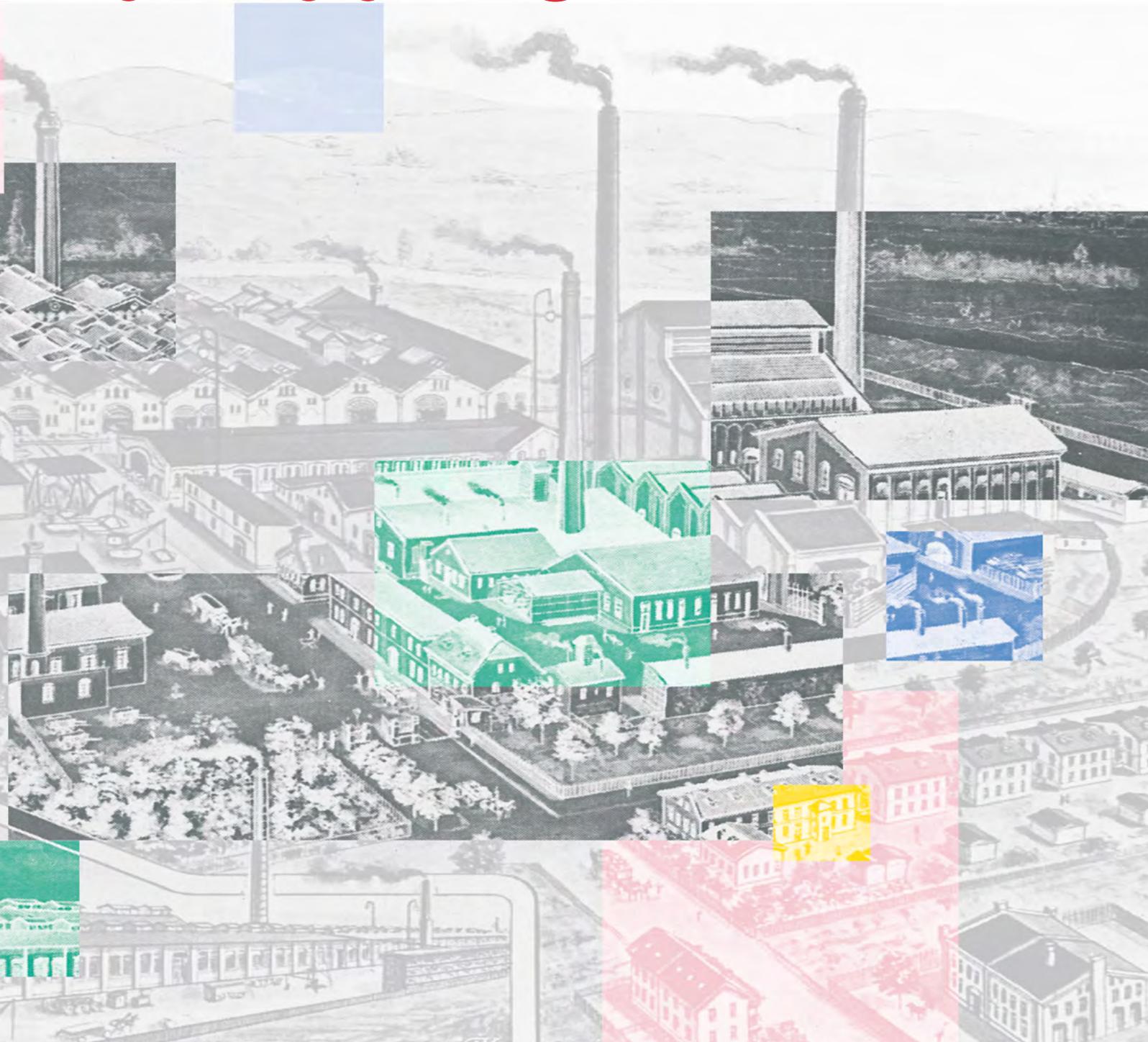




Altlasten- annual 2017



Altlasten- **annual 2017**

Wiesbaden, 2018

Impressum

Altlasten-annual 2017

ISBN: 978-3-89531-876-4

Bearbeitung: Redaktionsteam „annual 2017“, Dezernat Boden und Altlasten

Layout: Martina Schaffner

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

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

Telefon: +49 (0)611 69 39-0
Telefax: +49 (0)611 69 39-555
E-Mail: vertrieb@hlnug.hessen.de

www.hlnug.de

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

Inhalt

Jan Brodsky Stand der Altlastenbearbeitung in Hessen	7
--	---

Aktuell

Maike Lamp Erfahrungen mit dem Ausgangszustandsbericht in Hessen	11
Jan Brodsky Zur Auswahl der Parameter und Analysenverfahren im Rahmen des Ausgangszustandsberichts	21
Dieter Riemann, Jörn Müller, Christian Knöchel, Martin Maier, Margot Isenbeck-Schröter Mobilisierung von Arsen – eine Alternative der Grundwassersanierung.....	25
Aktuelle Informationen und Veröffentlichungen.....	37

Seminar Altlasten und Schadensfälle

Seminar Altlasten und Schadensfälle 2017	39
Jörg Frauenstein IED: Anforderungen an Ausgangszustandsbericht und Rückführungspflicht – ein Zwischenstand	41
Peter Hanisch Stilllegung von Anlagen nach § 5 Abs. 3 BImSchG	49
Wolfgang Schulz & Rudi Winzenbacher Non-Target-Screening in der Altlastenbearbeitung	57
Andreas Zeddel & Jens Utermann Aktualisierung der Geringfügigkeitsschwellen der LAWA von 2016 und der Entwurf zur Novellierung der BBodSchV 2017.....	65
Jörg Römbke & Jeannette Bernard Biologische Methoden in der Boden- und Altlastenbewertung: Der TRIAD-Ansatz (ISO 19204)	71
Michael Wolf Veranschaulichung der Wertelisten bei Sanierungen und Bodenverfüllungen	79
Andrea Hädicke Ableitung der Geringfügigkeitsschwellenwerte für per- und polyfluorierte Chemikalien	93
Sandra Philippov Top oder Flop – sanierungsbedürftige Gutachten	101
Reinhard Sudhoff „Fackelteich“, ein Fall aus der Praxis	107
Jörg Hartmann, Zrinko Rezić & Dieter Baun Ehemaliger Kupferhüttenstandort Richelsdorf „Alte Hütte – Neue Lasten“	109
Marcus Alter & Greet Schrauwen Komplexe Grundwassersanierung mittels Airsparging am Standort eines ehemaligen NATO-Ölhafens	119

Infothek

Altlasten im Internet	123
Handbuchreihe Altlasten	124
Sonstige Veröffentlichungen	132
Autorinnen und Autoren des Altlasten-annual 2017	136



Vorwort

Liebe Leserin, lieber Leser,



nach einem kurzen Rückblick auf die Arbeitsschwerpunkte des vergangenen Jahres möchten wir auch diesmal über einige ausgewählte aktuelle Themen etwas ausführlicher berichten.

Die europäische Industrieemissions-Richtlinie fordert, dass im Rahmen der Ge-

nehmigung bestimmter Industrieanlagen ein Bericht über den Ausgangszustand des Anlagenstandortes zu erstellen ist. Bei der späteren Stilllegung dient der Bericht als Grundlage, um mögliche Kontaminationen während des Anlagenbetriebes festzustellen. Im Altlasten-annual 2013 hatten wir dieses neue Instrumentarium bereits ausführlich vorgestellt. Vier Jahre später liegen bei den Behörden nun erste Erfahrungen mit dem Ausgangszustandsbericht vor. Eine besondere Herausforderung stellt die Auswahl geeigneter Untersuchungsparameter und Analyseverfahren dar.

Anfang der 1950er Jahre war das Thema Altlasten noch nicht präsent, andernfalls wäre das hochgradig mit Arsen belastete Gelände der ehemaligen Chemischen Fabrik Neuschloß in Lampertheim sicher nicht bebaut worden. Die Sanierung des Bodens auf den Grundstücken konnte 2011 erfolgreich abgeschlossen werden. Im Grundwasser befinden sich dagegen auch nach jahrelanger hydraulischer Sanierung noch erhebliche Mengen des Schadstoffs. Wie könnte die Grundwassersanierung effektiver gestaltet werden? Um diese Frage zu beantworten, wurden verschiedene Untersuchungen und Pilotversuche durchgeführt, die zu vielversprechenden Ergebnissen geführt haben.

Weitere interessante Beiträge zu aktuellen Entwicklungen im Altlastenbereich finden Sie auch in den Vorträgen unseres alljährlichen Seminars Altlasten und Schadensfälle.

Ich wünsche Ihnen viel Freude bei der Lektüre und bedanke mich bei allen, die zum Gelingen dieser Ausgabe beigetragen haben



Prof. Dr. Thomas Schmid

Präsident des Hessischen Landesamtes für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Stand der Altlastenbearbeitung in Hessen

JAN BRODSKY

Altlastenbearbeitung ist ein langandauerndes Thema. Wer in diesem Fachbereich arbeitet, weiß, dass man einen langen Atem braucht. Die meisten Projekte laufen über Jahre, so dass es manchmal schwierig ist,

immer wieder etwas Neues zu präsentieren. Deshalb soll diesmal an dieser Stelle nur knapp über die Arbeitsschwerpunkte berichtet werden.

Arbeitshilfen

Nach wie vor ist das Thema PFC aktuell – und wird es wohl auf Jahre hinaus bleiben. In 2015 wurde die zweite Phase des Projekts im Rahmen des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser, Boden und Abfall“ initiiert, um bundesweite Vorgaben für die Erfassung von Standorten mit möglichen PFC-Verunreinigungen zu erarbeiten. Das LFP-Projekt B 4.15 hat die exemplarische flächendeckende Erfassung und standortbezogene Erhebung zum Inhalt, also den Praxistest, ob die in der Arbeitshilfe PFC beschriebene Vorgehensweise zur Erfassung praktikabel ist. Der Bericht wird Ende 2017 erwartet. Die Ergebnisse werden in die hessische Strategie einfließen.



Die hessische **AG „Beginn und Ende einer Grundwassersanierung“** konnte 2017 ihre Arbeiten nahezu abschließen. In der AG sind die Regierungspräsidien, das Umweltministerium und das HLNUG vertreten. Eine zentrale Fragestellung der AG lautet, wie Sanierungsziele bzw. Sanierungszielwerte für Altlastensanierungen unter Berücksichtigung des jeweiligen Einzelfalls abgeleitet werden können. Einen weiteren Schwerpunkt bildet die Frage, unter welchen Randbedingungen langlaufende Grundwassersanierungen, bei denen das festgelegte Sanierungsziel in absehbarer Zeit nicht erreichbar ist, beendet werden können. Die Arbeitsergebnisse werden voraussichtlich im Frühjahr 2018 in einer neuen Auflage des Handbuchs Altlasten „Arbeitshilfe zur Sanierung von Grundwasserverunreinigungen“ veröffentlicht werden.

Schadstoffbewertung und Analytik

Seit einigen Jahren arbeitet das HLNUG im **ALA-Gesprächskreis „Schadstoffbewertung“** mit. Der Gesprächskreis hat den Auftrag, **länderübergreifende Prüfwerte und Bewertungshilfen** bei der Altlastenbearbeitung zu entwickeln.



Das HLNUG war 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 Ableitungs-

schema für die ökotoxikologische Stoffbewertung, da europäische Vorgaben die nationalen Bewertungsvorgaben ersetzt haben.

In einer Kleingruppe unter Beteiligung der LABO und LAGA wurden der Bericht des LAWA UA und die Datenblätter weiterbearbeitet und um Anwendungsregeln ergänzt. Der Bericht wurde mittlerweile auf der LAWA-Internetseite veröffentlicht: http://www.lawa.de/documents/Geringfuegigkeits_Bericht_Seite_001-028_6df.pdf

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

Die eingerichtete LAWA/LABO-Kleingruppe strebt an, die bereits vorliegende Geringfügigkeitsschwelle (GFS) für PFOS zu aktualisieren und GFS für weitere relevante PFC abzuleiten. Das HLNUG ist Mitglied

in dieser Kleingruppe. Die Grundlage der Arbeiten ist eine umfangreiche Literaturrecherche, auf deren Basis das vorliegende Datenmaterial bewertet wird. Nach Abstimmung der Ergebnisse mit weiteren mit dem Thema befassten Gremien wurde eine Entwurfsfassung des Berichtes erarbeitet, die 2017 den LABO- und LAWA-Gremien vorgelegt wurde. Nach Einarbeitung der eingebrachten, vorwiegend redaktionellen Änderungswünsche soll die Entwurfsfassung im Herbst 2017 der LAGA und den Verbänden zur Stellungnahme vorgelegt werden. Es wird angestrebt, dem endgefassten Papier in einem LAWA-Umlaufverfahren im Nachgang der 154. LAWA-VV zuzustimmen.

Im Bereich der Analytik engagierte sich das HLNUG auch 2017 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 in der Regel einmal pro Jahr statt.

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 berufen. Die Berufung wurde um weitere drei Jahre bis zum 31.08.2020 verlängert. 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/sectorkomitee-chemie-und-umwelt>).

Das **Recherchesystem ReSyMeSa** ist ein wichtiges Instrument bei der Bekanntgabe von Untersu-

chungsstellen (Messstellen) und Sachverständigen im gesetzlich geregelten Umweltbereich. Seit dem Jahr 2012 hat das HLNUG 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 Belange des Systems im Bereich Boden und Altlasten bei der **Bekanntgabe von Untersuchungsstellen und Sachverständigen nach § 18 Bundes-Bodenschutzgesetz**.

Im Juli 2013 ist die Systembetreuung (Betreuung der Web-Anwendung) von ReSyMeSa an das Land Hessen übergegangen. Die Aufgabe wird vom HLNUG in Kassel wahrgenommen.

Altflächendatei

Die Altflächendatei des Landes Hessen ist Teil eines Bodeninformationssystems. Sie wird wie gesetzlich vorgeschrieben vom HLNUG in Zusammenarbeit mit den Regierungspräsidien als obere Bodenschutzbehörden und den Landkreisen und kreisfreien Städten als untere Bodenschutzbehörden geführt.

Der zentrale Bestandteil der Altflächendatei ist das Fachinformationssystem Altflächen und Grundwasserschadensfälle (FIS AG). Die Datenbank von FIS AG enthält Lagedaten und weitere Informationen zu Flächen. Bei den Flächen kann es sich um Altstandorte, Altablagerungen, Grundwasserschadensfälle oder sonstige schädliche Bodenveränderungen handeln. Als weitere Informationen werden z. B. Daten zu Betrieben, Ablagerungen, Nutzungen, Untersuchungen

usw. verarbeitet. Zurzeit sind Informationen zu mehr als 120 000 Standorten erfasst.

Am 08.08.2017 wurde der FIS AG Flexviewer durch den FIS AG map.apps Viewer ersetzt. Das neue Werkzeug entspricht den aktuellen IT-Standards und bietet dem Anwender optimierte Nutzungsmöglichkeiten.

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

Erfahrungen mit dem Ausgangszustandsbericht in Hessen

MAIKE LAMP

1 Einleitung

Die Industrieemissionsrichtlinie¹ (IE-RL) der EU führte 2013 zu verschiedenen Änderungen des deutschen Umweltrechts. Unter anderem wurde mit dem Ausgangszustandsbericht (AZB) ein neues Instrumentarium des vorsorgenden Bodenschutzes eingeführt. Diese anlagenbezogene Regelung ist im § 10 Abs. 1a des Bundesimmissionsschutzgesetzes (BImSchG) verankert. Demnach ist seit dem 07.01.2014 für Anlagen, die unter die IE-RL fallen, bei Neugenehmigung die Erstellung eines Ausgangszustandsberichtes erforderlich. Bei bestehenden IE-Anlagen ist im Zuge der ersten Änderungsgenehmigung ein Ausgangszustandsbericht zu erstellen. In diesem ist der Zustand des Bodens und des Grundwassers des Anlagengrundstücks hinsichtlich der in der Anlage vorhandenen relevant gefährlichen Stoffe zu beschreiben. Bei einer zukünftigen Stilllegung der Anlage fungiert der AZB dann als Beurteilungsgrundlage für eine Rückführungspflicht. Sollten im Vergleich zum Ausgangszustand erhebliche Boden- oder Grundwasserverschmutzungen durch relevant gefährliche Stoffe eingetreten sein, so muss der Betreiber das Anlagengrundstück in den Ausgangszustand zurückführen. Bereits vor seiner Einführung hat der AZB zu großen Diskussionen und Unsicherheiten bei Gutachtern, Anlagenbetreibern und den Umweltbehörden darüber geführt, wie die Regelungen zum AZB – vor allem bei Altanlagen – in der Praxis umzusetzen sind und welche Konsequenzen daraus resultieren können. Grund, um nun nach 3,5 Jahren der Umsetzung die mit dem AZB gesammelten Erfahrungen vorzustellen.

¹ Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24.11.2010 über Industrieemissionen

Fallzahlen

Betrachten wir zunächst die statistischen Zahlen. In der nachstehenden Tabelle sind nach den Regierungsbezirken differenziert die in Hessen fertiggestellten und in Bearbeitung befindlichen AZB dargestellt (Stand September 2017).

Die hinter der gesetzlichen Regelung zum AZB stehende Zielsetzung ist es, dass mit der Zeit alle IE-Anlagen, bei denen die Notwendigkeit einen AZB zu erstellen besteht, auch einen AZB vorgelegt haben. Derzeit haben von den ca. 906 IE-Anlagen in Hessen mittlerweile etwa 96 einen Ausgangszustandsbericht für ihr Anlagengrundstück erstellt, ca. 27 AZB befinden sich derzeit in Bearbeitung. Dies entspricht zusammen ca. 14 % der hessischen IE-Anlagen. Nicht berücksichtigt bei diesen Zahlen sind die IE-Anlagen, bei denen bereits festgestellt wurde, dass sie keine Pflicht zur Erstellung eines AZB haben. Sei es, weil keine relevant gefährlichen Stoffe in der Anlage vorhanden sind oder weil aufgrund der tatsächlichen Umstände eine Verschmutzungsmöglichkeit ausgeschlossen werden konnte.

Tab. 1: Anzahl an IE-Anlagen und erstellten bzw. in Bearbeitung befindlichen AZB in Hessen (Stand September 2017)

Regierungsbezirk	IE-Anlagen	AZB	
		abgeschlossen	in Bearbeitung
Kassel (Kassel)	ca. 130	5-6	5-6
Kassel (Bad Hersfeld)	50	4	2
Gießen	120	8	5
Darmstadt (Darmstadt)	357	37	2
Darmstadt (Frankfurt)	ca. 200	36	12
Darmstadt (Wiesbaden)	49	5	0
gesamt	Ca. 906	95 - 96	26 - 27

2 Erfahrungen

Bei der Annäherung an das Thema des Ausgangszustandsberichtes fällt zunächst auf, dass die Ausführlichkeit der gesetzlichen Regelungen hierzu relativ gering ist. So gibt der Gesetzgeber im § 10 Abs. 1a BImSchG in Verbindung mit der Definition der relevant gefährlichen Stoffe in § 3 Abs. 9 und 10 BImSchG vor, unter welchen Tatbestandsvoraussetzungen ein AZB zu erstellen ist. Eben genau dann, wenn in einer Anlage nach IE-RL relevante gefährliche Stoffe verwendet, erzeugt oder freigesetzt werden und eine Verschmutzung des Bodens oder des Grundwassers auf dem Anlagengrundstück durch diese Stoffe möglich ist. Diese Möglichkeit besteht nicht, wenn ein Eintrag auf Grund der tatsächlichen Umstände ausgeschlossen werden kann. In § 4a Abs. 4 der 9. BImSchV sind Anforderungen an den Inhalt eines AZB formuliert. Demnach hat er Informationen über die derzeitige und frühere Nutzung des Anlagengrundstücks sowie Informationen über Boden- und Grundwassermessungen, die den Zustand zum Zeitpunkt der Erstellung des AZB wiedergeben, zu enthalten. Diese Messungen müssen dem Stand der Messtechnik entsprechen. Des Weiteren müssen die Informationen im AZB einen quantifizierten Vergleich mit dem Boden- und Grundwasserzustand zum Zeitpunkt der Betriebseinstellung der Anlage ermöglichen.

Sowohl die Regelungen des § 10 Abs. 1a BImSchG als auch die inhaltlichen Vorgaben des § 4a Abs. 4 9. BImSchV lassen einen erheblichen Auslegungsspielraum zu, den es in der Verwaltungspraxis zu füllen galt bzw. gilt. Auf einzelne in der Umsetzung der Vorschriften häufig auftretende Schwierigkeiten und Auslegungsfragen wird nachfolgend näher eingegangen. Die Ausführungen stützen sich vorwiegend auf Erkenntnisse, die im Regierungspräsidium Gießen sowie bei einem Anfang 2017 stattgefundenen Erfahrungsaustausch zwischen Vertretern der verschiedenen hessischen Regierungspräsidien gewonnenen wurden. Bei letzterem wurde deutlich, dass die bei der Bearbeitung des AZB auftretenden Schwierigkeiten und Konflikte bei allen Regierungspräsidien meist ähnlich sind. Es wurden allerdings

auch Unterschiede erkennbar, wie zum Beispiel bei den Bearbeitungsabläufen innerhalb der Behörde.

2.1 Arbeitshilfe zur Erstellung eines Ausgangszustandsberichtes

Von der LABO wurde bereits 2013 – also vor Inkrafttreten der AZB-Pflicht – in Zusammenarbeit mit der LAWA eine Arbeitshilfe² zur Erstellung des AZB erarbeitet. Darin werden, neben der Darstellung des rechtlichen Hintergrundes, Kriterien zur Prüfung einer AZB-Pflicht sowie Anforderungen an die fachliche und inhaltliche Ausgestaltung des AZB festgelegt. Diese Arbeitshilfe ist in Hessen für die Umweltverwaltung zwar nicht per Erlass verbindlich eingeführt, doch wird sie bei der Bearbeitung des AZB sowohl auf Seiten der Behörde als auch seitens des Anlagenbetreibers und der Gutachter gern herangezogen und hat sich als wichtiges Hilfsmittel bewährt. Bei vielen Betreibern, insbesondere von kleineren IE-Anlagen, liegen geringe Kenntnisse über den AZB vor und es herrschen Unsicherheiten, wie ein solcher zu erstellen ist. Hier bietet die Arbeitshilfe einen guten Einstieg in die Thematik. Zudem legt sie den Rahmen fest, in dem sich der AZB bewegt und der im Einzelfall der betroffenen Anlage ausgefüllt werden muss. Durch die Anwendung der Arbeitshilfe auf Seiten der Behörde und des Antragstellers kann – soweit dies möglich ist – ein einheitlicher Vollzug innerhalb Hessens gewährleistet werden und dem Antragsteller ein allgemeiner Wegweiser an die Hand gegeben werden. Letzteres kann die Bearbeitungs- und Erstellungszeit reduzieren und führt auch für die Unternehmen zu einer einheitlichen Ausarbeitungsgrundlage.

Im Folgenden wird zunächst auf einzelne Fragen und Problemfelder eingegangen, die bei der Erstellung und Bearbeitung eines AZB auftreten. Anschließend werden die innerbehördlichen Erfahrungen zum Verwaltungsverfahren sowie die seitens der Anlagenbetreiber geäußerten Sichtweisen dargestellt.

