittel zum Einsatz. Aufgrund von Leckagen und Handhabungsverlusten kam es über Jahre zu einem Austrag von CKW und in der Folge zu einer massiven Kontamination des quartären Grundwasserleiters unterhalb der ehemaligen Zentralwäscherei und des ehemaligen TRI-Tanklagers. Es wurde abgeschätzt, dass ca. 200 t CKW in den Untergrund eingedrungen sind.

Es haben sich zwei Schadenszentren im Umfeld der ehemaligen Zentralwäscherei ausgebildet. Zum einen liegt ein Schadenszentrum unmittelbar unterhalb des Wäschereigebäudes. Der Bereich der Kanalisation unter der ehemaligen Zentralwäscherei wurde als Haupteintragsbereich dieses CKW-Schadens festgestellt und ist dort im Grundwasser weitestgehend eingegrenzt. Ein weiterer Schadensherd wurde rd. 100 m südlich lokalisiert. Da die CKW in diesem Bereich ein anderes Muster der Schadstoffverteilung

aufweisen, ist davon auszugehen, dass es sich um einen räumlich und ursächlich getrennten Schaden handelt, der im Zusammenhang mit Lagertanks in dort vorhandenen Kellerbauwerken steht (s. Abb. 2).

Die Ergebnisse von Boden- und Bodenluftuntersuchungen deuten darauf hin, dass sich die CKW zunächst in der ungesättigten Bodenzone sowohl als Flüssigphase wie auch in der Gasphase mit der Bodenluft ausgebreitet haben.

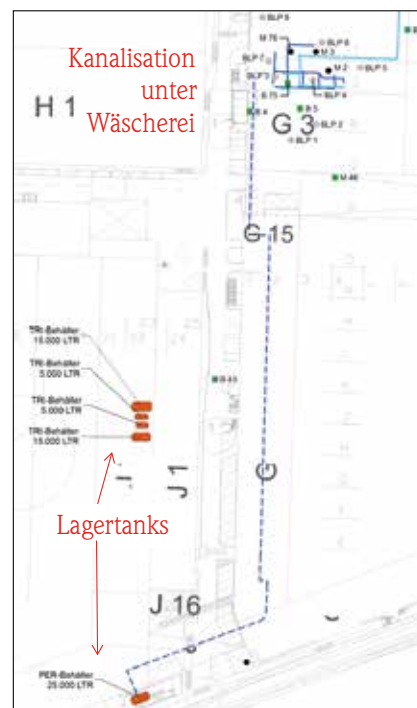
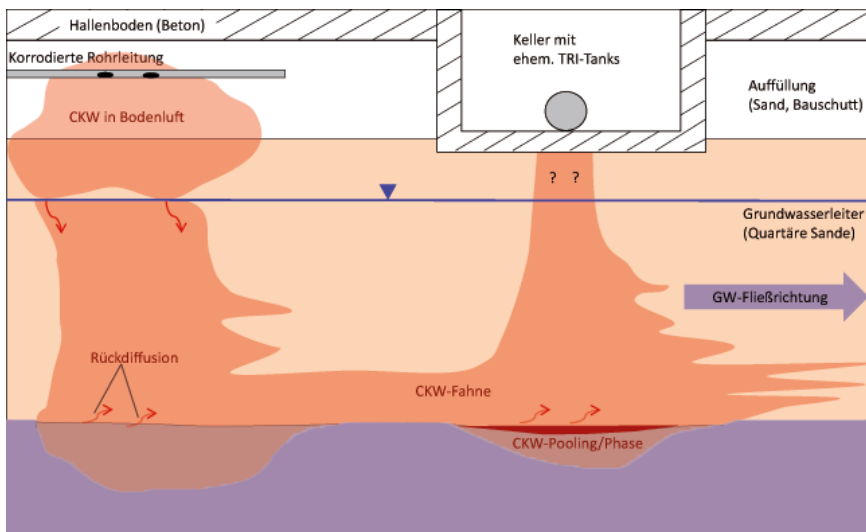


Abb. 2: Lageplan Schadensquellen.



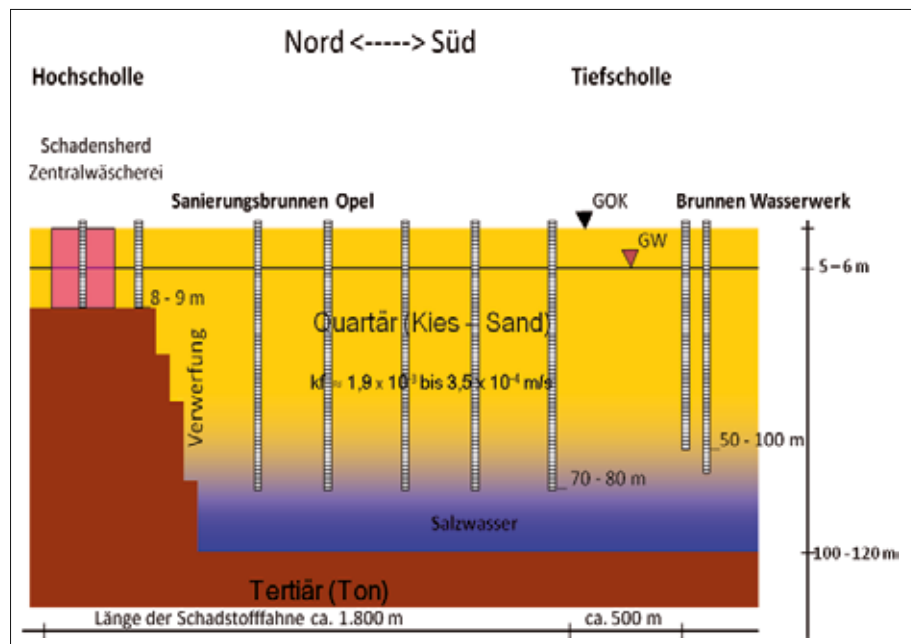


**Abb. 3:** Schematisches Standortmodell der Schadstoffausbreitung.

Von dort aus sind die CKW vertikal weiter bis in das Grundwasser und dort aufgrund ihrer relativ zu Wasser höheren Dichte an die Basis des Aquifers migriert. Die Mächtigkeit des Aquifers beträgt am Standort lediglich 8 bis 9 m, davon sind 3 m wassererfüllt. Nachweise in Schöpfproben aus Brunnen belegen ein Pooling von CKW an der Basis des Grundwasserleiters auf dem Top der Rupeltone und damit die Ausbildung einer CKW-Schwerphase. Die extrem schwankenden CKW-Gehalte deuten auf einzelne kleinräumige Phasenkörper hin. In der Folge sind die Schadstoffe dann auch vertikal bis über 1 m tief in die Tone eingedrungen (s. Abb. 3).

Von dort haben sich die CKW - auch durch permanente Nachbefrachtung der Schadstofffahne durch Rückdiffusion aus der Schwerphase und aus den Tonen - mit dem durch die Trinkwasserförderung des rd. 2 km südlich gelegenen Wasserwerks Schönauer Hof induzierten Grundwasserfluss horizontal nach Süden verlagert. Die Ausbreitung des CKW-Schadens im Grundwasser hat zur Ausbildung einer ca. 1,8 km langen Schadstofffahne geführt.

Südlich der ehemaligen Zentralwäscherei sind die tertiärzeitlichen Sedimente an einer Südwest-Nordost verlaufenden Störungszone um bis zu 100 m nach Südosten abgeschoben, wodurch das Top der tertiären Tone im Südosten erst in einer Tiefenlage von 100 m bis 120 m unter Gelände ansteht. Entsprechend erreicht der quartäre Grundwasserleiter hier eine Mächtigkeit von bis zu 120 m. Nach der Lage der Oberfläche der tertiären Tone nordwestlich und südöstlich der Störungszone werden eine „Hochscholle“ und eine „Tiefscholle“ differenziert. In unterschiedlichen Tiefenstufen des quartären Grundwasserleiters der Tiefscholle vorgenommene Untersuchungen belegen, dass sich die Schadstofffahne dort im Wesentlichen auf den Tiefenbereich bis ca. 70 m bis 80 m Tiefe erstreckt. Unter diesem Tiefenbereich befindet sich geothermal mit Salzen angereichertes Grundwasser.



**Abb. 4:** Geologischer Systemschnitt.

Nach Feststellung des Schadens in 1981 sowie der technischen Erkundung des Schadens im Untergrund und der Aufstellung eines Sanierungskonzeptes wird das Grundwasser seit 1984 im Schadensherd und in der Schadstofffahne mittels Grundwasserentnahme und Filtration über eine Nassaktivkohleanlage (Pump & Treat) saniert. Des Weiteren wird im Bereich der ehemaligen Zentralwäscherei seit 1987 eine Bodenluftsanierung (ebenfalls mit Aktivkohlefiltration) betrieben. Damit die Schadstoffausbreitung eingedämmt und die Schadstofffahne stabil gegenüber den großen Wasserentnahmen der Trinkwasserförderung des Wasserwerks und den dadurch vorhandenen hohen Fließgeschwindigkeiten des Grundwassers bleibt, müssen sehr große Wassermengen aus dem Schadensbereich entnommen werden. Bei einer durchschnittlichen Trinkwasserförderung des Wasserwerks von rd. 500.000 m<sup>3</sup> im Monat werden monatliche Grundwasserentnahmen von durchschnittlich rd. 100.000 m<sup>3</sup> aus den Sanierungsbrunnen der Hochscholle und der Tiefscholle vorgenommen.

Während die Ergebnisse der Bodenluftsanierung belegen, dass der wesentliche Anteil der CKW aus der ungesättigten Bodenzone erfolgreich abgezogen wurde, stagnieren die CKW-Gehalte im Grundwasser im Schadensherd bei immer noch signifikant hohen Konzentrationen. Damit ist für die Pump & Treat-Maßnahme der Charakter einer funktionierenden Abstromsicherung, bei der keine CKW mehr in die Schadstofffahne emittiert werden, zwar belegt. Die abstromige Fahne ist durch diese Maßnahme mittlerweile vom Schadensherd abgerissen, was durch jährliche Nachrechnungen der Grundwasserfließverhältnisse

mit einem 3-dimensionalen Grundwassermodell auch stets nachgewiesen wird. Eine abschließende Sanierung im Schadensherd wird dadurch aber nicht erreicht.

In der Schadstofffahne sind die Konzentrationen aufgrund der erfolgreichen Eindämmung der Schad-

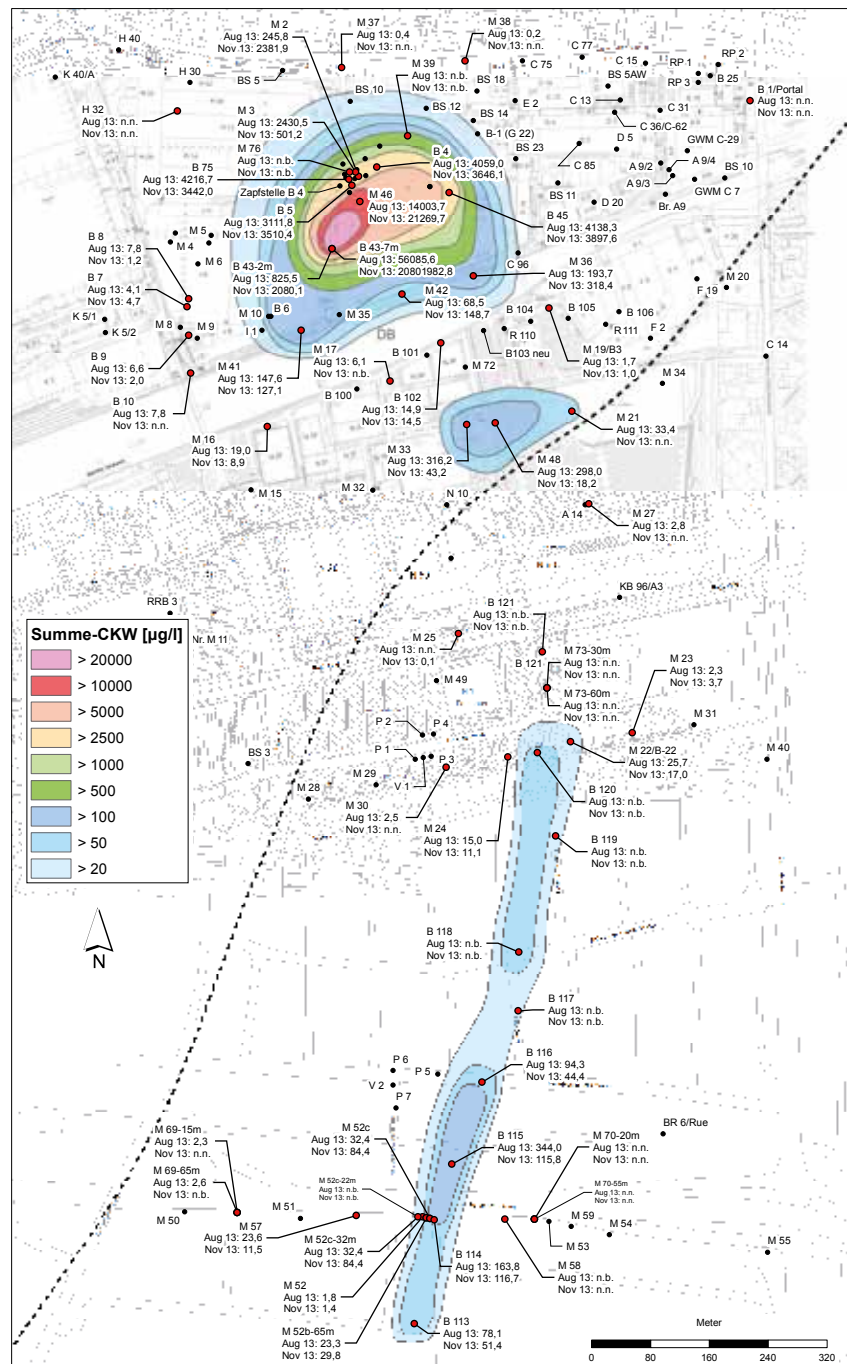
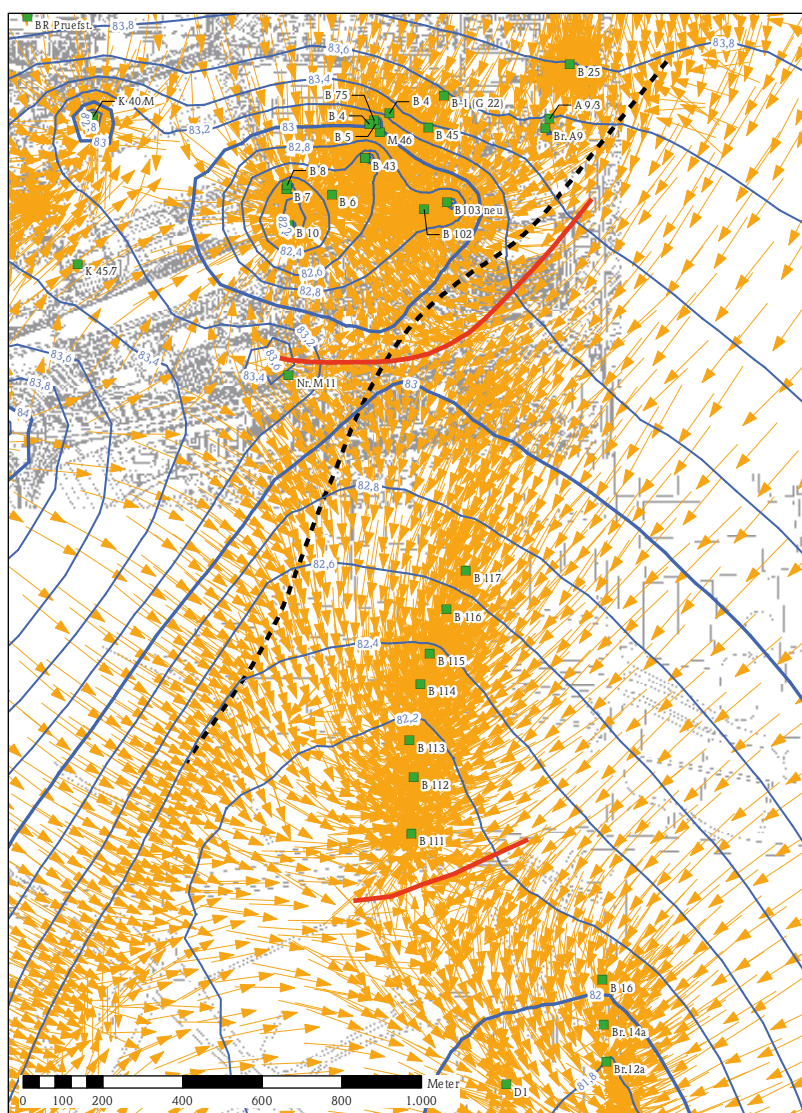


Abb. 5: Schadstofffahne August 2013.

stoffnachlieferung aus dem Schadensherd und durch stetiges Abpumpen von kontaminiertem Grundwasser aus den in Reihe in der Fahne angeordneten Sanierungsbrunnen im oberen Abschnitt der Fahne auf Werte unter 100 µg/l und im unteren Teil der Fahne auf Werte um 300 µg/l zurückgegangen. Die Schadstofffahne in ihrer maximalen Ausdehnung ist stabil. Es kommt zu keinem Übertritt von Schadstoffen aus der Spitze der Schadstofffahne in die Trinkwasserbrunnen des Wasserwerks Schönauer Hof. Dies belegen sowohl Nachrechnungen der Hydraulik mit dem 3D-Grundwassermodell als auch Nachweisanalysen in Grundwassermessstellen südlich der Fahnen Spitze. Insgesamt wurden in 30 Jahren ca. 50 t CKW aus dem Untergrund entfernt. Das sind rd. 25% der vermuteten 200 t CKW-Eintrag in den Untergrund. Mit den aktuellen Pump & Treat - Maßnahmen ist eine

dauerhafte Sicherung des Grundwasserschadens unter der Maßgabe einer jährlichen Fördermenge von mehr als 1 Mio m<sup>3</sup> Grundwasser gewährleistet. Bei gleichzeitig niedrigen Austragsraten von derzeit rd. 500 kg bis 1.000 kg pro Jahr ist ein Abschluss der Sanierung in einem realistischen Zeitrahmen allerdings nicht zu erreichen. Der aktuelle Stand der Schadenssanierung erfordert daher eine Neuorientierung in der strategischen Planung der Sanierung. Dabei sind für die räumlich voneinander getrennten Bereiche des Schadensherdes und der Schadstofffahne aufgrund der verschiedenen Randbedingungen, Sanierungsanforderungen und Zielsetzungen unterschiedliche Herangehensweisen vorzusehen.

Im Schadensherd muss ein geändertes Sanierungsverfahren in einem zeitlich begrenzten Horizont und



**Abb. 6:** 3D-Modell-Nachrechnung IST-Zustand Sanierungsbetrieb Februar 2013.



**Legende**

- Förderbrunnen
- Trennstromlinie
- Grundwassergleichen September 2013**
- 81 mNN
- 82,6 mNN
- Strömungsvektoren
- - - Lage der Verwerfung



unter verhältnismäßigem Einsatz von Mitteln einen nachhaltigen und dauerhaften Sanierungserfolg bringen. Hierzu hat die Adam Opel AG in einem ersten Schritt eine Status-Quo-Untersuchung im Schadensherd und eine Variantenstudie für zukünftige effektive Sanierungsmaßnahmen beauftragt. Die Erkundungsmaßnahmen und die Studie wurden in 2013 begonnen und werden in 2014 fertiggestellt.

In der Schadstofffahne besteht mit Schadstoffkonzentrationen zwischen rd. 100 µg/l und 300 µg/l nach wie vor ein Sanierungsbedarf. Zudem ist die stabile Lage der Fahne im unmittelbaren Einflussbereich der Trinkwasserförderungen des Wasserwerks durch geeignete Gegenmaßnahmen sicher zu stellen. Dies erfordert auch weiterhin eine Sanierung in der Schadstofffahne. Da die Sanierungsinfrastruktur und hier insbesondere die Sanierungsbrunnen nach 30 Betriebsjahren Maßnahmen der Instandhaltung bzw.

bei der Mehrzahl der Brunnen in absehbarer Zeit eine vollständige Erneuerung erwarten lassen, besteht im Hinblick auf die Sicherung des zukünftigen Sanierungsbetriebs der Bedarf einer konzeptionellen Neuausrichtung.

Die Adam Opel AG hat daher im Jahr 2010 den Auftrag vergeben, ein Rahmenkonzept für den mittel- bis langfristig aufrechtzuerhaltenden Sanierungsbetrieb in der Schadstofffahne unter Berücksichtigung optimaler Kosten-Nutzen-Aspekte zu entwickeln. Variantenbetrachtungen für verschiedene Szenarien von Brunnenkonfigurationen wurden durch Einsatz des vorhandenen 3D-Grundwassermodells vorgenommen.