² Arbeitshilfe zum Ausgangszustandsbericht für Boden und Grundwasser, Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) in Zusammenarbeit mit der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), 15.04.2015

2.2 Anlagenabgrenzung

Die erste Frage, die bei der Erstellung des AZB zu beantworten ist und bei der häufig Diskussionen auftreten, ist die Abgrenzung der IE-Anlage. Für den AZB sind grundsätzlich die Flächen zu betrachten, die der IE-Hauptanlage sowie den zugehörigen Nebeneinrichtungen zugeordnet sind. Nach den Regelungen des Immissionsschutzrechts (§ 1 Abs. 2 und 3 der 4. BImSchV) liegt eine Nebeneinrichtung zur Anlage vor, wenn sie ausschließlich diese versorgt. Dient eine Einrichtung einer Vielzahl von Anlagen, wird sie als eigenständige Anlage bewertet und ist somit nicht Bestandteil der IE-Anlage. Abgrenzungsschwierigkeiten treten häufig bei Rohrleitungen, Verkehrswegen, Lageranlagen und Betriebstankstellen auf, bei denen zu entscheiden ist, ob es sich um eine Nebeneinrichtung oder eigenständige Anlage handelt. Gerade bei größeren Betrieben dienen die oben genannten Einrichtungen oftmals mehreren verschiedenen Anlagen. Dies führt dazu, dass hier in der Regel nur Teilbereiche des Anlagengrundstücks der IE-Anlage zugeordnet sind und daher im AZB nur diese Teilflächen zu betrachten sind. Bei kleineren Betrieben ist dagegen teilweise das gesamte Anlagengrundstück für den AZB relevant. Für bestehende IE-Anlagen ist diese Diskussion jedoch mittlerweile meist abgeschlossen, da die Anlagenabgrenzung auch für die IE-Überwachung erforderlich ist und in diesem Zuge festgelegt wurde. Die in diesem Zusammenhang vorgenommene flächige Zuordnung der IE-Anlage ist dann Grundlage des AZB.

2.3 Relevant gefährliche Stoffe

Der nächste Schritt bei der Bearbeitung des AZB ist die Festlegung der relevant gefährlichen Stoffe (rgS). Hierzu bietet die LABO-Arbeitshilfe Kriterien zur Bestimmung der stofflichen und quantitativen Relevanz der in der Anlage vorhandenen Stoffe sowie ein entsprechendes Prüfschema. Diese Kriterien haben sich in der Praxis etabliert. Unklarheiten bestehen dabei jedoch bei der Bestimmung der Mengenrelevanz. Hierzu sind in der Arbeitshilfe nach Wassergefährdungsklasse abgestufte Mengenschwellen

für Durchsatz und Lagerkapazität genannt. Es wird jedoch nicht festgelegt, welche der Kenngrößen anzuwenden ist. Hier wird zumindest im Regierungspräsidium Gießen der jeweils größere Wert als maßgeblich angesetzt und somit eine *worst case*-Betrachtung durchgeführt.

Ein weiterer Aspekt in diesem Zusammenhang ist die Betrachtung von Abfall und Abwasser. Entsprechend der Begriffsdefinition der rgS in § 3 Abs. 9 und 10 BImSchG sind für den AZB nur Stoffe zu betrachten, die nach der Verordnung zur Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen³ (CLP-VO) als gefährlich eingestuft sind. Abwasser und Abfall sind nicht vom Anwendungsbereich der CLP-Verordnung umfasst und somit per Definition keine relevant gefährlichen Stoffe. Dies führt dazu, dass bei Abfallbetrieben, z. B. Abfallverbrennungsanlagen und Abfalllager, lediglich die dort zusätzlich eingesetzten Betriebsstoffe hinsichtlich einer AZB-Pflicht zu prüfen sind. Die behandelten Abfälle sind dagegen nicht zu betrachten, was aus Sicht des Umweltschutzes nicht zufriedenstellend ist. In der Anfangsphase der Umsetzung der Regelungen zum AZB wurden trotzdem für einige wenige Abfallanlagen Ausgangszustandsberichte erstellt. Des Weiteren sollten in IE-Anlagen anfallende Abfälle und Abwasser aufgrund ihrer Umweltrelevanz als möglicher Eintragspfad von den darin enthaltenden relevant gefährlichen Stoffen in den Untergrund betrachtet werden. Abfall und Abwasser sind damit zwar keine relevant gefährlichen Stoffe, aber sie sind bei der Bewertung der Verschmutzungsmöglichkeit zu berücksichtigen.

Insgesamt hat sich die Verwendung eines Standard-Formulars 22/1 der Antragsunterlagen im Genehmigungsverfahren nach BImSchG bewährt, in dem für jeden in der Anlage vorhandenen Stoff die für den AZB relevanten Angaben kompakt zusammengefasst werden. Neben der Angabe, ob der Stoff nach CLP-VO gefährlich ist, sind die Wassergefährdungsklasse, zusätzliche Gefahrenhinweise und die in der Anlage vorhandene Menge zu nennen. Daraus lässt sich bewerten, ob die Kriterien für einen relevant gefährlichen Stoff erfüllt sind. Des Weiteren ist anzugeben,

³ Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und Rates vom 16.12.2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinie 67/548/EWG und 199/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006

wo mit dem Stoff umgegangen wird, so dass für jeden Stoff die im AZB zu betrachtenden Teilbereiche deutlich sind. Ein wichtiger Aspekt zur Prüfung der Angaben und nachfolgenden Ableitung der maßgeblichen Parameter ist die Nennung der CAS-Nr., mit der die Stoffe eindeutig identifiziert werden können. Zudem sind für diese Prüfung die Sicherheitsdatenblätter der Stoffe vorzulegen.

2.4 Parameterauswahl und Analytik

Eine herausfordernde Schwierigkeit ist stets die Ableitung von Untersuchungsparametern, mit denen die relevant gefährlichen Stoffe im Boden und Grundwasser hinreichend bestimmt werden können sowie die Festlegung der zugehörigen Analytik. Grundsätzlich sind für den AZB die Gehalte der Einzelstoffe im Boden und Grundwasser zu ermitteln. Dies ist für viele der in den Anlagen eingesetzten Stoffe, insbesondere bei organischen Verbindungen, häufig nur mit erheblichem Aufwand möglich, denn meist bestehen keine validierten Analyseverfahren für diese speziellen Stoffe. Die Entwicklung solcher Verfahren erfordert einen hohen finanziellen und zeitlichen Aufwand, weshalb für den AZB oftmals ersatzweise auf Summen- oder Leitparameter zurückgegriffen wird, für die entsprechende Analyseverfahren vorliegen.

Diese Thematik wird im nachfolgenden Artikel von Herrn Dr. Brodsky näher ausgeführt.

2.5 Verschmutzungsrisiko

Nach Identifikation der relevant gefährlichen Stoffe ist die Verschmutzungsmöglichkeit von Boden und Grundwasser mit diesen Stoffen zu beurteilen. Dies stellt einen häufigen Konfliktpunkt zwischen Anlagenbetreiber und Behörde dar.

Entsprechend des Wortlautes des § 10 Abs. 1a BImSchG besteht eine Verschmutzungsmöglichkeit nur dann nicht, wenn ein Eintrag der relevant gefährlichen Stoffe aufgrund der tatsächlichen Umstände ausgeschlossen werden kann. Bei der Bewertung des Verschmutzungsrisikos ist die gesamte Betriebsdauer der Anlage zu betrachten. Bei einer Verneinung einer

AZB-Pflicht muss somit auch zukünftig mit hinreichender Sicherheit gewährleistet sein, dass ein Eintrag mit den vorhandenen Sicherheitsvorkehrungen ausgeschlossen werden kann. Hierbei werden auch Störfälle und der nicht bestimmungsgemäße Betrieb einbezogen. Dies stellt höhere Anforderungen an die Schutzvorkehrungen, als die Einhaltung der Anforderungen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (geregelt durch die Verordnung für Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (vormals VAWs, nun AwSV)), die somit hierfür nicht genügen. Stattdessen hat sich in einigen Bundesländern und darunter auch in Hessen der Ansatz eines VAWs/AwSV-Plus-Niveaus etabliert. Dies besagt, dass eine Verschmutzungsmöglichkeit i.d.R. nur dann ausgeschlossen werden kann, wenn Schutzvorkehrungen vorhanden sind, die über die Anforderungen der VAWs (bzw. AwSV) hinausgehen. Einheitliche Vorgaben, wann dies erfüllt ist, bestehen in Hessen jedoch nicht. Die vorhandenen Sicherheitsmaßnahmen einer Anlage sind stets im Einzelfall zu bewerten. Dabei treten häufig Diskussionen mit den Anlagenbetreibern auf, die die Sichtweise der Behörde oftmals nicht teilen und die VAWs-konformen Schutzvorkehrungen als ausreichend erachten. Kritikpunkt seitens der Antragssteller und Gutachter sind zudem die unterschiedlichen Vollzugspraktiken der Bundesländer.

2.6 Bestimmung des Ausgangszustands

2.6.1 Boden

Die LABO-Arbeitshilfe sieht verschiedene Möglichkeiten der Festlegung des Ausgangszustands des Bodens vor. Es können sowohl Bodenuntersuchungen der AZB-relevanten Flächen erfolgen, als auch Referenzflächen untersucht werden. Wenn keine Bodenuntersuchungen möglich sind, können auch – soweit bekannt – für den Standort repräsentative Hintergrundwerte des Bodens oder die Bestimmungsgrenze des Parameters als Ausgangszustand festgesetzt werden. In der Praxis werden alle diese genannten Möglichkeiten umgesetzt. Vorzugsweise ist eine Probennahme auf der AZB-relevanten Fläche durchzuführen, um den tatsächlichen Bodenzustand möglichst treffend zu beschreiben. Dieses Vorgehen ist bei einer Errichtung der Anlage auf einer „grünen Wiese“ unproblematisch und wird dort auch

entsprechend umgesetzt. In der Regel wird der AZB allerdings für bestehende Anlagen erstellt. Hier führen die vorhandenen baulichen Bedingungen in der Regel zu Restriktionen, die direkte Proben von der Anlagenfläche erschweren oder ganz verhindern. Für VAWS- (bzw. AwSV-) Flächen gilt der Grundsatz, dass diese nicht durchbohrt werden, um die intakte Funktion der Schutzvorkehrung nicht in Mitleidenschaft zu ziehen und weiterhin zu gewährleisten. Wenn möglich wird der Boden angrenzend an diese geschützten und zu schützenden Flächen untersucht. Bei einfach versiegelten Flächen (z. B. Verkehrswege) können prinzipiell Untersuchungen durchgeführt werden. Allerdings sind hier die baulichen Verhältnisse, wie die Lage von Versorgungsleitungen, zu berücksichtigen, die eine Probennahme nicht an jedem Standort ermöglichen. Häufig wird daher vom Anlagenbetreiber auf eine materielle Probe verzichtet und stattdessen die Bestimmungsgrenze des Analyseverfahrens als Ausgangszustand des Parameters im Boden festgelegt.

2.6.2 Grundwasser

Eine Untersuchung des Grundwassers – soweit dies am Anlagenstandort erschlossen wird – ist dagegen stets erforderlich. Da bei vielen Anlagengrundstücken die Grundwasserfließrichtung nicht sicher bekannt ist, werden meist Grundwassermessstellen in Form eines hydrologischen Dreiecks errichtet. Hierbei wird eine Grundwassermessstelle im Grundwasseranstrom und zwei im -abstrom errichtet. Je nach Größe des Anlagengrundstücks können zur Erfassung des Grundwasserabstroms weitere Messstellen erforderlich sein, häufig sind jedoch zwei Messstellen im Abstrom ausreichend. Die Art und Weise, wie der Ausgangszustand im Grundwasser bestimmt wird, variiert zwischen den einzelnen AZB. Teilweise wird ein Einfachmonitoring der Messstellen durchgeführt und die dabei ermittelten Konzentrationen als Ausgangszustand definiert. In anderen Fällen werden Pumpversuche oder ein zeitlich gestaffeltes Monitoring bei verschiedenen hydrologischen Bedingungen durchgeführt.

2.7 Maßnahmen nach Bodenschutzrecht

Eine häufige Befürchtung der Anlagenbetreiber ist, dass bei den Untersuchungen für den AZB Verunreinigungen des Untergrundes entdeckt werden, die weitere Maßnahmen nach Bodenschutzrecht und eventuell eine aufwändige Sanierung erfordern. Diese Sorge hat sich zumindest bisher in der Praxis nur selten erfüllt. Im Regierungsbezirk Gießen wurden bis heute lediglich in einem einzigen Fall weiterführende Boden- und Grundwasseruntersuchungen aufgrund eines Verdachts auf schädliche Bodenveränderungen erforderlich. Ein Sanierungsbedarf hat sich daraus aber nicht ergeben.

2.8 Überwachung von Boden und Grundwasser

Eine nächste neue Betreiberpflicht, die aus der IERL resultiert, ist die wiederkehrende Überwachung von Boden und Grundwasser hinsichtlich der in der Anlage vorhandenen relevant gefährlichen Stoffe. Entsprechend der Regelungen des § 21 Abs. 2a der 9. BImSchV sollen im Abstand von 10 Jahren Bodenuntersuchungen und alle 5 Jahre Grundwasseruntersuchungen auf die relevant gefährlichen Stoffe erfolgen. Zwar ist die Festlegung der Überwachungsmaßnahmen kein zwingender Bestandteil eines AZB, aufgrund der engen inhaltlichen Verknüpfung wird sie aber meist im Rahmen des AZB vorgenommen. Dabei zeigt sich, dass die Schwierigkeiten, die bei der Gewinnung von Bodenproben zu Beschreibung des Ausgangszustands bestehen (vgl. Abschnitt 2.6.1), naturgemäß auch bei der Überwachung des Bodenzustands vorliegen. Zudem ist der Erkenntnisgewinn aus einzelnen wenigen Bodenproben oft gering, weswegen der Untersuchung des Grundwassers eine größere Relevanz zugemessen wird und wahrscheinlich auch zukommt. Daher wird bei der wiederkehrenden Überwachung häufig auf Bodenuntersuchungen verzichtet. Im Gegenzug können eine Verkürzung der Überwachungsintervalle der Grundwasseruntersuchungen sowie die Umsetzung weiterer organisatorischer Maßnahmen, wie zum Beispiel zusätzliche Kontrollen der Sicherheitsvorkehrungen, erfolgen.

2.9 Der AZB als Einzelfall

Die Praxiserfahrungen der letzten Jahre zeigen, dass jeder AZB individuell ausgestaltet ist. Sowohl der Aufbau als auch die inhaltliche Gestaltung variieren zwischen den einzelnen AZB. Im Wesentlichen resultiert dies aus den unterschiedlichen Standortbedingungen der Anlage. Daneben haben auch der mit der Erstellung des AZB betraute Gutachter und der Anlagenbetreiber einen großen Einfluss auf die Gestaltung des AZB.

Die Standortbedingungen beeinflussen insbesondere das Probennahmekonzept. So ist zum Beispiel von der Anlagen- bzw. Grundstücksgröße abhängig, wie viele Probennahmestellen erforderlich sind. Vorhandene bauliche Restriktionen sind entscheidend für die Frage, ob überhaupt Bodenproben entnommen werden. Auch Kenntnisse über die Nutzungshistorie fließen in den Probenplan ein. Die hydrogeologischen Bedingungen bestimmen wiederum die Art der Beschreibung des Grundwasserzustands. Wenn kein mit vertretbarem Aufwand erreichbares Grundwasservorkommen vorliegt, kann es zum Beispiel sinnvoll sein auf die Untersuchung von Sickerwasser auszuweichen.

Die Herangehensweise des beauftragten Gutachters sowie die Einstellung des Anlagenbetreibers zum AZB beeinflussen ebenfalls maßgeblich seine Ausgestaltung. Dies spiegelt sich besonders im Umfang der durchgeführten Untersuchungen und der begleitenden Informationen, wie z. B. der Anlagenbeschreibung oder der Darstellung der Nutzungshistorie, wider. Bei abwehrender Haltung der Betreiber und teilweise auch der Gutachter wird lediglich der in der Diskussion mit der Behörde getroffene Minimalkonsens umgesetzt. In anderen Fällen wird dagegen die Chance genutzt, im Rahmen des AZB eine umfangreiche Bestandsaufnahme über die Grundstückssituation zu erhalten, die auch über die Anforderungen des AZB, z. B. hinsichtlich der zu betrachtenden Grundstücksbereiche oder untersuchten Parameter, hinausgeht.

2.10 Verfahren

Der AZB ist stets an ein immissionsschutzrechtliches Genehmigungsverfahren gekoppelt und als Kapitel 22 mit den Antragsunterlagen vorzulegen. Er nimmt im Genehmigungsverfahren jedoch eine Sonderstel-

lung ein, da er nicht für die Feststellung der Vollständigkeit der Antragsunterlagen vorliegen muss. Die Behörde kann zulassen, dass der AZB bis zum Beginn der Errichtung oder Inbetriebnahme der Anlage nachgereicht wird (§ 7 Abs. 1 der 9. BImSchV). Diese Möglichkeit der späteren Vorlage wird in der Regel gewährt. Voraussetzung für eine Genehmigungserteilung ohne einen vollständigen AZB ist dabei, dass zumindest ein prüffähiges AZB-Konzept vorliegt. Es müssen die relevanten gefährlichen Stoffe sowie die für den AZB relevanten Teilflächen bekannt sein und es muss ein Probennahmekonzept bestehen. Des Weiteren dürfen durch die Errichtung der Anlage keine für den AZB erforderlichen Untersuchungen verhindert werden. Der Genehmigungsbescheid wird dann unter der Bedingung erteilt, dass vor Inbetriebnahme ein behördlich zugestimmter AZB vorliegen muss. Dieses elegante Vorgehen ist häufig erforderlich, da sich herausgestellt hat, dass die Erstellung eines AZB einen mehrmonatigen bis in Einzelfällen sogar mehrjährigen Prozess erfordert. Das Genehmigungsverfahren kann dadurch erheblich in die Länge gezogen werden, weshalb das Interesse der Anlagenbetreiber besteht, bereits vor Komplettierung des AZB mit der Errichtung der Anlage zu beginnen. Die lange Erarbeitungszeit bzw. späte Fertigstellung des AZB im Genehmigungsverfahren wird von mehreren Faktoren beeinflusst. Zunächst ist der Zeitpunkt des Beginns der AZB-Erstellung entscheidend. In einigen Fällen wird mit den Antragsunterlagen die Aussage vorgelegt, dass keine AZB-Pflicht bestehe. Wenn diese Verneinung der AZB-Pflicht behördlicherseits nicht bestätigt wird, wird erst nach Beginn des Genehmigungsverfahrens mit der Erstellung des AZB begonnen. Ein weiterer Aspekt ist die Verfügbarkeit von Ingenieurbüros und Bohrfirmen zur Durchführung der Untergrunduntersuchungen und Errichtung der Grundwassermessstellen. Hier sind teilweise größere Zeiträume einzuplanen, bis die Arbeiten durchgeführt werden können. Wenn gestaffelte Grundwasserprobennahmen vorgesehen sind, wird auch hierfür ein längerer Zeitraum benötigt. Je nach Auslastung können auch die Bearbeitungen im Ingenieurbüro oder in der Behörde zeitlich bestimmend sein. Deswegen empfiehlt sich eine möglichst frühzeitige Abstimmung zwischen Antragsteller, Gutachter und Behörde über den Umfang des AZB bereits vor Antragstellung. Dies wird auch zunehmend in dieser Form von den Anlagenbetreibern umgesetzt, wodurch hinsichtlich des AZB

eine Beschleunigung des Genehmigungsverfahrens erreicht wird. Allerdings ist eine Festlegung des Umfangs des AZB erst möglich, wenn sowohl das Spektrum der Einsatzstoffe als auch die Positionierung und Ausgestaltung der Anlagen zum Umgang und Lagerung der Stoffe bekannt sind. In dieser Hinsicht ist eine frühzeitige Planung des Antragstellers erforderlich.

Neben dieser Besonderheit im Genehmigungsverfahren nimmt der AZB auch bei der behördlichen Prüfung eine Sonderstellung ein. Der AZB ist zwar im Immissionsschutzrecht verankert, besitzt aber starke Bezüge sowohl zum Wasserrecht als auch zum Bodenschutzrecht. Deshalb sind alle drei Fachbereiche innerhalb der Behörde an der Prüfung des AZB beteiligt. Der Verfahrensablauf im Regierungspräsidium ist im „Verfahrensbuch zum Vollzug des BImSchG zur Durchführung von Genehmigungsverfahren“ festgelegt. Dabei werden die verschiedenen Prüfschritte den Dezernaten Immissionsschutz (Genehmigungsdezernat), Anlagenbezogener Gewässerschutz / wassergefährdende Stoffe und Bodenschutz zugeordnet (siehe Abbildung 1). Außerdem sind Checklisten für die einzelnen Prüfschritte enthalten.

Diese Vorgaben werden in den einzelnen Regierungspräsidien jedoch unterschiedlich streng umgesetzt. In einem Regierungspräsidium wurde zum Beispiel auch eine Lenkungsgruppe initiiert, die das AZB-Verfahren innerhalb des Regierungspräsidiums koordiniert. Dagegen werden in anderen Regierungspräsidien die Checklisten in der Regel nicht verwendet. Aufgrund der Dezernatsstruktur (Anlagenbezogener Gewässerschutz, Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und Bodenschutz sind in einem Dezernat vereint) findet die Prüfung des AZB in Gießen aus arbeitsökonomischen Gründen vorwiegend in einem Dezernat statt. Lediglich die Anlagenabgrenzung wird hier vom Immissionsschutzdezernat vorgenommen. Ganz sicher erfordert aber die Interdisziplinarität des AZB einen steten Austausch zwischen den einzelnen Fachbereichen, der im Regierungspräsidium Gießen erfolgreich umgesetzt wird.

Hinsichtlich der Prüfung der Aspekte des Anlagenbezogenen Gewässerschutzes und der wassergefährdenden Stoffe kommt die weitere Besonderheit hinzu, dass die immissionsschutzrechtliche Zuständigkeit für die IE-Anlagen nicht deckungsgleich mit

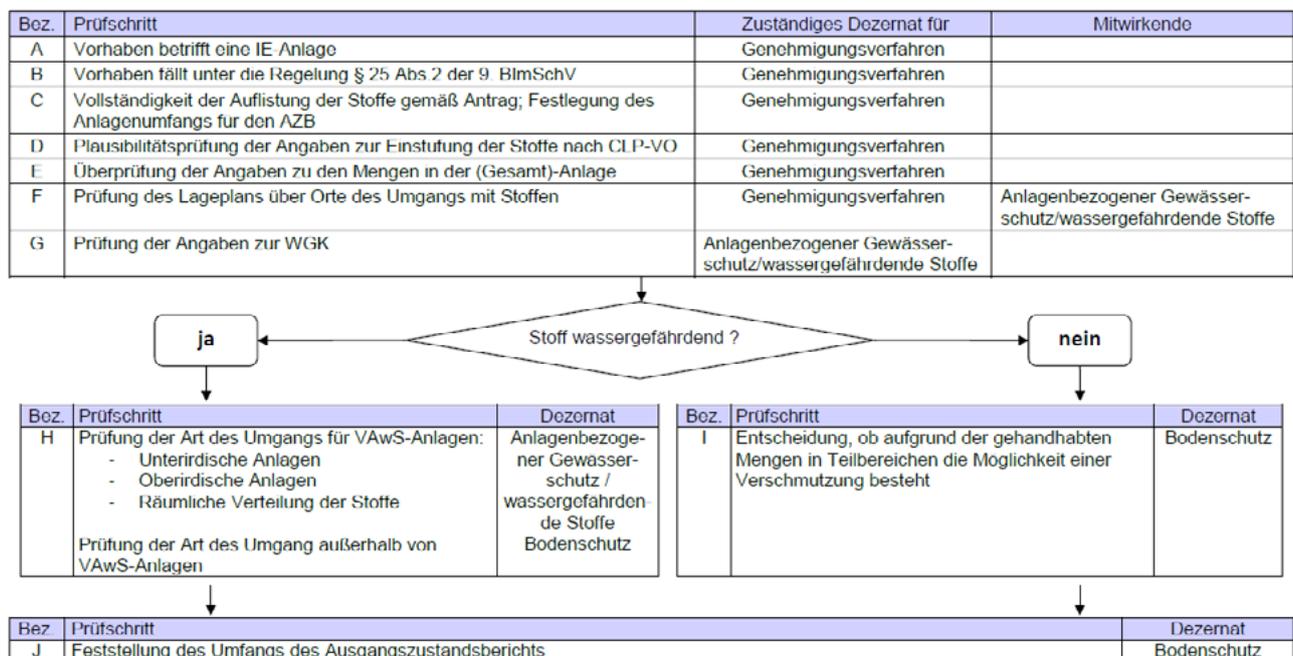


Abb. 1: Vorgehen bei der Prüfung eines AZB⁴

⁴ Verfahrenshandbuch zum Vollzug des BImSchG Durchführung von Genehmigungsverfahren, HMUKLV, Stand Juni 2017

der wasserrechtlichen Zuständigkeit ist. Mit Ausnahme des Regierungspräsidiums Gießen hat sich etabliert, dass die Prüfung des AZB von der jeweils zuständigen Wasserbehörde verschiedener Verwaltungsebenen (Untere oder Obere Wasserbehörde) durchgeführt wird. Es wird jedoch überdacht, auch hier die Prüfung streng nach wasserrechtlicher Zuständigkeit zu trennen.

2.11 Qualität der Antragsunterlagen

Ein häufiger Kritikpunkt der Behörden ist die Qualität der Antragsunterlagen. Der AZB ist als Kapitel 22 zwar Teil des Genehmigungsantrags, er muss jedoch auch ohne den restlichen Antrag vollständig und verständlich sein. Denn aufgrund seiner Funktion als Vergleichsmaßstab zur Beurteilung einer Rückführungspflicht bei einer späteren Anlagenstilllegung muss der AZB auch in mehreren Jahren bis Jahrzehnten noch lesbar sein. Allerdings wird vielfach beobachtet, dass das Kapitel 22 unvollständig ist und zum Beispiel auf Ausführungen in anderen Kapiteln der Antragsunterlagen verweist oder einige Angaben gar nicht enthält. Problematisch ist bei einer AZB-Erstellung im Zuge eines Verfahrens zur Änderungsgenehmigung teilweise, dass im AZB die gesamte IE-Anlage zu betrachten ist, der restliche Antrag jedoch nur auf ein Teilbereich der Anlage eingeht. Dadurch wird die Prüfung des AZB auf Vollständigkeit erschwert. Zudem ist der Inhalt des Kapitels 22 nicht immer kongruent mit den Ausführungen in den restlichen Antragsunterlagen, weshalb dann Korrekturen erforderlich sind, die wiederum den zeitlichen Ablauf des Verfahrens verzögern.

2.12 Akzeptanz des AZB bei den Anlagenbetreibern

Über den Zeitraum der letzten 3,5 Jahre seit Inkrafttreten der AZB-Pflicht ist insgesamt eine steigende Bereitschaft der Anlagenbetreiber zur Erstellung ei-

nes AZB zu beobachten. Gerade in der Anfangszeit wurde eine AZB-Pflicht seitens des Antragstellers zunächst verneint, teilweise ohne eine eingehende Prüfung der Tatbestandsvoraussetzungen des § 10 Abs. 1a BImSchG vorzulegen. Diese Zweifel an der Erforderlichkeit eines AZB treten mittlerweile deutlich seltener auf. Auch der Zeitpunkt, zu dem der Anlagenbetreiber mit der Behörde in Kontakt tritt, um die Bedingungen der AZB-Erstellung abzustimmen, hat sich im Verfahren nach vorne verschoben. Gründe hierfür dürften zum einen eine aktive Information und Beratung der Betreiber über den AZB durch die Behörde sein. Zum anderen sind durch die in den letzten Jahren mit dem AZB gewonnenen Erfahrungen auch auf Seiten der Sachverständigen und der Anlagenbetreiber Unsicherheiten abgebaut worden. Trotzdem wird die Sinnhaftigkeit des AZB von den Anlagenbetreibern und teilweise auch von den Gutachtern regelmäßig in Frage gestellt. Sie nehmen den AZB oftmals als zusätzlichen Mehraufwand mit wenig bis keinem Nutzen für sich wahr. Eine weitere seitens der Anlagenbetreiber häufig geäußerte Kritik am AZB ist seine Kopplung an ein immissionschutzrechtliches Genehmigungsverfahren. Denn dabei stehen die Unternehmen oftmals sowohl unter einem wirtschaftlichen als auch unter einem zeitlichen Druck. Der AZB stellt einen zusätzlichen erheblichen Aufwand bei der Erstellung der Antragsunterlagen dar und ist zudem in vielen Fällen die zeitlich limitierende Komponente. Insbesondere wenn der Anlass des Genehmigungsverfahrens eine Anlagenänderung ist, die sich positiv auf die Umweltauswirkungen oder die Arbeitssicherheit des Betriebes auswirken, ist das Verständnis der Betreiber für die verzögerte Inbetriebnahme der Anlage gering. Des Weiteren führen die Vollzugsunterschiede zwischen den einzelnen Bundesländern – aber auch zwischen den einzelnen Regierungspräsidien – regelmäßig zu Diskussionen. Dies tritt oftmals hinsichtlich der Bewertung der Verschmutzungsmöglichkeit bei VAWS/AwSV-Anlagen auf und wird bei Firmen mit Standorten in mehreren Bundesländern besonders offensichtlich.

3 Persönliches Fazit und Ausblick

Zweck des AZB ist die Beweissicherung und die Schaffung eines Vergleichsmaßstabs zur Festlegung einer möglichen Rückführungspflicht des Betreibers bei Anlagenstilllegung. Damit ist der AZB ein sinnvolles und attraktives Instrument, um der Entstehung von Altlasten vorzubeugen. Gleichzeitig werden dadurch spätere Amtsermittlungen der Altlastenbehörde, die auf Kosten der Steuerzahler durchzuführen wären, vermieden – hier kann bei IE-Anlagen der Betreiber zukünftig stärker als bisher in die Pflicht genommen werden. Trotzdem war und ist der AZB starker Kritik ausgesetzt. Vor allem seitens der Anlagenbetreiber werden die Sinnhaftigkeit und das Erfordernis eines AZB häufig in Frage gestellt. Aber auch bei Gutachtern und Behördenvertretern wird der aus dem Europarecht stammende AZB teilweise kritisch gesehen. Die vorhandenen deutschen Regelungen im Umweltschutz, insbesondere zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen, werden von vielen als ausreichend erachtet.

Entgegen dieser Kritik tragen der AZB und die mit ihm in Verbindung stehenden Regelungen meines Erachtens zur Hebung des integrierten Umweltschutzstandards bei. Im Zuge des AZB erfolgt eine umfassende Analyse und Beschreibung der Stoffströme in der Anlage sowie möglicher Eintragungspfade der Stoffe in den Untergrund. Die geologischen und hydrogeologischen Standortbedingungen werden ermittelt und Informationen über den Zustand des Bodens und Grundwassers erhoben. Dadurch vertieft sich

das Wissen über die Anlage und die Kenntnisse der Fachbereiche Immissionsschutz, Anlagenbezogener Gewässerschutz und Bodenschutz werden besser verknüpft. Des Weiteren ist die Durchsetzung einer regelmäßigen Überwachung von Boden und Grundwasser durch die Vorschriften des § 21 Abs. 2a 9. BImSchV mittlerweile deutlich besser durchzusetzen, als dies in der Vergangenheit der Fall war. Dadurch eröffnet sich die Perspektive, Untergrundverunreinigungen frühzeitiger als bisher zu erkennen und darauf reagieren zu können.

Inwieweit das mit dem AZB verfolgte Ziel der Hinterlassung eines „sauberen“ Grundstücks nach Anlagenstilllegung erreicht wird, werden die zukünftigen Erfahrungen mit der Umsetzung der Rückführungspflicht zeigen. Obwohl auch zu diesem Thema mittlerweile eine Arbeitshilfe der LABO/LAWA/LAI⁵ vorliegt, werden hier noch viele Fragen und Schwierigkeiten bei der Umsetzung auftreten, insbesondere bei der Entscheidung, wann und welche Rückführungsmaßnahmen verhältnismäßig sind. Im Dienstbezirk des Regierungspräsidiums Gießen sind die ersten Unterlagen zur Betriebseinstellung momentan in Arbeit, eine erste Erfahrung bei der Umsetzung der Rückführungspflicht steht somit direkt bevor. Auch wenn sich der Erfolg des AZB maßgeblich an der Durchsetzung der Rückführungspflicht messen lassen muss, hat er meiner Meinung nach durch die o. g. Vorteile bereits jetzt sein Bestehen auch im deutschen Umweltrecht gerechtfertigt.

⁵ Arbeitshilfe zur Rückführungspflicht, Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) in Zusammenarbeit mit der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) und der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI), 09.03.2017

Zur Auswahl der Parameter und Analysenverfahren im Rahmen des Ausgangszustandsberichts

JAN BRODSKY

Die Beschreibung des Boden- und des Grundwasserzustands auf dem Anlagengrundstück erfolgt durch Untersuchung von repräsentativen Proben auf die relevant gefährlichen Stoffe bzw. die daraus abgeleiteten Untersuchungsparameter.

Für die Festlegung der Untersuchungsparameter ist die CAS-Nr. (CAS=chemical abstract service) in den Antragsunterlagen (Formular 22/1) anzugeben. Mit dieser Registriernummer für chemische Stoffe werden die zu untersuchenden Stoffe eindeutig definiert.

In der LABO-Arbeitshilfe [1] und in der EU-Leitlinie [2] werden einige Vorgaben zur Auswahl der Untersuchungsparameter und der Analysenverfahren getroffen. Idealerweise sollen alle relevant gefährlichen Stoffe als Einzelstoffe quantitativ bestimmt werden. Dies kann dazu führen, dass bei Vielstoffanlagen, wie sie z.B. in Unternehmen der chemischen Industrie häufig anzutreffen sind, der Aufwand sehr groß werden kann. In solchen Fällen sind häufig mehr als 100 chemische Stoffe untersuchungspflichtig. Hinzu kommt, dass für die meisten organischen Stoffe keine geeigneten Analysenverfahren für die Bestimmung in Boden und Wasser zur Verfügung stehen. In diesen Fällen können ersatzweise sogenannte Leit- oder Summenparameter bestimmt werden.

Die Auswahl der Untersuchungsparameter sollte zweckmäßigerweise unter Berücksichtigung von vorhandenen und geeigneten Analysenverfahren erfolgen. Bevorzugt sollten Standard- bzw. Normverfahren eingesetzt werden, deren Anwendungsbereich bei Bedarf auf weitere zu untersuchende Stoffe erweitert werden kann. Falls keine Normverfahren zur Verfügung stehen, können geeignete „Hausverfahren“ zum Einsatz kommen. Solche Analysenverfahren müssen allerdings detailliert beschrieben werden und es müssen im Vorfeld des Einsatzes Aussagen zur Validität des Verfahrens gemacht werden.

Da die LABO-Arbeitshilfe die Untersuchung durch akkreditierte Labore verlangt, sollen für die Validierung bzw. Verifizierung der Analysenverfahren die durch die DAkkS (Deutsche Akkreditierungsstelle) festgelegten Kriterien [3] angewendet werden.

Die Anwendung von genormten Verfahren sichert die Justitiabilität sowie die Vergleichbarkeit der Untersuchungsergebnisse. Mit genormten Analysenverfahren werden Untersuchungsergebnisse erzeugt, die eine Beschreibung des Zustands des Bodens und des Grundwassers nach Stand der Technik ermöglichen. Durch die Validierung der Hausverfahren wird eine Aussage zur Eignung der Verfahren für die entsprechende Anwendung getroffen.

Bei der Erstellung der Untersuchungskonzepte im Rahmen des AZB wurden seit 2014 viele Fragen bezüglich der Auswahl der Parameter und der Analysenverfahren gestellt und erörtert. Die Antragsteller bzw. die beauftragten Gutachter und die zuständigen Behörden haben nach zufriedenstellenden Antworten gesucht und diese, teilweise nach längerem Prozess, in der Regel auch gefunden. Insbesondere bei Vielstoffanlagen erforderte die Erstellung der Untersuchungskonzepte einen großen Aufwand. In Südhessen sind mehrere Unternehmen der chemischen Großindustrie angesiedelt und so wurden im Regierungsbezirk Darmstadt umfangreiche Erfahrungen mit der Erstellung der AZB bei chemischen Vielstoffanlagen gemacht.

Am Beispiel des Untersuchungskonzeptes für den AZB einer Vielstoff-Produktionsanlage aus einem Unternehmen der chemischen Industrie lässt sich die Vorgehensweise bei der Auswahl der Analysenparameter und der Analysenverfahren skizzieren. Im Formular 22/1 der Antragsunterlagen sind mehr als 100 verschiedene chemische Stoffe gelistet, die im Boden und im Grundwasser zu analysieren sind.

Bei der Auswahl der Analysenverfahren für Boden und Grundwasser sollte zunächst die vom Fachbeirat für Bodenuntersuchungen (FBU) veröffentlichte Methodensammlung Bodenuntersuchung, die ein Kompendium der in der BBodSchV [4] veröffentlichten und vom FBU an den Stand der Technik angepassten Analysenverfahren enthält, berücksichtigt werden [5]. Als weiteres Nachschlagewerk dient die LAGA-Methodensammlung Abfalluntersuchung, die eine große Anzahl von Verfahren enthält, die auch im Rahmen des AZB angewendet werden können [6].

Für die anorganischen Stoffe ist die Auswahl der Parameter und Verfahren relativ einfach, da z.B. für die Element- oder Anionenanalytik geeignete Normverfahren existieren. Die zu untersuchenden organischen Stoffe müssen in mehrere Gruppen aufgeteilt werden: Stoffe, die als Einzelstoffe unter Anwendung von Norm- oder Hausverfahren zu analysieren sind und solche, für die Einzelstoffanalytik entweder nicht oder nur mit einem unvermeidbaren Aufwand möglich wäre. In diesen Fällen beginnt die Suche nach geeigneten Leitparametern, die beispielsweise charakteristisch für eine Gruppe von strukturell ähnlichen und in definierten Verhältnissen anzutreffenden Verbindungen sind oder nach geeigneten Summenparametern. Als Summenparameter bieten sich z.B. Heteroatome wie Stickstoff, Phosphor, Schwefel oder Chlor an, die in solchen Stoffen vorhanden sind. Für solche Summenparameter existieren genormte Analysenverfahren, so dass eine quantitative Aussage möglich. Der Summenparameter Kohlenstoff (TOC) sollte wegen der geringen Aussagekraft nur in Ausnahmefällen verwendet werden. Es ist zu beachten, dass bei Verwendung der Summenparameter die Bestimmungsgrenzen der Verfahren deutlich höher als bei Einzelstoffanalytik liegen und keine Aussagen über die Einzelstoffe möglich sind.

Häufig wird die Möglichkeit des Einsatzes der sog. Screening-Verfahren (z.B. GC-MS- oder LC-MS-Screening) diskutiert, die den qualitativen Nachweis von organischen Verbindungen ermöglichen. Solche Verfahren liefern wertvolle Hinweise auf die Einzel-

stoffe und können als Basis für die Entwicklung der Hausverfahren dienen. Mit den Screening-Verfahren selbst werden allerdings nur qualitative oder halbquantitative Ergebnisse erhalten. Daher ist ihr Einsatz zur quantitativen Beschreibung des Zustands des Bodens und des Grundwassers wenig zielführend und nur als zusätzliche Informationsquelle zu verstehen.

Die im Rahmen des AZB untersuchten Parameter werden spätestens nach Betriebseinstellung der Anlage im Rahmen der Rückführungspflicht wieder untersucht. Damit die Untersuchungsergebnisse vergleichbar mit den im AZB aufgeführten sind, müssen die gleichen oder gleichwertige Analysenverfahren eingesetzt werden. In den genannten Methodensammlungen sind gleichwertige Verfahren aufgeführt sowie nähere Aussagen zur Qualität oder Robustheit der Verfahren enthalten.

Die LABO hat im September 2016 einen Workshop veranstaltet, in dem Vertreter der Industrie, der Gutachterbüros sowie der zuständigen Behörden ihre Erfahrungen mit dem AZB ausgetauscht und diskutiert haben. Im Rahmen des Workshops „Analytisches Untersuchungskonzept“ wurden die bisherigen Erfahrungen sowie die Lösungsansätze diskutiert und mögliche Lösungen vorgestellt. So wurde vom einem Vertreter aus NRW eine sogenannte „Toolbox für AZB-Untersuchungs- und Analysenstrategien“ vorgestellt, die bei der Auswahl der Analysenparameter und –verfahren angewendet wird. Dieser Ansatz deckt sich weitgehend mit dem Ansatz, nach dem in Südhessen bei der Erstellung der Untersuchungskonzepte für Vielstoffanlagen vorgegangen wird. Es ist grundsätzlich wünschenswert, dass bei der Erstellung der Untersuchungskonzepte bundesweit und auch europaweit nach gleichen Kriterien vorgegangen wird. Die im Workshop gesammelten Erkenntnisse sollen in die Aktualisierung der LABO-Arbeitshilfe, die vom zuständigen Gremium zurzeit bearbeitet wird, einfließen, so dass künftig mehr Klarheit und Verlässlichkeit bei der Auswahl der Analysenparameter und –verfahren herrscht.

Literatur

- [1] Arbeitshilfe zum Ausgangszustandsbericht für Boden und Grundwasser, Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) in Zusammenarbeit mit Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), (Fassung vom 07.August 2013, mit redaktionellen Korrekturen Stand 15.04.2015) https://www.labo-deutschland.de/documents/LABO_Arbeitshilfe_AZB_Stand_2015-04-15.pdf
- [2] Leitlinien der Europäischen Kommission zu Berichten über den Ausgangszustand gemäß Artikel 22 Absatz 2 der Richtlinie 2010/75/EU über Industrieemissionen (2014/C 136/03); Amtsblatt der Europäischen Union, 6.5.2014
- [3] Validierung und Verifizierung von Prüfverfahren nach den Anforderungen der DIN EN ISO/IEC 17025 für Prüflaboratorien auf dem Gebiet der chemischen und chemisch-physikalischen Analytik im Bereich der Abteilung 4 (Gesundheitlicher Verbraucherschutz/Agrarsektor/Chemie/Umwelt), Deutsche Akkreditierungsstelle (DAKKS), Dokument 71 SD 4 019 /Revision 1.1 /14. Januar 2015 <http://www.dakks.de/content/validierung-und-verifizierung-von-pr%C3%BCfverfahren-nach-den-anforderungen-der-din-en-isoiec>
- [4] Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12. Juli 1999; BGBl. I, S.1554
- [5] Methodensammlung Boden-/Altlastenuntersuchung, Version 1.0, Stand: 4. Juni 2014; Fachbeirat für Bodenuntersuchung FBU http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/359/dokumente/methosa_boal_v1.pdf
- [6] LAGA-Methodensammlung Abfalluntersuchung, Version 3.0, Stand: 14. Oktober 2016; LAGA-Forum Abfalluntersuchung https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/abfall/untersuchungsmethoden/LAGA_Methodensammlung.pdf

Mobilisierung von Arsen - eine Alternative der Grundwassersanierung

DIETER RIEMANN, JÖRN MÜLLER, CHRISTIAN KNÖCHEL, MARTIN MAIER, MARGOT ISENBECK-SCHRÖTER

1 Standort und Nutzungshistorie

Das ehemalige Betriebsgelände der chemischen Fabrik Neuschloß liegt östlich von Lampertheim im Ortsteil Neuschloß. Der nachfolgende Lageplan zeigt die Wohnbebauung, wie sich diese heute in Neuschloß darstellt.

Die chemische Fabrik Neuschloß war von 1829 bis 1927 in Betrieb. Zunächst wurde in der Fabrik Soda nach dem Leblanc-Verfahren produziert. Nach und nach wurden zusätzlich Schwefelsäure nach dem Bleikammerverfahren und als Nebenprodukte der Sodaherstellung Salzsäure, Chlorkalk und Glaubersalz hergestellt. Natronlauge, Natriumbikarbo-

nat und Salpetersäure, sowie ab 1895 Kunstdünger (Superphosphat) waren weitere Produkte der Fabrik. Außerdem wurde eine Weißblech-Entzinnung betrieben.

Ab Mitte des 19. Jahrhunderts sind im Produktionsablauf bei der Verarbeitung von Chlorverbindungen arsenhaltige Wässer angefallen. Die im Prozess anfallenden arsenhaltigen sauren Wässer wurden in den am nordwestlichen Grundstücksrand gelegenen Säuregruben in den Boden versickert und stellen die Haupteintragsstellen für die heute im Grundwasser vorhandenen Arsenbelastungen dar.

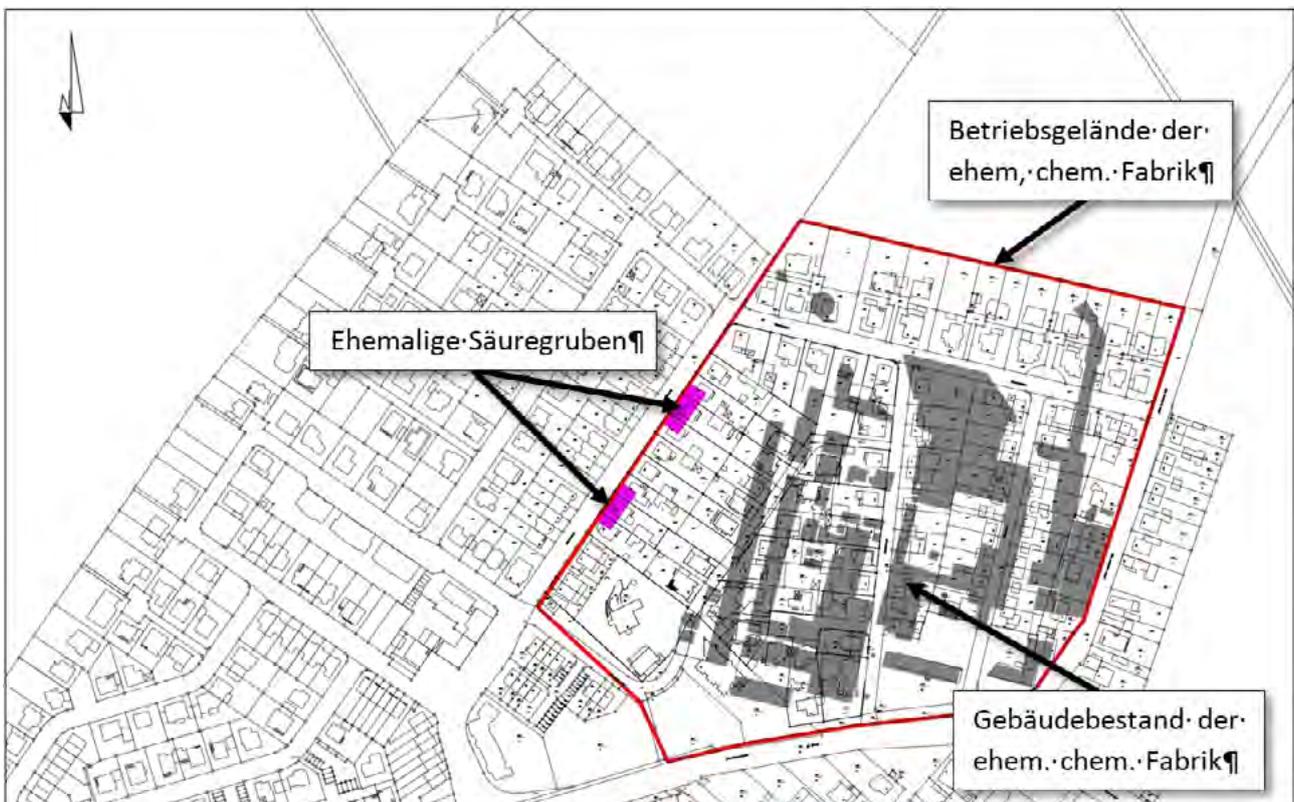


Abb. 1: Lageplan von Lampertheim-Neuschloß mit Eintragung der Betriebsflächen der ehemaligen chemischen Fabrik und der ehemaligen Säuregruben

Die chemische Fabrik Neuschloß wurde im Jahr 1927 geschlossen und anschließend abgerissen. Anfang der 1950er Jahre wurde auf dem Gelände mit

der Errichtung einer Wohnsiedlung begonnen. Heute befinden sich im Bereich des ehemaligen Betriebsgeländes 125 bebaute und bewohnte Grundstücke.