Das entwickelte Rahmenkonzept geht dabei von einigen grundsätzlichen Festlegungen aus. Durch den Betrieb der Sanierungsbrunnen auf der Hochscholle

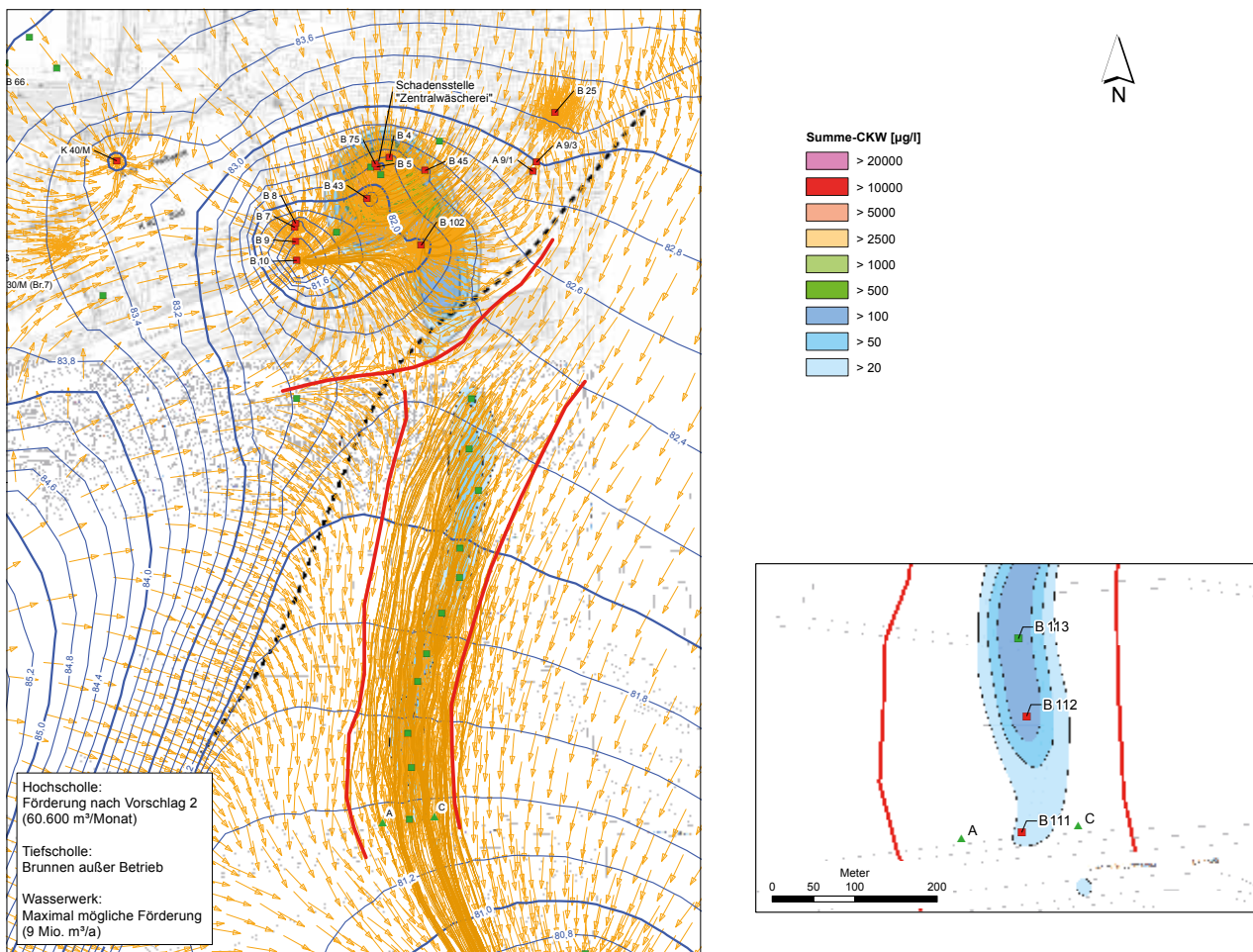


Abb. 7: 3D-Modell-Simulation Grundwasserströmung ohne Brunnenbetrieb in Tiefscholle.

wird sichergestellt, dass ein Nachströmen von Schadstoffen in die Tiefscholle und dort in die Fahne unterbunden wird. Der Sanierungsbetrieb in der Fahne wird ausschließlich mit den vorhandenen und noch funktionstüchtigen Sanierungsbrunnen fortgesetzt. Es werden nicht alle in der Schadstofffahne angeordneten Sanierungsbrunnen für einen effektiven Sanierungsbetrieb gebraucht. Fällt ein Sanierungsbrunnen aus, dann wird die Brunnenkonfiguration, gestützt durch 3D-Modellberechnungen, verändert und der ausgefallene Brunnen aufgegeben. In der Fahnen Spitze wird aus vorhandenen und neuen Brunnen ein Abwehrriegel aufgebaut, der nach Aufgabe der übrigen Brunnen in der Fahne alleine die Funktion der Sicherung der Fahnen Spitze und damit der stabilen Lage der Schadstofffahne übernehmen kann.

Die 3D-Modell-Nachrechnung der Grundwasserströmung für den Betriebszustand zeigt die vorhandene hydraulische Abtrennung des Schadensherdes auf der Hochscholle von der Schadstofffahne in der Tiefscholle und die Sicherung der Fahnen Spitze gegenüber der Trinkwasserförderung im Wasserwerk. Dabei liegt der mittlere jährliche Förderbetrieb des Wasserwerks mit rd. 6 Mio m<sup>3</sup> bei lediglich rd. 65% der im Wasserrecht des Wasserwerksbetreibers erlaubten Entnahmemenge von 9 Mio m<sup>3</sup> im Jahr. Die Planung der Position notwendiger Brunnen für den Abwehrriegel wurde daher unter Berücksichtigung des maximal möglichen Förderbetriebs des Wasserwerks vorgenommen. In der 3D-Modell-Simulation ohne Förderbetrieb aus den Sanierungsbrunnen der Tiefscholle wird der maßgebliche Fließquerschnitt sichtbar, durch den schadstoffbefrachtetes Grundwasser aus der Fahne abströmt. Der maßgebliche Fließquerschnitt ist mit rd. 300 m relativ schmal.

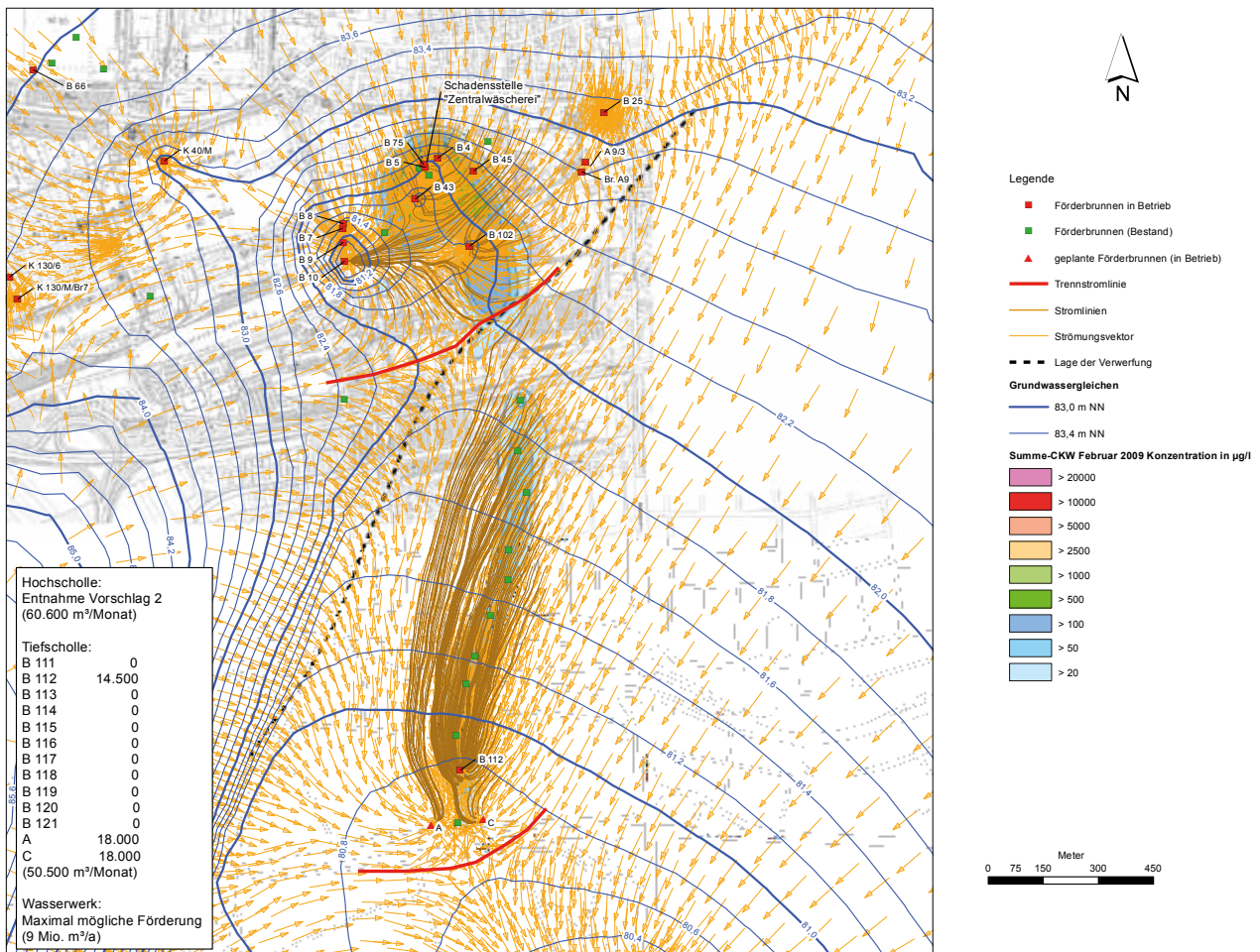


Abb. 8: 3D-Modell-Simulation des Sicherungsbetriebs mit drei Brunnen.



Notwendige Maßnahmen für die Sicherstellung der stabilen Lage der Schadstofffahne müssen unter Berücksichtigung der regelmäßigen Trinkwasserförderung definiert werden. Die 3D-Modell-Simulation ergab, dass die stabile Lage der Schadstofffahne durch den Betrieb von drei Brunnen in der Fahnen Spitze gewährleistet werden kann.

Solange die vorhandenen alten Sanierungsbrunnen in der Schadstofffahne funktionstüchtig sind und das altlastenrechtliche Erfordernis einer Sanierung in der Fahne besteht, sieht das entwickelte Rahmenkonzept einen kombinierten Betrieb der Fahnen sanierung und der Fahnen spitzen sicherung vor. Es wurden daher verschiedene Szenarien für den Betrieb unterschiedlicher Brunnenkonfigurationen in der Fahne bei gleichzeitigem Betrieb von drei Abwehrbrunnen bei aktueller Regelförderung des Wasserwerks von 6,6 Mio m<sup>3</sup> mit dem 3D-Modell simuliert, die in al-

len Fällen die funktionierende Sanierung in der Fahne und gleichzeitig die Sicherung der Fahnen spitze belegen.

In alle strategischen Überlegungen und planerischen Maßnahmen ist die Genehmigungsbehörde des Regierungspräsidiums in Darmstadt eingebunden. Ferner wird der Wasserwerksbetreiber regelmäßig über den Sanierungsbetrieb und alle Vorhaben informiert und stellt seinerseits die Betriebsdaten der Trinkwasserförderung zur Verfügung. Auf der Grundlage des entwickelten Rahmenkonzeptes für den Weiterbetrieb der Sanierung der Schadstofffahne und die Sicherung der Fahnen spitze könnte ein öffentlich rechtlicher Vertrag zwischen dem Land Hessen, vertreten durch das Regierungspräsidium Darmstadt, als Genehmigungs- und Überwachungsbehörde und der Adam Opel AG geschlossen werden. Dies könnte der Adam Opel AG Planungssicherheit für die Zu-

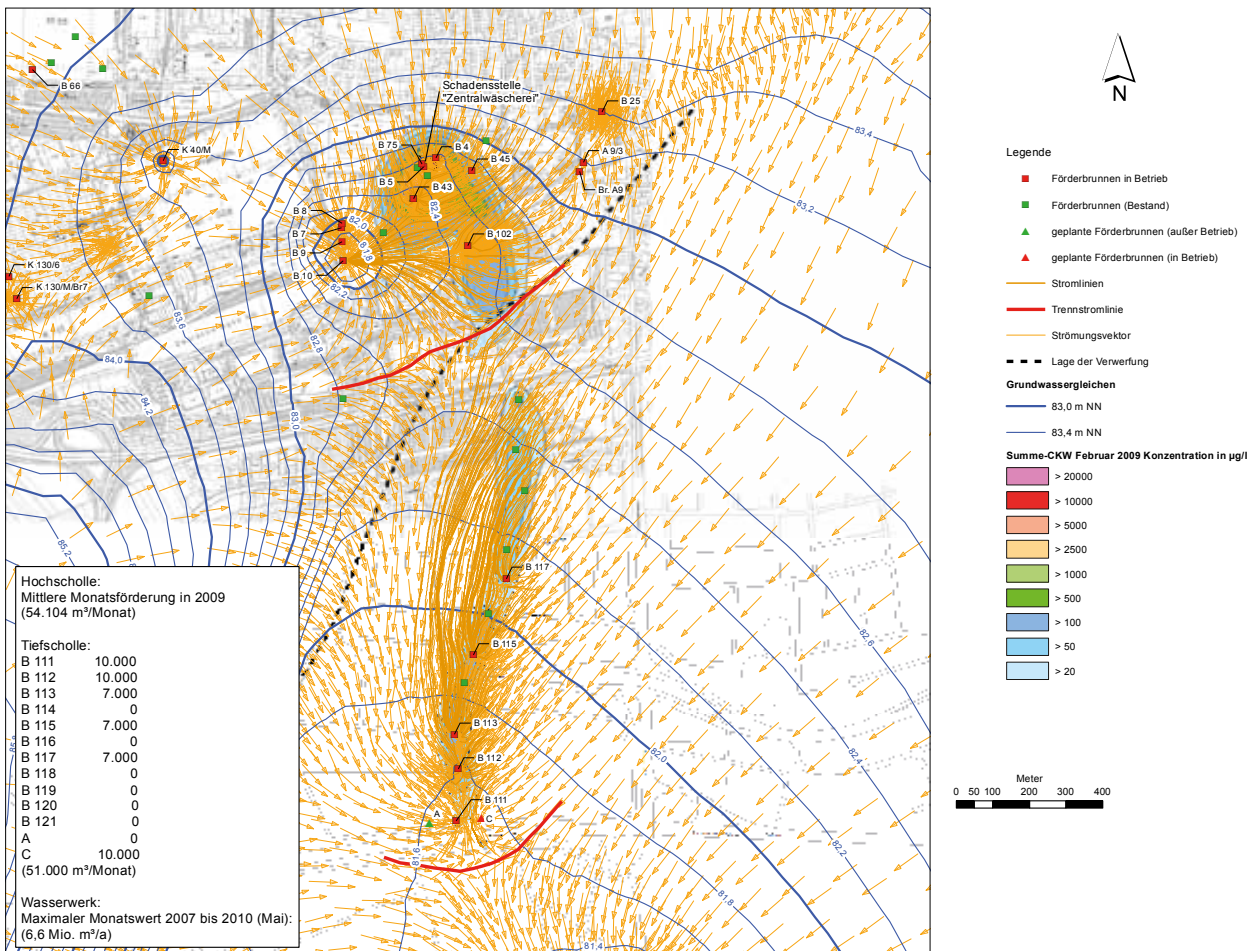


Abb. 9: 3D-Modell-Simulation des kombinierten Sanierungs- und Sicherungsbetriebs.

kunft geben. Es sollte aber auch eine Regelung über die Kriterien für eine künftige Einstellung des Sicherungsbetriebs aufgenommen werden.

In dem dargestellten Sanierungsfall zeigt sich sehr deutlich, dass ein massiver CKW-Grundwasserschaden mittels Pump & Treat-Verfahren in der Regel

nicht saniert werden kann. Es müssen vielmehr unter Berücksichtigung der vorhandenen Standortbedingungen und unter Einbeziehung aller Beteiligten zum richtigen Zeitpunkt die richtigen Maßnahmen ergriffen werden, damit unter Wahrung von Kosten-Nutzen-Aspekten ein für alle Beteiligten akzeptables Handeln festgelegt wird.



# Praxiserfahrungen mit tiefenorientierter Grundwasserbeprobung

PETER MARTUS

## 1 Einleitung

Altlastenbedingte Schadstoffeinträge führen zu einer vertikal und lateral differenzierten Schadstoffverteilung in Grundwasserleitern. Eine tiefenorientierte Untersuchungsstrategie kann daher erforderlich werden bei der

- Schadensherd- und Fahnen erkundung
- beim Monitoring sowie
- der Frachtbetrachtung.

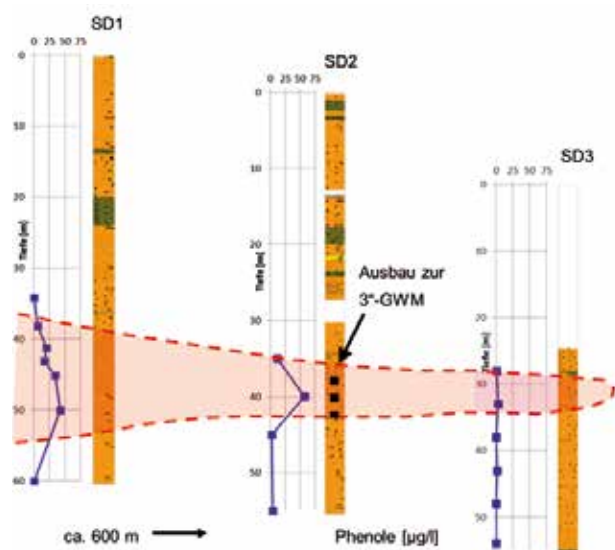
Das Ziel ist dabei immer, möglichst repräsentative Proben zu gewinnen. Tiefenorientierte Unter-

suchungen können sowohl an konventionellen Grundwassermessstellen (GWM) als auch an neueren, minimal-invasiven Grundwasseraufschlüssen durchgeführt werden. Direct Push oder Sonic Drilling erlauben durch die Einrichtung von temporären oder permanenten Messstellen eine Gewinnung von tiefenorientierten Grundwasserproben, die für ein nachfolgendes Grundwassermonitoring und zur Frachtbetrachtung zur Verfügung stehen.

## 2 Schadensherd- und Fahnen erkundung

**Direct Push** als minimal-invasives Verfahren bietet die Möglichkeit, durch in-situ-Messungen einer breiten Palette von Schadstoffen sowie geologischer und hydraulischer Parameter eine Entscheidung vor Ort über die Position der Probenahme zu treffen. Weiter-

hin können im Bedarfsfall permanente kleinkalibrige Sondermessstellen < 2“ Durchmesser eingerichtet werden. Direct Push benötigt meist Daten aus konventionell gewonnenen Aufschlüssen, um die Ergebnisse der in-situ-Messungen zu kalibrieren und in den Standortzusammenhang stellen zu können. Die Anwendungstiefe ist auf maximal ca. 50 Meter unter Geländeoberkante (u. GOK) begrenzt.



**Abb. 1:** Ergebnisse einer Sonic-Drilling-Erkundung im Lockergestein mit tiefenorientierter in-situ-Grundwasserbeprobung bis ca. 60 m u. GOK.

**Sonic Drilling** erlaubt die durchgehende Gewinnung von vollständigen Bohrkernen und die Gewinnung von in-situ-Grundwasserproben bis in Tiefen von ca. 150 m u. GOK. Die Ergebnisse der Grundwasserbeprobung können dazu dienen, einen nachfolgenden Ausbau zu permanenten Sondermessstellen bis zu 3“ Durchmesser durchzuführen. Im gezeigten Anwendungsbeispiel wurde eine abstromige Fahnen erkundung auf Phenole bis ca. 60 m u. GOK durchgeführt. Nach Vorliegen der Analyseergebnisse wurde entschieden, eine Bohrung als permanente 3“ Messstelle auszubauen (siehe Abbildung 1).

Bezüglich der Repräsentativität der Probenahme mit Direct Push bzw. Sonic Drilling zeigt die Erfahrung, dass gerade bei der tiefenorientierten Erkundung des Fahnenabstroms eine Qualität der gewonnenen

Daten bis in den spurenanalytischen Bereich erzielt werden kann, die zudem eine hohe räumliche Auflösung der in-situ-Bedingungen erlaubt.

### 3 Monitoring

Neben den bisherigen marktüblichen Packersystemen zur tiefenorientierten Beprobung von konventionellen voll- oder mehrfach verfilterten GWM gewinnen Multilevel-Probenahmesysteme (MLPS) wie z.B. Multilevel-Schlauchpacker zunehmend an Bedeutung. Am Beispiel der MLPS wird die Bedeutung der bohrlochgeophysikalischen Erkundung für den zielgerichteten Ausbau von tiefenorientierten GWM aufgezeigt: MLPS erlauben eine parallele, tiefenbezogene Low-Flow-Probenahme ( $Q \leq 1 \text{ l/min}$ ) an bestehenden GWM sowie an Bohrlöchern im Festgestein. Für diese in modularer Bauweise angebotenen Systeme stehen verschiedene Durchmesser, Längen und Probenahmeports zur Verfügung. Es handelt sich dabei um mobile bis halbstationäre Systeme, die teil-

weise bereits über einen Zeitraum von mehr als acht Jahren praxiserprobt im Einsatz sind und eine repräsentative, tiefenorientierte Beprobung ermöglichen.

Unter bestimmten Voraussetzungen können darüber hinaus Passivsammler eine Alternative darstellen und volumen- oder zeitintegrierend über die Sammelzeit gemittelte Ergebnisse von Schadstoffkonzentrationen im Wasser liefern. Im vorliegenden Fall wurden tiefengestaffelt angeordnete Cellulosemembransammler in einer vollverfiltert ausgebauten 5“-GWM eingesetzt und eine kleinräumige, vertikal unterschiedliche Schadstoffverteilung und Redoxzonierung in der Schadstofffahne nachgewiesen.

### 4 Frachtbetrachtung

Die Frachtbetrachtung hat in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen, da sie nicht nur im Zusammenhang mit Monitored Natural Attenuation, sondern auch als Werkzeug zur Gefährdungsabschätzung, Sanierungsplanung und Sanierungsüberwachung eingesetzt wird. Eine Möglichkeit zur Berechnung der Schadstofffrachten im Grundwasser ist die Transektenmethode, die ebenfalls auf tiefenorientiert ermittelten Eingangsdaten basiert.

Für die Kontrollebenen, die für die Frachtbetrachtung an die Fahngeometrie angepasst konzipiert werden, können tiefenorientierte Einzel-GWM erstellt sowie Direct-Push-Grundwassersondierungen mit oder ohne permanenten Sondermessstellenausbau durchgeführt werden.

Zu den dargestellten Verfahren werden Praxisbeispiele gezeigt sowie deren Vor- und Nachteile diskutiert.

# Berghof Thermo-Flowmeter: Messung vertikaler Grundwasserströme

## Ein hochauflösender Flowmeter zur Strömungsmessung

PETER HALLA

Das Berghof-Thermo-Flowmeter ist ein hochempfindliches und hochauflösendes Flowmeter. Es misst sehr kleine Fließgeschwindigkeiten im Wasser durch die Anwendung des Prinzips der konstanten thermischen Anemometrie (CTA).

Das Thermo-Flowmeter von Berghof wurde für hochauflösende Messungen von vertikalen Fließbewegungen in Bohrungen, Grundwassermessstellen und Brunnen entwickelt. Die Datenverarbeitungssoftware ist speziell auf die Anwendung in Grundwassermessstellen abgestimmt.