2 Geologie / Hydrologie

Im Bereich des ehemaligen Betriebsgeländes werden in den oberen Bereichen anthropogene Auffüllungen bis zu 5 m Mächtigkeit angetroffen. Unterlagert werden diese im Oberrheingraben von sandig-kiesigen quartären Ablagerungen. Die hydrogeologische Einteilung erfolgt in den Oberen Grundwasserleiter (OGWL), den Mittleren Grundwasserleiter (MGWL) und den unteren Grundwasserleiter (UGWL). Der obere Zwischenhorizont (OZH), der überwiegend

aus tonig-schluffigen Sedimenten besteht, trennt den OGWL vom MGWL. Im weiteren Abstrom des Standortes ist der OZH teils sandig ausgebildet bzw. es bestehen hydrologische Fenster. Im Standortbereich weist der OGWL eine Mächtigkeit von ca. 30 m bei mittleren Flurabständen von ca. 6 m auf. Mit Durchlässigkeitsbeiwerten von 1×10^{-4} bis 1×10^{-3} m/s ist der OGWL als gut durchlässiger Porengrundwasserleiter zu charakterisieren.

3 Belastungssituation und durchgeführte Sanierungsmaßnahmen

Das Land Hessen beauftragte die HIM GmbH Bereich Altlastensanierung HIM-ASG mit der flächendeckenden Untersuchung zur Erkundung und Bewertung der Belastungssituation des Altstandortes. Hierbei zeigte sich, dass das gesamte Betriebsgelände in den oberen Bodenzonen hochgradig mit Schwermetallen und Arsen sowie mit Dioxinen und Furanen kontaminiert war.

Die Sanierung der Bodenbelastung wurde daraufhin von Land Hessen angeordnet und von der HIM-ASG umgesetzt. Die Bauarbeiten auf den bewohnten Grundstücken begannen im Jahr 2003 und wurden nach etwa 10 Jahren Sanierung im Frühjahr 2013 mit der Wiederherstellung der Außenanlagen und Gärten abgeschlossen. Im Rahmen der Bodensanierung wurden rd. 178.000 t kontaminierter Boden und Bauschutt mit ca. 50 t Arsen, 185 t Blei sowie rd. 300 g Dioxinen und Furanen ordnungsgemäß entsorgt.

Im Zuge der Standorterkundung wurden auch im Grundwasser erhebliche Belastungen mit Arsen festgestellt. Ausgehend vom ehemaligen Betriebsgelände hat sich im Oberen Grundwasserleiter eine ca. 1.000 m lange und ca. 280 m breite Schadstofffah-

ne mit der Grundwasserströmung ausgebildet. Eine Gefährdung der Grundwasserressource „Hessisches Ried“ ist gegeben, die Arsenbelastungen strömen zudem auf die Trinkwassergewinnungsanlagen des nahegelegenen Wasserwerks „Bürstädter Wald“.

Vor diesem Hintergrund wurde im März 2003 eine Pump&Treat-Maßnahme zur Sicherung und Sanierung der Arsenbelastungen in Betrieb genommen. Im Zuge der hydraulischen Sanierung wurden bis Ende 2016 mit einer Förderleistung von durchschnittlich 28 m³/h aus bis zu 4 Brunnen rd. 3,5 Mio. m³ kontaminiertes Grundwasser gefördert und daraus rd. 760 kg Arsen entfernt.

In der Abbildung 2 ist die Arsenfahne dargestellt, wie sie sich im Jahr 2011 nach etwa 8 Jahren Sanierungsbetrieb darstellte. Im Vergleich zur Schadenssituation in 2003 hat sich die flächige Ausbildung der Schadstofffahne, d.h. die Fahngeometrie, im Zuge der hydraulischen Sanierung nicht merklich verändert. Demgegenüber konnten die Konzentrationen in den abstromigen Bereichen deutlich gesenkt werden, weswegen die Entnahmefunnen GW 16_1 und GW 16_2 wegen anhaltend niedriger Arsengehalte außer Betrieb genommen werden konnten.

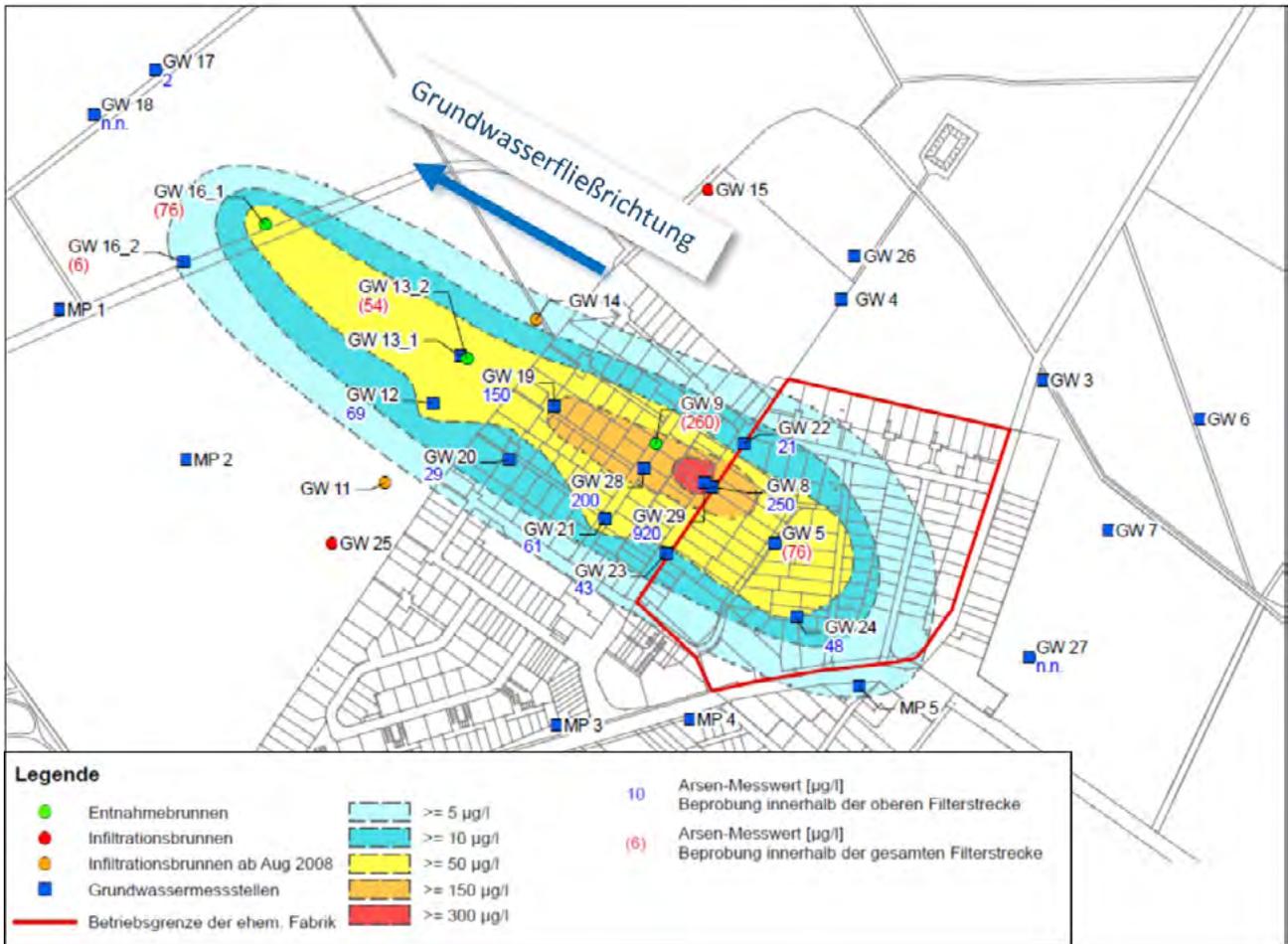


Abb. 2: Räumliche Schadstoffverteilung von Arsen im Mai 2011 (vor dem Beginn der Pilotierung Arsenmobilisierung)

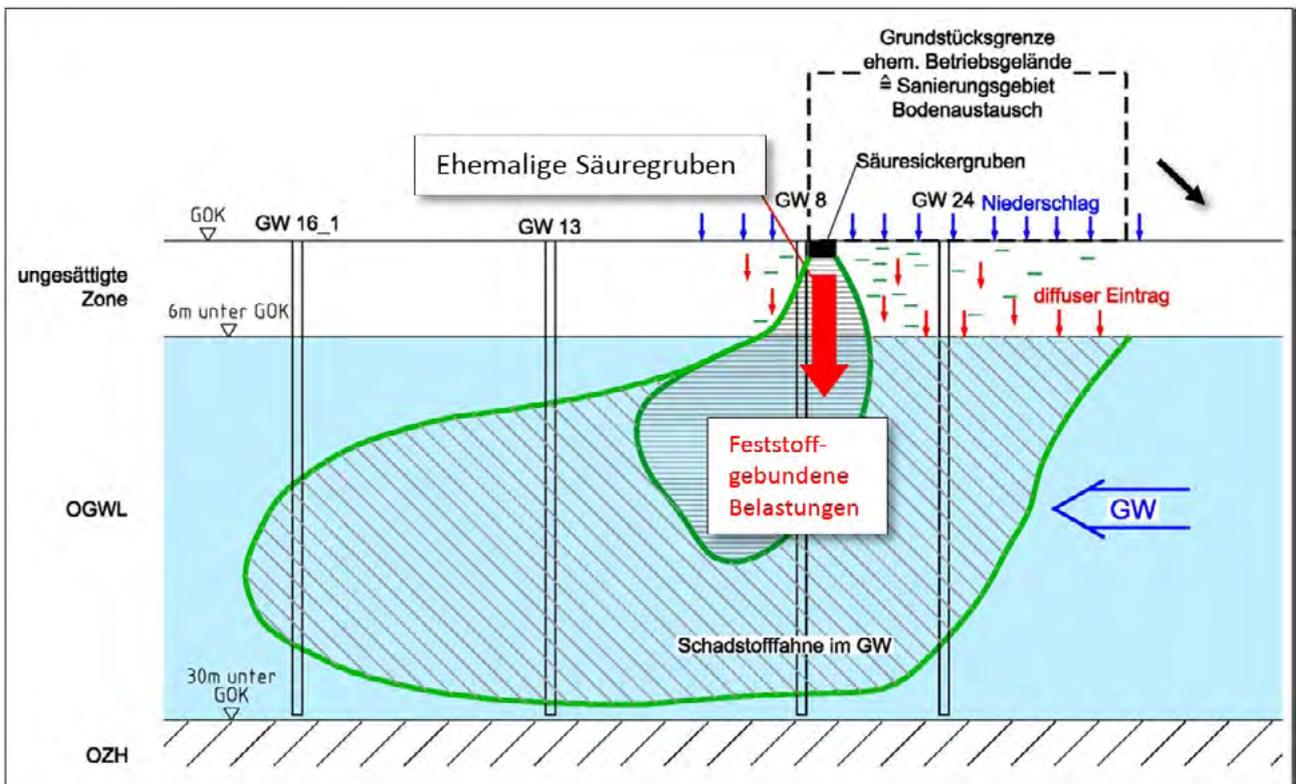


Abb. 3: Schematische Darstellung der Eintragswege

Derzeit erfolgt die Grundwasserentnahme über die Brunnen GW 13_2 und GW 9. Der GW 9 befindet sich im direkten Abstrom des Schadenszentrums. Im Schadenszentrum werden unverändert Arsengehalte von 1.000 µg/l gemessen. Die Arsengehalte liegen hier weiterhin auf dem Niveau zu Beginn der hydraulischen Sanierung.

Die stagnierenden Arsengehalte in GW 9 sind ursächlich auf Feststoff-gebundene Arsen-Belastungen im Nahbereich der früheren Säureversickerungsgruben zurückzuführen (vgl. Abb. 1). Wie die schematische Darstellung der Eintragswege in Abb. 3 zeigt, teilen sich diese Feststoff-gebundenen Arsenbelastungen aufgrund der geochemischen Milieubedingungen bis heute langanhaltend und mit hohen Konzentrationen bzw. Frachten dem Grundwasser mit.

4 Vertiefende Standorterkundung in 2009 und 2010

Aufgrund der unverändert hohen Arsengehalte im Bereich des Schadenszentrums wurde Anfang 2009 in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe Hydrogeochemie und Hydrogeologie des Institut für Geowissenschaften der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg (GEOW) und dem Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) ein Konzept für vertiefende Erkundungsmaßnahmen aufgestellt. Auf dieser Basis wurden im Auftrag der HIM-ASG in 2009 und 2010 Linerbohrungen und Direct-Push-Sondierungen durchgeführt und zahlreiche Boden- und Wasserproben entnommen. Zudem wurden ausgewählte Proben chemisch-analytisch auf die Arsenspezies As(III) und As(V) analysiert.

Zur Prognose der weiteren Schadensentwicklung wurden die Ergebnisse aus der vertiefenden Standorterkundung in einem Strömungs- und Transportmodell zusammengeführt. Mit Hilfe des Modells wurde die Ausbreitung der Arsenfahne unter wechselnden Randbedingungen simuliert und die Auswirkungen unterschiedlicher Sanierungsszenarien modelliert. Ohne weitere Sicherung oder Sanierung ist davon auszugehen, dass sich die Arsenfahne weiter in den Abstrom verlagert und es dadurch sehr langfristig zu einem Eintreffen der Arsenbelastungen am Wasserwerk „Bürstädter Wald“ kommen wird.

5 Säulenversuche mit Standortmaterial und Idee der Arsenmobilisierung

Zur Untersuchung der Mobilitätseigenschaften von Arsen wurden durch das GEOW Säulenversuche durchgeführt. Hierbei wurde Aquifermaterial weitgehend unter Beibehaltung der am Standort vorherrschenden anoxischen Bedingungen eingebaut und mit Mobilisierungsmittel (Phosphatlösung) beaufschlagt. Es wurde eine deutliche Steigerung der

Arsen-Gehalte am Ablauf und des Austrags nachgewiesen. Die schnelle Freisetzung von Arsen bietet eine vielversprechende Möglichkeit, die sehr langsam ablaufenden Lösungsprozesse der Feststoff-gebundenen Arsenverbindungen im Schadenszentrum zu beschleunigen und die Effizienz der Sanierung zu steigern.

6 Grundlagen der Arsenmobilisierung

Die Mobilität von Arsen im Grundwasser hängt von einer Reihe Untergrund-spezifischer Eigenschaften und Einflussgrößen ab. Hierzu zählen die hydraulischen Eigenschaften des Aquifers, der Mineralbestand der Aquifermatrix und die geochemischen Milieubedingungen.

Unter oxidischen Bedingungen liegt Arsen überwiegend als Arsenat (H_2AsO_4^- , HAsO_4^{2-}) in einer fünfwertigen Oxidationsstufe As(V) und verfügt über eine vergleichsweise niedrige Mobilität. Hierbei spielen Oberflächenkomplexe an der Festphase, überwiegend an Eisen- und Manganmineralen aber auch an Karbonaten, eine wesentliche Rolle. Da As(III) als Arsenige Säure (H_3AsO_3) weniger stabile Oberflächenkomplexe eingeht, reichert es sich im Grundwasser

an und wird mit diesem transportiert. Die Mobilität von As(III) ist gegenüber As(V) deutlich erhöht.

Die durchgeführten Sedimentuntersuchungen am Standortmaterial belegen, dass das an die Schadstoffmatrix gebundene Arsen eine Tiefenerstreckung von 20 m nicht überschreitet. Zum überwiegenden Anteil liegt Arsen dabei am Feststoff gebunden in der oxidierten As(V)-Spezies vor. Weiterhin leiten sich aus vorlaufenden Laborversuchen grundlegend zwei Prozesse ab, die für die Arsenmobilisierung von maßgeblicher Bedeutung sind.

Wie Abb. 4 zeigt, führt die Zugabe von Lösungsmittel (Phosphat) zu einer sukzessiven Verdrängung von Arsen von der Festphase. Dies ist darauf zurückzuführen, dass Phosphat bei der Belegung der Feststoff-

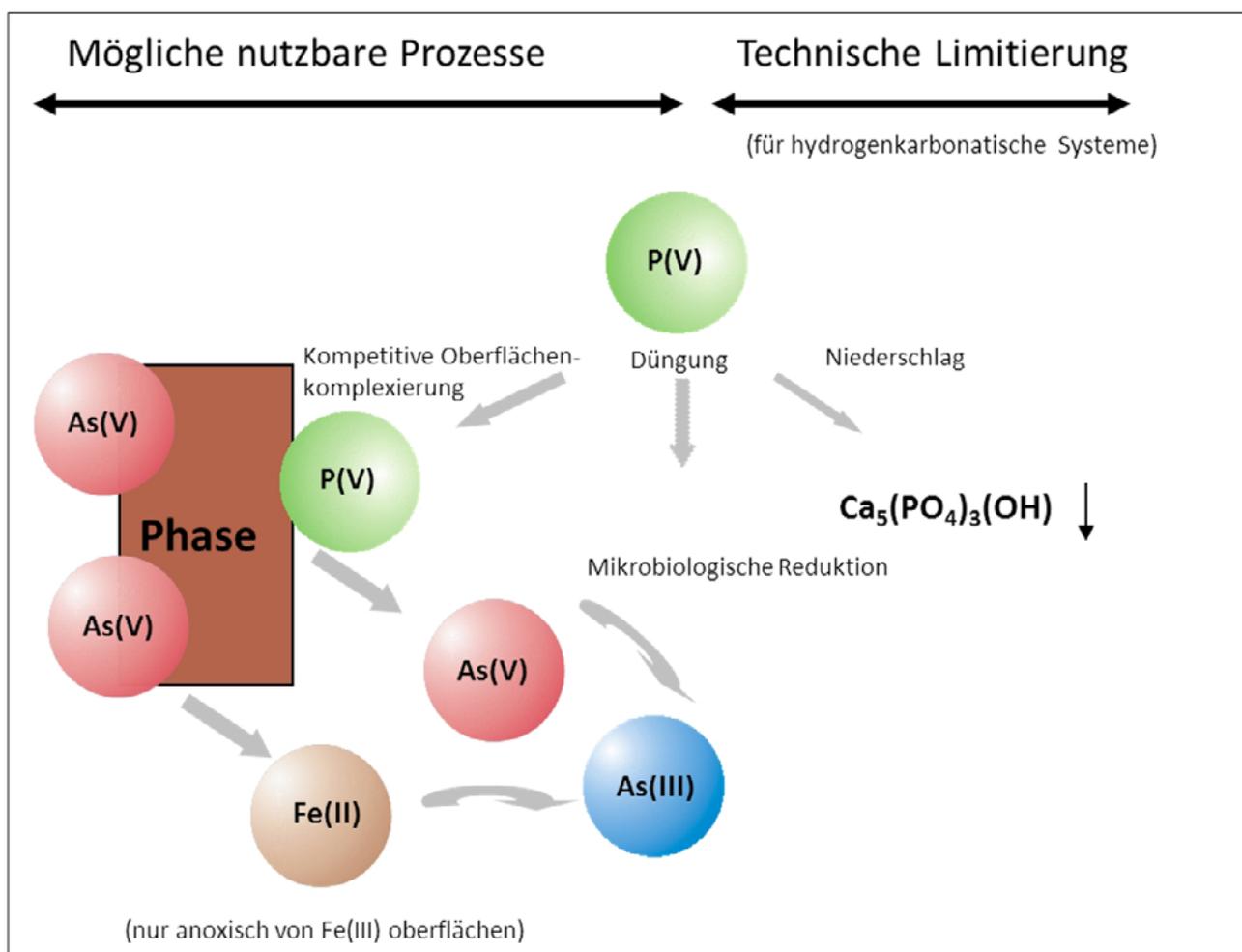


Abb. 4: Prozesse der Mobilisierung von Arsen und technische Limitierungen

oberflächen mit Arsen in Konkurrenz tritt. Hierbei verfügt es offensichtlich über eine stärkere Affinität zur Bildung von Oberflächenkomplexen als Arsen. Eine schnelle Verdrängung von Arsen von den Oberflächen ist daher insbesondere bei deutlichem Überschuss von Phosphat in Lösung gegeben. Als zweiter Prozess erfolgt unter anoxischen Milieubedingungen eine Reduktion des dreiwertigen

Eisens, wodurch sich am Feststoff vorhandene Eisen-Arsenat-Komplexe auflösen und daran gebundenes Arsen in das Grundwasser freigesetzt wird. Darüber hinaus führt die Zugabe von Phosphat auch zur Aktivierung autochthoner Bakterien, welche wiederum die Reduktion von As(V) zu As(III) am Standort verursachen.

7 Vorlaufende und begleitende Lysimeterversuche

Vorlaufend und begleitend zu dem Pilotversuch im Testfeld wurden in der vorhandenen Wasseraufbereitungsanlage großskalige Lysimeterversuche zur Überprüfung der Ergebnisse aus den Säulenversuchen durchgeführt.

Die wesentlichen Vorteile der Lysimeterversuche gegenüber den Säulenversuchen im Labor bestanden in der deutlich größeren Sedimentmenge, den geringen

Randeffekten im Versuchskörper, der längeren Verweilzeit des Substrates sowie der Verwendung von „frischem“ Bodenmaterial und Standortwasser aus dem Schadenszentrum. Des Weiteren konnte das Mobilisierungsverfahren in den Lysimetern in einem geschlossenen System untersucht und getestet werden, ohne dass dabei die Gefahr von nachteiligen und ggf. bleibenden Veränderungen des Aquifers bestand.