Nach dem Prinzip der Constant-Temperature Anemometry (CTA) wird der Abkühlungseffekt einer Strömung auf einen beheizten Körper (Sensor) genutzt. Während der Messfahrt des Thermo-Flowmeters wird in der Mitte der Messstelle die Fließge-



Abb. 1: Berghof Thermo-Flowmeter Messequipment.

windigkeit gemessen und in Abhängigkeit von der Tiefe aufgezeichnet.

## Einsatzgebiete für Thermo-Flowmeter

- Detektierung von eventuell vorhandenen hydraulischen Kurzschlüssen. Aufgrund der hohen Auflösung können auch kleinste Strömungen quantitativ erfasst werden
- Bestimmung von Zuflusshorizonten und
- Berechnung von horizontalen Durchlässigkeitsbeiwerten
- horizontalisierte, stockwerksbezogene Ermittlung von Stoffkonzentrationen (horizontalisierte Probenahmen)

Die Kombination einer Thermo-Flowmetermessung mit einer horizontalisierten Low-Flow Probenahme im angeregten Förderstrom macht Analysen von einer abschnittswise durchflussgemittelten Mischprobe möglich. Diese Methodik ist unabhängig vom Messstellenausbau, sie kann ohne Einschränkungen auch an voll verfilterten Messstellen durchgeführt werden.

## Thermo-Flowmeter: das Equipment

Die Grundausstattung des Thermo-Flowmeters von Berghof besteht aus folgenden Bestandteilen:

- Sensor, bestehend aus einer „Heizplatte“ und einem zusätzlichen Temperatursensor (Abbildung 2)
- Sonde mit eingebautem Sensor und verstellbarer Zentriereinrichtung. Die Zentriereinrichtung kann an die unterschiedlichen Durchmesser der Messstellen angepasst werden.
- Winde, digital gesteuert mit bis zu 200 m Drahtseil
- Steuergerät
- Notebook

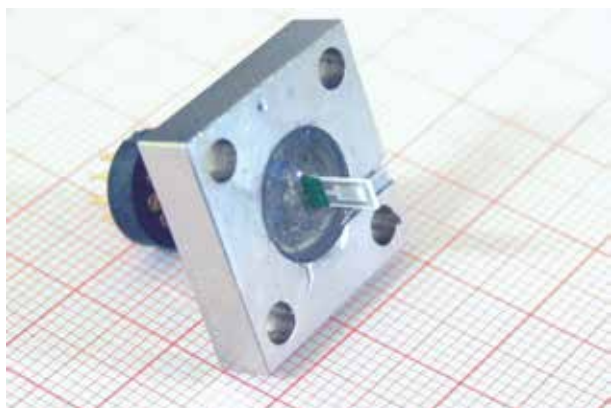


Abb. 2: Sensor der Berghof Thermo-Flowmetersonde.

Entwickelt wurde das Gerät in Zusammenarbeit mit der Universität Stuttgart Institut für Wasser- und Umweltsystemmodellierung – IWS Versuchseinrichtung zur Grundwasser- und Altlastensanierung (VE-GAS) und der Berghof Analytik + Umweltengineering GmbH.



Abb. 3: Berghof Thermo-Flowmeter Messsonde.

## Messprinzip der Thermo-Flowmetermessungen

Das Berghof-Thermo-Flowmeter (Abb. 1) dient zur Messung von vertikalen Grundwasserströmungen in Grundwassermessstellen, Bohrungen und Brunnen. Im Gegensatz zu herkömmlichen Impeller-Flowmetern (Flügelradmessungen) wird die Fließgeschwindigkeit über die Messung von Temperaturen ermittelt. In einem Sensor (Abb. 2) wird eine kleine Platte bis zu einer definierten Temperaturdifferenz zur Umgebung aufgeheizt. Wird der Sensor mit Wasser angeströmt, kühlt die Platte ab. Die zur Aufrecht-

erhaltung der konstanten Temperaturdifferenz notwendige Heizenergie ist ein Maß für die vorhandene Strömungsgeschwindigkeit („Constant-Temperature Anemometry“ (CTA)).

Die geringe Masse des Sensors führt zu schnellen Reaktionszeiten und kurzen Aufwärmzeiten. Aufgrund dieser hohen Empfindlichkeit des Sensors können Fließgeschwindigkeiten von wenigen mm/s erfasst werden.

## Einsatzgebiet 1:

### Hydraulischer Kurzschluss

Werden in einer Grundwassermessstelle zwei Grundwasserleiter mit unterschiedlichen Druckpotentialen verbunden, liegt in dieser Messstelle ein hydraulischer Kurzschluss vor. Durch den Kurzschluss entsteht ein permanenter vertikaler Grundwasserfluss und es kommt zur Vermischung der Grundwässer aus den verschiedenen Stockwerken. Diese Vermischungen führen bei Grundwasserbeprobungen zu Fehleinschätzungen der stockwerksbezogenen Grundwasserbeschaffenheiten und der jeweiligen Potentiale.

horizontes und eine verringerte Strömungsgeschwindigkeit im Bereich des Abflusshorizontes gemessen (siehe Abbildung 5).

Bei einer Empfindlichkeit des Thermo-Flowmeter-Sensors von min. ca. 1 mm/s können in einer 5“-Messstelle noch Kurzschlussströmungen von 0,01 L/s detektiert werden. Störungen bei der Abwärtsbewegung des Sensors oder vorhandene Trübstoffe im Grundwasser reduzieren diese hohe Messauflösung. Abbildung 5 zeigt ein Geschwindigkeits-/Tiefenlog bei Vorliegen eines hydraulischen Kurzschlusses. Die Messung erfolgte bei einer Abwärtsfahrt des Sensors.

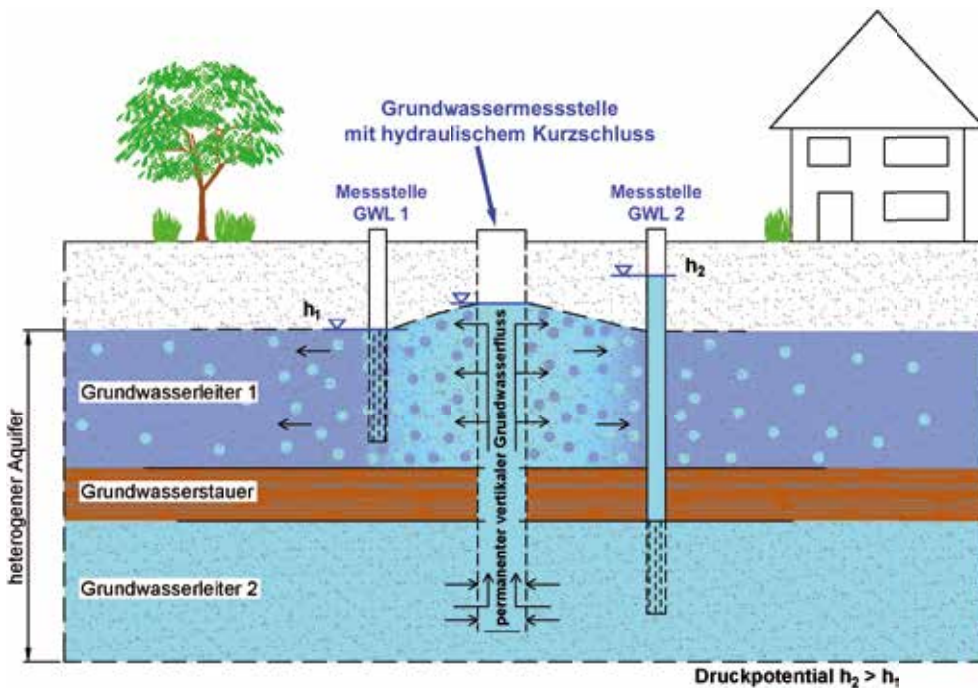


Abb. 4: Prinzip eines hydraulischen Kurzschlusses.

Mit dem Berghof-Thermo-Flowmeter ist es möglich, diese permanenten vertikalen Strömungen mit hoher Empfindlichkeit zu detektieren und zu messen. In den Tiefen der Messstelle, in denen Grundwasser zu- bzw. abfließt, verändert sich die Strömungsgeschwindigkeit. Bei einem aufwärts gerichteten Kurzschluss tritt der Messstelle in tiefer gelegenen verfilterten Bereichen Grundwasser zu, welches in den oberen Filterbereichen wieder abfließt. Bei einer abwärts gerichteten Fahrt des Sensors, wird eine erhöhte Strömungsgeschwindigkeit im Bereich des Zufluss-

Die Fahrtgeschwindigkeit des Sensors ist bei dieser Darstellung bereits abgezogen.

Zwischen 15 und 22 Metern unter Ansatzpunkt ist die Strömungsgeschwindigkeit Null. In diesem Bereich liegt keine vertikale Strömung vor. Zwischen 22 und ca. 23 Metern steigt die Strömungsgeschwindigkeit an. Von 23 bis ca. 24 Metern bleibt die Strömungsgeschwindigkeit konstant und sinkt dann wieder bis auf Null ab (ab 27 Metern bis zur Sohle).



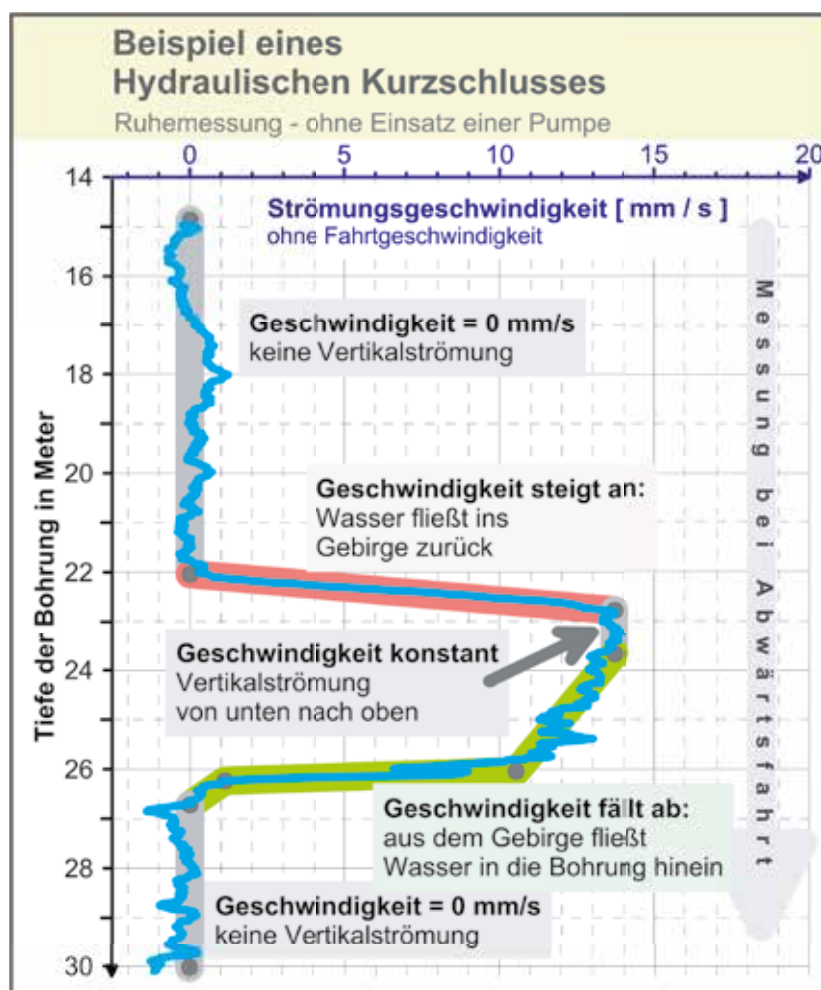


Abb. 5: Messkurve des Berghof-Thermo-Flowmeters bei Vorliegen eines Hydraulischen Kurzschlusses.

Eine Strömungsgeschwindigkeit mit positivem Vorzeichen zeigt eine aufwärtsgerichtete Strömung in der Messstelle an. Eine Strömungsgeschwindigkeit mit negativem Vorzeichen zeigt eine abwärtsgerichtete Strömung an. Bei einer Aufwärtsfahrt des Sensors ist dies genau umgekehrt.

Im Beispiel der Abbildung 5 strömt der Messstelle im Bereich zwischen 27 und 24 Metern Grundwasser zu, fließt in der Messstelle nach oben und strömt im Bereich zwischen 23 und 22 Metern wieder ins Gebirge zurück. Über die gemessene Strömungsgeschwindigkeit in Verbindung mit dem Messstellendurchmesser lässt sich der absolute Fluss in L/s berechnen. Im Beispiel ergibt sich ein Fluss von 0,17 L/s bei einem 5-Zoll-Messstellenausbau. Aufgrund der hohen Auflösung können jetzt auch kleinste hydraulische Kurzschlüsse detektiert werden, welche bisher nur über aufwendige Fluid-Logging-Messungen festgestellt werden konnten.

## Einsatzgebiet 2:

### Bestimmung von Zuflusshorizonten

Hierzu wird direkt unterhalb des Grundwasserspiegels eine Pumpe betrieben. Mit dem Berghof-Thermo-Flowmeter wird die vertikale Strömungsabnahme von der Pumpe bis zur Sohle gemessen. Durch Abpumpen fließt der Messstelle in den verfilterten Bereichen Grundwasser zu. Dadurch baut sich in der Messstelle eine Vertikalströmung auf, welche zur Pumpe hin gerichtet ist. Bei einem homogenen Aquifer fließt der Messstelle pro Einheitsstrecke jeweils konstant viel Wasser zu, so dass die Strömungsgeschwindigkeit in der Messstelle von unten nach oben

linear zunehmen würde. Auf Höhe des Pumpeneinlaufs wird die maximale Strömungsgeschwindigkeit erreicht. Diese lässt sich nach folgender Formel berechnen:

$$v_s [m/s] = (Q [m^3/s] / A [m^2]) + v_f [m/s]$$

$v_s$  = Strömungsgeschwindigkeit

$Q$  = Abpumprate

$A$  = Messstellenquerschnitt

$v_f$  = Fahrtgeschwindigkeit des Sensors

Liegen Horizonte unterschiedlicher Durchlässigkeiten vor, macht sich dies in einer Änderung des An-

stieges der Strömungsgeschwindigkeit bemerkbar. Je höher die Durchlässigkeit des Horizontes ist, desto schneller steigt die Strömungsgeschwindigkeit in diesem Bereich an. Je geringer die Durchlässigkeit ist, desto mehr neigt sich die Messkurve zur Senkrechten hin. In den Bereichen, in denen der Messstelle kein Wasser zuströmt, bleibt die gemessene Strömungsgeschwindigkeit konstant (senkrechte Messkurve). Aus der Höhe der verschiedenen Zuflussraten und deren vertikaler Verteilung können stockwerksbezogene Durchlässigkeitsbeiwerte ( $k_f$ -Werte) berechnet werden. Voraussetzung hierfür ist, dass die durchschnittliche Durchlässigkeit über die gesamte Aquifermächtigkeit (zum Beispiel aus Pumpversuchen) bekannt ist.

Abbildung 6 zeigt ein Geschwindigkeits-/Tiefenlog, welches im angelegten (gepumpten) Zustand gefahren wurde. Das Log zeigt die Lage der vertikalen Zuflusshorizonte aus denen die stockwerksbezogenen Durchlässigkeitsbeiwerte ( $k_f$ -Werte) abgeleitet werden können.

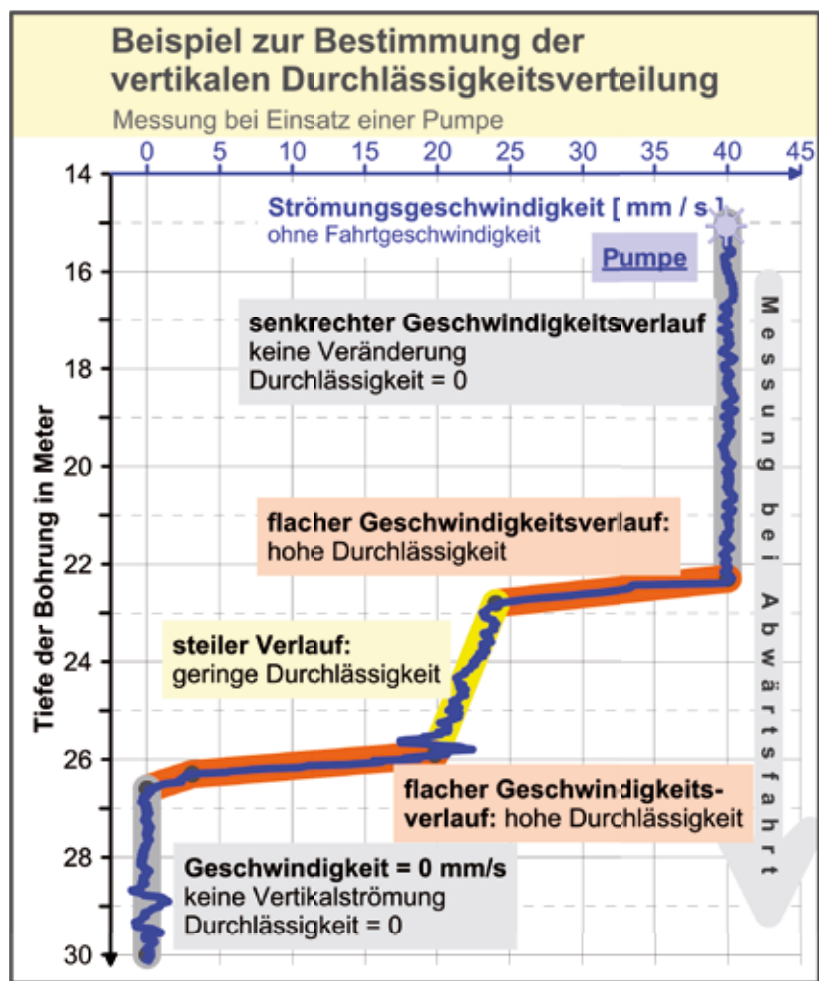


Abb. 6: Bestimmung von Zuflusshorizonten.

Im dargestellten Beispiel fließt der Messstelle im Bereich zwischen 22 und 26,5 Metern unter Ansatzpunkt Grundwasser zu. In den darüber und darunter liegenden Abschnitten gibt es keine Veränderung der Strömungsgeschwindigkeit. Die Durchlässigkeiten dieser Bereiche sind vernachlässigbar gering. Die Veränderung der Strömungsgeschwindigkeit ist direkt proportional zur Durchlässigkeit.

Für derartige Messungen mit dem Berghof-Thermo-Flowmeter sind deutlich geringere Abpumpraten als bei konventionellen Flügelrad-Flowmetern notwendig. Dadurch können die Messungen mit relativ geringem Aufwand nun auch in gering durchlässigen Grundwasserleitern durchgeführt werden.



## Einsatzgebiet 3:

### Horizontierte Grundwasserprobenahme

Durch eine Flowmetermessung unter Anregung lässt sich die Gesamtabpumprate einer Messstelle in stockwerksbezogene Zuflussraten aufteilen. Anschließend können abschnittsweise durchflussgewichtete Mischproben entnommen werden.

Mit Hilfe von mehreren Mini-Pumpen kleiner Förderleistung lassen sich aus dem Förderstrom in den gewünschten, definierten Tiefen Grundwasserproben entnehmen (siehe Abbildung 7).

Die in diesen Proben gemessenen Stoffkonzentrationen sind durchflussgewichtete Mittel der Konzentrationen aller Schichten, welche sich unterhalb der jeweiligen Probenahmetiefe befinden.

Aus der Verschneidung von mit Low-Flow-Proben ermittelten Stoffkonzentrationen mit stockwerksbezogenen Zuflussraten aus der Thermo-Flowmetermessung lassen sich stockwerksbezogene Konzentrationen berechnen.

Abbildung 7 zeigt ein Beispiel dieser Probenahmetechnik. Dabei wurden sechs Horizonte beprobt (Proben c1 bis c6). Aus der Thermo-Flowmetermessung unter Anregung (Einsatzgebiet 2) wurde für jede Probenahmetiefe die dazugehörige Fließgeschwindigkeit bestimmt. Das ergab für den untersten Horizont c6 = 0,279 L/s, für den zweituntersten c5 = 0,406 L/s und so fort. Als durchflussgewichtetes Mittel der Konzentrationen aller Schichten unterhalb der jeweiligen Probenahmetiefe wurden im Labor folgende Gehalte analysiert: für c6 = 130 µg/L, für c5 = 180 µg/L und so fort.

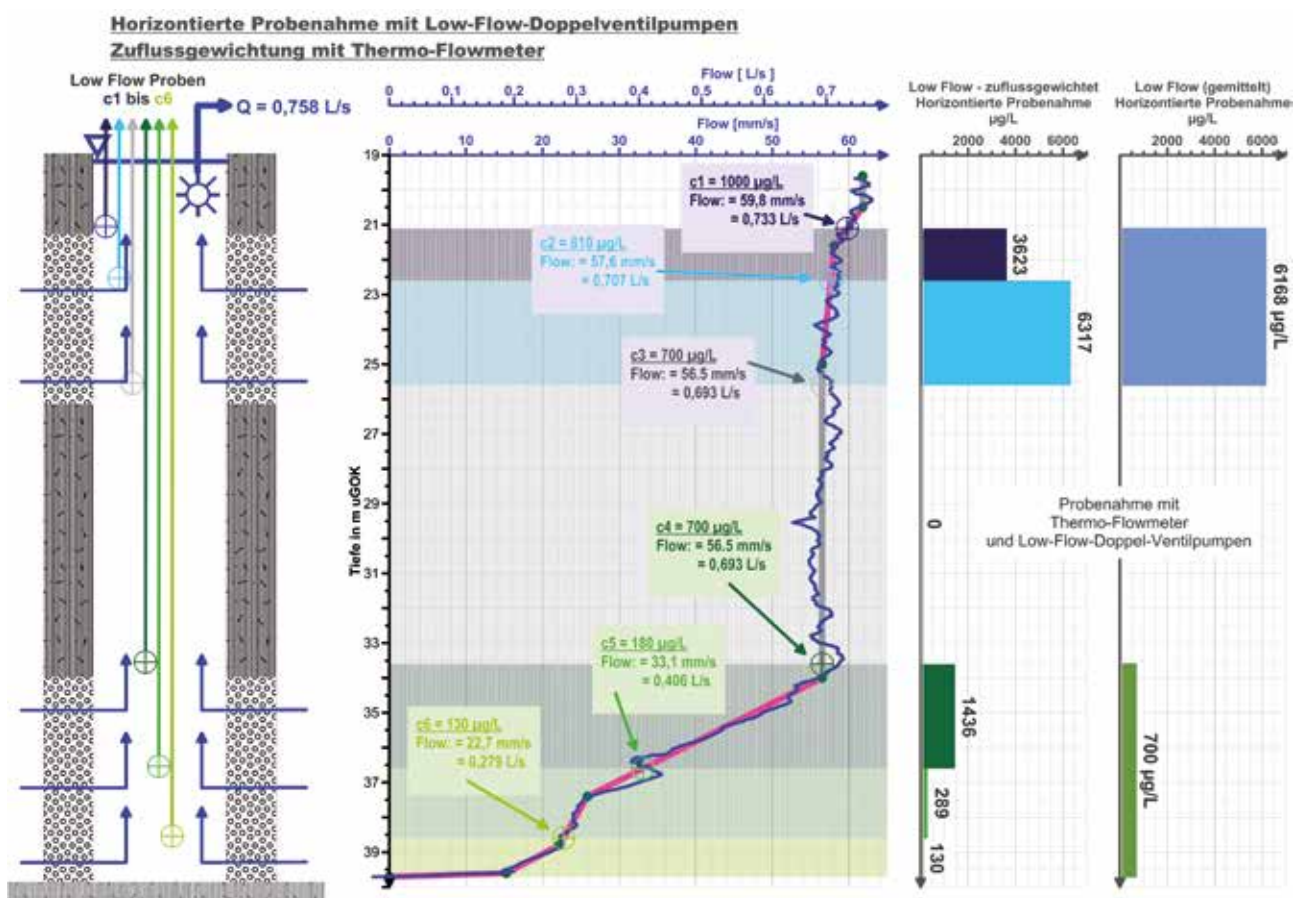


Abb. 7: Beispiel einer durchflussgemittelten horizontalen Grundwasserprobenahme.