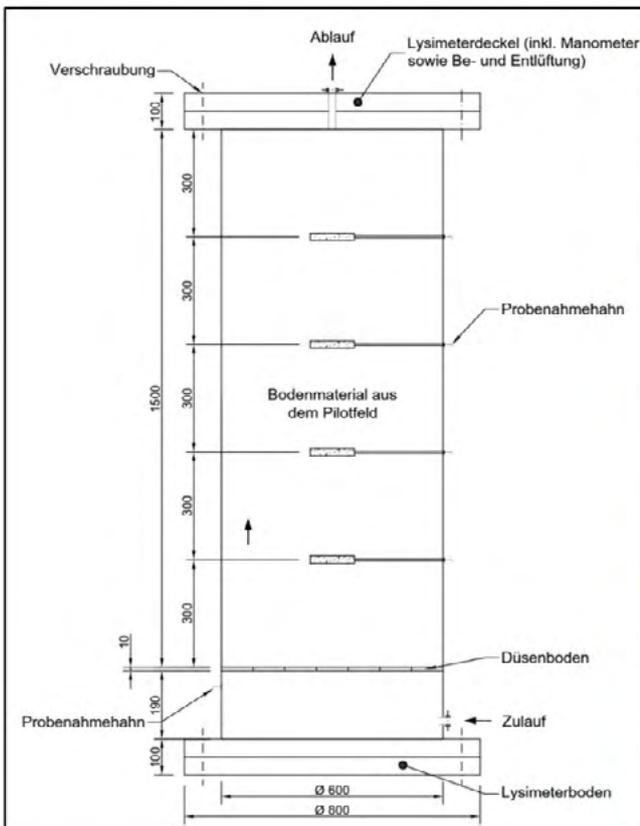


Abb. 5: Aufbau der Lysimeter

Die Erkenntnisse aus den Lysimeterversuchen lieferten die maßgebliche Grundlage für die Untersuchungen im Pilotfeld. Durch den parallelen Betrieb von zwei Lysimetern und die zeitweise unterschiedlichen Betriebsweisen konnten außerdem vergleichende Untersuchungsergebnisse gewonnen werden.

Die Lysimeter (vgl. Abb. 5) wurden dafür mit hochbelasteten Material aus der oberen wassergesättigten Zone befüllt.

Die Durchströmung der Lysimeter mit Standortwasser aus dem Entnahmebrunnen GW 13_2 sowie verschiedenen Zugabelösungen erfolgte von unten nach oben, wodurch eine gleichmäßige Wasserverteilung in den Lysimetern gewährleistet werden konnte. Über eine Schlauchleitung wurde der Ablauf beider Lysimeter mit dem Rohwasserzulauf der Grundwasserreinigungsanlage verbunden. Nach der Passage durch die Lysimeter wurde das mit Arsen angereicherte Eluat auf diesem Weg in den Reinigungsprozess der WAA zurückgeführt.

In der Abbildung 6 sind exemplarisch die Ergebnisse der Arsenanalysen in den einzelnen Probenahmeleveln des Lysimeters 1 für den gesamten Versuchszeitraum von September 2014 bis Juni 2016 dargestellt.

Grundsätzlich zeigen die in den einzelnen Probenahmeleveln gemessenen Arsengehalte einen zeitlich parallelen Verlauf, wobei eine gestaffelte Aufsummierung der Gehalte vom Zu- zum Ablauf stattfindet. Dementsprechend sind die im Ablauf der Lysimeter gemessenen Arsengehalte jeweils am höchsten und die Arsengehalte im Zulauf am niedrigsten.

Die Ergebnisse aus den beiden Lysimeterversuchen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Analog zu den vorlaufenden Laborversuchen führte auch die sukzessive Steigerung des Mobilisierungsmittels zu einem deutlichen Mehraustrag von Arsen.

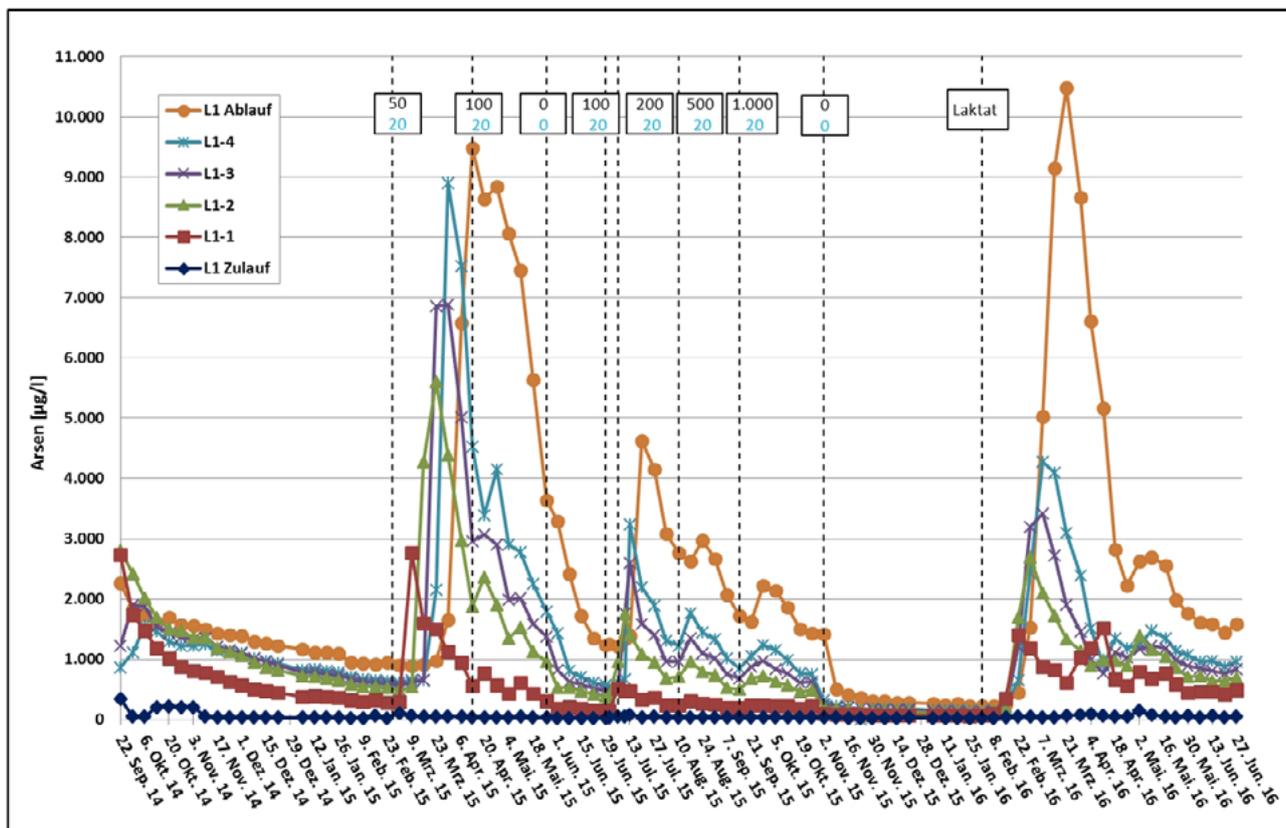


Abb. 6: Verlauf der Arsengehalte in Lysimeter 1 bei PO₄-Zugaben bis 1.000 mg/l

- Unter oxischen Milieubedingungen wurden im Versuchszeitraum rd. 43 % der mit Phosphat desorbierbaren Arsenanteile aus den Lysimetern ausgetragen. Die mittleren Arsengehalte lagen in beiden Säulen gegen Ende der oxischen Versuchsphase bei rd. 100 µg/l gegenüber Ausgangsgehalten von > 1.000 µg/l vor Versuchsbeginn.
- Unmittelbar nach Zugabe von Laktat stellten sich in beiden Säulen sehr schnell anoxische Milieubedingungen ein, wodurch es zu einer starken Arsenelution kam, die auf die Lösung Eisen-gebundener Arsenverbindungen zurückgeführt wird.
- Mit zunehmenden Wachstum einer Population anaerober Bakterien, hervorgerufen durch die Zugabe von Laktat, haben sich in den Versuchssäulen phasenweise Sulfat-reduzierende Milieubedingungen etabliert, die zur Bildung sulfidischer Arsenverbindungen und damit zu einer Immobilisierung von Arsen geführt haben.

Insgesamt gesehen erbrachten die Ergebnisse aus den Lysimeterversuchen wichtige Erkenntnisse für die weiterführende Pilotierung des Mobilisierungsverfahrens.

8 Pilotversuch zur Arsenmobilisierung am Standort

Zur Überprüfung der Arsenmobilisierung am Standort und zur Erarbeitung der wesentlichen Eingangs- und Steuerparameter für eine großtechnische Umsetzung wurde am Standort ein Pilotfeld eingerichtet (vgl. Abbildung 7). Das Testfeld befindet sich im direkten Abstrom der nördlichen Säureversicker-

ungsgrube, die als Haupteintragsstelle für die Arsenbelastungen in der wassergesättigten Bodenzone identifiziert wurde. Dementsprechend weist dieser Bereich auch hohe Ausgangsbelastungen mit Arsengehalten von > 500 µg/l im Grundwasser auf.

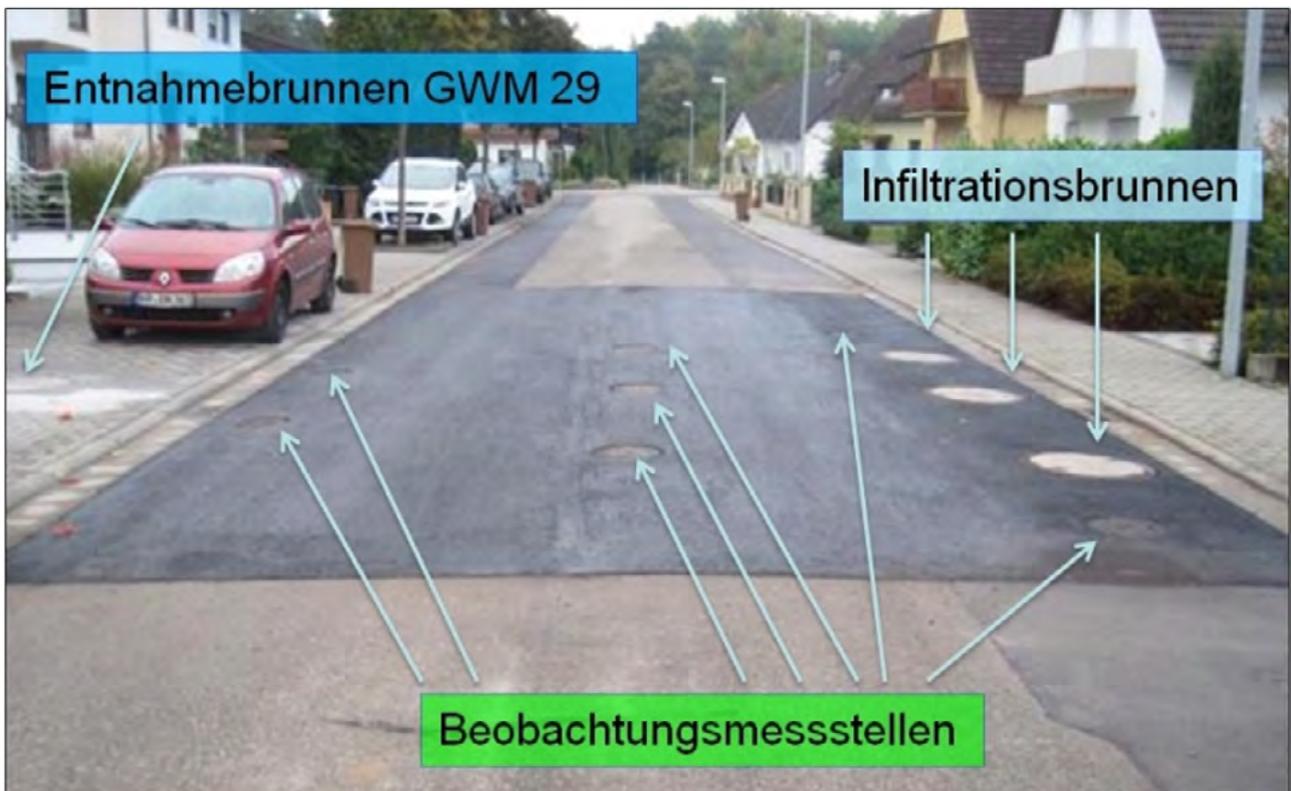


Abb. 7: Blick auf das Pilotfeld der Arsenmobilisierung

Im Zuge der Pilotierung wurde als Mobilisierungsmittel mit Trinkwasser gelöstes Phosphat über 3 Infiltrationsbrunnen dosiert. Durch die orthogonale Ausrichtung zur Grundwasserströmung wurde das Mobilisierungsmittel gleichmäßig über den gesamten Fließquerschnitt in das Testfeld eingegeben. In den drei Infiltrationsbrunnen wurden jeweils Dosierlanzen eingebracht und über separate Dosierleitungen mit einer Ansetz- und Dosieranlage verbunden. Die Dosierlanzen verfügen über Öffnungen definierter Anzahl und Größe, durch die eine Gleichverteilung des Mobilisierungsmittels über das gesamte Tiefenprofil sichergestellt wurde.

Mit dem Ziel eine möglichst gleichmäßige Verteilung des Mobilisierungsmittels im Testfeld sicherzustellen und überdies ein unkontrolliertes Abströmen von gelöstem Arsen zu verhindern, wurde über den abstromig gelegenen Förderbrunnen GWM 29 kontinuierlich Grundwasser entnommen.

Die Beobachtungsmessstellen wurden als vollkom-

mene Brunnen bis zur Basis des OGWL ausgebaut. Zur Probennahme wurden in vier Brunnentiefen (10 m, 15 m, 20 m und 25 m unter GOK) Niedervolt-Tauchpumpen installiert. Die Grundwasserprobenahmen erfolgten in der Weise, dass die Niedervolt-Tauchpumpen in den Brunnen immer gleichzeitig betrieben wurden. Ziel war es, Vertikalströmungen innerhalb der Pegel bei der Probennahme möglichst hierdurch so weit wie möglich zu verhindern.

Im Rahmen des Pilotversuchs zur Arsenmobilisierung wurde Mitte Februar 2015 mit der Zugabe von Phosphat und dem Antiskalant PHO im hydraulisch gesicherten Testfeld begonnen. Zu Versuchsbeginn wurden die drei Infiltrationsbrunnen mit einer Wassermenge von jeweils 1 m³/d und einem Phosphatgehalt von 30 mg/l beaufschlagt. Ende Mai 2015 wurde die Zugabemenge in allen Infiltrationsbrunnen unter Beibehaltung der Phosphat-Konzentration (30 mg/l) auf jeweils 3 m³/d erhöht. In der anschließenden Versuchsphase wurde die Phosphat-Zugabe sukzessive bis auf zuletzt 600 mg/l gesteigert

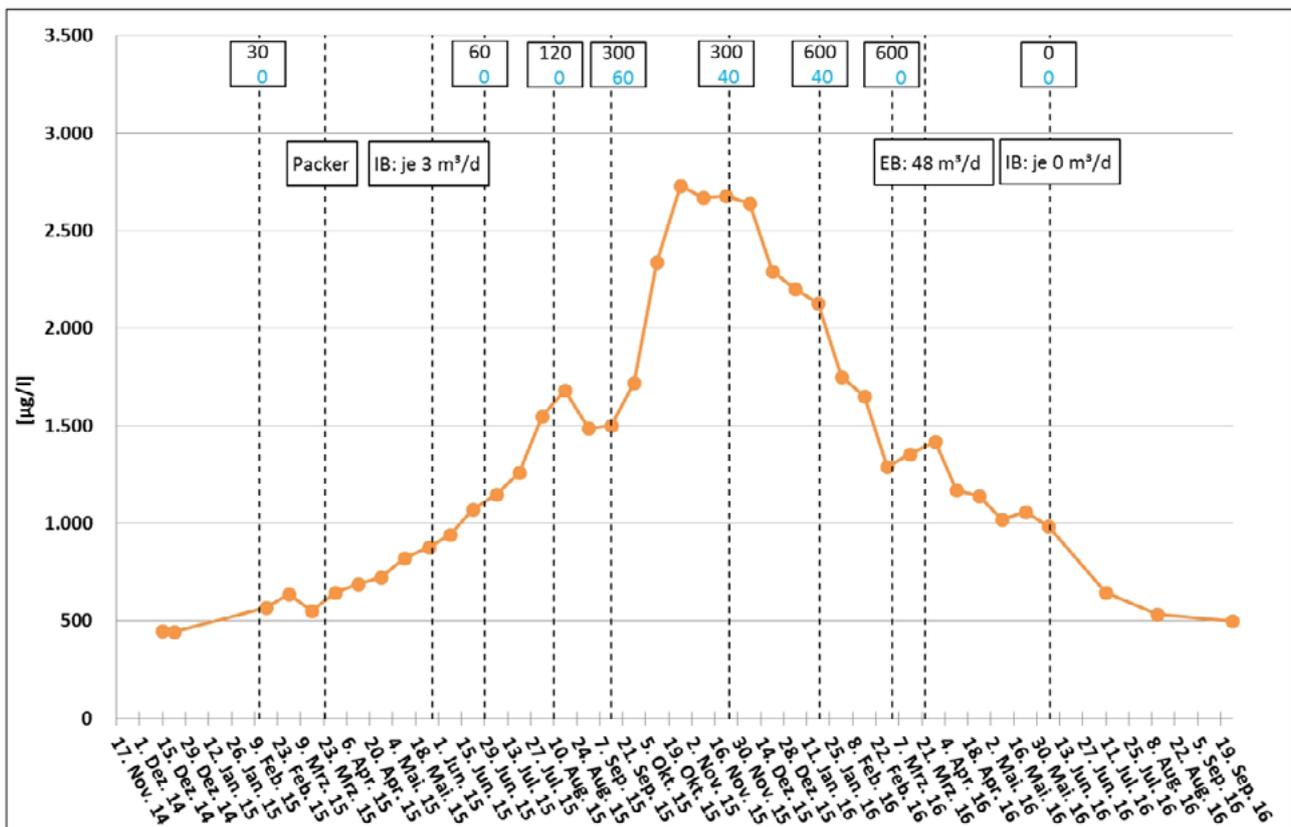


Abb. 8: Entwicklung der Arsenkonzentration im Entnahmebrunnen GWM 29 bei Phosphat-Zugaben bis 600 mg/l

Um möglichst viel Mobilisierungsmittel in die oberen, hochbelasteten Bereiche des Aquifers einzubringen, wurden die Dosierlanzen in den Infiltrationsbrunnen gekürzt und Scheibenpacker in einer Tiefe von 10 m u. GOK eingebaut. Im Pilotfeld konnte mit Ausnahme des leichten Absinkens zum Ende des Untersuchungszeitraums eine gute vertikale und horizontale Verteilung der Phosphatlösung beobachtet werden.

Die Ergebnisse aus dem Pilotversuch zur Arsenmobilisierung zeigen, dass eine Anwendung des Verfahrens unter den gegebenen Bedingungen am Standort grundsätzlich möglich ist. So konnten die Arsengehalte wie auch die Arsenfrachten im Pilotfeld deutlich gesteigert werden. Der maximale Konzentrationsanstieg gegenüber den Nullmessungen zu Beginn des Pilotversuchs variierte zwischen Faktor 3 - 4 in den Beobachtungsmessstellen der 2. Galerie, Faktor 5 - 7 in den seitstromigen Beobachtungsmessstellen und Faktor 4 - 10 in den Messstellen der 1. Galerie.

9 Ausblick

Angesichts der erfolgversprechenden Ergebnisse aus den Säulen-, Lysimeter- und Pilotversuchen soll das Arsenmobilisierungsverfahren zur Optimierung der laufenden Pump&Treat-Sanierung am Standort weiterverfolgt werden.

Weitere Detailuntersuchungen hinsichtlich der praktischen Umsetzung sind erfolgt. Auf dieser Grundlage

Wie Abbildung 8 zeigt, sind auch die Arsengehalte im Entnahmebrunnen GWM 29 im Zuge des Versuches stetig angestiegen und lagen Ende 2015 um den Faktor 5 höher als zu Beginn.

Während des 16-monatigen Pilotversuchs betrug der Arsenaustrag bei einer Förderrate aus dem Entnahmebrunnen GWM 29 von rund 1 m³/h insgesamt rd. 20 kg (Faktor 3 gegenüber dem bisherigen Betrieb). Hierbei ist zu berücksichtigen, dass anoxische Milieubedingungen im Pilotversuch nicht erreicht wurden, d.h. dass diese Phase noch ausgeführt werden muss. Entsprechend der Ergebnisse aus den Vorversuchen wird unter anoxischen Milieubedingungen eine weitere Steigerung der Fracht und des Austrags erwartet. Insgesamt gesehen bestätigen die Ergebnisse aus dem Pilotversuch die grundsätzliche Machbarkeit des Verfahrens unter Standortbedingungen. Darüber hinaus stellen sie die wesentliche Basis für alle weiteren Planungen im Hinblick auf eine großtechnische Umsetzung der Arsenmobilisierung am Standort dar.

ge wurde eine Machbarkeitsstudie ausgearbeitet, die anhand verschiedener Fallstudien konkrete Aussagen zu den erreichbaren Sanierungszielen und den damit verbundenen Kosten aufzeigt.

Im Ergebnis wurde die großtechnische Umsetzung der Arsenmobilisierung am Standort empfohlen und soll ab Frühjahr 2018 umgesetzt werden.

10 Literaturverzeichnis

Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie und Bundesangelegenheiten (2011): Verwaltungsvorschrift zur Erfassung, Bewertung und Sanierung von Grundwasser-Verunreinigungen (GWS-VwV), Staatsanzeiger für das Land Hessen vom 07.03.2011

GEOW Heidelberg (2011): Lampertheim-Neuschloß, Untersuchungen zum reaktiven Transport von

Arsen (Abschlussbericht), Universität Heidelberg, Institut für Geowissenschaften

Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2013): Projektbericht vom 08.07.2013 zu den Einsparmöglichkeiten bei den mit Landesmitteln geförderten Grundwassersanierungen in der gewerblichen Altlastensanierung in Hessen

- CDM Smith Consult GmbH (2013): Variantenstudie mit Prüfung von Maßnahmen zur Optimierung der Grundwassersanierung, Bericht Nr. 138 vom 15.07.2013
- CDM Smith Consult GmbH und GEOW (2013): Konzept zur Optimierung der Grundwassersanierung, Bericht Nr. 141 vom 17.12.2013
- Regierungspräsidium Darmstadt, Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt (2014): Vollzug des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG) und des Hessischen Altlasten- und Bodenschutzgesetzes (HAltBodSchG), Ehemalige Chemische Fabrik in Lampertheim-Neuschloß, Zustimmung zur Optimierung der laufenden Grundwassersanierung und zur Durchführung eines Pilotversuchs zur Mobilisierung von Arsen im Grundwasserleiter, Schreiben vom 17.02.2014
- Regierungspräsidium Darmstadt, Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt (2014): Vollzug des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG) und des Hessischen Altlasten- und Bodenschutzgesetzes (HAltBodSchG), Ehemalige Chemische Fabrik in Lampertheim-Neuschloß, Beauftragung zur Durchführung eines Pilotversuchs zur Arsenmobilisierung auf Grundlage der Detail- und Genehmigungsplanung, Bescheid vom 09.10.2014
- Maier, M. (2014): Untersuchungen zum reaktiven Transport von Arsen im Grundwasserleiter – Prozessstudie und Entwicklung einer neuartigen Sanierungsmethode an einem Altstandort in Hessen, Deutschland. Doktorarbeit an der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, Institut für Geowissenschaften (GEOW)
- CDM Smith Consult GmbH und GEOW (2014): Detail- und Genehmigungsplanung für die Durchführung eines Pilotversuchs zur Arsenmobilisierung, Bericht Nr. 142 vom 27.07.2014
- CDM Smith Consult GmbH (2015): Grundwassersanierung Betriebsjahr 2015, Bericht Nr. 148 vom 06.09.2016
- CDM Smith Consult GmbH (2016): Abschlussbericht über den Pilotversuch zur Arsenmobilisierung, Bericht Nr. 149 vom 26.09.2016

Aktuelle Informationen und Veröffentlichungen

Handbuchreihe Altlasten, Band 3, Teil 7

Die Arbeitshilfe zur Sanierung von Grundwasserverunreinigungen wird durch eine 3. Auflage aktualisiert und ergänzt. Schwerpunkt bisheriger Auflagen war die Beantwortung der Frage, „ob“ eine schädliche Grundwasseränderung vorliegt. Die Arbeitshilfe wird jetzt um die Beantwortung der Frage, „wie“ eine schädliche Grundwasseränderung zu beseitigen ist, ergänzt. Dabei spielt der „Grundsatz der Verhältnismäßigkeit“ eine wichtige Rolle. Dieser Grundsatz gilt für alle Eingriffe im öffentlichen Recht, so auch im Bodenschutz- und Wasserrecht. Bei der Sanierung von Grundwasserverunreinigungen ist die Verhältnismäßigkeit zu Beginn (Sanierungsziel), während (Betrieb) und am Ende der Maßnahme (Einstellung ohne Erreichung des Sanierungsziels) zu prüfen. Die Arbeitshilfe entwickelt entsprechende Maßstäbe. Die Arbeitshilfe wird Mitte 2018 veröffentlicht werden.