Die Verschneidung von Fließgeschwindigkeit und Mischkonzentration bei Anwendung der Mischungsregel ergibt die tatsächlichen absoluten stockwerksbezogenen Konzentrationen von 130 µg/L für das unterste Stockwerk, 289 µg/L für das zweitunterste und so fort (Abbildung 7 und Tabelle 1).

Durch Kombination des Berghof-Thermo-Flowmeter Systems mit Low-Flow-Probenahmepumpen können aus vollverfilterten Messstellen Konzentrationstiefenprofile ermittelt werden. Dies ist sonst nur mit sehr hohem Aufwand unter Verwendung von Mehrfach-

packersystemen und Schutzbohrung möglich und dann auch nur bei Kenntnis der Durchlässigkeitsverteilung (nach Braun, J. ET.AL. – 2009). Die Probenahmetechnik entspricht exakt der einer normalen durchflussgemittelten Mischprobe, so dass die Ergebnisse der „abschnittweisen durchflussgemittelten Mischprobe“ ein direktes vertikal differenziertes Abbild der normalen „durchflussgemittelten Mischprobe“ sind.

**Tab. 1:** Ergebnis einer durchflussgemittelten horizontalen Grundwasserprobenahme.

Bezeichnung	Probenahmetiefe m u GOK	Durchfluss [L/s]	Mischkonzentration gemessen [µg/L]	Stockwerksbezogene Konzentration berechnet [µg/L]
C1	21,1	0,733	1000	3623
C2	22,6	0,707	810	6317
C3	25,6	0,693	700	0
C4	33,6	0,693	700	1436
C5	36,6	0,406	180	289
C6	38,6	0,279	130	130

## Vorteile des Berghof-Thermo-Flowmeters

Das gesamte Equipment ist klein, handlich und tragbar.

Trotzdem handelt es sich beim Berghof-Thermo-Flowmeter um einen hochauflösenden Flowmeter, welcher Fließgeschwindigkeiten über Temperatureffekte misst. Die Vorteile des Thermo-Flowmeters gegenüber den konventionellen Flügelrad-Flowmetern liegen in der deutlich besseren Messgenauigkeit bei gleichzeitig deutlich reduziertem Messaufwand. So ist kein spezielles Messfahrzeug notwendig. Die Steuerung und die Datenspeicherung erfolgt über ein herkömmliches Standard-Notebook. Das Berghof-Thermo-Flowmeter Equipment kann in jedem Gelände eingesetzt werden. Aufgrund der hohen Auflösung können auch kleinste hydraulische Kurzschlüsse detektiert werden, welche bisher nur über

aufwendige Fluid-Logging-Messungen festgestellt werden konnten.

In Grundwassermessstellen können mit dem Berghof-Thermo-Flowmeter vertikale Zuflusshorizonte quantitativ voneinander abgegrenzt und stockwerksbezogene kf-Werte berechnet werden. Für diese Thermo-Flowmetermessungen sind deutlich geringere Abpumpraten als bei konventionellen Flügelrad-Flowmetern notwendig. Dadurch kann die Methode auch in Grundwassergeringleitern eingesetzt werden. Gleichzeitig führen die geringen Abpumpraten zu geringeren Absenkungen im Brunnen, so dass größere Brunnenbereiche gemessen werden können. Die geringe Größe der Messsonde stellt hier einen weiteren Vorteil gegenüber Impeller-Flowmetern dar.

Mit dem Berghof-Thermo-Flowmeter steht ein einfaches Werkzeug zur qualitativen Überprüfung von Grundwassermessstellen zur Verfügung: Wasserstands- und Analysenwerte aus Messstellen mit einem hydraulischen Kurzschluss verfälschen die gesamten Untersuchungsergebnisse. Sind die hydraulischen Kurzschlüsse jedoch bekannt, können diese Werte entsprechend eingestuft und gewertet werden. Durch die Bestimmung von vertikal variierenden Zuflusshorizonten können genauere Emissions- und Immissionsbetrachtungen durchgeführt werden. Grundwassersanierungen können so auf das Notwendigste begrenzt werden.

In Kombination mit Low-Flow Probenahmen aus dem Förderstrom sind auf einfache Art und Weise kostengünstige horizontierte Probenahmen völlig unabhängig vom Messstellenausbau möglich. Die Methode kann unabhängig vom Ausbau in jeder Messstelle angewandt werden. Die hydraulischen Grundbedingungen sind bei dieser Methode die gleichen wie bei einer herkömmlichen Mischprobenahme. Die Ergebnisse von Mischproben und horizontierten Proben können daher direkt in Bezug zueinander gesetzt werden.

## Anwender

Als Anwender kommen Ingenieurbüros und Messstellen- oder Brunnenbetreiber in Frage, welche mit Hilfe der Berghof-Thermo-Flowmetermessungen ihre gutachterliche Interpretation präzisieren können. Diese Anwender erhalten durch die Ergebnisse der Thermo-Flowmetermessungen einen deutlichen Erkenntnisgewinn. So können sie Probenahmen gezielt auf einzelne Horizonte abstimmen. Für Monitored Natural Attenuation (MNA) Konzepte ergeben sich wichtige Aussagen z.B. über die vertikale Schadstoffverbreitung. Thermo-Flowmetermessungen sollten

Bestandteil einer Eignungsprüfung für Grundwassermessstellen werden. Die Ergebnisse sollten in einem „Messstellenpass“ dokumentiert werden. Messstellen mit hydraulischem Kurzschluss können so aus den Grundwasserüberwachungsprogrammen selektiert werden.

Die Auswertung der Messergebnisse ist auch für Nicht-Geophysiker möglich.

## Literatur

- BARCZEWSKI, B.; MARSCHALL, P. (1990): Untersuchungen zur Probennahme aus Grundwassermessstellen. Wasserwirtschaft 80, Heft 10, S. 506 - 513; Stuttgart.
- BARCZEWSKI, B. et al. (Hrsg) (2004): VEGAS Statuskolloquium 2004; Mitteilungen / Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart: H. 131; Stuttgart.
- BRAUN, J., HEITMANN, T. UND N. KLAAS (2009): Projektverbund Vor-Ort-Messtechnik, TV 1: Entwicklung eines Validierungsverfahrens als Voraussetzung für den Technologietransfer in die Praxis der Altlastenbearbeitung; Wissen-

schaftlicher Bericht Nr. VEG 35, 2009/04. Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart, 4/2009.

DECHEMA e.V. (HRSG.) (2008): Handlungsempfehlungen, Natürliche Schadstoffminderung bei der Sanierung von Altlasten, Bewertung und Anwendung, Rechtliche Aspekte, Wirtschaftlichkeit und Akzeptanz, mit Methodensammlung; Projektübergreifende Begleitung des BMBF-Förderschwerpunktes KORA; Frankfurt a.M. November 2008.

DVWK-MERKBLATT 245/1997 (1997): Tiefenorientierte Probenahme aus Grundwassermess-

stellen; Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK), Bonn; ISBN 389554-041-2.

HALLA, P. (2006): Messung vertikaler Durchlässigkeitsverteilungen mittels Thermoflow, Tagungsband, Symposium Vor-Ort-Analytik - Feldmesstechnik für die Erkundung von kontaminierten Standorten, 28.-29.11.2006, Stuttgart.

MICHELS J., STUHRMANN M., FREY C. UND KOSCHITZKY H.P. (2008): Handlungsempfehlungen, Natürliche Schadstoffminderung bei der Sanierung von Altlasten, mit Methodensammlung; projektübergreifende Begleitung des BMBF-Förder-schwerpunktes KORA; Methode M5.1.3 – S.332; Hrsg. und Vertrieb: DECHEMA e.V., Forschungs- und Projektkoordination; Frankfurt.



# Schutzmaßnahmen bei Arbeiten in kontaminierten Bereichen

ANDREA BONNER

Die Erkundung und Sanierung von Altlasten stellt Auftraggeber, Planer und ausführende Firmen nicht nur aus Sicht des Umweltschutzes sondern auch aus Sicht des Arbeitsschutzes vor besondere Aufgaben. Bei diesen Arbeiten muss stets mit einer Freisetzung von gesundheitsgefährdenden Stoffen gerechnet werden. Daher sind besondere Sicherheitsmaßnahmen zu treffen, die eine Einwirkung dieser Stoffe auf die Beschäftigten verhindern sollen.

Neben den Gefahrstoffen wird die Exposition der Beschäftigten durch das angewandte Arbeitsverfahren, die eingesetzten Maschinen und Geräte und die Umgebungsbedingungen beeinflusst. Es können daher keine allgemeingültigen Festlegungen zu Schutzmaßnahmen getroffen werden. Die erforderlichen

Maßnahmen müssen stets auf der Basis einer Gefährdungsbeurteilung für die betreffende Arbeitssituation ermittelt werden.

In den Technischen Regeln für Gefahrstoffe TRGS 524 „Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten in kontaminierten Bereichen“ und in der berufsgenossenschaftlichen Regel BGR 128 „Kontaminierte Bereiche“ werden die Methodik der Gefährdungsbeurteilung für Arbeiten in kontaminierten Bereichen und die Grundanforderungen an die Auswahl der Schutzmaßnahmen beschrieben. Zu den Arbeiten im Sinne dieser Vorschriften zählen neben der Sanierung kontaminierter Bereiche auch Erkundungsarbeiten.

## Aufgaben des Auftraggebers

Tätigkeiten in kontaminierten Bereichen dürfen erst dann aufgenommen werden, wenn eine Gefährdungsbeurteilung durchgeführt wurde. Notwendige Grundlage zur Erstellung der Gefährdungsbeurteilung ist die Kenntnis der Gefahrstoffe, die im kontaminierten Bereich vorhanden sind. Diese Informationen müssen gemäß TRGS 524 vom Auftraggeber geliefert werden. Vor Beginn der Arbeiten hat der Auftraggeber die Aufgabe, mögliche Schadstoffe zu ermitteln, die Gefährdungen zu beurteilen, Schutzmaßnahmen festzulegen und diese Informationen in

einem Arbeits- und Sicherheitsplan zu dokumentieren.

Dies sind wichtige Aufgaben zum Schutz der Beschäftigten – aber auch im Interesse des Auftraggebers. Denn ohne eingehende Sanierungsplanung kann es im Bauablauf immer wieder zu Überraschungen kommen, wenn während der Arbeiten „unbekannte“ Schadstoffe entdeckt werden. Eine kosten- und termingerechte Sanierungsausführung ist dann in vielen Fällen nicht mehr möglich.



## **Gefährdungsbeurteilung: Voraussetzung für sicheres Arbeiten**

Der vom Auftraggeber zu erstellende Arbeits- und Sicherheitsplan ist unerlässliche Datengrundlage für die Gefährdungsbeurteilung durch den Auftragnehmer. Fehlt also der Arbeits- und Sicherheitsplan, dürften folglich nach den Bestimmungen der Gefahrstoffverordnung die Tätigkeiten nicht aufgenommen werden.

Die zur Durchführung der Gefährdungsbeurteilung notwendigen Arbeitsschritte umfassen:

1. Informationsermittlung zu
  - Art, Konzentration, Eigenschaften und Aufnahmewegen der Gefahrstoffe,
  - den Arbeitsbereichen, in denen die Tätigkeiten ausgeführt werden (z.B. Arbeiten im Freien, in geschlossenen Räumen, in Gruben / Schächten etc.)
  - den Arbeitsverfahren, die für die Sanierungsaufgabe zur Verfügung stehen, und den daraus resultierenden Arbeitsabläufen / Arbeitsschritten / Tätigkeiten

2. Abschätzung der Exposition / Gefährdung durch inhalative, orale oder dermale Gefahrstoffaufnahme sowie der Brand- und Explosionsgefahren
3. Auswahl des Arbeitsverfahrens mit der geringsten Gefährdung
4. Auswahl und Festlegung der Schutzmaßnahmen nach der Rangfolge T-O-P: Technische Maßnahmen haben Vorrang vor organisatorischen Maßnahmen und der Anwendung von persönlicher Schutzausrüstung
5. Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung
6. Wirksamkeitskontrolle

Die Gefährdungsbeurteilung muss von einer „fachkundigen Person“ durchgeführt werden. Auch die Erstellung des Arbeits- und Sicherheitsplans und die Koordinierung der Arbeiten erfordern diese Fachkunde. Was unter der Fachkunde nach TRGS 524 zu verstehen ist, wird in den Anlagen 2A und 2B beschrieben. Die Sachkunde nach BGR 128 entspricht den Fachkundanforderungen der TRGS 524.

## **Rangfolge der Schutzmaßnahmen beachten**

Auf Grundlage der Gefährdungsbeurteilung werden geeignete Maßnahmen zum Schutz der Beschäftigten sowie zum Schutz Dritter und der Umwelt festgelegt. Die erforderlichen Schutzmaßnahmen – z.B. messtechnische Überwachungen, spezifische Zusatzgeräte für Baumaschinen und Anlagen, abgeschottete Arbeitsbereiche, besondere persönliche Schutzausrüstung, wie Atemschutzgeräte oder Chemikalienschutzkleidung – zählen gemäß VOB Teil C ATV DIN 18299 4.2.5 zu den besonderen Leistungen. Hieraus ergibt sich neben Erkundungs- und Ermittlungspflichten auch eine besondere Informationspflicht des Auftraggebers an die ausführenden Unternehmen. Diese Informationspflicht kann durch den Arbeits- und Sicherheitsplan erfüllt werden.

Bei der Auswahl der Schutzmaßnahmen haben technische Maßnahmen Vorrang vor organisatorischen

Maßnahmen und dem Einsatz persönlicher Schutzausrüstung. Arbeitsverfahren, Arbeitsmittel und Materialien zur Durchführung der Arbeiten und die Schutzausrüstungen sind nach dem Stand der Technik auszuwählen. Dies sind insbesondere

1. Anlagen zur Atemluftversorgung auf Erdbaumaschinen und Fahrzeugen
2. Einsatz staubarmer Bearbeitungssysteme
3. Lüftungstechnische Einrichtungen zur Erfassung von Gefahrstoffen bzw. Bewetterung von Arbeitsplätzen
4. Einrichtungen zur Vermeidung von Verschleppung von Gefahrstoffen, z.B. „Schwarz-Weiß“-Einrichtungen, Stiefel-, Reifen-, oder Fahrzeugwaschanlagen sowie Abzäunungen, Abschottungen.

## **Anforderungen bei der Ausführung der Arbeiten**

Werden die Arbeiten von mehreren Firmen gegebenenfalls auch deren Nachunternehmen durchgeführt, haben alle Beteiligten bei der Koordinierung der verschiedenen Tätigkeiten zusammenzuwirken. Im Hinblick auf die besonderen Gefahren bei Arbeiten in kontaminierten Bereichen muss der Auftraggeber zur Koordinierung der Arbeiten und zur Überwa-

chung der im Arbeits- und Sicherheitsplan festgelegten Maßnahmen einen fachkundigen Koordinator bestellen. Die Koordination sorgt sowohl in der Planungs- als auch in der Ausführungsphase dafür, dass die Belange der Arbeitssicherheit und des Gesundheitsschutzes berücksichtigt werden.



## Aktuelles zum Thema Altlastenanalytik

JAN BRODSKY

Die Bearbeitung von Altlasten und Schadensfällen stützt sich in den meisten Fällen auf Ergebnisse chemisch-physikalischer Untersuchungen der betroffenen Umweltkompartimente. Da die auf Grundlage der Ergebnisse zu treffenden Entscheidungen und Maßnahmen teils von großer ökologischer und ökonomischer Relevanz sind, müssen die Untersuchungsergebnisse hohen Qualitätsanforderungen genügen.

Für die Qualität der Ergebnisse ist unter anderem die Wahl der Untersuchungsstelle als auch der anzuwendenden Untersuchungsverfahren von großer Bedeutung.

Nach § 18 des BBodSchG [1] müssen Sachverständige und Untersuchungsstellen, die Aufgaben nach diesem Gesetz wahrnehmen, die erforderliche Sachkunde und Zuverlässigkeit besitzen sowie über die erforderliche technische Ausstattung verfügen. Im Anhang 1 der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) sind die Anforderungen an die Probennahme, Analytik und Qualitätssicherung bei der Untersuchung formuliert [2]. Diese Anforderungen wurden im Fachmodul Boden und Altlasten [3] abgebildet, das als Grundlage für die Kompetenzfeststellung (Akkreditierung) und Notifizierung (Anerkennung, Zulassung) von Untersuchungsstellen im Bereich Boden und Altlasten dient.

Die kontinuierliche Weiterentwicklung der Analyseverfahren und Fortschritte im Bereich der Normung der Feststoff- und Wasseranalytik machen es allerdings notwendig, die in der BBodSchV aufgeführten Analyseverfahren regelmäßig zu aktualisieren.

Grundsätzlich müssen bei der Untersuchung die in der BBodSchV genannten oder gleichwertige Analyseverfahren angewandt werden. Die Feststellung

der Gleichwertigkeit erfolgt durch ein vom Bundesminister für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit einberufenes Fachgremium, den Fachbeirat für Bodenuntersuchungen (FBU) [4].

Eine aktuelle Liste der relevanten gleichwertigen Untersuchungsverfahren enthält die novellierte Fassung des Fachmoduls Boden und Altlasten [5]. In der Version vom 16.8.2012 sind die relevanten Untersuchungsverfahren (Probennahme, Laboranalytik) aufgeführt, die alle in der BBodSchV genannten Parameter umfassen und die auf der Grundlage der Arbeiten des Fachbeirats für Bodenuntersuchungen als gleichwertig anerkannt sind. Darüber hinaus sind auch optionale Parameter aufgeführt. Das Fachmodul von 2012 stellt somit auch ein Nachschlagewerk für aktuelle Untersuchungsverfahren im Bereich der Boden- und Altlastenuntersuchung dar.

Ein umfassendes aktuelles Kompendium der Analyseverfahren für die Feststoffanalytik stellt die von der LAGA veröffentlichte Methodensammlung Abfalluntersuchung, die mittlerweile in der Version V2.0 vorliegt, dar [6]. Hier werden nicht nur die für den Abfallbereich relevanten Untersuchungsverfahren, sondern auch die für die Altlasten- und Bodenuntersuchung, zusammengestellt.

Für die Rechtsbereiche des Abfall- bzw. Bodenschutzrechts werden in den entsprechenden Regelwerken teilweise verschiedene Untersuchungsverfahren vorgeschrieben. Daher kommt es vor, dass zur Bestimmung ein und derselben Parameter unterschiedliche Untersuchungsverfahren herangezogen werden. Die LAGA-Methodensammlung ordnet die einzelnen Verfahren den jeweiligen Rechtsbereichen zu und empfiehlt leistungsstarke und robuste Verfahren (Referenzverfahren), die im Sinne der Methodenharmonisierung bevorzugt angewendet werden

können. Weiterhin enthält die Methodensammlung zahlreiche nützliche Hinweise, wie z.B. zum Anwendungsbereich oder zur Validität der einzelnen Methoden.

Eine ähnlich aufgebaute Methodensammlung für den Bereich Boden- und Altlasten wird momentan durch den FBU erarbeitet und soll in Kürze auf der Homepage des FBU veröffentlicht werden.

Für Untersuchungen in den Bereichen Abfall, Wasser und Immissionsschutz existieren zahlreiche gesetzliche Vorgaben. Diese wurden in den (Fach) Modulen Abfall, Wasser und Immissionsschutz als Grundlage für die Kompetenzfeststellung und Notifizierung von den jeweiligen Bund-/Länderarbeitsgemeinschaften zusammengestellt und aktualisiert. Die Kompetenzprüfung wird in der Regel von der DAkkS durchgeführt. Auf der Homepage der DAkkS können Informationen über akkreditierte Untersuchungsstellen eingeholt werden [7]. Ein Verzeichnis der notifizierten Untersuchungsstellen sowie die Darstellung der Anforderungen an die Untersuchungsstellen in

Form von (Fach)Modulen sind übersichtlich im ReSyMeSa zusammengestellt [8].

Das HLUG hat in der Vergangenheit mit dem Handbuch Altlasten, Band 7, Teile 1–6 eine Hilfe zur Überbrückung des Zeitraumes bis zum Erscheinen von wichtigen genormten Verfahren im Bereich der Feststoffanalytik geleistet. Die vom Fachgremium Altlastenanalytik (FGAA) entwickelten und im Band 7 beschriebenen Analysenverfahren bildeten wesentliche Bausteine für die künftigen nationalen und internationalen Normverfahren. Mittlerweile wurden die HLUG-Verfahren zum großen Teil durch Normverfahren ersetzt. Der Homepage des HLUG [9] können Informationen zum aktuellen Stand der Altlastenanalytik als auch zu den HLUG-Verfahren entnommen werden. Da die relevanten Informationen im Internet verfügbar sind, wird das Handbuch 3, Teil 4 des HLUG „Chemische analytische Untersuchungen von Altlasten – Laborverfahren, Stoffsammlung“ nicht mehr aufgelegt.

## Literatur

- [1] Gesetz zum Schutz des Bodens (BBodSchG) vom 17. März 1998; BGBl. I, S.502
- [2] Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12. Juli 1999; BGBl. I, S.1554
- [3] Fachmodul Boden und Altlasten – Bereichsspezifische Anforderungen an die Kompetenz von Untersuchungsstellen im Bereich Boden und Altlasten, Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO), 20. 10. 2000 [https://www.labo-deutschland.de/documents/Fachmodul-Boden-Altlasten-Oktober\\_2000\\_996.pdf](https://www.labo-deutschland.de/documents/Fachmodul-Boden-Altlasten-Oktober_2000_996.pdf)
- [4] <http://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/kommissionen-beiraete/fachbeirat-bodenuntersuchungen-fbu>
- [5] Fachmodul Boden und Altlasten – Notifizierung und Kompetenznachweis von Untersuchungsstellen im bodenschutzrechtlich geregelten Umweltbereich, Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO), 16. 08. 2012 [https://www.labo-deutschland.de/documents/2\\_Anlage\\_Fachmodul\\_\\_Boden-Altlasten\\_f06.pdf](https://www.labo-deutschland.de/documents/2_Anlage_Fachmodul__Boden-Altlasten_f06.pdf)
- [6] LAGA-Methodensammlung Abfalluntersuchung, Version 2.0, LAGA-Forum Abfalluntersuchung, Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA), 1. Oktober 2012 [http://www.lanuv.nrw.de/abfall/untersuchungsmethoden/LAGA\\_Methodensammlung.pdf](http://www.lanuv.nrw.de/abfall/untersuchungsmethoden/LAGA_Methodensammlung.pdf)
- [7] Deutsche Akkreditierungsstelle (DAkkS), Verzeichnis akkreditierter Stellen <http://www.dakks.de/content/verzeichnisse-akkreditierter-stellen>
- [8] Recherchesystem Messstellen und Sachverständige (ReSyMeSa) <http://www.resymesa.de/resymesa/Resymesa-Start.aspx?Cookies=Checked>
- [9] Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) <http://www.hlug.de/start/altlasten/altlasten-analytik.html>

# Informationsblätter zu NSO-Heterozyklen und Alkylphenolen

DIETER BINDER

In der Altlastenbearbeitung werden seit einiger Zeit vermehrt Diskussionen über die beiden Stoffgruppen NSO-Heterozyklen und kurzkettige Alkylphenole\* geführt. Die Diskussionen zeigen, dass es oft an Erfahrung und Erkenntnissen fehlt, um diese Stoffe richtig bewerten und einschätzen zu können. Einheitliche Vorgaben für den Vollzug, z. B. hinsichtlich der Auswahl der zu untersuchenden relevanten Einzelstoffe, der heranzuziehenden Prüfwerte, der wesentlichen Stoffeigenschaften oder auch der zu verwendenden Analytik liegen zudem noch nicht vor.

Auf Anregung des Arbeitskreises „Erfahrungsaustausch Bodenschutz in Hessen“ wurde daher eine Arbeitsgruppe aus den Reihen der RPUen und des HLUG ins Leben gerufen, die die Aufgabe hat, Informationen zu diesen Stoffgruppen für die Kolleginnen und Kollegen, die im Rahmen der Altlastenbearbeitung mit solchen Fragestellungen konfrontiert werden, zusammenzustellen. Diese Informationsblätter wurden inzwischen weitgehend bearbeitet und befinden sich zurzeit in der redaktionellen Überarbeitung. Nach Fertigstellung sollen diese auf der Homepage des HLUG für Interessierte zur Verfügung stehen.

Die Inhalte dieser beiden Informationsblätter für die NSO-Heterozyklen (NSO-HET) und die kurzkettigen Alkylphenole (engl. Short Chained Alkyl Phenols, SCAP) sind jeweils unterteilt in folgende Themen:

1. Definition und Vorkommen
  2. Eigenschaften und Umweltverhalten
  3. Untersuchung
  4. Bewertung
  5. Abreinigung
  6. Literatur
- Anhang: Stoffeigenschaften

Diese Unterteilung ist für beide Substanzgruppen mit Ausnahme einer erweiterten Unterteilung des Abschnitts „Eigenschaften und Umweltverhalten“ bei den Alkylphenolen gleich. Sie bietet sich generell an bei der Information über Stoffe im Bodenschutz.

Während der Gliederungspunkt „Definition und Vorkommen“ auf die chemische Struktur und die Branchen und Standorte eingeht, bei denen die Stoffe vorkommen, beschreibt der 2. Themenblock die charakteristischen Eigenschaften und das in der Umwelt bedeutsame Verhalten, wie z. B. Löslichkeit, Mobilität, toxikologische Relevanz und biologischer Abbau. Das Thema Untersuchung beschäftigt sich mit anzuwendenden Analyseverfahren und dem Umfang der zu bestimmenden Einzelsubstanzen.

Im Gliederungspunkt Nr. 4 „Bewertung“ wird insbesondere auf Prüfwerte, z.B. abgeleitete GFS-Werte für Einzelsubstanzen sowie auf die Bewertung der Schadstoffe eingegangen, für die noch kein Prüfwert existiert. Bei dem Thema Bewertung gibt es zum Teil noch erheblichen Klärungs- und Forschungsbedarf, auf den insbesondere im Infoblatt für die SCAP hingewiesen wird.

Unter Punkt 5 „Abreinigung“ werden Erkenntnisse zur Aufbereitung von kontaminiertem Grundwasser im Rahmen von Grundwassersanierungen beschrieben.

Zu den zusammengestellten Informationen finden sich natürlich auch Quellenangaben, die vertiefte Erkenntnisse für Interessierte bieten ebenso wie ein Anhang zu Stoffeigenschaften, der tabellarisch zusammengestellte Stoffdaten, wie chemische Bezeichnungen, Strukturformeln sowie physikalische, chemische und toxikologische Eigenschaften enthält.

\* **Anmerkung:** Im vorliegenden Artikel und auch im später vorliegenden Infoblatt werden ausschließlich die kurzkettigen Alkylphenole behandelt. Diese unterscheiden sich von den langkettigen in wesentlichen Eigenschaften und besitzen eine größere Umweltrelevanz.





## Beispiel für die Sicherung eines Arsenschadens unter Berücksichtigung gegebener wirtschaftlicher Randbedingungen des Sanierungsverantwortlichen

JÖRG PETERS

Im Vortrag wird eine Sicherungsmaßnahme für einen Arsenschaden im Boden beschrieben, wobei insbesondere die wirtschaftliche Lage des Sanierungsverantwortlichen, der in der Region ein wichtiger Arbeitgeber ist, mit einbezogen wird. Der Standort liegt in einer ländlichen Gegend und in unmittelbarer Nähe zu einem Vorfluter.

Im Rahmen eines Baugenehmigungsverfahrens zur Erweiterung von neuen Fabrikhallen wurde das Regierungspräsidium Darmstadt unter anderem als Obere Bodenschutzbehörde um Stellungnahme gebeten, da die Planungsfläche im Fachinformationssystem Altlasten und Grundwasserschadensfälle (FIS-AG) des Landes Hessen unter dem Status „Grundwasserschadensfall“ geführt wird. Die Eintragung erfolgte auf Grund einer ehemals auf dem Gelände befindlichen Betriebstankstelle mit einer durch diese verursachte Grundwasserkontamination mit Mineralöl-Kohlenwasserstoffen.

Im Rahmen des Baugenehmigungsverfahrens forderte die Obere Bodenschutzbehörde, dass sämtliche Eingriffe in den Boden durch einen Fachgutachter zu begleiten sind. Entgegen der Erwartung, dass auf dem Gelände eine Kontamination mit Mineralöl-Kohlenwasserstoffen vorliegen würde, wurden im Planungsgebiet massive Bodenbelastungen mit Arsen festgestellt. Eine Einstufung nach dem Merkblatt „Entsorgung von Bauabfällen“ der Regierungspräsidien (Stand 2009) ergab Zuordnungswerte von Z1 bis größer Z3. Das Regierungspräsidium forderte daraufhin weitere Untersuchungen, um die räumliche Verteilung der Arsenbelastung einzugrenzen. Diese beinhalteten fünf Rammkernsondierungen und zehn Schürfe sowie Grundwasser- und Oberflächengewässerprobenahmen. Die Arsengehalte im Boden

lagen im Bereich zwischen 4,5 und 4100 mg/kg. Im Grundwasser konnten Arsenkonzentrationen von bis zu 421 µg/l und im Oberflächengewässer von 4 bis 5 µg/l ermittelt werden. Nach Berechnungen des Ingenieurbüros war auf einer Fläche von ca. 1000 m<sup>2</sup> mit stark belastetem Boden ( $\geq$  Z3 nach dem Merkblatt „Entsorgung von Bauabfällen“ der Regierungspräsidien (Stand 2009)) zu rechnen.

Aufgrund der Untersuchungsergebnisse wurde die Fläche gemäß § 2 Abs. 5 Bundes-Bodenschutzgesetz als Altlast eingestuft. In einer Sanierungsanordnung gegenüber der sanierungsverantwortlichen Firma wurde die gutachterliche Begleitung aller mit Bodeneingriffen verbundenen Maßnahmen gefordert und für die notwendigen Sanierungsmaßnahmen ein Sanierungsziel- und Eingreifwert von 140 mg/kg Arsen im Feststoff sowie 10 µg/l im Grundwasser festgelegt. In weiteren Nebenbestimmungen der Sanierungsanordnung wurde unter anderem die Errichtung eines Bereitstellungslagers für im Rahmen der vorgesehenen Baumaßnahmen anfallenden kontaminierten Erdaushub, die Durchführung einer historischen Erkundung, die Einhaltung von Arbeitsschutzbestimmungen sowie die Erstellung eines Grundwasseruntersuchungskonzepts gefordert.

Die historische Erkundung ergab, dass sich auf dem Planungsgelände im 18. Jahrhundert ein Blaufarbenwerk sowie eine Spiegelfabrik befanden. Zur Herstellung von blauer Farbe fand arsenhaltiges Erz Verwendung, wobei Arsen und Schwefel beim Kalzinieren als Nebenprodukte anfielen. Das gewonnene Arsen konnte an Apotheken und Fabriken als Gift verkauft werden. Im Jahre 1842 wurden auf dem Gelände Lagerbestände von 8.000 bis 9.000 Zentner Arsenikmehl dokumentiert.

Der am Standort angetroffene Bodenaufbau kann folgendermaßen beschrieben werden:

- Die Oberflächenbefestigung besteht zum Teil aus einer Bodenplatte einer ehemaligen und zum jetzigen Zeitpunkt abgebrochenen Produktionshalle sowie aus Pflastersteinen.
- Darunterliegend befindet sich eine künstliche Auffüllschicht aus Schotter und Kies bis in eine Tiefe von maximal 2,50 m.
- Unter der künstlichen Auffüllschicht befindet sich natürlich anstehender Schwemmlehm, welcher als Hauptbelastungshorizont beschrieben wird.
- Die darunter liegenden Flusskiese weisen auch Arsenbelastungen auf, die durch die Verlagerung von Arsen aus dem Schwemmlehm durch Niederschläge und Grundwasserschwankungen hervorgerufen werden.

Nach der Einrichtung des Bereitstellungslagers für kontaminierte Böden im Rahmen der vorgesehenen Baumaßnahmen und der Vorlage eines Arbeitssicherheitsplanes konnten Schwarz-Weiß-Bereiche im Baustellenbereich festgelegt und die ersten Fundamentkörper in unbelasteten Bereichen errichtet werden. Weitere Bodenprobenahmen wurden im Zuge der Baumaßnahme durchgeführt, um die Ausbreitung des Arsenschadens weiter einzugrenzen. An dieser Stelle ist zu erwähnen, dass die Fertigstellung des geplanten Bauvorhabens unter hohem Zeitdruck stand, da die Produktion während der Bauzeit in Großraumzelten stattfinden musste, um die Marktfähigkeit sichern zu können.

Im Rahmen der konkreten Sanierungsplanung für den Arsenschadensfall trat die Geschäftsleitung angesichts laufender Standortfragen mit der Bitte an das Regierungspräsidium heran, eine für das Unternehmen finanziell leicht tragbare Lösung als Alternative für den Komplettaushub anwenden zu können.

Nach Prüfung der vorgetragenen fachlich/technischen und wirtschaftlichen Argumente wurde von der Oberen Bodenschutzbehörde der Bau einer Rigole als Alternative zum Komplettaushub akzeptiert, da

diese die notwendigen Sicherheitsaspekte in akzeptabler Form Rechnung tragen würde. Die Planung sah vor, durch den Bau einer Rigole unter den neuen Fabrikhallen eine Grundwasserabsenkung herbeizuführen, bei gleichzeitiger Fassung und Abreinigung des Grundwassers über eine Filteranlage.

Das Ziel dieser Sicherungsmaßnahme war eine dauerhafte Absenkung des Grundwasserspiegels auf das Niveau unterhalb der verbliebenen arsenbelasteten bindigen Böden. Die Verlagerung der Arsenbelastung aus den bindigen Böden und die Umlagerung in die Flusskiese bzw. in das Grundwasser sollte durch die Maßnahme unterbunden werden.

Somit wurde die Rigole in einer Mindesttiefe von 2,50 m unterhalb der belasteten Schwemmlahme und über die gesamte Länge des Hallenneubaus errichtet und für eine Wassermenge von 370 l/h ausgelegt. Im Sohlbereich des Rigolengrabens wurde ein Drainagerohr, das in einem Paket aus Drainagekies mit Vliesummantelung angeordnet ist, verlegt. An den beiden Enden des Rigolengrabens wurden zwei Schachtbauwerke errichtet, wo das gefasste Grundwasser abgeleitet und mittels Pumpen der nachgeschalteten Grundwasserfilteranlage zugeleitet und gereinigt wird. Nach Einhaltung der Einleitgrenzwerte wird das gereinigte Grundwasser in die Kanalisation abgeleitet.

Der Kostenvergleich zwischen einem Komplettaushub der belasteten Böden und der „Rigolenvariante“ ergab eine Differenz von etwa 340.000,00 Euro. Um den Betrieb dieser „Rigolenvariante“ als dauerhafte Sicherungsmaßnahme unter den Fabrikhallen so lange wie erforderlich sicherzustellen, wurde seitens des Regierungspräsidiums eine Sicherheitsleistung (Bankbürgschaft) verlangt.

Zurzeit (Stand: April 2014) läuft ein 3-monatiger Probetrieb und es werden zur Überwachung der Grundwasserverhältnisse weitere Grundwassermessstellen errichtet. Die ersten Ergebnisse veranschaulichen, dass die Fassung sowie die Abreinigung des kontaminierten Grundwassers über die umgesetzte Sicherungsanlage funktionieren.

# Boden gut gemacht – Sanierung der ehem. Chemischen Fabrik Neuschloß

ELISABETH SCHIRRA, ULRICH URBAN & JOCHEN D. BLECHER

## Ende gut – alles gut?

### Vorbemerkungen

Die Sanierung des Bodens und des Grundwassers auf dem ehemaligen Betriebsgelände der Chemischen Fabrik Neuschloß stand in den letzten 10 Jahren bei verschiedenen Gelegenheiten im Focus der Fachwelt. In den Jahresberichten der HIM-ASG und im Altlasten-annual des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie sind verschiedene Aspekte der langjährigen Sanierung dargestellt worden, u. a. die vertraglichen Regelungen zur Sanierung der bewohnten Altlast, die Finanzierung, die Bürgerbeteiligung und die Grundwassersanierung. Im Folgenden wird die Bodensanierung nur kurz dargestellt und die Nachsorge soll in den Vordergrund rücken. Der Grundwassersanierung ist ein eigener Vortrag gewidmet.

### Historischer Überblick

Von 1827 bis 1927 existierte in Lampertheim-Neuschloß eine der ersten chemischen Fabriken in Deutschland. Es wurden Soda, Schwefelsäuren und Superphosphatdünger produziert. Als Rohstoffe wurden Schwefel, Schwefelkies, Salpeter, Kochsalz und Rohphosphate eingesetzt. An Rückständen fielen Röstabbrände und Bleiweiß aus der Schwefelsäureproduktion, Calciumsulfid aus der Natronlaugenproduktion, Stäube aus der Superphosphatproduktion und Schlacken und Flugaschen an. Arsen, ein Leitparameter in der gesamten Sanierung, fiel bei den Röstprozessen in der Schwefelsäure und Salzsäureproduktion an.



Abb. 1: Radierung aus einer Festschrift aus dem Jahr 1904.

Aufgrund der ungünstigen Lage und der starken Konkurrenz in der Rhein-Neckar-Region wurde der Standort 1927 aufgegeben. Die oberirdischen Baulichkeiten wurden nach und nach abgerissen und das Gelände lag 2 Jahrzehnte brach.

Ab Mitte der 50er Jahre wurde das ca. 8 ha große ehemalige Betriebsgelände zur Bebauung freigegeben. In der ersten Bebauungsphase wurden durch Siedlungsgesellschaften schnell Häuser für Flücht-



Abb. 2: Baugrube Buchenweg 11 (1983).

linge aus dem Osten errichtet. 1961 war das ehemalige Betriebsgelände etwa zur Hälfte bebaut und bis 1978 gab es nur geringfügige Änderungen. Auch bei der zweiten Bebauungsphase in den 80er Jahren ist der Hintergrund sowohl die erwartete Bevölkerungsexplosion aufgrund der wirtschaftlichen Entwicklung als auch die Integration von Spätaussiedlern. Es begann die zweite Bauphase von 1984/85 bis Anfang der 90er Jahre.

Mittlerweile ist das frühere Betriebsgelände mit 125 Häusern bebaut und hier leben ca. 600 Menschen.

## Vor der Sanierung

Bis es in den 1980er Jahren und Anfang der 1990er Jahre erste Hinweise auf Bodenbelastungen gab, lebten die Bewohner hier sorglos. Die Grundstücke hatten in der Regel einen Nutzgarten und es wurde Gemüse angebaut. Systematische Untersuchungen Anfang bis Mitte der 1990er Jahre zeigten massive flächige Bodenkontaminationen mit Schwermetallen, Arsen sowie Dioxinen und Furanen. Auch eine toxikologische Untersuchung von ausgewählten Anwohnern zeigte signifikant erhöhte Werte für Dioxine im Blutfett. Dies führte zu einem Verbot, in den Hausgärten Nutzpflanzen anzubauen. Aufgrund der Dringlichkeit wurde die Altlastenbearbeitung für diesen Fall an die HIM-ASG übertragen. Diese hat die sofortige Abdeckung aller freiliegenden Gartenbereiche mit Rollrasen oder Rindenmulch veranlasst. Außerdem wurden die Anwohner über die Belastungen informiert und aufgefordert, möglichst nicht in den Boden einzugreifen, keine größeren Baumaßnahmen oder Gartenarbeiten auszuführen. Bei allen Eingriffen in den Boden sei mit entsorgungsrelevanten hohen Belastungen des Bodens zu rechnen und es seien besondere Arbeitsschutzmaßnahmen erforderlich. Für dennoch erforderliche Arbeiten, wie z. B. Verlegung oder Reparatur einer Abwasserleitung oder eines Schachtes, hatte die Stadt Lampertheim am nahegelegenen Sodabuckel einen Container bereit gestellt, in den der Bodenaushub zur Entsorgung durch die HIM-ASG gesammelt wurde. Größere Baumaßnahmen wurden aufgrund der unklaren Situation, was mit den sanierungsbedürftigen Grundstücken passieren wird, kaum durchgeführt.

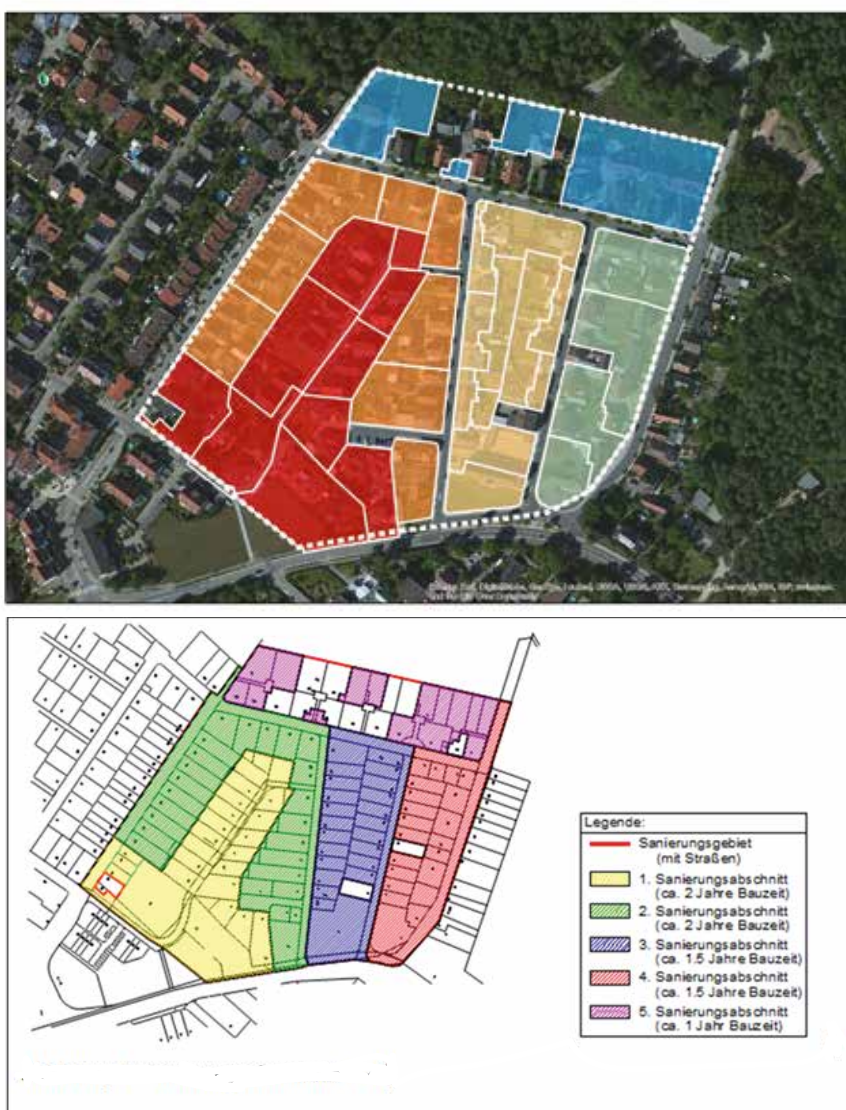


Abb. 3: Sanierungsabschnitte.