<http://www.hlnug.de/?id=6448>

Probenahme von Feststoffen

Für die Normenreihe DIN 19698 „Untersuchungen von Feststoffen – Probenahme von festen und stichfesten Materialien“ sind die ersten beiden Teile erschienen.

Teil 1: Anleitung für die segmentorientierte Entnahme von Proben aus Haufwerken

Teil 2: Anleitung für die Entnahme von Proben zur integralen Charakterisierung von Haufwerken.

Für die beiden Teile 5 (Beprobung von Hot-Spots) und 6 (In-situ-Beprobung von Linienbauwerken) ist die Einspruchsfrist abgelaufen. Die Veröffentlichung ist in Kürze zu erwarten. Weitere Teile der Reihe sind in Arbeit.

Altlasten-Analytik

Einen aktuellen Überblick gibt die HLNUG-Internetseite: <http://www.hlnug.de/?id=468>

Fachinformationssystem Altflächen und Grundwasserschadensfälle FIS AG

FIS AG (FISBOX®) ist seit einem Jahr mit guter Akzeptanz und steigender Qualität im Einsatz.

FIS AG GIS Viewer ist seit Anfang August 2017 eine map.apps Anwendung.

Das Datenübertragungssystem DATUS mobile wird in den nächsten beiden Jahren technisch weiterentwickelt.

Bodendiversität und Bodenzustand in hessischen Bach- und Flussauen

Am HLNUG wird ein mehrjähriges Auen-Projekt durchgeführt, welches neben einer stärkeren bodenkundlichen Differenzierung der Auenbereiche für die Bodenflächendaten 1:50.000 (BFD50) eine systematische Erfassung, Dokumentation und Bewertung des Bodenzustandes in hessischen Auen zum Ziel hat. Um diese Ziele zu erreichen, werden Kartierungen durchgeführt und Bodenproben entnommen. Die Bodenproben werden auf bodenkundliche Standardparameter und Nährstoffe sowie anorganische und teilweise organische Spurenstoffe untersucht.

BodenViewer 2.0 - Update

Mit dem 2016 neu erstellten BodenViewer Hessen steht ein großer Teil der vorliegenden Daten zu Bodeneigenschaften und -funktionen als interaktive Kartenanwendung im Internet zur freien Verfügung. Ab Mai 2017 steht ein weiteres Update bereit, das viele Detailverbesserungen aufweist. Es ist jetzt bspw. möglich eine Recherche auf Flurstücke vorzunehmen. Es liegen auch umfangreiche Dokumentationen und Tutorien vor:

BodenViewer: <http://bodenviewer.hessen.de>

Dokumentation zum BodenViewer:

<http://www.hlnug.de/?id=6632>

Neue Schulungstutorien zum BodenViewer:

<http://www.hlnug.de/?id=9372>

Bodenwanderausstellung

Für die vielfältigen Themenbereiche zum Boden und dem Vorsorgenden Bodenschutz stellt das HLNUG eine Bodenwanderausstellung zur Verfügung, die von Institutionen, Vereinen u.a. unentgeltlich ausgeliehen werden kann.

Informationen unter:

<http://www.hlnug.de/?id=9426>

Schriften zu Böden und Bodenschutz in Hessen

Neu erschienen sind die beiden Publikationen:

Flyer zum Boden des Jahres 2017: Der Gartenboden

Böden und Bodenschutz in Hessen, Band 13: Stoffdynamik an der Intensiv-Messstelle Frankfurt Flughafen (nur online)

Zu finden sind diese unter:

<http://www.hlnug.de/?id=8779>

Slideshow zu Bodendauerbeobachtung

Das Dezernat G3 Boden und Altlasten stellt im Rahmen einer Slideshow einen seiner vielfältigen Tätigkeitsbereiche, die Bodendauerbeobachtung, vor. Die Slideshow ist zu finden unter:

<http://www.hlnug.de/?id=8461>

Auf- und Einbringen von Materialien

Das Hessische Umweltministerium hat eine weitere Arbeitshilfe zum Auf- und Einbringen von Materialien herausgegeben:

Arbeitshilfe Rekultivierung von Tagebau- und sonstigen Abgrabungsflächen – Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht

https://umwelt.hessen.de/sites/default/files/media/hmue/v/downloadversion_arbeitshilfe_rekultivierung_web_barrierefrei_endfassung.pdf (4 MB)

Hintergrundwerte

Die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) hat den aktualisierten Bericht zu Hintergrundwerten veröffentlicht:

Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe in Böden, 4. überarbeitete und ergänzte Auflage, 2017

https://www.labo-deutschland.de/documents/LABO_Fassung_HGW_Bericht_02_2017.pdf (810 KB)

Anhang: Tabellen der Hintergrundwerte für Böden
https://www.labo-deutschland.de/documents/LABO_HGW_Anhang_02_2017.pdf (3,6 MB)

Bodenschutz in Kommunen

Das Hessische Umweltministerium hat zwei Broschüren zur Umsetzung des vorsorgenden Bodenschutzes bei politischen Entscheidungen und der praktischen Umsetzung in den Kommunen herausgegeben:

Politik mit Tiefgang – Vorsorgender Bodenschutz: Wissen für Entscheider

https://umwelt.hessen.de/sites/default/files/media/hmue/v/bod_24seiter_politik_160801_v24_zum_druck_tag2_0.pdf (4 MB)

Planung mit Tiefgang – Vorsorgender Bodenschutz: Wissen für die Praxis

https://umwelt.hessen.de/sites/default/files/media/hmue/v/bod_40seiter_planung_160801_v15_zum_druck_tag_kor.pdf (7 MB)

Lackprofilssammlung am HLNUG

Lack- und Kastenprofile geben naturgetreu den Aufbau eines Bodens wieder und stammen von Böden, die eine wissenschaftliche und didaktische Bedeutung für die Bodenkunde darstellen, aber auch eine ästhetische und künstlerische Wirkung auf den jeweiligen Betrachter haben.

Die Lack- und Kastenprofile können unentgeltlich an Institutionen, Vereine u.a. ausgeliehen werden.

<https://www.hlnug.de/?id=11382>

Seminar Altlasten und Schadensfälle 2017

Am 24. und 25. April trafen sich rund 100 Fachleute und Interessierte zu Vorträgen und Diskussionen rund um die Sachgebiete Altlasten und Bodenschutz. Tagungsstätte war in diesem Jahr das Parkhotel Kolpinghaus in Fulda.

Auf dem Programm standen Vorträge zu vielfältigen Themen wie der Ausgangszustandsbericht und die Rückführungspflicht, die Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten, Non-Target-Screening in der Altlastenbearbeitung, Biologische Methoden in der Boden- und Altlastenbewertung und die Verhältnismäßigkeit langlaufender Sanierungen. Erstmals hatten in diesem Jahr auch zwei Absolventinnen der Universitäten Frankfurt und Koblenz-Landau die Gelegenheit, auf dem Altlastenseminar ihre Master- bzw. Diplomarbeiten vorzustellen, die im HLNUG vom Fachgebiet Vorsorgender Bodenschutz fachlich



begleitet wurden. Den Abschluss des ersten Seminartages bildete eine kurzweilige Führung durch die Barockstadt Fulda.

Auf den folgenden Seiten können Sie die Kurzfassungen der Vorträge nachlesen.



IED: Anforderungen an Ausgangszustandsbericht und Rückführungspflicht - ein Zwischenstand

JÖRG FRAUENSTEIN

Einleitung

Die Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 24. November 2010 über Industrieemissionen [1] (nachfolgend IE-RL) fordert für bestimmte Industriebereiche die Erstellung eines Ausgangszustandsberichts (AZB) im Rahmen der Anlageneinweisung. Der AZB soll den Zustand des Bodens und des Grundwassers auf dem Anlagengrundstück dokumentieren. Er dient letztlich als Beweissicherung und Vergleichsmaßstab für die Rückführungspflicht bei Anlagenstilllegung nach § 5 Absatz 4 des Gesetzes zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz-BImSchG) [2], die die IE-RL in nationales Recht umsetzt.

Zum Ausgangszustandsbericht hat die Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) unter Beteiligung der Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) eine Arbeitshilfe erstellt (Arbeitshilfe zum Ausgangszustandsbericht: <https://www.labo-deutschland.de/Veroeffentlichungen.html>, Stand 15.04.2015) [3].

Rechtliche Grundlagen

Der § 10 Absatz 1a BImSchG bestimmt, dass im Genehmigungsverfahren ein Bericht über den Ausgangszustand von Boden und Grundwasser anzufertigen und vorzulegen ist, wenn relevante gefährliche Stoffe (nachfolgend rgS) verwendet, erzeugt oder freigesetzt werden. Der Betreiber ist dann zur Rückführung in den Ausgangszustand verpflichtet, wenn bei der endgültigen Einstellung des Anlagenbetriebs festgestellt wird, dass im Vergleich zum Ausgangszustand erhebliche Boden- oder Grundwasserverschmutzungen verursacht worden sind. Neben

Die Umweltministerkonferenz (UMK) hat mit Beschluss zum UMK-Umlaufverfahren 20/2013 vom 01.10.2013 die von der LABO erstellte Arbeitshilfe zum Ausgangszustandsbericht für Boden und Grundwasser zur Kenntnis genommen und deren Veröffentlichung auf der LABO-Homepage zugestimmt. Mehrere Bundesländer haben bereits per Erlass diese Arbeitshilfe für den Vollzug verbindlich eingeführt.

In Fortsetzung dieser Aktivitäten wurde eine Redaktionsgruppe von der LABO beauftragt, in Zusammenarbeit mit der LAWA und der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) eine „Arbeitshilfe zur Rückführungspflicht“ zu erarbeiten. Inzwischen wurde auch die Arbeitshilfe zur Rückführungspflicht (AH-R) von der LABO einstimmig zur Kenntnis genommen. Die LABO sieht in der Fassung vom 09.03.2017 eine geeignete Grundlage für den Vollzug. Nach erfolgter Abstimmung mit der LAWA und im Einvernehmen mit der LAI ist ein Beschluss der Umweltministerkonferenz zur Veröffentlichung herbeizuführen.

§ 5 Absatz 4 BImSchG bestehen weitere Pflichten aufgrund des BImSchG, des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG) [4] und des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) [5].

Der Vergleichsmaßstab für diese Rückführungspflicht ergibt sich aus dem bei der Genehmigung der Anlage zu erstellenden Bericht über den Ausgangszustand. Mit den durch den Anlagenbetreiber einzureichenden „Unterlagen zur Betriebseinstellung“ (nachfolgend UzB) werden unter anderem in Ana-

logie zum AZB die sachlichen Voraussetzungen für den qualifizierten Vergleich zwischen Anfangs- und Endzustand ermöglicht.

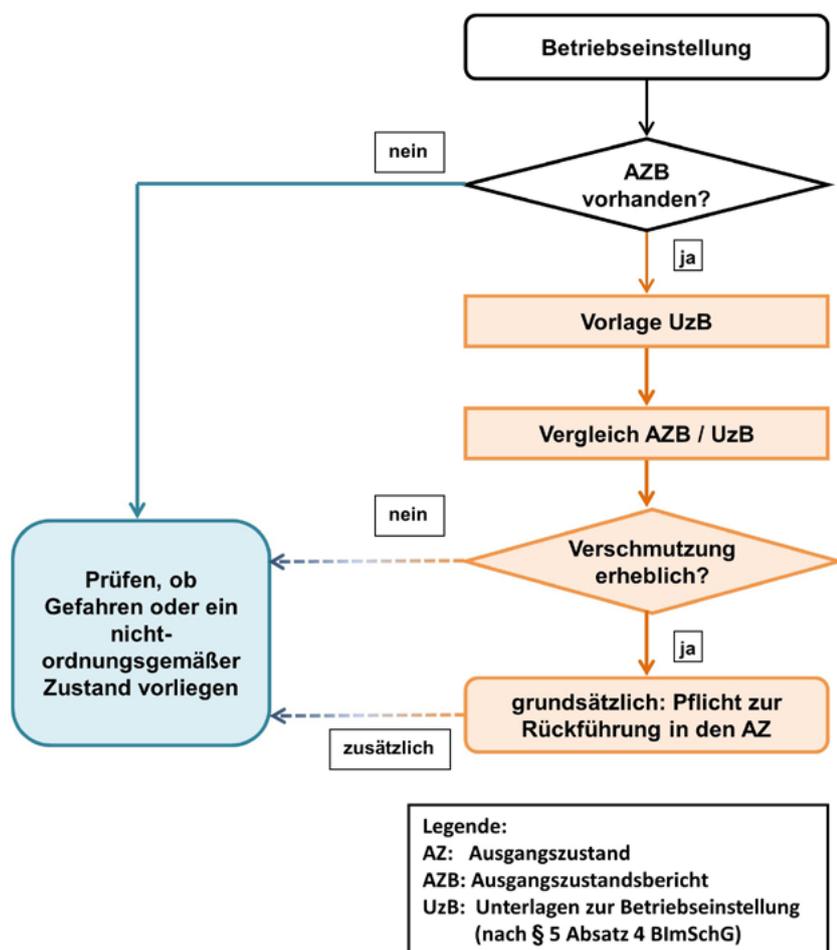
Eine Rückführungspflicht setzt voraus, dass durch den Betrieb einer Anlage nach der IE-RL zum Zeitpunkt der endgültigen Einstellung des Anlagenbetriebs im Vergleich zu einem im Ausgangszustandsbericht beschriebenen Zustand eine erhebliche

Boden- oder Grundwasserverschmutzung durch rgS verursacht wurde. Liegt kein AZB vor, kann demnach keine Pflicht zur Rückführung bestehen. In diesem Fall kann durch die zuständige Behörde nur eine Wiederherstellung des ordnungsgemäßen Zustands nach § 5 Absatz 3 BImSchG gefordert werden. Diese Regelung bestand bereits schon vor dem Inkrafttreten der IE-RL im BImSchG.

Fachliche Aspekte zur Feststellung einer Rückführungspflicht

Die Rückführungspflicht setzt voraus, dass durch den Betrieb einer Anlage nach der IE-RL zum Zeitpunkt der endgültigen Einstellung des Anlagenbetriebs im Vergleich zu einem im Ausgangszustandsbericht beschriebenen Zustand eine erhebliche Boden- oder Grundwasserverschmutzung durch rgS verursacht wurde.

Den Ablauf der Prüfschritte bei Betriebseinstellung in Bezug auf eine Feststellung erheblicher Boden- und Grundwasserverschmutzungen gibt das Fließbild in der Abbildung 1 aus dem aktuellen Entwurf der AH-R wieder.



Dazu sind durch den Anlagenbetreiber die UzB einzureichen. Sie dienen unter anderem dem Zweck, praktisch als Gegenstück zum Ausgangszustand, die Verschmutzungen von Boden und Grundwasser zum Zeitpunkt der Betriebseinstellung zu beschreiben und den erforderlichen Vorher-/Nachher-Vergleich ermöglichen zu können. Die Verschmutzung muss auf Grund des Betriebs der IED-Anlage verursacht worden sein. Dabei sind auch durch rgS verursachte Schadstoffmobilisierungen oder -verlagerungen zu betrachten, soweit diese auf Grund der Stoffeigenschaften zu erwarten sind oder bereits bei der Überwachung während des Anlagenbetriebes festgestellt wurden. Gibt es allgemein verfügbare Erkenntnisse über Abbau- und Umwandlungsprodukte der rgS, die nicht bereits im AZB untersucht wurden, sind auch

Abb. 1: Prüfschema Rückführungspflicht

diese zu berücksichtigen. Bei der Feststellung des Zustands von Boden und Grundwasser bei Betriebseinstellung ist zudem die Vergleichbarkeit der Messmethoden mit denen beim AZB zu gewährleisten.

Die Rückführungspflicht setzt voraus, dass die im Vergleich zum Ausgangszustand festgestellten Verschmutzungen „erheblich“ sind. Dieser unbestimmte Begriff wird im vorgelegten Entwurf der Arbeitshilfe für den Vollzug konkretisiert. Nach intensiven Diskussionen hat sich die Redaktionsgruppe zur Einführung eines Erheblichkeitsfaktors von 1,5 entschieden [6]. Das heißt, eine Stoffkonzentration ist grundsätzlich erheblich, wenn sie den Wert des Ausgangszustands um mehr als die Hälfte überschreitet. Wird nachgewiesen, dass aufgrund analytischer oder probennahmetechnischer Unsicherheiten der Messwerte bei Betriebseinstellung auch ohne Verschmut-

zung höher als das 1,5-fache des Ausgangszustands liegen kann, ist dies bei der Feststellung der Erheblichkeit im Einzelfall zu berücksichtigen. [7, 8]

Das grundsätzliche Vorgehen für einen Vorher/Nachher-Vergleich wird in Abbildung 2 (Quelle: 2. Entwurf AH-R) gezeigt. Ein Überschreiten der Erheblichkeitsschwelle löst vorbehaltlich der Verhältnismäßigkeit entsprechender Maßnahmen die Pflicht zur Rückführung in den Ausgangszustand aus (roter Bereich).

Der Betreiber ist dann verpflichtet, nach Einstellung des Betriebs der Anlage, den Ausgangszustand wiederherzustellen. Die Rückführungspflicht gilt im Gegensatz zur Wiederherstellungspflicht grundsätzlich auch für Verschmutzungen unterhalb eines Gefahrentatbestandes.

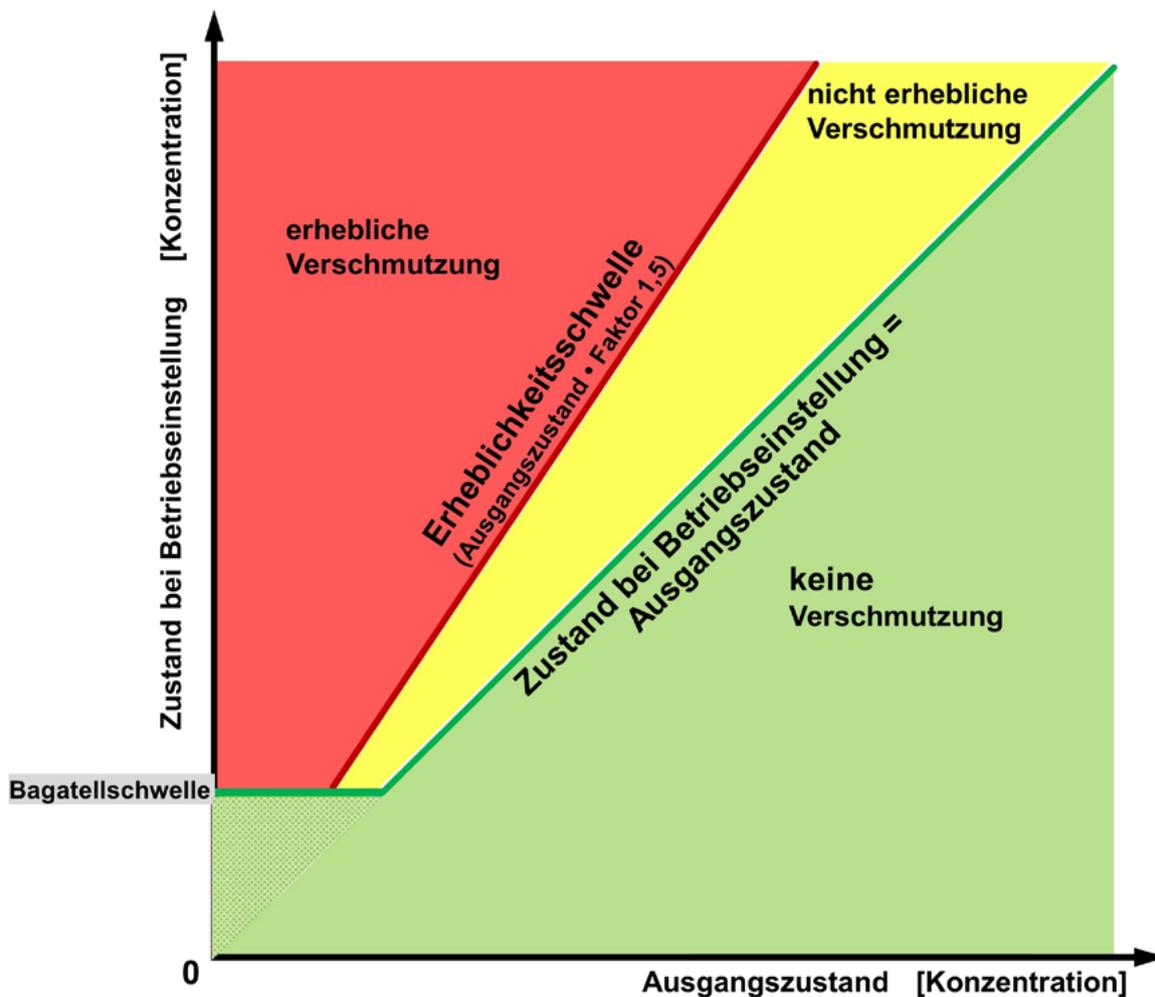


Abb. 2: Vergleich des Ausgangszustands mit dem Zustand bei Betriebseinstellung unter Berücksichtigung von Erheblichkeits- und Bagatellschwelle

Bei Betriebseinstellung sind daneben auch Maßnahmenanfordernisse in Verbindung mit der Wiederherstellungspflicht nach Immissionsschutzrecht sowie der Untersuchungs-, Beseitigungs- und Sanierungspflicht nach Bodenschutzrecht zu prüfen. Diese Pflichten bestehen eigenständig neben einer möglichen Rückführungspflicht. Eine Wiederherstellungspflicht nach § 5 Absatz 3 BImSchG oder eine

Beseitigungspflicht nach § 4 Absatz 5 BBodSchG kommt auch für Stoffe, die nicht im AZB betrachtet wurden, in Betracht. Die Wiederherstellung eines ordnungsgemäßen Zustands ist stets zu gewährleisten, auch dann, wenn die Voraussetzungen für eine Rückführungspflicht des Anlagenbetreibers nicht vorliegen.

Zwischenstand der Bearbeitung

Die Redaktionsgruppe hat zur 51. LABO-Sitzung den zweiten Entwurf der AH-R vorgelegt. Nach einstimmiger Kenntnisnahme ist der LABO-Vorsitzende gebeten worden, die Arbeitshilfe nach erfolgter Abstimmung mit der LAWA der LAI zur Einbeziehung in die „Arbeitshilfe für den Vollzug der nationalen Rechtsvorschriften zur Umsetzung der Industrie-Emissions-Richtlinie“ zuzuleiten und im Einvernehmen mit der LAI einen Beschluss der UMK zur Veröffentlichung herbeizuführen.

In der aktuellen Fassung der AH-R wurde versucht, die Hinweise aus den zahlreichen Stellungnahmen der Vollzugsbehörden, der externen Fachöffentlichkeit und der Industrie- und Fachverbände sowie dem LABO-Workshop zu würdigen und in geeigneter Weise aufzugreifen und einzuarbeiten.