## Die Sanierung

Bei einer Variantenstudie zur Bodensanierung dieses Standortes 1996 zeigte sich die folgende Variante als Vorzugsvariante: Es wurden flächendeckend im Hinblick auf das Schutzgut Mensch und Nutzpflanze mindestens 1 m Boden ausgetauscht. Dabei wurden die Wohnhäuser erhalten, aber alle Nebengebäude und Nebenanlagen in den Gärten abgerissen. Großflächig wurde im 1., 2. und 3. Sanierungsabschnitt zusätzlich zu dem einen Meter Bodenaushub eine Sickerwassersperrschicht zur Sicherung des Grundwassers eingebracht, denn die grundwasserrelevanten Belastungen waren bereichsweise bis ca. 8 m Tiefe nachgewiesen. Sogenannte kleinräumige Hot spots im 5. Sanierungsabschnitt wurden bis in eine Tiefe von bis zu 3,5 m ausgekoffert. Die konkrete Sanierungsplanung für den Boden wurde ab 1998 entwickelt und 2002 für verbindlich erklärt. Die Wiederherstellung der Nebenanlagen und Hausgärten wurde auf Wunsch der Stadt Lampertheim gegen Kostenübernahme vereinbart.

Das Sanierungsgebiet wurde in 5 Sanierungsabschnitte unterteilt und entsprechend der Vorzugsvariante saniert, wobei jeder Sanierungsabschnitt seine Besonderheiten hatte. Der erste Bauabschnitt wurde im April 2003 begonnen und Mitte 2005 beendet. Er war geprägt durch die Pilotsanierung, durch einen Schaden an einer Gasleitung, durch das Einbringen einer Sickerwassersperrschicht und nicht zuletzt durch sehr umfangreiche Staubschutzmaßnahmen.

Von Januar 2006 bis Herbst 2007 wurde der 2. Sanierungsabschnitt saniert, wobei ebenfalls eine Sickerwassersperrschicht eingebaut wurde. Die Staubschutzmaßnahmen wurden aufgrund der bisher gemessenen Staubwerte reduziert. Im Januar 2008 wurde die Sanierung des 3. Sanierungsabschnittes begonnen, dessen Besonderheit in dem sogenannten Wall lag, ein aus Fabrikresten aufgehäufter Wall, der in die Wohnnutzung integriert worden war. So waren Nebengebäude direkt daran angebaut und zum Teil auf alten Fabrikfundamenten errichtet. Die Wohnzimmer im 1. Obergeschoss führten ebenerdig in den Hausgarten. Die bei Verdichtungsmaßnahmen zu erwartenden Erschütterungen hätten bei dieser Bauweise in die Gebäude übertragen werden können. Daher war die Sanierung dieses Abschnittes mit intensiven Erschütterungsmessungen verbunden. Die Bauarbeiten

wurden ohne größere Schäden im Herbst 2009 mit einem Aufatmen abgeschlossen. Mitte 2009 wurden die Bauleistungen für den 4. und 5. Sanierungsabschnitt sowie für die Wiederherstellung der Gärten, Nebengebäude und Außenanlagen für den 4. Sanierungsabschnitt vergeben. Die Sanierungsmaßnahmen des 4. Sanierungsabschnittes verliefen bereits routiniert und wurden im September 2010 abgeschlossen.



Abb. 4: Luftbild (Sanierung des 4. Sanierungsabschnittes).

Der letzte LKW mit kontaminiertem Bodenaushub verließ Ende November 2011 den 5. Sanierungsabschnitt. Die erforderlichen Wiederherstellungsmaßnahmen erfolgten nachlaufend.

Die Straßen- und Gehwegbereiche, in denen die Ver- und Entsorgungsleitungen verlegt sind, wurden parallel zu den eigentlichen Sanierungsmaßnahmen im Auftrag der Stadt Lampertheim saniert.

Die geplante Sanierungsdauer von 8 Jahren wurde aufgrund vereinzelter witterungsbedingter Behinderungen, vor allem aber aufgrund der überaus schwierigen und komplexen Randbedingungen, die auch für die beteiligten Baufirmen eine große Herausforderung darstellten, lediglich um ein halbes Jahr überschritten.

In 94 Monaten wurden insgesamt 36 Einzelbaustellen mit 113 Einzelgrundstücken bearbeitet. Es wurden 6.828 Satteltransporte kontaminierter Boden abtransportiert und genau so viel sauberer Boden angeliefert und eingebaut. Damit wurden 178.000 to Boden mit 49 to Arsen, 184 to Blei und 268 to Schwermetallen insgesamt und 290 g Dioxine und Furane vom Standort entfernt.



## Nach der Sanierung

Nach verschiedenen Definitionen im Internet bedeutet „sanieren“ das Wiederherstellen eines geordneten Zustandes, etwas in einen besseren Zustand bringen, gesunde Lebensverhältnisse schaffen, gesund machen, Krankheitsherd beseitigen und das Wiederherstellen der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit eines Betriebes. Daher kann das Fazit der Bodensanierung an diesem Standort durchaus lauten: Hier wurde „Boden gut gemacht“, „Ende gut“!

Aber es ist nicht „alles gut“.

Von dem Grundstück gehen nach der Sanierung aus bodenschutzrechtlicher Sicht keine Gefahren mehr für das Wohl der Allgemeinheit und Leib und Leben des Einzelnen aus. Es besteht kein Sanierungsbedarf mehr.

Damit das so bleibt, sind Nachsorge-Maßnahmen erforderlich. Die Nach-Sorge soll gewährleisten, dass von den nach der Sanierung im Boden und Grundwasser verbliebenen Schadstoffen keine Gefährdung für den Menschen und die Umwelt im Zusammenhang mit den vorhandenen und zukünftigen Nutzungen der Fläche ausgeht.

Dazu ist es – hier nur in Bezug auf die Bodensanierung genannt – notwendig, das vorhandene Wissen über die Sanierung weiter zu geben. Das geschieht zum einen durch den Beitritt des zukünftigen Eigentümers zum Sanierungsvertrag und durch die im Vertrag geregelte Eintragung einer Baulast für das sanierte Grundstück. Außerdem ist durch eine ausführliche Sanierungsdokumentation der gesamten Sanierung beim Regierungspräsidium Darmstadt und der Stadt Lampertheim und auch durch eine grundstücksbezogene Dokumentation, die auch der jeweilige Eigentümer erhält, ein Transfer relevanten Wissens sichergestellt.

Auch ein wichtiger Bestandteil der Nachsorge ist die regelmäßige Überwachung des Sanierungsbauwerkes „Sickerwassersperrschicht“ mit den dazugehörigen Rigolen, Leitungen und Schächten, die von der Stadt Lampertheim wahrgenommen wird.

Um die Anwohner weiterhin für die Thematik ihres sanierten Grundstückes zu sensibilisieren, wurde ih-

nen ein Leitfaden für den zukünftigen Umgang mit den sanierten Grundstücken anhand gegeben. Darin ist erläutert, welchen Zweck die Baulast hat. Mit ihr sind die Sanierungsmaßnahmen auf lange Zeit zu erhalten und das „Sanierungsbauwerk“ ist zu schützen, damit ein gesundes Wohnen möglich bleibt. Diese Baulast besagt, dass der jeweilige Eigentümer verpflichtet ist, die für den Bodenschutz zuständige Behörde rechtzeitig zu informieren, bevor ein Aushub von Boden erfolgt, der nicht im Zuge der Sanierung ausgetauscht wurde und der somit belastet sein kann. Bei Grundstücken mit einer Sickerwassersperrschicht ist mit der Baulast der jeweilige Eigentümer verpflichtet, die im Boden eingebaute Kunststoffdichtungsbahn grundsätzlich nicht zu verändern oder zu beschädigen. Sollten aber dennoch Baumaßnahmen und Eingriffe in die Sickerwassersperrschicht notwendig sein, ist die Kunststoffdichtungsbahn wieder fachgerecht zu schließen bzw. anzuschließen und es sind besondere Arbeitsschutzvorkehrungen zu treffen.

Abschließend sind die zuständigen Behörden und Ansprechpersonen genannt.

In diesem Leitfaden ist außerdem auf weitere Einschränkungen im Umgang mit den sanierten Grundstücken hingewiesen.

So ist es im Sanierungsgebiet verboten, das Niederschlagswasser von befestigten Flächen und Dachflächen zu versickern oder auch tiefwurzelnde Bäume zu pflanzen, um die Funktionen des Sanierungsbauwerkes zu erhalten. Außerdem gibt es für den Bereich des ehemaligen Betriebsgeländes und im Bereich der darüber hinausgehenden Grundwasserfahne ein Grundwasserentnahmeverbot.

Wenn es in der Zukunft zu Neubaumaßnahmen an Stelle der alten Häuser kommt, werden beim Abriss die bei dieser Sanierung errichteten, zum Teil mächtigen Unterfangungsbauwerke aus Beton angetroffen. Unterhalb der Häuser wird nicht ausgetauschter und belasteter Boden sein, der zu analysieren und höchstwahrscheinlich teuer zu entsorgen ist. Beides kann bei zukünftigen Baumaßnahmen zu Mehrkosten führen.

Die Grundstücke bleiben auch nach der Sanierung in der Altflächendatei des Landes Hessen (ALTIS) und

haben dort dann aufgrund der vertraglichen Vereinbarungen den Status „Sanierung (Sicherung) abgeschlossen“.

## Schlusswort

Nach heutigen Vorschriften haben die Betreiber von solchen industriellen Anlagen die Pflicht zur Erstellung eines sogenannten Ausgangszustandsberichtes und die Pflicht zur Rückführung in den Ausgangszustand nach Betriebsstilllegung. In dem hier vorliegenden Fall ist der Ausgangszustand, nämlich unbelasteter Acker, trotz aller Anstrengungen nicht mehr erreicht worden. Aber es ist gelungen, das heutige Wohngebiet in einen besseren Zustand zu bringen und gesunde Lebensverhältnisse zu schaffen, damit gesundes Wohnen möglich ist. Offensichtlich ist auch der wirtschaftliche Wert der Häuser wiederher-

gestellt, wie den derzeitigen Preisen auf dem Wohnungsmarkt in Neuschloß zu entnehmen ist.

Die Hinterlassenschaften der Chemischen Fabrik finden sich jetzt noch teilweise auf dem ehemaligen Betriebsgelände und auf mindestens 5 weiteren Standorten mit ortstypischen Belastungen des Bodens. Zwei davon sind bereits von der Stadt Lampertheim saniert worden. Der Sodabuckel, die ehem. Deponie der Chemischen Fabrik, die unmittelbar an das Wohngebiet Neuschloß angrenzt, wird derzeit saniert.

Ende gut, alles gut? Es ist also noch nicht alles gut und auch noch nicht das Ende abzusehen, bis wann die durch die Chemische Fabrik verursachten Boden- und Grundwasserbelastungen keine negativen Auswirkungen mehr auf die Umwelt haben werden.

## Bodensanierung – Grundwassersanierung – Sanierungsziele erreicht?

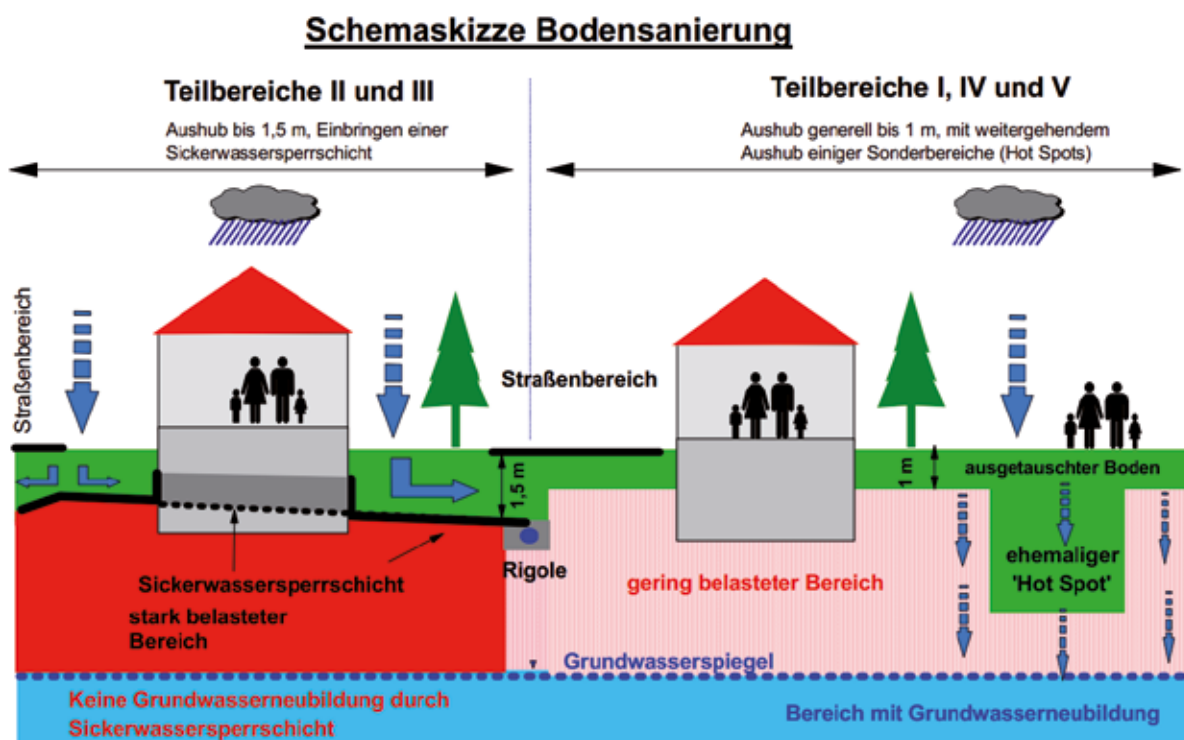
Zwischen 1994 und 1997 wurden auf dem Areal des ehemaligen Betriebsgeländes der Chemischen Fabrik Neuschloß intensive Boden- und Grundwasseruntersuchungen durchgeführt. Die Maximalwerte der im Boden vorgefundenen Schadstoffe, insbesondere Arsen und Blei, lagen im 10er- Gramm-Bereich. Dioxine und Furane wurden mit Gehalten weit über 10.000 ng ITE/kg Boden vorgefunden (Tab. 1). Bei den Grundwasseruntersuchungen wurden Arsenkonzentrationen von über 3 mg/l und AOX-Verbindungen bis zu 0,6 mg/l nachgewiesen.

Die Schadstoffbelastungen in Boden und Grundwasser überschritten die Richtwerte der Bundesbodenschutzverordnung und Grundwasserqualitätsrichtlinien z. T. um ein Vielfaches, Maßnahmen zur Sanierung waren geboten. Hierzu wurden zwischen 1998 bis 2002 Sanierungspläne erarbeitet. Der Sanierungsplan Grundwasser wurde 2001, der Plan zur Bodensanierung wurde 2002 für verbindlich erklärt. Zusammen mit dem Allgemeinen Sanierungsplan wurde die Detailplanung für den 1. SA erstellt.

**Tab. 1:** Maximalgehalte an Schadstoffen im Boden.

Arsen	37.000 mg/kg
Blei	79.400 mg/kg
Kupfer	16.100 mg/kg
Thallium	190 mg/kg
Quecksilber	618 mg/kg
Zink	5.500 mg/kg
Zinn	3.940 mg/kg
Antimon	355 mg/kg
Selen	117 mg/kg
PAK	1.117 mg/kg
MKW	8.500 mg/kg
PCDD/PCDF	100.900 ng l-TE/kg

In den Folgejahren wurde, unter Berücksichtigung vergaberelevanter Zeitabläufe, jeweils vor Bearbeitung des nächsten Sanierungsabschnittes der entsprechende Detailplan genehmigungsreif ausgefertigt.



**Abb. 1:** Schema Bodensanierung.

# 1 Bodensanierung

## 1.1 Sanierungsziel

Das oberste Ziel der Bodensanierung war, das Areal des ehemaligen Betriebsgeländes der Chemischen Fabrik so herzustellen, dass gesunde Wohnverhältnisse wieder vorhanden sind und von den sanierten Flächen keine Gefahr für die bestehende bzw. angestrebte Nutzung als Wohngrundstücke sowie keine Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit mehr ausgeht. Die vorhandenen Grundwasserbeeinträchtigungen waren zu minimieren und weitere zu vermeiden.

Teilbereichen des Sanierungsgebietes kontaminierte Böden in Tiefen bis 1,5 – 2,5 m unter GOK entfernt und anschließend vor dem Auffüllen die Aushubsohle mit einer Sickerwassersperrschicht versehen.

Zum nachhaltigen Schutz des Grundwassers wurden außerdem kleinflächigere Schadenszentren ('hot spots') über die Mindestanforderung hinaus durch weitergehenden (bis 3 m u. GOK) Bodenaushub saniert. Die hierfür notwendige Aushubtiefe wurde durch eine Baugrubensohlbeprobung nach Erreichen der zunächst vorgegebenen Aushubtiefe bewertet. Verbleibende Schadstoffkontaminationen unterschritten die standortspezifischen Eingreifwerte (Tab. 2).

**Tab. 2:** Handlungswerte in Hinblick auf den Wirkungspfad Boden / Grundwasser.

Wirkungspfad	Boden – Grundwasser	
	ungesättigte Bodenzone, Eluatwerte <sup>1</sup>	ungesättigte Bodenzone, Festsubstanz
<b>Arsen</b>	0,1 mg/l	100 mg/kg Boden
<b>Blei</b>	0,05 mg/l	500 mg/kg Boden
<b>Kupfer</b>	0,2 mg/l	300 mg/kg Boden
<b>Quecksilber</b>	0,005 mg/l	20 mg/kg Boden
<b>Thallium</b>	0,04 mg/l	2,5 mg/kg Boden
<b>Zink</b>	1 mg/l	750 mg/kg Boden
<b>Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)</b>	0,002 mg/l	25 mg/kg Boden
<b>Eluierbare organische Halogenverbindungen (EOX)</b>	0,1 mg/l	50 mg/kg Boden
<b>Kohlenwasserstoffe</b>	1 mg/l	2500 mg/kg Boden

<sup>1</sup> = Eluatwerte nach DEV S4

## 1.2 Sanierung

Die Bodensanierung erfolgte so, dass nach dem Bodenaustausch die Nutzung der Grundstücke als Wohnflächen sichergestellt wurde (Abb. 1). Hierzu wurde die Sanierung durch Austausch der kontaminierten Böden bis in eine Tiefe von 1,0 m u. GOK mit unbelastetem Boden unter Einhaltung der Vorsorgewerte der BBodSchV bzw. der LAGA-Kategorie durchgeführt.

Im Hinblick auf das Schutzgut Grundwasser wurden in höher kontaminierten, zusammenhängenden

## 1.3 Ziel erreicht?

Nach mehr als 8 Jahren Bodensanierung, mit dem Austausch von über 170.000 t kontaminierter Erde, wurde das gesetzte Ziel, gesunde Wohnverhältnisse zu erlangen und Grundwasserbeeinträchtigungen zu minimieren, erreicht. Einschränkungen, aber nicht durch gesundheitsgefährdende Belange, ergeben sich durch Grundstücksnutzungsänderungen in wohnbaulicher und bepflanzungsmäßiger Hinsicht.

## 2 Grundwassersanierung

### 2.1 Erkundung – Planung – Bau

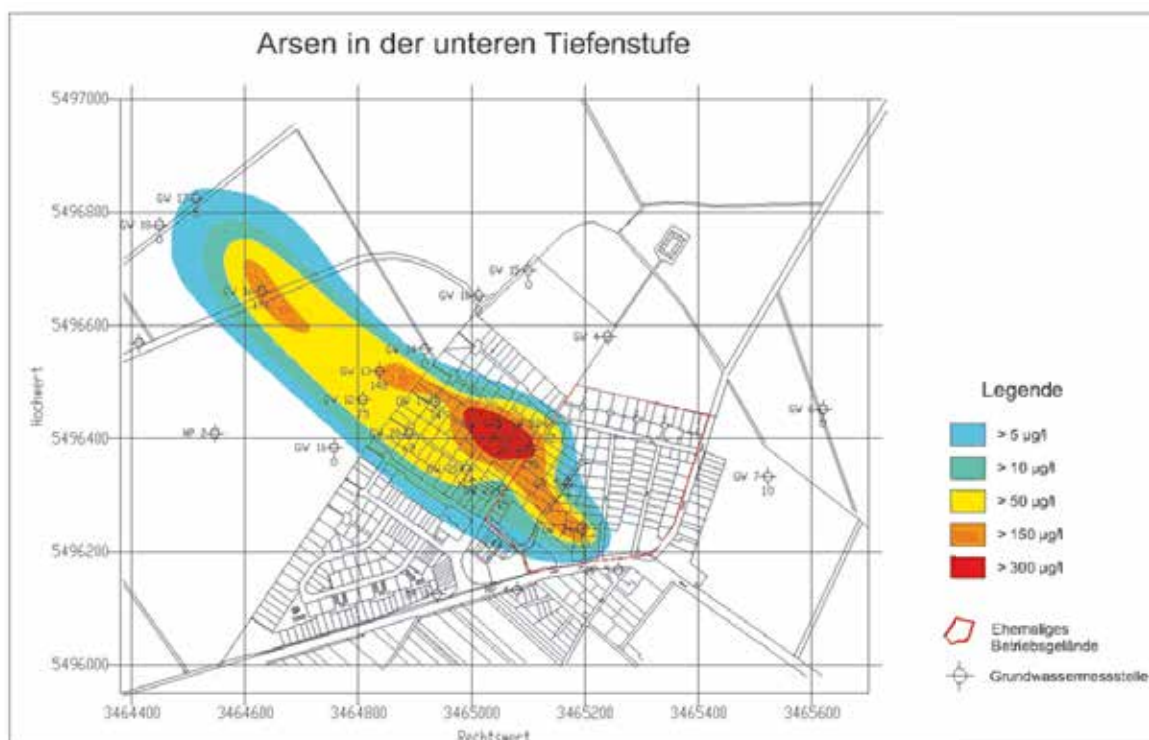
Parallel zu den Bodenuntersuchungen wurde ab 1995 der Belastungspfad Grundwasser erkundet und untersucht. Hierzu wurden, mit Erweiterungen des Brunnen- und Messstellennetzes in den Folgejahren, insgesamt 28 Grundwassermessstellen niedergebracht, die durch ein halbjährliches Monitoring-Programm auf die Leitparameter Arsen und AOX untersucht wurden.

Die ersten Untersuchungen in 1995 zeigten bereits eine ausgebildete, mit Arsen kontaminierte Fahne, die in Richtung Wasserwerk Bürstädter Wald gerichtet war. Alle weiteren Untersuchungen, bis zum heutigen Tag, bestätigten die Fahnenausbildung (Abb. 2). Die Fahne hatte eine Länge von ca. 700 m und eine Breite von ca. 300 m.

Maßnahmen zum Schutz des Grundwassers wie auch zum Schutz vor möglichen Schadstoffmobilisationen, hervorgerufen durch die Bautätigkeiten bei

der kommenden Bodensanierung, waren geboten. Ein Konzept zur Sanierung/Sicherung des Grundwassers wurde ab 1998 erstellt. In dem Grundwassersanierungskonzept und dem darauf aufbauenden, in 2000 eingereichten Sanierungsplan zur Sanierung der Grundwasserverunreinigung, wurde für die Beseitigung bzw. Sanierung der Grundwasserbelastung durch Arsen und AOX-Verbindungen eine hydraulische Sanierung des Grundwasserschadens mittels einer Pump & Treat-Maßnahme mit Entnahme des Grundwassers im Schadenszentrum und an der Spitze der Arsen-Schadstofffahne und der nachfolgenden Aufbereitung in einer Flockungs-/Fällungsanlage vorgeschlagen (Abb. 3). AOX-Verbindungen sollen durch A-Kohlefiltration beseitigt werden. Der Sanierungsplan Grundwasser wurde Ende 2000 zur Genehmigung vorgelegt und im Juni 2001 für verbindlich erklärt.

Der Bau der Grundwasseraufbereitungsanlage sowie die Verlegearbeiten der Rohrleitungen zur Wasseraufbereitungsanlage wurden bis zum Januar 2003 abgeschlossen. Die Anlage wurde 2003, vor Beginn der Bodensanierung, in Betrieb genommen.



**Abb. 2:** Ausdehnung der Arsenkontamination im Grundwasser.

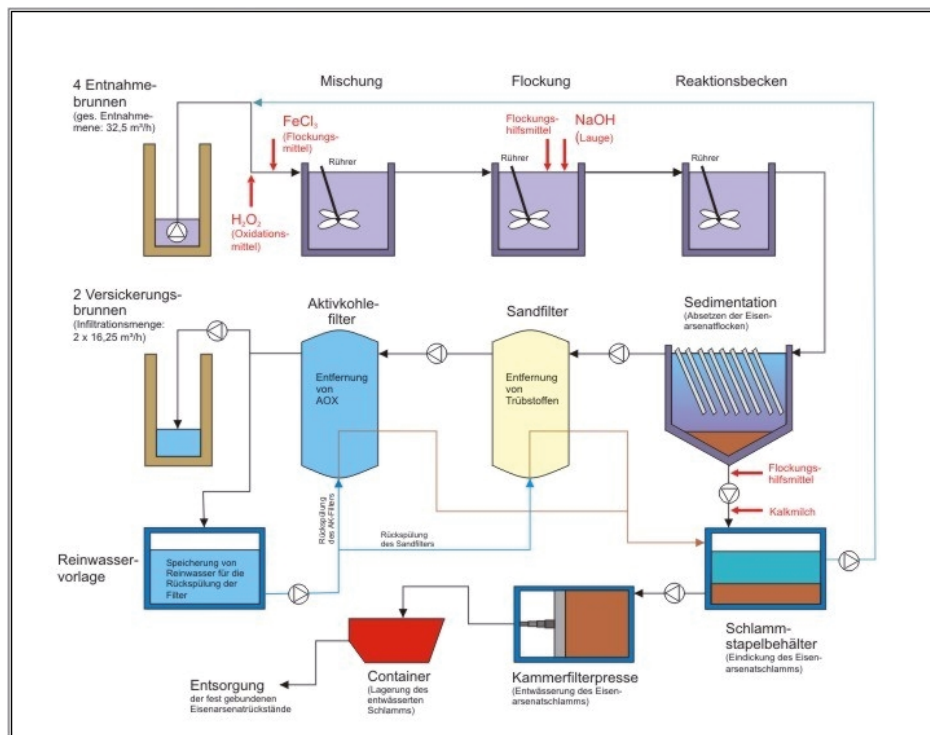


Abb. 3: Schema Grundwasseraufbereitung.

## 2.2 Sanierungsziele

Die Grundwassersanierung hatte die langfristige Abreinigung der im Standortabstrom enthaltenen Schadstoffe zum Ziel. Hierzu sollte die Grundwassersanierung so lange betrieben werden bis das Sanierungsziel dauerhaft unterschritten wird:

- Arsen 10 µg/l und
- AOX 25 µg/l

Das Sanierungsziel galt als erreicht, wenn

- im Intervallbetrieb kein erneuter Anstieg der Schadstoffe oder
- die Konzentrationswerte dauerhaft unterschritten werden und eine
- Zunahme nicht zu erwarten ist oder
- eine weitere Abnahme der Konzentrationswerte mit verhältnismäßigem Aufwand nicht erreichbar ist und eine Grundwasserbeeinträchtigung nicht zu besorgen ist.

Während der laufenden GW-Sanierung erfolgte eine kontinuierliche Überprüfung und ggf. eine Anpassung der Sanierungszielwerte unter Berücksichtigung der Verhältnismäßigkeit.

## 2.3 Sanierung/ Sicherung

Die Anlage zur Grundwassersanierung/-sicherung wurde von Februar bis April 2003 eingefahren und ging dann kontinuierlich in einen störungsfreien Dauerbetrieb über.

Anfang 2007 wurde die AOX – Elimination eingestellt. Bis zu diesem Zeitpunkt wurden rund 40 kg AOX-Verbindungen dem Grundwasser entzogen. Zur Optimierung der Infiltrationsleistung erfolgte in 2008 eine Erweiterung des Infiltrationssystems um zwei zusätzliche Versickerungsbrunnen

Die Sanierungsanlage wurde seit der Inbetriebnahme durchschnittlich mit rd. 30 m<sup>3</sup>/h betrieben. Seit 2003 bis Ende 2013 wurde rd. 2,8 Mio. m<sup>3</sup> kontaminiertes Grundwasser gefördert und rd. 700 kg Arsen aus dem Grundwasser entfernt.

Die Entwicklung der Arsengehalte wurde von halbjährlich durchgeführten sanierungsbegleitenden Grundwassermonitorings überwacht. In Verbindung mit monatlich erhobenen Stichtagsmessungen der Grundwasserstände wurden regelmäßig die Auswirkungen der Grundwassersanierung auf die Schad-



stoffverteilung und -konzentrationen im Aquifer überprüft.

## 2.4 Ziel erreicht?

Eine Auswertung der bisher erhobenen Langzeitergebnisse dokumentierte eine weitestgehend stabile Schadenssituation mit gleich bleibenden Arsengehalten im Zulauf der Sanierungsanlage (Abb. 4) sowie eine relativ konstante Schadstofffahne im Grundwasserabstrom. Das gesetzte Sanierungsziel, Reduzierung der Arsenkonzentrationen auf die in der Verbindlichkeitsklärung festgelegten Zielwerte, wurde bisher nicht erreicht (90-fache Überschreitung). Gemäß der HLOG-Arbeitshilfe zur Sanierung von Grundwasserverunreinigungen ist sowohl das Frachten- wie auch das Potential der gelösten Menge als groß einzustufen. Ein Anfang 2014 durchgeführter Intervallbetrieb war auch nicht zielführend. Eine weitere Abnahme der Konzentrationswerte mit verhältnismäßigem Aufwand ist nicht erreichbar. Die AOX-Komponenten wurden dauerhaft eliminiert, eine Grundwasserbeeinträchtigung durch Arsen ist nach wie vor zu besorgen.

## 2.5 Ziel nicht erreicht - wie geht es weiter?

Zur Überprüfung der fachlichen Notwendigkeit und Wirtschaftlichkeit der Grundwassersanierung wurde bereits Ende 2008 der aktuelle Sachstand der Grundwassersanierung neu bewertet.

Anfang 2009 wurde in Zusammenarbeit mit der Universität Heidelberg und dem Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie (HLOG) zunächst ein zielgerichtetes Konzept für weitere Erkundungsmaßnahmen erstellt. Dieses Konzept diente als Grundlage einer Gefährdungsbeurteilung der Schadstoffsituation im Grundwasser. Die Umsetzung der weiterführenden Erkundungsmaßnahmen erfolgte weitestgehend in 2010.

Die im Zuge der weiterführenden Erkundung gewonnenen Erkenntnisse zur räumlichen Verteilung des Arsens, der Arsenbindungsformen, der gebundenen und gelösten Arsenmenge wie auch des Elutionsver-

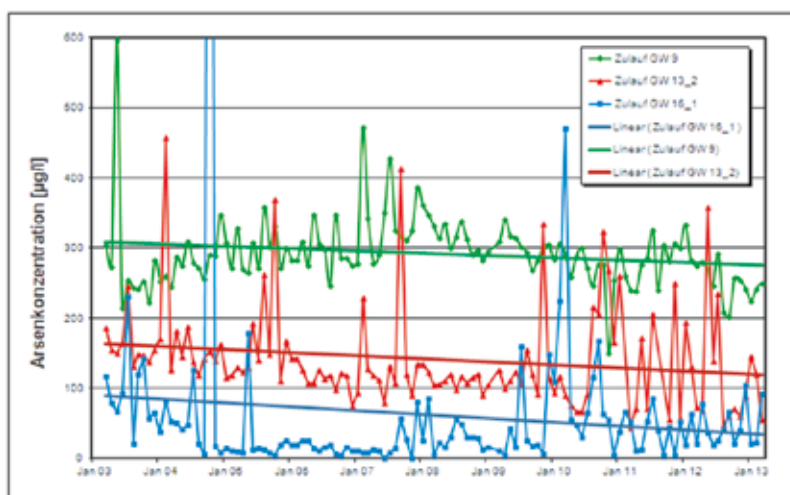


Abb. 4: Entwicklung der Arsengehalte in den Zulaufbrunnen 2003 – 2013.

haltens wurden in einem Reaktions- und Transportmodell zusammengeführt. Modellmäßig wurde die zukünftige Ausbreitung der Arsenfahne simuliert und die Auswirkungen unterschiedlicher Sanierungsszenarien abgebildet. Im Ergebnis wurde zusammenfassend festgestellt:

- Hochgerechnet liegen noch ca. 10 t Arsen im GW-Leiter, davon sind ca. 80 % mobilisierbar = 8 t mobilisierbares Arsen.
- Ca. 75 kg gelöstes Arsen bewegen sich derzeit im Grundwasser.
- Die Hauptbelastung im Feststoff ist auf obere Tiefenbereiche bis ca. 20 m limitiert.
- Der Hauptteil der Belastung ist mobilisierbar [insb. As(III)] und nimmt mit der Fließstrecke und der Entnahmetiefe zu.
- Im Schadenszentrum sind gelöste Arsengehalte im GW bis zu 900 µg/l nachweisbar.
- Im Schadenszentrum wie im nahen Abstrombereich dominiert As (V), der Anteil an As(III) nimmt mit Fließstrecke und Entnahmetiefe deutlich zu.
- Die Arsenfahne hat momentan eine Ausdehnung von 700 m und ist nicht stationär.
- Die Simulation verschiedener Szenarien zeigt, dass die Arsenausbreitung ohne hydraulische Sanierung in ca. 300 - 450 Jahren das Wasserwerk erreicht.
- Der derzeitige Sanierungsbetrieb ist als Sicherungsmaßnahme geeignet und verhindert das Abströmen hoher Konzentrationen.

- Eine effektive Standortsanierung (bis zur kompletten Dekontaminierung) wird im heutigen Betriebsmodus mehrere hundert Jahre dauern.

Vor diesem Hintergrund wurde beschlossen, eine Variantenstudie zur Überprüfung und ggf. Neubewertung der Schadenssituation im Grundwasser nach dem Ende der Bodensanierung auszuarbeiten (Abb. 5). Außer den in Abb.5 dargestellten Varianten wurden auch Maßnahmen in Verbindung mit Funnel-and-Gate-Systemen und Reaktiven Wänden sowie mit der Stilllegung des Wasserwerkes überprüft.

Aus der im Juli 2013 vorgelegten Variantenstudie gingen drei Varianten hervor, die eine gute Eignung zur dauerhaften Sicherung und/oder Sanierung der vom Altstandort ausgehenden Arsenbelastungen aufweisen. Neben einer Fortsetzung von Pump & Treat in der aktuellen Betriebsweise sowie der Fortsetzung in optimierter Betriebsweise wurde als 3. Variante eine Verfahrenskombination aus Mobilisierung und Pump & Treat beschrieben.

Auf Grundlage der Ergebnisse aus der Variantenstudie wurde in enger Abstimmung mit den beteiligten Behörden beschlossen, das Verfahren zur Arsenmobilisierung im Rahmen eines Pilotversuches zu erpro-

Nr.	Kriterium / Maßnahme	1. Schritt (Prüfung-Mechbarkeit)	2. Schritt (Detailprüfung)	3. Schritt (Optimierungsvarianten)
1	Pump&Treat (aktuell)	✓	✓	✓
2	Pump&Treat mit Optimierung (z.B. Durchsatz oder Verfahren)	✓	✓	✓
3	Bodenaushub / Quellensanierung	✓	✗	
4	Immobilisierung durch Zusatzstoffe	✓	✗	
5	Mobilisierung der Schadensquelle und Kombination mit Pump&Treat	✓	✓	✓
6	Monitored Natural Attenuation	✗		
7	Pump&Treat ohne Aufbereitung	✗		

Abb. 5: Auswertung Variantenstudie.

ben. Auf Grundlage der sich daraus ergebenden Erkenntnisse soll anschließend ggf. eine großtechnische Umsetzung der Arsenmobilisierung am Sanierungsstandort erfolgen.

### 3 Zusammenfassendes Fazit – Ziele erreicht?

Durch das Entfernen des obersten Bodenmeters sowie einzelner tieferliegender „Hot spots“ wurde das angestrebte Sanierungsziel durch die Bodensanierung im Bereich des ehemaligen Betriebsgeländes der Chemischen Fabrik Neuschloß, bezogen auf die Schutzgüter Boden/Mensch und Boden/Pflanze erreicht. Das Einbringen einer Sickerwassersperrschicht minimiert nachhaltig den diffusen Eintrag von weiteren Arsenkonzentrationen in das Grundwasser (Abb. 6).

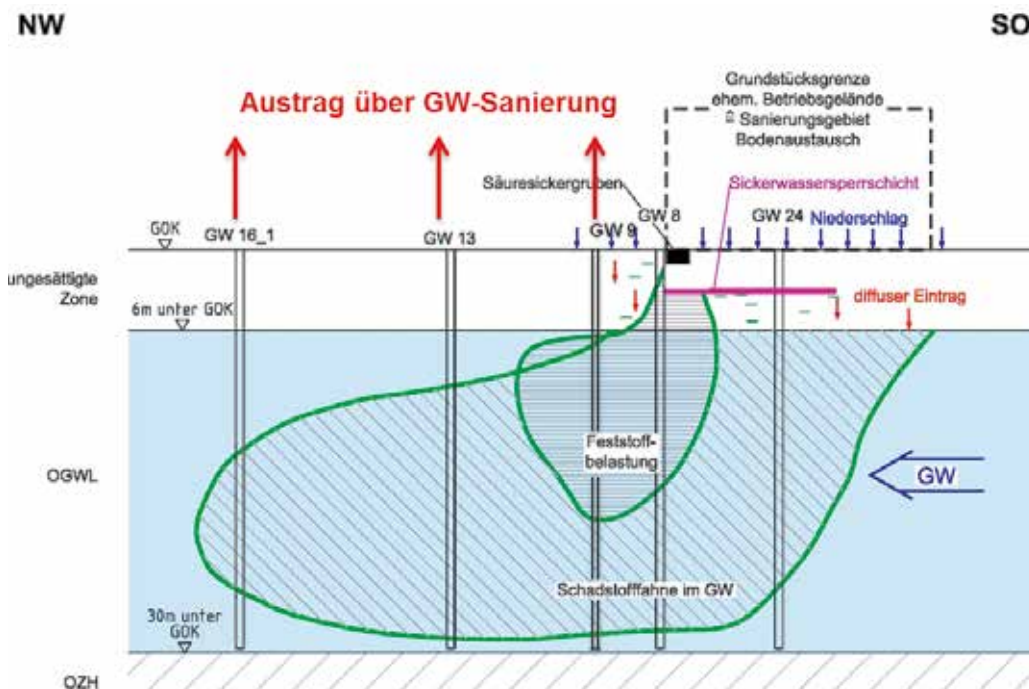


Abb. 6: Standortsituation nach der Bodensanierung.

Der Belastungspfad Grundwasser wird zwar durch die Bodensanierung im Bereich des ehemaligen Betriebsgeländes durch den Eintrag von mobilem Arsen nicht mehr beeinträchtigt, jedoch ist aufgrund des im gesättigten Bodenbereich noch verbleibenden Arsenpotentials nachhaltig kontaminiert. Die bisher durch die Grundwassersanierung eliminierte Arsenmenge

von ca. 700 kg entspricht ca. 6 % der hochgerechneten Gesamtarsenbelastung. Maßnahmen zum nachhaltigen Schutz des Grundwassers, unter Berücksichtigung der Verhältnismäßigkeit der einzusetzenden Mittel sind zu prüfen.

## Bürgerbeteiligung – Dialog gestalten, Konflikte lösen

Das Thema Bürgerbeteiligung ist seit Stuttgart 21 und der aktuellen Diskussion zur Energiewende aktueller denn je. Für die Altlastensanierung in Hessen ist die aktive Beteiligung Betroffener an den Sanierungsprojekten längst Alltag und wird seit mehr als 20 Jahren erfolgreich praktiziert.

Das Land Hessen stand Anfang der neunziger Jahre vor der Entscheidung, eine große bewohnte Altlast, den Rüstungsaltsstandort DAG in Stadtallendorf zu sanieren.

Vor dem Hintergrund der emotionsgeladenen schwierigen Sanierungsabläufe bewohnter Altlasten in den 80er-Jahren (Hamburg Bille-Siedlung etc.) entschied sich Hessen für die Sanierung in Kooperation mit den Betroffenen. Das Hessische Umweltministerium beauftragte 1992 die Gesamthochschule Kassel, ein Modell für Bürgerbeteiligung und Öffentlichkeitsarbeit zu erarbeiten. Wichtige Instrumente des Modells wurden 1993 mit der Gründung eines Projektbeirates und 1994 mit der Installierung des BürgerbeteiligungsBüros in die Tat umgesetzt. Ziel des Beteiligungsverfahrens war von Anfang an die Einbindung der Betroffenen in alle bedeutenden Entscheidungsprozesse, um im Dialog mit den betroffenen Bürgern konsensorientiert zu Lösungen zu gelangen und Konflikte im Projektverlauf zu vermeiden.

Begleitet wurde die Bürgerbeteiligung von einer zielgruppenorientierten aktiven Öffentlichkeitsarbeit, die die Aufgabe hatte, das Projekt in jedem Schritt nachvollziehbar und transparent darzustellen – eine unverzichtbare Grundlage für nachhaltige Bürgerbeteiligung.

Aufgrund der positiven Erfahrungen im Sanierungsprojekt Stadtallendorf kam das Beteiligungsverfahren auch im bewohnten Altlastensanierungsvorhaben Hessisch-Lichtenau Hirschhagen und Lampertheim-Neuschloß zur Anwendung. Die Grundzüge wurden aus Stadtallendorf übernommen. So kommen die Bausteine Projektbeirat, Bürgerbüro und Sanierungsvereinbarung bei allen Sanierungsprojekten bewohnter Altlasten in Hessen zur Anwendung.

Einen zentralen Baustein im Beteiligungsprozess bildet die Sanierungsvereinbarung, ein öffentlich-



Abb. 1: Sanierungs-Sommerfest.

rechtlicher Vertrag, der alle Rechte und Pflichten für beide Vertragsparteien – das Land Hessen und die betroffenen Grundstückseigentümer – regelt. In der Grundstücksbezogenen Einzelvereinbarung werden im Laufe eines intensiven Dialogs alle Schritte festgehalten, die für den konkreten Sanierungsablauf auf einem Grundstück von Bedeutung sind. Hervorzuheben ist, dass der Dialog nicht nur zwischen Bürgerbüro und den Betroffenen stattfindet sondern das planende Ingenieurbüro und die Behörden ebenso eingebunden werden. Das Bürgerbüro übernimmt die Aufgabe des Mittlers zwischen den beteiligten Akteuren. Zielsetzung ist die Durchführung der Sanierung im Konsens. Das Beteiligungsverfahren wurde den jeweiligen Projektspezifika angepasst und prozesshaft weiterentwickelt. Die Erfahrungen zeigen, dass intensive Bürgerbeteiligung zu besseren Lösungen für den Projektablauf der Altlastensanierung führt – bis hin zu technischen Detaillösungen.

### Projektbeirat und Verein Altlasten Neuschloß

Im Sanierungsprojekt Lampertheim Neuschloß begann die Bürgerbeteiligung 1995 mit Gründung des Projektbeirates Altlasten Neuschloß (PAN). Der Verein Altlasten Neuschloß konstituierte sich 2000 und wurde 2001 ins Vereinsregister eingetragen. Sein Zweck ist laut Satzung “die Unterstützung der altlastbetroffenen Bewohner und Grundstückseigentümer in Lampertheim- Neuschloß gegenüber staatlichen Stellen und Dritten sowie die Förderung der Altlastensanierung”. Als juristische Person kann der

Verein die Belange der betroffenen Bürger vertreten. Wichtigstes Projekt des Vereins war die Verhandlung und der Abschluss der Rahmensanierungsvereinbarung mit dem Land Hessen. Auf dieser Basis haben die Eigentümer der 125 Sanierungsgrundstücke sogenannte „Grundstücksbezogene Einzelvereinbarungen“ abgeschlossen, die ihnen rechtliche und finanzielle Sicherheit für die Sanierung geben sowie Details der Sanierung auf dem Grundstück vertraglich regeln.

Der PAN hat den langen Prozess der Sanierung in Lampertheim Neuschloß konstruktiv begleitet und einen wichtigen Betrag zum Gelingen des Projektes geleistet.