Es schien erforderlich, neben der unmittelbaren fachtechnischen Bewertung einer möglichen Rückführungspflicht in der Arbeitshilfe ebenfalls die umweltpolitischen Intentionen zu adressieren. In den externen Stellungnahmen zum Entwurf der Arbeitshilfe sowie auf dem bereits erwähnten LABO-Workshop wurde wiederholt angemerkt, dass die Anforderungen aus der IE-RL keine maßgeblichen Akzente hinsichtlich des Flächenrecyclings setzen und eine Rückführungspflicht dann sogar als kontraproduktiv angesehen wird. Um diese Aspekte besser adressieren zu können wurden folgende Grundsätze der Rückführungspflicht der AH-R vorangestellt:

- Ein Ziel der IE-RL und ihrer nationalen Umsetzung ist die Vorsorge gegen erhebliche Verschmutzungen von Boden und Grundwasser, die durch den Betrieb von IED-Anlagen verursacht werden können.
- Voraussetzung für eine Rückführungspflicht nach § 5 Absatz 4 BImSchG ist das Vorliegen eines Ausgangszustandsberichts (AZB) und eine erhebliche Verschmutzung von Boden oder Grundwasser.
- Zweck der Rückführungspflicht nach § 5 Absatz 4 BImSchG ist im Gegensatz zur Wiederherstellungspflicht nach § 5 Absatz 3 BImSchG nicht die Gefahrenabwehr, sondern die Rückführung in den Ausgangszustand.
- Die Erheblichkeit einer Verschmutzung von Boden und Grundwasser im Vergleich zum Ausgangszustand wird im Regelfall mittels eines Faktors festgestellt. Im Einzelfall kann davon abgewichen werden.

Auf die Thematik der Wiedernutzung vorgenuzter industrieller Standorte wird in Kapitel 4 unter dem Aspekt der Verhältnismäßigkeit von Rückführungsmaßnahmen hingewiesen.

Neu in der Arbeitshilfe sind nun ein umfassendes Literaturverzeichnis, weiterführende Hinweise zum Umgang mit Summen- und Leitparametern, insbesondere bei Mehrzweck- oder Vielstoffanlagen sowie eine Mustergliederung der Unterlagen zur Betriebseinstellung (UzB).

Thematische Schwerpunkte für die Revision der Arbeitshilfe zum AZB

Im Verlauf der Bearbeitung wurden immer wieder die inhaltlich engen Verknüpfungen und Abhängigkeiten zwischen Ausgangszustandsbericht und Rückführungspflicht deutlich, die konsistent in beiden Arbeitshilfen zu implementieren sind. Zusammen mit den zahlreichen Anregungen aus der Öffentlichkeitbeteiligung und dem LABO-Workshop ergibt sich so die Notwendigkeit einer zeitnahen Revision der Arbeitshilfe zum AZB, die noch im ersten Halbjahr 2017 beginnen wird.

Die Schwerpunkte der bevorstehenden Revision lassen sich folgenden Clustern zuordnen:

- a. Standortuntersuchungskonzept, Probennahme, Analytik
- b. Umgang mit komplexen Standorten (auch bei industrieller Vornutzung) bzw. mit Mehrzweck- oder Vielstoffanlagen
- c. Bewertung gefährlicher Stoffe hinsichtlich Boden- und Grundwasserverschmutzung
- d. Überprüfung der Relevanzkriterien für gefährliche Stoffe, auch im Kontext der VAWs/AwSV
- e. Aufwand und Qualitätssicherung bei der Erstellung des AZB

Die eigentliche Herausforderung bei der Umsetzung der IE-RL ist die Bewertung gefährlicher Stoffe und ihrer Möglichkeit, Boden und Grundwasser zu verschmutzen. Dazu bedarf es geeigneter Bewertungsmaßstäbe und analytischer Nachweisverfahren. Für die Mehrzahl der durch die Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen (CLP-Verordnung) [9] adressierten gefährlichen Stoffe, liegen qualifizierte analytische Messverfahren und eine unmittelbar anwendbare Bewertung nicht gesichert vor oder fehlen bislang. Die Dimension dieses Problems verlangt eine staaten- und länderübergreifende Zusammenarbeit. Ziel muss es sein, die Stoffbewertungen dringend weiterzuentwickeln und entsprechende Ergebnisse allgemein verfügbar zu machen. Explizit für den Boden ist zu

konstatieren, dass auf Grund von Heterogenität und von Matrixeffekten eine rechtssichere quantitative Bestimmbarkeit auch bei Mehrzweck- und Vielstoffanlagen derzeit kaum möglich ist. Die gegenwärtige Praxis, sich in diesen Fällen auf Summen- und Leitparameter zu stützen, bedarf ebenfalls einer weiteren Betrachtung, um Zulässigkeit und Einsatzgrenzen besser verstehen zu können. Neben dem analytischen Nachweis gefährlicher Stoffe stehen auch die verfahrensbezogenen Messunsicherheiten im Fokus. Bei der Bewertung der Rückführungspflicht können diese im Einzelfall bei einer Überschreitung des bereits im Erheblichkeitsfaktor berücksichtigten Anteils geltend gemacht werden. Hierfür werden vollzugsleitende Kriterien benötigt, ebenso wie für die Wichtung von analytischen Ergebnissen einzelner Bodenproben, bezogen auf das gesamte Anlagengrundstück, um den Ausgangszustand nachvollziehbar dokumentieren zu können.

Von Betreiberseite wird die Forderung nach einer Flexibilisierung der Verfahrensabläufe für die Erstellung von AZB und UzB erhoben. Kosten- und Zeitaufwand für die Erarbeitung der entsprechenden Berichte sollen verhältnismäßig bleiben und die Entwicklung am Standort bzw. auf dem Anlagengrundstück nicht behindern. Zu diskutieren wird sein, inwieweit eine zeitliche Flexibilisierung bei der Umsetzung der Rückführungspflicht zugelassen werden kann. Da der Adressat dieser gesetzlichen Rückführungspflicht allein der Anlagenbetreiber ist und die Behörde beispielsweise im Insolvenzfall nicht in die Rückführungspflicht eintritt, wird die geforderte Anpassung nicht ohne eine geeignete Absicherung erfolgen können, so dafür eine konkrete Eintrittswahrscheinlichkeit besteht. Im praktischen Vollzug bereitet der Umgang mit bereits auf dem Anlagengrundstück vorhandenen Belastungen mit gefährlichen Stoffen erhebliche Probleme. Dafür wird es zukünftig zweckmäßig sein, vorliegende Standortinformationen zukunftsicher zu archivieren und behördenübergreifend zu nutzen.

Fazit

Mit den Instrumenten AZB und Rückführungspflicht wird für ein komplexes Themenfeld mit klarem Bezug zu Boden- und Grundwasserschutz durch die Bund/Länder Arbeitsgemeinschaften LABO, LAWA und LAI nach gemeinsam konsensfähigen Lösungen gesucht. Ungeachtet offener Fragestellungen für die Ausgestaltung der Vollzugshilfen wird mit der nationalen Umsetzung der IE-RL ein wichtiger Schritt ge-

gangen, damit sich der technische Fortschritt in der Verfahrenstechnik und im Anlagenbau auch in der wirksamen Reduzierung von Boden- und Grundwasserverschmutzungen niederschlägt. Es geht nun endlich darum, mit einem präventiven Grundansatz die Entstehung von Altlasten auf Industriestandorten wirksam zu reduzieren.

Literatur

- [1] RICHTLINIE 2010/75/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES, über Industrieemissionen (integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung) (Neufassung) 2010; <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:334:0017:0119:de:PDF>
- [2] Bundes-Immissionsschutzgesetz vom 26. September 2002, In der Fassung der Bekanntmachung vom 26.09.2002 (BGBl. I S. 3830) zuletzt geändert durch Gesetz vom 26.07.2016 (BGBl. I S. 1839) m.W.v. 30.07.2016; <https://dejure.org/gesetze/BImSchG>
- [3] Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) in Zusammenarbeit mit der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), Arbeitshilfe zum Ausgangszustandsbericht für Boden und Grundwasser (Fassung vom 07.08.13, mit redaktionellen Korrekturen Stand 15.04.2015); <https://www.labo-deutschland.de/documents/>
- [4] Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502), zuletzt geändert durch Verordnung vom 31.08.2015 (BGBl. I S. 1474) m.W.v. 08.09.2015; <https://dejure.org/gesetze/BBodSchG>
- [5] Wasserhaushaltsgesetz (Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts) zuletzt geändert durch Gesetz vom 21.07.2016 (BGBl. I S. 1764) m.W.v. 27.07.2016 Stand: 18.10.2016 aufgrund Gesetzes vom 11.04.2016 (BGBl. I S. 745); <https://dejure.org/gesetze/WHG>
- [6] TH. LENHART, J. LEISNER, R.-N. BULITTA: Feststellung der Erheblichkeit von Boden- und Grundwasserverschmutzungen nach Betriebseinstellung von IED-Anlagen, altlastenspektrum, 2016, Heft 3, Seite 85; <https://www.labo-deutschland.de/documents/>
- [7] Methodensammlung Boden -/Altlastenuntersuchung, 6/2014; <http://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/kommissionen-beiraete/fachbeirat-bodenuntersuchungen-fbu>
- [8] Fachbeirat Bodenuntersuchungen „Qualitätssicherung und Ergebnisunsicherheit für Bodenuntersuchungsverfahren“ - Angabe der Messunsicherheit bei chemischen Bodenuntersuchungen für den Vollzug der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung, März 2008; <http://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/kommissionen-beiraete/fachbeirat-bodenuntersuchungen-fbu>
- [9] VERORDNUNG (EG) Nr. 1272/2008 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemisch, Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006, 2008; <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:353:0001:1355:de:PDF>

Danksagung

Der Inhalt des vorliegenden Beitrags basiert auf den intensiven Diskussionen innerhalb der LABO-Redaktionsgruppe von Ländervertretern aus den Bereichen des Boden- und Grundwasserschutzes, immissionsrechtlicher Genehmigungsverfahren sowie Vertretern von LABO, LAWA, LAI und des Bundes.

Stilllegung von Anlagen nach § 5 Abs. 3 BImSchG

PETER HANISCH

1 Einführung

Mit der Umsetzung der Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rats vom 24. November 2010 über Industrieemissionen (nachfolgend IED genannt, engl. Industrial Emissions Directive) in nationales Recht wurden unter anderem die Betreiberpflichten des § 5 BImSchG ergänzt. Eine wesentliche Änderung war die Möglichkeit nach der Einstellung des Betriebs einer IED-Anlage unter bestimmten Voraussetzungen die Rückführung des Anlagengrundstücks in den Ausgangszustand zu fordern. Mit dieser Rückführungspflicht ist insbesondere auch die Erstellung eines Ausgangszustandsberichts (nachfolgend AZB genannt) verbunden. Im Vollzug ist bei der Erstellung eines AZB eine Zusammenarbeit der unterschiedlichen Fachbehörden – auch unter Beteiligung der Bodenschutzbehörde – vorgesehen. Durch diese Zusammenarbeit sowie im Rahmen der Erarbeitung der Arbeitshilfe zur Rückführungspflicht geriet die in § 5 Abs. 3 BImSchG geforderte Wiederherstellungspflicht des Betreibers, die auch für den Bodenzustand gilt, in den Fokus der Behörden.

In § 5 Abs. 3 Nr. 1 BImSchG ist bestimmt, dass genehmigungsbedürftige Anlagen so zu errichten, zu betreiben und stillzulegen sind, dass auch nach einer Betriebseinstellung von der Anlage oder dem Anlagengrundstück keine schädlichen Umwelteinwirkungen und sonstige Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit und die Nachbarschaft (nachfolgend Gefahren genannt) hervorgerufen werden können. § 5 Abs. 3 Nr. 3 fordert zudem „die Wiederherstellung eines ordnungsgemäßen Zustandes des Anlagengrundstücks“. Obwohl die Wiederherstellungspflicht seit 2001 besteht, findet sich lediglich eine Gerichtsentscheidung aus dem Jahr 2015, die sich mit dieser Norm befasst [1] [2] [3].

Die in Tabelle 1 exemplarisch für Hessen gezeigte Auswertung des LänderInformationSystems für Anlagen (LIS-A) macht deutlich, dass die Wiederherstellungspflicht im Vergleich zur Rückführungspflicht für deutlich mehr Anlagen gilt. Von den knapp 4.000 in Hessen zugelassenen genehmigungsbedürftigen Anlagen (gbA) fallen nur ca. 14 % unter die IE-Richtlinie. Dabei gilt die Rückführungspflicht für eine IED-Anlage auch nur dann, wenn sie nach dem 2. Mai 2013 genehmigt oder wenn nach dem 7. Januar 2014 eine Änderungsgenehmigung erteilt wurde (vgl. Übergangsfristen gemäß § 67 Abs. 5 BImSchG) und wenn sich dabei die Pflicht zur Erstellung eines AZB ergeben hat.

Tab. 1: Anzahl der genehmigungsbedürftigen Anlagen (gbA) und der Anlagen nach IED in Hessen; Datengrundlage: LIS-A (Stand 03/2017), Anlagentyp G, Anlagenstatus in Betrieb

gbA		%
Nordhessen	1.174	30
Mittelhessen	1.082	27
Südhessen	1.706	43
Hessen gesamt	3.962	

IED-Anlagen		%
Nordhessen	106	19
Mittelhessen	101	18
Südhessen	357	63
Hessen gesamt	564	

Tabelle 2 zeigt, dass in Hessen seit der Einführung der Wiederherstellungspflicht 1.047 Anlagen stillgelegt wurden oder ihre Genehmigung verloren (erloschen/ verfristet). Jährlich werden in Hessen somit

durchschnittlich 65 gbA stillgelegt. Dies verdeutlicht die Relevanz der Thematik, die sich auch auf die bodenschutzfachliche Bearbeitung erstreckt. Innerhalb der hessischen Vollzugsbehörden wird die Anlagenstilllegung unterschiedlich gehandhabt; dies gilt sowohl für das Vorgehen der verfahrensführenden Immissionsschutzbehörden, als auch im Falle ihrer Beteiligung für das der Bodenschutzbehörden.

Hinsichtlich bodenschutzfachlicher Fragestellungen sollen Vorschläge erarbeitet werden, die einen einheitlichen Vollzug der Wiederherstellungspflicht unterstützen. Dabei wird insbesondere auch auf die im Vollzug des Bodenschutzes gemachten Erfahrungen zurückgegriffen und die Vorteile einer Unterstützung des Stilllegungsverfahrens durch die Bodenschutzbehörde dargestellt. Diese Vorteile be-

Tab. 2: Anzahl der in Hessen seit 2001 (Einführung § 5 Abs. 3 Nr. 3 – Wiederherstellungspflicht) stillgelegten genehmigungsbedürftigen Anlagen; Datengrundlage: LIS-A (Stand 03/2017), Anlagentyp G, Anlagenstatus stillgelegt/Genehmigung erloschen/Genehmigung verfristet

seit 2001 stillgelegte gbA		%
Nordhessen	316	30
Mittelhessen	222	21
Südhessen	509	49
gesamt	1.047	

stehen aus Sicht des Autors insbesondere auch für die Bearbeitung späterer bodenschutzrechtlicher Verfahren.

2 Unterlagen für die Stilllegungsanzeige

Nach § 15 Abs. 3 S. 2 BImSchG sind der Stilllegungsanzeige durch den Betreiber Unterlagen beizufügen, aus denen hervorgeht, welche Maßnahmen zur Erfüllung der Pflichten aus § 5 Abs. 3 und 4 vorgesehen sind.

Nach § 17 Abs. 4a S. 2 BImSchG kann die Immissionsschutzbehörde nach Einstellung des Betriebs einer genehmigungsbedürftigen Anlage Anordnungen zur Erfüllung der sich aus § 5 Abs. 3 BImSchG ergebenden Pflichten erlassen. Anordnungen nach § 17 BImSchG können nur noch während eines Zeit-

raums von einem Jahr getroffen werden. Die Frist beginnt mit der Betriebseinstellung der gesamten Anlage, spätestens jedoch mit dem Zeitpunkt der Anzeige nach § 15 Abs. 3 BImSchG.

Darüber hinaus kann die Immissionsschutzbehörde nach § 52 Abs. 2 BImSchG von einem Anlagenbetreiber jederzeit Unterlagen verlangen, die die Erfüllung der Betreiberpflichten nachweisen. Dazu können auch Unterlagen gehören, die in einem Stilllegungsverfahren die Einhaltung der Wiederherstellungspflichten zeigen sollen.

2.1 Kommentare und Gesetzesbegründung

Die in § 5 Abs. 3 Nr. 3 BImSchG verwendete Formulierung des „ordnungsgemäßen Zustandes“, der auf dem Anlagengrundstück wiederhergestellt werden soll, stellt einen unbestimmten Rechtsbegriff dar. Aus der Gesetzesbegründung [4] ist zu entnehmen, dass der Zustand des Betriebsgeländes als ordnungsgemäß gilt, wenn alle Vorschriften, die auf den Stilllegungsvorgang anwendbar sind, eingehalten werden. Im Kommentar zum BImSchG, Jarass [5] bezieht sich der Autor auf die Folgenutzung. So soll das Gelände nach der Stilllegung zu „irgendeinem anderen

Zweck genutzt werden“ können (Rn. 118).

Es stellt sich die Frage, welchen Umfang die Unterlagen im Detail haben sollen, mit denen der Betreiber die Einhaltung seiner Pflichten belegen kann, beziehungsweise welche Unterlagen für eine Beurteilung der Einhaltung der Betreiberpflichten durch die Behörde notwendig sind. Der Kommentar zum BImSchG, Jarass [5] führt dazu aus, dass unter anderem die Stilllegungsmaßnahmen, der Zustand der Anlage, des Anlagengrundstücks und insbesondere der Bo-

denzustand sowie die geplanten Sicherungsmaßnahmen für auf dem Grundstück verbleibende Risiken beschrieben werden müssen (Rn. 55). Des Weiteren wird empfohlen, dass einzelne Unterlagen, die zum Zeitpunkt der Stilllegungsanzeige noch nicht vorlie-

gen, nachzureichen sind und die Durchsetzung der Anzeigepflicht und die Vorlage vollständiger Unterlagen über nachträgliche Anordnungen nach § 17 BImSchG erfolgen kann.

2.2 Vollzugshilfen

Im hessischen Verfahrenshandbuch zur Durchführung von Anzeigeverfahren [6] werden umfangreiche Unterlagen gefordert, die der zuständigen Behörde vorgelegt werden müssen. Die bodenschutzfachlich interessanten Unterlagen sind im Detail ein Lageplan mit Abgrenzung des Anlagengrundstücks, die Nutzungshistorie (Rückblick über die Tätigkeiten auf dem Gelände vor der Inbetriebnahme, die Standorte von Anlagenteilen und die Produktionsprozesse) sowie die zukünftige Nutzung des Geländes inklusive der vorgesehenen Rekultivierungsmaßnahmen und vorgesehenen Ermittlungen von Boden- oder Wasserkontaminationen. Hinsichtlich der Nutzungshistorie wird explizit darauf hingewiesen, dass bei einem Verdacht auf Altlasten die Bodenschutzbehörde beteiligt werden soll. Auch im hessischen Verfahrenshandbuch wird die Möglichkeit einer nachträglichen Anordnung nach § 17 BImSchG im Rahmen der Stilllegung erläutert.

Nach der Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz des Landes Nordrhein-Westfalen [7] müssen die Unterlagen nach § 15 Abs. 3 S. 2 BImSchG unter anderem Angaben über mögliche gefahrenverursachende Bodenverunreinigungen und die vorgesehenen Maßnahmen zu deren Beseitigung enthalten (Nr. 10.14.3 e). Bezüglich der

Wiederherstellungspflicht wird in der Verwaltungsvorschrift explizit darauf hingewiesen, dass dem (letzten) Anlagenbetreiber eine umfassende Verantwortlichkeit zukommt. So komme es nicht darauf an, ob ggf. ein früherer Betreiber Verursacher eines Gefahrenschutzproblems sei (Nr. 4.6.2). Bei einer Betriebseinstellung sei insbesondere auf mögliche Bodenverunreinigungen zu achten. Die Ermittlung des Sachverhaltes und ob die Tatbestandsvoraussetzungen des § 17 Abs. 1 überhaupt erfüllt sind, sei Aufgabe der Behörde und könne nicht mittels Ordnungsverfügung auf den Ordnungspflichtigen abgewälzt werden. Dagegen könne dem Ordnungspflichtigen wohl die Ermittlung des Umfangs einer Gefahr bzw. der Reichweite eines bereits eingetretenen Schadens aufgegeben werden (Nr. 12.7.2). Im Hinblick auf die Sachverhaltsermittlung sind die Aussagen innerhalb der Verwaltungsvorschrift widersprüchlich. Einerseits könne nicht verlangt werden dem Pflichtigen die Klärung aufzugeben, ob die Tatbestandsvoraussetzungen des § 17 Abs. 1, also unter anderem die Erfüllung der Betreiberpflichten nach § 5 Abs. 3, eingehalten werden. Andererseits sind ebendiese Informationen nach § 15 Abs. 3 S. 2 zwingende Voraussetzung bei der Einreichung der Stilllegungsanzeige, worauf auch in der Verwaltungsvorschrift hingewiesen wird.

2.3 Fazit

Zusammenfassend ist festzustellen, dass sowohl in der Kommentierung als auch im Verfahrenshandbuch und in der Verwaltungsvorschrift gefordert wird, dass seitens des letzten Betreibers Informationen vorgelegt werden müssen, die es der Behörde erlauben, die Einhaltung der Betreiberpflichten zu beurteilen. Der dafür notwendige Umfang variiert jedoch im Detail.

Jedenfalls sollte es im Ergebnis erforderlich sein, dass von dem Betreiber einer nach BImSchG genehmigungsbedürftigen Anlage im Zuge der Stilllegung

- a. der Nachweis der Wiederherstellung eines ordnungsgemäßen Zustands des Anlagengrundstücks zu erbringen ist,
- b. darunter die Einhaltung der neben dem BImSchG einschlägigen öffentlich rechtlichen Vorschriften

fällt (regelmäßig auch bodenschutzrechtlicher Normen) und somit

- c. nachweislich keine Gefahren von dem Anlagengrundstück ausgehen dürfen.

Darüber hinaus ist festzustellen, dass sich der letzte Betreiber bei der Wiederherstellungspflicht wohl nicht nur auf das von ihm geführte Gewerbe beschränken kann. Vielmehr ist von ihm generell zu fordern, dass von dem betreffenden Anlagengrundstück keine Gefahren ausgehen dürfen; dies gilt auch wenn früher auf dem Anlagengrundstück durchgeführte Tätigkeiten für die Gefahren ursächlich sind.

Vergleicht man die oben genannten Informationen, die bei der Betriebsstilllegung vorgelegt werden sollen, mit den im Zuge einer historischen Recherche (Einzelfallrecherche) erhobenen Daten, so fallen deutliche Gemeinsamkeiten auf. Eine historische Recherche steht in der Regel am Beginn eines bodenschutzrechtlichen Verfahrens, in dem ermittelt werden soll, ob es Anhaltspunkte für das Vorliegen einer Altlast gibt. Ziele sind insbesondere eine Einschätzung, ob Hinweise auf eine schädliche Bodenveränderung vorliegen und die Klärung der Frage, wo eine Untersuchung auf welche Schadstoffe sinnvoll wäre (Vorbereitung einer orientierenden Untersuchung). Eine historische Recherche wird regelmäßig im Zu-

ge der Amtsermittlung nach § 9 Abs. 1 BBodSchG durch die Behörde beauftragt und mit Steuermitteln finanziert. Hier liegen wesentliche Vorteile, sollte die Bodenschutzbehörde an einem Stilllegungsverfahren beteiligt werden.