### Bürgerbüro Neuschloß

Im Jahr 2001 nahm das Bürgerbüro Neuschloß (BBN) seine Arbeit auf. Anfangs waren dort zwei Mitarbeiter tätig, ab 2004, die Sanierung war in vollem Gange, wurde das Team auf drei Mitarbeiter erweitert.

Das BBN, das unabhängig tätig ist und durch das Land Hessen finanziert wird, hat folgende Aufgaben:

- Information und Beratung der Sanierungsbetroffenen,
- Vermittler zwischen betroffenen Bürgern und Projektbeteiligten,
- Verhandlung der Grundstücksbezogenen Einzelvereinbarungen,
- Abstimmung der Sanierungsabläufe mit den Planern und Bürgern,
- Kommunikation mit dem Projektbeirat,
- Öffentlichkeitsarbeit/Informationsvermittlung (Info-Veranstaltungen, Infoblätter, etc.),
- Vertrauliche Einzelgespräche mit Sanierungsbetroffenen,
- Aktive Begleitung der Sanierungsarbeiten,
- Mehr- und Minderkostenabrechnung,
- Dokumentation.

Die Mitarbeiter des BBN konnten sich Vertrauen erwerben, den Dialog mit den Betroffenen gestalten und eine Fülle von Konflikten, die bei einem so komplexen interdisziplinärem Projekt mit vielen Projektbeteiligten unvermeidlich sind, lösen oder auch im Vorfeld vermeiden. Im Verlauf des Projektes gab es keinen rechtlichen Angriff auf die Genehmigungsbescheide.

## Instrumentenpool Bürgerbeteiligung



Um eine aktive Bürgerbeteiligung zu ermöglichen, ist eine frühzeitige, umfassende und aktive Informations- und Öffentlichkeitsarbeit notwendig. Die folgende Grafik gibt einen Überblick über den Instrumentenpool Bürgerbeteiligung und ist unterteilt in die Kategorien printgebunden, multimedial und kommunikativ. Je nach Projekttyp und der jeweiligen Projektphase können verschiedene Instrumente angewandt werden.

Abb. 2: Instrumentenpool Bürgerbeteiligung.

Konsequente Bürgerbeteiligung verringert Reibungsverluste im Sanierungsprojekt und vermindert durch erhöhte Akzeptanz Widerstände bei den Betroffenen. Die Sanierung wird so besser planbar, die Projektdauer kann verkürzt und die Projektkosten somit gesenkt werden.

### **Bürgerbeteiligung – Fazit**

Die Sanierung des ehemaligen Betriebsgeländes der chemischen Fabrik Neuschloß ist heute im Rückblick ohne eine engagierte aktive Bürgerbeteiligung kaum denkbar.

Die gewonnen Erkenntnisse in den Großprojekten fanden Einzug in alle weiteren Sanierungsprojekte der HIM GmbH - Bereich Altlastensanierung (HIM-ASG). Bürgerbeteiligung und Öffentlichkeitsarbeit sind heute in abgestufter projektangepasster Form wichtiger Bestandteil einer erfolgreichen Projektabwicklung. Dies gilt nicht nur für die großen bewohnten Altlasten-Sanierungsprojekte in Lampert-

heim-Neuschloß, Stadtallendorf und Hessisch-Lichtenau Hirschhagen.

Aktive Bürgerbeteiligung und Öffentlichkeitsarbeit tragen ebenso bei kleineren nicht direkt bewohnten Sanierungsvorhaben zum Gelingen eines Projektes bei.

Mehr als 20 Jahre Altlastensanierung in Hessen zeigen, dass durch einen intensiven Lern- und Vertrauensbildungsprozess zwischen Bürgern, Verwaltung, Projektmanagement und Politik Bürgerbeteiligung zu einem Erfolgsfaktor für die Altlastensanierung geworden ist.

Das Land Hessen wurde 2009 gemeinsam mit der HIM GmbH im Rahmen des European Public Sector Award für den Bereich New Forms of Partnership Working mit dem Best Practice Certificate für die in der Altlastensanierung erfolgreich angewandte Bürgerbeteiligung und Öffentlichkeitsarbeit ausgezeichnet.





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

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

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

### Aktuelle Informationen

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

### Altflächendatei

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

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

bei denen es sich um

- Altlastverdächtige Flächen,
- Verdachtsflächen oder
- Altlasten

handeln kann.

Die Altflächendatei besteht aus den Anwendungen:

1. FIS AG  
(Fachinformationssystem Altflächen und Grundwasserschadensfälle) mit den Bestandteilen
  - a. ALTIS (Altflächen-Informationssystem Hessen)
  - b. ANAG (Analysendatei Altlasten und Grundwasserschadensfälle)
2. DATUS  
(Datenübertragungssystem Altflächen und Grundwasserschadensfälle)
3. Flexviewer  
(GIS Viewer – geografisches Informationssystem zur Visualisierung der Lage von Standorten und Messstellen aus FIS AG)

Die Behörden benötigen die erfassten Daten, um

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

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

Auskünfte über Altflächen und sonstige schädliche Bodenveränderungen können bei dem jeweiligen Regierungspräsidium eingeholt werden.

### Altlastenanalytik

Im Bereich der Altlastenanalytik werden zur Ermittlung der Schadstoffgehalte die im Anhang 1 der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) beschriebenen Verfahren eingesetzt. Die kontinuierliche Weiterentwicklung der Analyseverfahren und Fortschritte im Bereich der Normung der

Bodenanalytik machen es allerdings notwendig, die in der BBodSchV aufgeführten Analysenverfahren regelmäßig zu aktualisieren.

Auf dieser Seite finden Sie aktuelle Listen und Zusammenstellungen von relevanten Untersuchungsverfahren sowie weitergehende Informationen zum Thema Altlastenanalytik.

## Altlastenbearbeitung

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

## Arbeitshilfen

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

## Archiv

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

## DATUS

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

Nach § 8 Abs. 4 HAltBodSchG sind Gemeinden und öffentlich-rechtliche Entsorgungspflichtige verpflichtet, die ihnen vorliegenden Erkenntnisse zu Altflächen dem HLUg so zu übermitteln, dass die Daten im Bodeninformationssystem nach § 7 erfasst werden können. Dies hat in elektronischer Form zu erfolgen.

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

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

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

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

## Rechtsgrundlagen und Fachdokumente

Es stehen Dokumente zu den Themen:

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

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

## Sachverständige

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

Auf dieser Seite stehen die Verzeichnisse der in Hessen zugelassenen Sachverständigen im Bereich des Bodenschutzes (Sachgebiet 2: Wirkungspfad Boden – Gewässer sowie Sachgebiet 5: Sanierung) zum Herunterladen zur Verfügung. Außerdem kann auf das bundesweite Verzeichnis der zugelassenen Sachverständigen (ReSyMeSa) zugegriffen werden.

## Arbeitshilfen

### Handbuchreihe Altlasten

#### Handbuch Altlasten, Band 1 Altlastenbearbeitung in Hessen

(1999)

€ 7,50

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

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

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

#### Handbuch Altlasten, Band 2 Erfassung von Altflächen

##### Teil 2

€ 7,50

##### Erfassung von Altstandorten (2., überarbeitete Auflage 2014)

Volltext verfügbar \*

Das erstmals im Jahr 2003 erschienene Handbuch wurde aktualisiert und liegt nun als 2., überarbeitete Auflage vor. Es richtet sich an die Kommunen und an von diesen mit der Erfassung von Altstandorten beauftragte Dritte.

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

##### Teil 4

€ 7,50

##### Branchenkatalog zur Erfassung von Altstandorten (2008)

Volltext verfügbar \*

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

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

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

### **Teil 1**

#### **Einzelfallrecherche** € 5,- **(2. überarbeitete Auflage 2012)**

Volltext verfügbar \*

Die Einzelfallrecherche ist die beprobungslose Erkundung einzelner Altflächen mit Hilfe von Aktenrecherchen, Karten- und Luftbildauswertungen sowie Ortsbesichtigungen. Ziel dieser Ermittlungen ist die Aufklärung von Anhaltspunkten, die auf eine mögliche Altlast hinweisen können.

Das Handbuch stellt einen Leitfaden für die Durchführung der Einzelfallrecherche vor und soll vor allem Kommunen, aber auch privaten Grundstücksbesitzern sowie beauftragten Ingenieurbüros als Handlungsgrundlage dienen.

Mit der 2. Auflage des Handbuchs liegt eine überarbeitete und aktualisierte Fassung der inzwischen vergriffenen 1. Auflage aus dem Jahr 1998 vor.

### **Teil 2** € 20,-

#### **Untersuchung von altlastverdächtigen Flächen und Schadensfällen** **(2. überarbeitete Auflage 2014)**

Die Untersuchung von altlastverdächtigen Flächen und Schadensfällen nimmt bei der Bearbeitung von Verdachtsflächen eine Schlüsselposition ein, weil auf den Ergebnissen von orientierenden Untersuchungen und Detailuntersuchungen weitreichende Entscheidungen getroffen werden. Der Altlastenverdacht wird entweder bestätigt oder ausgeräumt.

Das erstmals im Jahr 2002 erschienene Handbuch wurde überarbeitet und liegt nun als 2. Auflage vor.

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:

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 Rück-

---

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

halte- 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 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 vollhalegonierten 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** nur im Internet\*  
**Arbeitshilfe zur Sanierung von Grundwasserverunreinigungen** (2013)

Volltext verfügbar \*

2., aktualisierte Auflage 2013

Das Handbuch (Erstauflage 2008) wurde hinsichtlich der Literaturquellen aktualisiert. Weiterhin wurde der Anhang 8 „Ableitung von Grundwasser-Wieder-versickerung, Einleitung in Abwasseranlagen und oberirdische Gewässer“ überarbeitet.

Wenn durch den unsachgemäßen Umgang mit was-sergefährdenden Stoffen eine Grundwasserverun-reinigung 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 schäd-lichen Grundwasserverunreinigungen und Sanie-rungen bei Altlasten, schädlichen Bodenverände-rungen und Grundwasserschadensfällen.

Der Schwerpunkt der Arbeitshilfe liegt bei den Frage-stellungen

- Liegt eine schädliche Grundwasserverunreini-gung vor?
- Ist die Sanierung eines Grundwasserschadens er-forderlich?

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 schäd-lichen Bodenveränderung oder einem Grundwasser-schaden ein Sanierungsbedarf besteht, sind vor allem die im Grundwasser gelöste Schadstoffmenge und

die mit dem Grundwasser transportierte Schadstoff-frachtrelevant. Die in der Arbeitshilfe beschriebenen-Bewertungsmaßstäbe für die Schadstoffmenge und -fracht wurden anhand von 35 hessischen Schadens-fällen auf Plausibilität geprüft. Die endgültige Ent-scheidung über den Handlungsbedarf bleibt stets eine Einzelfallentscheidung.

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

**Neuerscheinung**

**Teil 8** € 9,00  
**Ökotoxikologische Verfahren als Bewer-tungshilfe bei Altlastenverfahren**  
 (2014)

Volltext verfügbar \*



Die Studie „Ökotoxikologische Verfahren als Bewer-tungshilfe bei Altlastenverfahren“ zeigt auf, dass die im Bereich der Oberflächengewässer etablierten Test-verfahren unter bestimmten Randbedingungen durchaus ein begleitendes Instrument zur Bewertung von Grundwasserverunreinigungen aus Altlasten sein können. Neben der chemischen Analytik können sie ergänzende Informationen liefern. Den Rahmen für

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

den vorgeschlagenen Bewertungsansatz bilden dabei Festlegungen aus anderen Fachbereichen. Außerdem wird das Grundwasser hinsichtlich seiner Empfindlichkeit gegenüber z. B. Fließgewässern eingeordnet. Darüberhinaus enthält die Studie einen Überblick über theoretische Grundlagen und mögliche Einsatzbereiche, zeigt aber auch Grenzen ökotoxikologischer Testverfahren als begleitendes und ergänzendes Instrument der Altlastenbearbeitung auf.

### **Handbuch Altlasten, Band 4** **Rüstungsaltstandorte**

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

Im Handbuch Rüstungsaltstandorte 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 Rüstungsaltstandorten** (1996)

Im Handbuch Rüstungsaltstandorte Teil 2 sind Materialien über ehemalige Anlagen und Produktionsverfahren auf Rüstungsaltstandorten zusammengestellt, die oftmals eine detaillierte Rekonstruktion altlastenrelevanter Nutzungen und auch singulärer Ereignisse auf den Altstandorten und ihrer näheren Umgebung ermöglichen. Die Fachinformationen reichen von der Beschreibung der Produktionsverfahren zur Herstellung von rüstungsspezifischen chemischen Stoffen über die Darstellung von Anlagen zur Herstellung von Kampfmitteln und von Anlagen auf Standorten der militärischen Infrastruktur bis zur Schilderung der Munitionsvernichtung nach Kriegsende in Hessen.

### **Handbuch Altlasten, Band 5** **Bewertung von Altflächen**

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

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

Die Einzelfallbewertung unterstützt die Entscheidung, ob ein 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 Bodenveränderungen und Altlasten** (2007)

Volltext verfügbar \*

Sanierungen von schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten („Bodensanierung“) erfolgen in Hessen häufig durch Aushub des kontaminierten Materials mit anschließender Verfüllung der Baugruben. Ver-

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

füllt 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 Kulturschicht sowie Nutzungsfunktionen.

Es sollten also weitgehend schadstoffarme Materialien verwendet werden, die sich für die vorgesehene Folgenutzung eignen.

Das heißt, diese Arbeitshilfe soll

- die allgemeinen Vorgaben, insbesondere des Bodenschutzrechtes, bei Verfüllungen in Sanierungsbereichen fachlich und rechtlich konkretisieren,
- zuständigen Behörden eine allgemein gültige Grundlage für Beratungen und Entscheidungen liefern,
- erhebliche Unterschiede in der Sanierungspraxis vermeiden helfen und dazu beitragen, die Verfüllungsentscheidung nachvollziehbar zu gestalten.

**Teil 3** nur im Internet\*  
**Sanierungstechniken und -verfahren (2010)**  
 (Dichtwände, Reaktive Wände, Biologische in-situ-Sanierungen)

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

**Teil 4** € 10,-  
**Abt Lagerungen in der Flächennutzung (1996)**

Mit der vorliegenden Schrift soll gezeigt werden, wie die mit der Raumplanung und Altlastenbearbeitung befassten Stellen, aber auch die Baugenehmigungsbehörden und planenden Ingenieure rechtzeitig und gemeinsam die Probleme angehen können. Beispiele

zeigen, wie durch eine differenzierte Nutzung Abt Lagerungen durchaus in eine Flächenbewirtschaftung integriert werden können.

## Handbuch Altlasten, Band 7 Analysenverfahren

**Teil 1** € 5,-  
**Bestimmung von Polycyclischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) in Feststoffen aus dem Altlastenbereich (1998)**

Volltext verfügbar \*

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

**Teil 3** € 5,-  
**Bestimmung von Mineralöl-Kohlenwasserstoffen (MKW) mittels Kapillargaschromatographie in Feststoffen aus dem Altlastenbereich (2001)**

Volltext verfügbar \*

Die Extraktion der MKW mit 1,1,2-TRICHLORTRIFLUORETHAN wurde durch ACETON, PETROL ETHER, KOCHSALZ und WASSER abgelöst, die Detektion erfolgt mit GC-FID. Hier handelt es sich um denselben Extrakt, wie er in Band 7 Teil 1 für die PAK beschrieben ist. Somit können aus einem einzigen, jedoch geteilten Extrakt gleich zwei eng zueinander gehörige Zielgruppen analysiert werden. Die

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

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 Altlasten bereich (2000)**

Volltext verfügbar \*

Das Verfahren beruht auf der sofortigen Konservierung des Bodenmaterials im Feld, indem der Boden - am besten durch einen geeigneten Kernstecher - in eine vorgelegte Masse eines geeigneten Lösungsmittels gegeben wird. Die Einwaage wird dann im Labor durch Rückwiegen ermittelt. Von diesem Extrakt wird ein kleines Volumen abgenommen und in Wasser gegeben. Die analytische Bestimmung der BTEX/LHKW kann dann mit allen Verfahren der Wassernalytik durchgeführt werden. Aus diesem Verfahren wird demnächst eine ISONorm hervorgehen:

ISO/CD 22155:2002, die allerdings nur die statische Dampfdruckanalyse des Wassers zum Gegenstand hat. Das FGAA-Verfahren wird in einem staatlichen Labor in hohem Maße auch für Klärschlämme eingesetzt und hat sich bestens bewährt. Allerdings muß dann dem erhöhten Wasseranteil des Schlammes bei der Berechnung des Endergebnisses Rechnung getragen werden.

**Teil 5** nur im Internet \*  
**Bestimmung von ausgewählten sprengstoff-typischen Verbindungen in Feststoffen aus dem Altlasten bereich mit Gaschromatographie (2006)**

Volltext verfügbar \*

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

Da aber an zwei großen ehemaligen Rüstungs-altstandorten 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** nur im Internet\*  
**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

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

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.

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 Rückhalteeigenschaften dargestellt. Die maßgeblichen Parameter zur Beurteilung und Überwachung der natürlichen Schadstoffminderungsprozesse werden aufgeführt.

In den Grundlagen für die Akzeptanz werden die wesentlichen Kriterien benannt, die bei der behördlichen Entscheidung über die Eignung eines Standortes für MNA zu prüfen sind.

Die notwendigen Verfahrensschritte bei der Anwendung von MNA werden beschrieben und die Anforderungen an die Antragsunterlagen, die vom Sanierungspflichtigen vorzulegen sind, werden definiert.

Die Arbeitshilfe liefert damit die Grundlage für ein einheitliches Verwaltungshandeln im Umgang mit MNA in Hessen.

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

Volltext verfügbar \*

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

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

In den ersten drei Arbeitshilfen, welche jeweils die Überwachung von bestimmten Sanierungsverfahren zum Thema haben, werden die Schwachstellen und Risikopotentiale der einzelnen Verfahren ausführlich dargestellt und Empfehlungen für spezifische Überwachungsprogramme gegeben.

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



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.

## Sonstige Veröffentlichungen

### Sanierungsbilanz

**Altlastensanierung in Hessen (2011) € 7,50**  
**Übersicht über den Einsatz von Sanierungsmaßnahmen 2002-2008**

Volltext verfügbar \*

Die Sanierungsbilanz gibt einen Überblick über die im Zeitraum 2002–2008 bearbeiteten Sanierungsfälle in Hessen. Die dabei eingesetzten Sanierungstechniken werden nach ihrer regionalen Verteilung sowie ihrem Einsatz auf Altablagerungen und Altstandorten und in den verschiedenen Umweltmedien dargestellt. Desweiteren wird die Entwicklung im Vergleich zur vorherigen Bilanz aufgezeigt.

**Stand der Altlastensanierung in Hessen - Übersicht über den Einsatz von Sanierungsverfahren und -techniken (2003) € 20,-**

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.

### 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.



## Ihre Bestellung

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

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

(Preise: Stand Februar 2015, Änderungen vorbehalten).



### Lieferanschrift

\_\_\_\_\_  
Name

\_\_\_\_\_  
Behörde / Firma

\_\_\_\_\_  
Straße

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

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

\_\_\_\_\_  
Datum

\_\_\_\_\_  
Unterschrift

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

Stück	Titel	Band	Teil	Preis
<input type="checkbox"/>	_____	_____	_____	€ <input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	_____	_____	_____	€ <input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	_____	_____	_____	€ <input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	_____	_____	_____	€ <input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	_____	_____	Heft Nr.	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Atlanten-annual 2000, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013			kostenlos

## **Autorinnen und Autoren des Altlasten-annual 2014**

### **Dieter Binder**

Regierungspräsidium Darmstadt  
Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt Frankfurt  
Gutleutstr. 114  
60327 Frankfurt am Main

### **Jochen D. Blecher**

HIM-ASG  
Erlenweg 4  
68623 Lampertheim

### **Andrea Bonner**

BG BAU – Prävention  
DGUV Fachbereich Bauwesen  
Steinhäuserstraße 10  
76135 Karlsruhe

### **Dr. Jan Brodsky**

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie  
Dezernat Altlasten  
Rheingaustraße 186  
65203 Wiesbaden

### **Marie-Anne Feldmann**

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie  
Dezernat Altlasten  
Rheingaustraße 186  
65203 Wiesbaden

### **Peter Halla**

BERGHOF Analytik + Umweltengineering  
GmbH & Co. KG  
Lilli-Zapf-Strasse 32  
72072 Tübingen

### **Knut Herzberg**

CDM Smith Consult GmbH  
Friedrichsring 46  
68161 Mannheim

### **Horst Herzog**

Infraserv GmbH & Co. Höchst KG  
Industriepark Höchst  
Abfall- und Altlastenmanagement  
65926 Frankfurt am Main

### **Dr. Margareta Jaeger-Wunderer**

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie  
Dezernat Altlasten  
Rheingaustraße 186  
65203 Wiesbaden

### **Katrin Lügger**

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie  
Dezernat Bodenschutz, Bodeninformation  
Rheingaustraße 186  
65203 Wiesbaden

### **Dr. Peter Martus**

HPC AG  
Frankfurt Office  
Kapellenstraße 45a  
65830 Kriftel

### **AECOM**

Siemensstr. 10  
63263 Neu-Isenburg

### **Berthold Meise**

Regierungspräsidium Darmstadt  
Dezernat IV/DA 41.5 - Bodenschutz  
Luisenplatz 2  
64283 Darmstadt

### **Dr. Rosvita Milo-Rieks**

Dr. Richard Sthamer GmbH & Co. KG  
Liebigstraße 5  
22113 Hamburg

**Jörg Peters**

Regierungspräsidium Darmstadt  
Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt Frankfurt  
Gutleutstrasse 114  
60327 Frankfurt am Main

**Elisabeth Schirra**

Regierungspräsidium Darmstadt  
Dezernat IV/DA 41.5 - Bodenschutz  
Luisenplatz 2  
64283 Darmstadt

**Dr.-Ing. Michael Selle**

ARCADIS Deutschland GmbH  
Europaplatz 3  
64293 Darmstadt

**Monika Simon**

Regierungspräsidium Darmstadt  
Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt Frankfurt  
Gutleutstr. 114  
60327 Frankfurt am Main

**Ulrich Urban**

HIM-ASG  
Erlenweg 4  
68623 Lampertheim

**Erhard Weidner**

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie  
Dezernat Bodenschutz, Bodeninformation  
Rheingaustraße 186  
65203 Wiesbaden