- In nach BImSchG genehmigungsbedürftigen Anlagen wird fast immer mit relevanten Mengen umweltgefährdender Stoffe umgegangen. Hinsichtlich der Erfassung von Altstandorten ergibt sich daher regelmäßig ein hohes oder sehr hohes Gefährdungspotential für die Umwelt (vgl. [8]) und somit eine hohe Altlastenrelevanz.
- Im Zuge der Stilllegungsanzeige müssen der Behörde ohnehin Unterlagen vorgelegt werden, die in weiten Teilen einer historischen Recherche entsprechen. Der Bodenschutzbehörde wird es somit ermöglicht eine altlastenverdächtige Fläche einschätzen zu können.
- Zum Zeitpunkt einer Betriebsstilllegung sind dem Betreiber alle wesentlichen Elemente der Stilllegungsanzeige und respektive auch einer historischen Recherche bekannt oder sehr einfach zugänglich. Jedenfalls wird die Informationserhebung mit fortschreitender Zeit wesentlich ungenauer und gleichfalls aufwändiger. Selbiges gilt, wenn nicht der Betreiber selbst die Informationen über sein Gewerbe zusammenträgt, sondern beispielsweise ein externer Gutachter beauftragt werden muss.

3 Boden- und Grundwasseruntersuchungen im Zuge von Stilllegungsanzeigen

Wie im vorhergehenden Kapitel beschrieben, ist die Prüfung ob Boden- oder Gewässerunreinigungen auf dem Anlagengrundstück vorliegen ein wesentlicher Aspekt, der bei der Stilllegung eines genehmigungsbedürftigen Betriebes seitens der Behörde vorgenommen werden muss. Ein mögliches Resultat einer Gefährdungsabschätzung kann sein, dass einfache Hinweise auf das Vorliegen einer Altlast bestehen. Es stellt sich die Frage, ob im Zuge eines Stilllegungsverfahrens auch konkrete Untersuchungen des Bodens oder Grundwassers gefordert werden können.

Die bisher gemachten Erfahrungen zeigen, dass im

Zuge von Betriebsstilllegungen auch (freiwillige) Untersuchungen seitens des Betreibers durchgeführt wurden. Oftmals sind dafür privatrechtliche Abmachungen ursächlich; beispielsweise wenn von einem Verpächter für die Rückgabe eines verpachteten Anlagengrundstücks der Nachweis erbracht werden soll, dass keine schädlichen Bodenveränderungen bestehen. Die dann ohnehin vorliegenden Informationen werden auch der Behörde zugänglich gemacht. Gegebenenfalls kann die Bodenschutzbehörde auch Hinweise zur sachgerechten Anpassung geplanter Untersuchungen liefern.

In Analogie zur Vorgehensweise in einem bodenschutzrechtlichen Verfahren ist eine generelle Un-

tersuchungspflicht sicherlich weder durchsetzbar noch zweckmäßig. Jedoch wird aus den im vorhergehenden Kapitel beschriebenen Vorschriften und Kommentierungen deutlich, dass auch ein genereller Ausschluss von einer Forderung konkreter Untersuchungen im Zuge eines Stilllegungsverfahrens nicht den legislativen Willen widerspiegeln kann. Im Hinblick auf die Arbeit der Vollzugsbehörden verdeutlicht sich dieser Gedanke, denn es ist nicht ersichtlich wie eine Gefährdungsabschätzung ohne konkrete Untersuchungsergebnisse vorgenommen werden soll, wenn einfache Hinweise auf eine schädliche Bodenveränderung vorliegen. Die Möglichkeit Untersuchungen zu fordern, wird daher auch in den Verwaltungsvorschriften aufgegriffen.

Im Ergebnis ist festzuhalten, dass für die Behörde grundsätzlich die Möglichkeit besteht, in einem Stilllegungsverfahren Untersuchungen zu fordern. Liegen der Behörde die Resultate solcher Untersuchungen vor, ist dies hinsichtlich der Gefährdungsabschätzung in jedem Fall vorteilhaft. Denn dass konkrete Hinweise bestehen, die den hinreichenden Verdacht auf das Vorliegen einer schädlichen Boden-

veränderung ergeben oder widerlegen, ist regelmäßig erst dann der Fall, wenn konkrete Untersuchungsergebnisse vorliegen (vgl. § 3 Abs. 4 BBodSchV). Es ist zu erwarten, dass es ebenso wie in bodenschutzrechtlichen Verfahren streitig sein wird, ab wann die Behörde zu dem Ergebnis kommen muss, dass eine Gefährdung nicht ausgeschlossen werden kann und Untersuchungen notwendig werden. Im Unterschied zum bodenschutzrechtlichen Verfahren obliegt die Untersuchungspflicht beim Stilllegungsverfahren dann jedoch dem Betreiber und nicht der Behörde selbst. Dem Betreiber obliegt es auch zu entscheiden, wie er die Einhaltung seiner Pflichten nachweisen will und ob Alternativen zu einer Bodenuntersuchung denkbar sind.

Die erforderlichen Untersuchungen können im Stilllegungsverfahren über eine nachträgliche Anordnung nach § 17 BImSchG durch die Immissionsschutzbehörde angeordnet werden. Es ist naheliegend, dass dabei die notwendigen Anforderungen und die Begründung jeweils von der zuständigen Fachbehörde erarbeitet werden.

4 Gegenüberstellung Stilllegung und bodenschutzrechtliches Verfahren

Vergleicht man die beiden Verfahren zur Gefahrenbeurteilung werden einige Vor- und Nachteile deutlich. Wie Abbildung 1 zeigt, werden im Stilllegungsverfahren neben der Information, dass ein neuer Altstandort entstanden ist, auch Erkenntnisse übermittelt, die eine Prüfung auf Gefahrenhinweise erlauben. Voraussetzung ist dabei eine Beteiligung der Bodenschutzbehörde durch die verfahrensführende Immissionsschutzbehörde. Es zeigt sich, dass schon zu Beginn des Verfahrens ein hohes Maß an Zusammenarbeit zwischen den Fachbehörden erforderlich ist. Die Notwendigkeit der Kooperation erhöht sich, sollten im Zuge des Stilllegungsverfahrens Nachforderungen hinsichtlich der vom Betreiber eingereichten Unterlagen oder gar konkrete Untersuchungen von Boden oder Grundwasser erforderlich werden. Denn die Durchsetzung entsprechender Forderungen obliegt der Immissionsschutzbehörde, während die Bodenschutzbehörde nur ihre fachliche Begrün-

dung abgeben kann. Diese Art der Zusammenarbeit kann sicherlich einige Schwierigkeiten bereiten. Insbesondere im Hinblick auf die ähnliche Vorgehensweise bei der Erstellung eines AZB nach § 5 Abs. 4 BImSchG zeigt sich aber auch, dass ein effektives und lösungsorientiertes Bearbeiten möglich ist.

Im Gegensatz dazu liegt die Verfahrensführung in einem bodenschutzrechtlichen Verfahren ausschließlich bei der Bodenschutzbehörde (vgl. Abbildung 2). Eine Beteiligung anderer Fachdezernate ist nur in Ausnahmefällen notwendig, oder wenn im Zuge der Amtsermittlungen Erkenntnisse bei anderen Behörden erfragt werden sollen.

Gegebenenfalls ergeben sich ähnliche Herausforderungen in der Zusammenarbeit mit anderen Behörden, wenn deren Beteiligung im Zuge einer Betriebsstilllegung oder eines bodenschutzrechtlichen

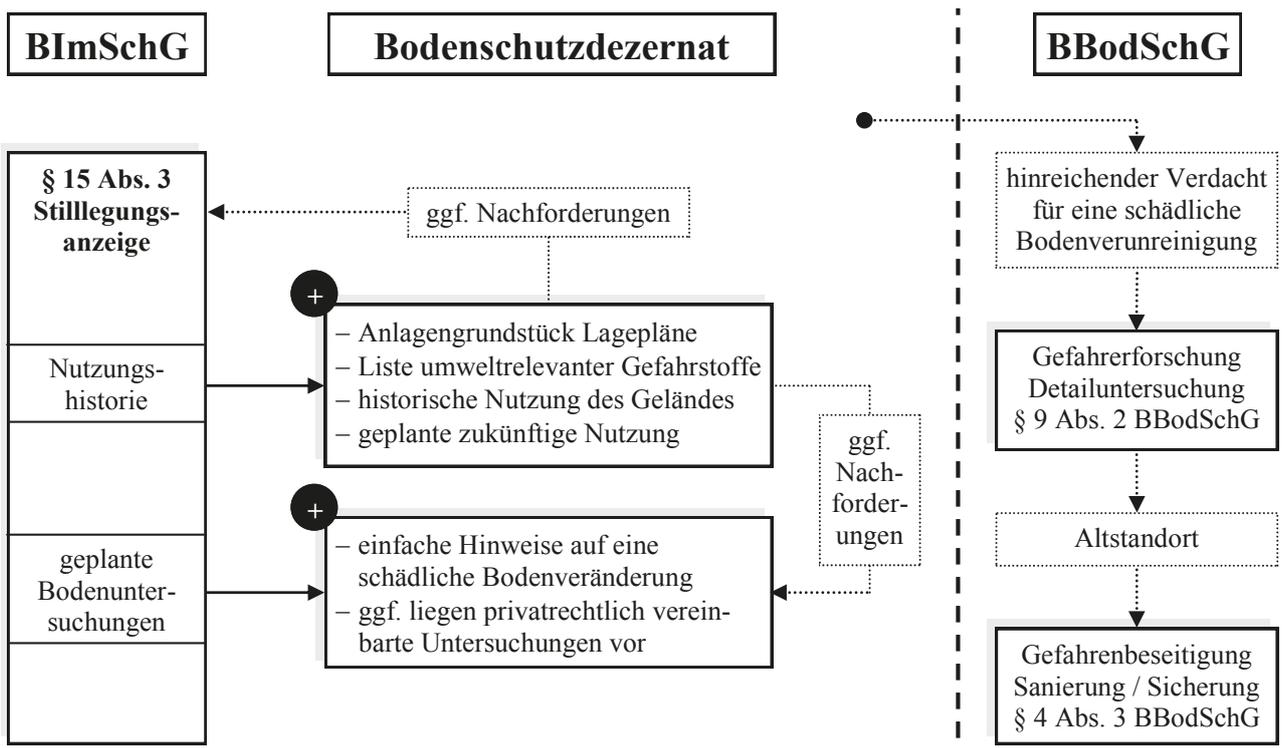


Abb. 1: Stilllegungsverfahren mit Fokus auf den Erkenntnisgewinn der Bodenschutzbehörde, anschließend das ggf. einzuleitende bodenschutzrechtliche Verfahren

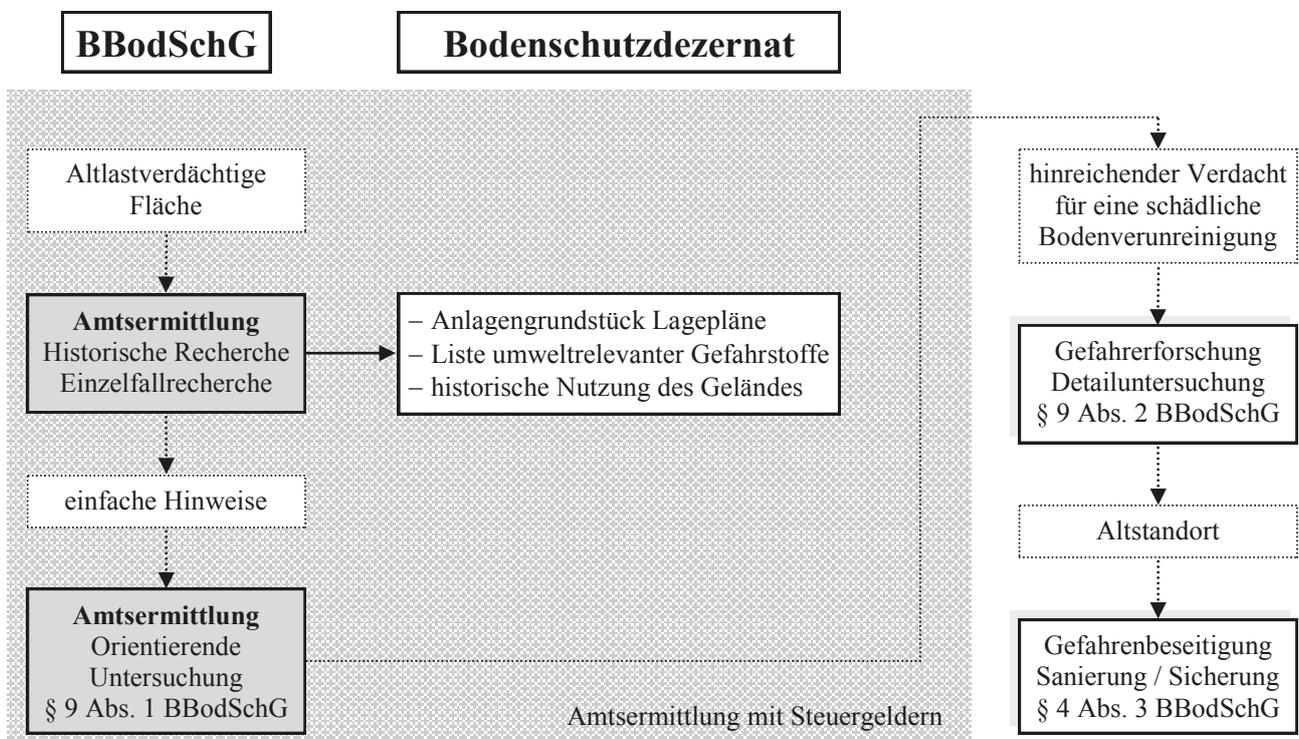


Abb. 2: Bodenschutzrechtliches Verfahren (Beginn im Zuge der Amtsermittlung)

Verfahrens sinnvoll ist. Für eine Beteiligung kommt insbesondere der anlagenbezogene Gewässerschutz sowie die Unteren Bodenschutz- und Wasserbehörden in Frage. Für Hinweise auf das Vorliegen einer schädlichen Bodenveränderung kann es notwendig sein, dass die Bodenschutzbehörde bei diesen Stellen erfragt, ob dort relevante Abweichungen vom bestimmungsgemäßen Betrieb bekannt sind. Solche Erkenntnisse können unter Umständen während der Überwachung des laufenden Betriebs erhoben worden sein.

Die Beteiligung der Bodenschutzbehörde im Stilllegungsverfahren ermöglicht eine detaillierte Erfassung als Altstandort gemäß § 11 BBodSchG. In Hessen wäre folglich ein Eintrag in das Fachinformationssystem Altflächen und Grundwasserschadensfälle (nachfolgend FIS AG genannt) nach § 8 HAltBodSchG i. V. m. der Altflächendatei-Verordnung sinnvoll. Hinsichtlich der Informationsfülle, die der Bodenschutzbehörde über das Anlagengrundstück zugänglich gemacht wird, kann es zum einen zweckmäßig sein die Unterlagen zu archivieren, zum anderen verdeutlicht sich die Sinnhaftigkeit, die Erfassung in FIS AG als Bodenschutzbehörde selbst vorzunehmen (nach § 8 Abs. 4 HAltBodSchG hat die Kommune eine eigene Zuständigkeit zur Erhebung von Verdachtsflächen).

Die Abbildungen 1 und 2 verdeutlichen, dass Informationen, die eine detaillierte Erfassung eines Alt-

standortes ermöglichen, im bodenschutzrechtlichen Verfahren wenn überhaupt nur durch die Amtsermittlung der Behörde selbst erhoben werden. Womöglich wird die Amtsermittlung erst Jahre oder Jahrzehnte nach einer Betriebseinstellung initiiert. Die Erfassung von Altstandorten bildet die Grundlage der Bearbeitung bodenschutzrechtlicher Verfahren [9], was die Wichtigkeit dieses Bearbeitungsschritts verdeutlicht.

Es bleibt festzustellen, dass es unter Umständen sinnvoll sein kann, wenn die Bodenschutzbehörde bei der Beteiligung im Stilllegungsverfahren nicht alle beschriebenen Vorschläge umsetzt. So können die Hinweise auf eine schädliche Bodenveränderung so eindeutig sein, dass schon früher ein Wechsel in ein bodenschutzrechtliches Verfahren sinnvoll ist. Unter Umständen ist eine schädliche Bodenveränderung sogar schon bekannt. In diesem Fall kann es aber auch zweckmäßig sein im Zuge eines Stilllegungsverfahrens fehlende Informationen nachträglich zu erheben. Andererseits sind zum Beispiel bei der Bearbeitung von Altlasten in Industrieparks Fälle bekannt, in denen die erhobenen Informationen bei einer Stilllegung weit über das gesetzlich vorgegebene Maß hinausgehen. Ursächlich hierfür sind öffentlich-rechtliche oder privatrechtliche Verträge, die den Umgang mit den Altlasten regeln. In solchen Fällen ist es sicherlich nicht angezeigt, dass die Bodenschutzbehörde Forderungen im Stilllegungsverfahren geltend macht.

5 Beispiel

Derzeit ist lediglich ein Urteil aus einem Streitverfahren zur Wiederherstellungspflicht nach einer Betriebseinstellung gemäß § 5 Abs. 3 BImSchG bekannt [3]. Diese gerichtliche Entscheidung befasst sich mit einer Ordnungsverfügung, die auf § 17 Abs. 1 und § 52 Abs. 2 BImSchG gestützt wird und die Einhaltung der Betreiberpflichten nach § 5 Abs. 3 fordert beziehungsweise Nachforderungen zum Umfang der Stilllegungsanzeige nach § 15 Abs. 3 BImSchG stellt. Die Klage ist in diesem Einzelfall abgewiesen und die Ordnungsverfügung der Immissionsschutzbehörde vollumfänglich bestätigt worden. Das erstinstanzliche Urteil ist noch nicht rechtskräftig.

In dem Verfahren wurden ein Hochofen eines Hüttenwerks sowie diverse Nebeneinrichtungen stillgelegt. Der hier wesentliche Teil der Ordnungsverfügung befasste sich mit dem Umfang der vom Betreiber vorzulegenden Unterlagen nach § 15 Abs. 3 S. 2 BImSchG, aus denen die vorgesehenen Maßnahmen zur Erfüllung der Betreiberpflichten gemäß § 5 Abs. 3 BImSchG für die Behörde nicht ersichtlich waren. Im Detail war nach Ansicht der Behörde nicht klar, ob und wie sichergestellt würde, dass von der Anlage und dem Anlagengrundstück keine Gefahren hervorgerufen werden können. In einem eindeutig als solchen gekennzeichneten Hinweis nannte die Behörde beispielhaft die Durchfüh-

rung von Bodenuntersuchungen an einer Betonrinne für Gichtgasschlamm als geeignete Vorgehensweise. Auch wurde die Möglichkeit der Beauftragung eines Sachverständigen nach § 18 BBodSchG angegeben. Nach Ansicht des Gerichts müssen die Unterlagen so umfassend und für die zuständige Behörde nachvollziehbar sein, dass eine ausreichende Prüfung der Sach- und Rechtslage ermöglicht wird. Wenn die

Art der Anlage dies erfordert, seien auch Unterlagen hinsichtlich des Bodenzustandes vorzulegen. Das Gericht stellt überdies fest, dass die Betreiberpflichten nicht mit der Stilllegung, mit dem Abbruch einer Anlage oder eines Anlagenteils enden. Gemäß § 5 Abs. 3 BImSchG bestehen sie auch darüber hinaus weiter fort.

Literatur

- [1] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG) in der Fassung vom 01.03. 1999
- [2] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG) in der Fassung vom 03.08. 2001
- [3] VG Düsseldorf mit Urteil vom 08.09.2015 – 3 K 5285/13
- [4] BT-Drs. 14/4599, 2011, S. 127
- [5] Jarass, Bundes-Immissionsschutzgesetz: BImSchG, Kommentar, 11. Auflage 2015
- [6] Verfahrenshandbuch zum Vollzug des BImSchG, Durchführung von Anzeigeverfahren, Hessen, HLUG, 2013, S. 11ff
- [7] Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz des Landes Nordrhein-Westfalen, MBl. NRW. 2000 S. 1180, Stand 1.3.2017
- [8] Handbuch Altlasten, Branchenkatalog zur Erfassung von Altstandorten, Band 2, Teil 4, HLUG, 2008
- [9] Handbuch Altlasten, Einzelfallrecherche, Band 3 Teil 1, HLUG, 2012

Non-Target-Screening in der Altlastenbearbeitung

WOLFGANG SCHULZ & RUDI WINZENBACHER

1. Einleitung

Die Verfügbarkeit von Massenanalysatoren in Kopplung mit unterschiedlichen chromatographischen Trenntechniken hat seit der Jahrtausendwende eine enorme Entwicklung erfahren. Besonders die Kopplung von Flüssigkeitschromatographie und Massenspektrometrie (LC-MS) etablierte sich in der Routineanalytik von organischen Spurenstoffen in Wasser und anderen Umweltmatrices. Die heutigen LC-MS-Analysensysteme sind in der Lage, organische Spurenstoffe ohne Anreicherung der Wasserprobe im Bereich von einigen Nanogramm je Liter nachzu-

weisen. Aufgrund der Leistungsfähigkeit der Geräte wird vom Anwender neben dem Nachweis und der Quantifizierung vorgegebener Substanzen (Target-Analytik bzw. Target-Screening) auch zunehmend die Antwort auf die Frage, welche weiteren Substanzen vorhanden sein könnten (Non-Target-Screening), gefordert. Durch die Anwendung der hochauflösenden Massenspektrometrie (HRMS) ergeben sich hier neue analytische Möglichkeiten und Herangehensweisen, welche sich besonders in der Altlastenbearbeitung als vorteilhaft herausstellen.

2. Unterschied zwischen Target- und Non-Target-Screening [1, 2]

Die Kopplung der Flüssigkeitschromatographie mit einem Tandem-Massenspektrometer (HPLC-MS/MS) ermöglicht das Monitoring und die schnelle Überwachung von organischen Spurenstoffen u. a. in Oberflächen-, Sicker- und Grundwasser (Target-Analytik). Durch spezielle Messtechniken wie beispielsweise dem „Multiple Reaction Monitoring“ (MRM) können Bestimmungsgrenzen bis hin zu wenigen ng/L ohne Anreicherung der Wasserprobe erreicht werden. Eine Voraussetzung der Target-Analytik ist, dass die zu analysierenden Substanzen bekannt sind. Diese triviale Aussage hat aber zur Konsequenz, dass alle zusätzlich in der Wasserprobe vorliegenden organischen Spurenstoffe wie beispielsweise unbekannte Transformationsprodukte nicht erkannt bzw. gemessen werden. Die Non-Target-Analytik ermöglicht hier, zumindest teilweise, einen Lösungsansatz.

Der prinzipielle Unterschied von Target- und Non-Target-Analytik ist in der Abbildung 1 dargestellt. Bei der Target-Analytik werden aus der Vielzahl der bekannten organischen Spurenstoffe die für die Aufgabenstellung relevanten Stoffe analysiert. Bezogen

auf die Substanzvielfalt in einer Wasserprobe sind dies „Nadelstiche“. Das Ergebnis dieser Analytik sind Konzentrationen der untersuchten Stoffe.

Bei der Non-Target-Analytik wird versucht, „alle“ Stoffe ohne vorherige Festlegung zu erfassen (Abbildung 1). Durch die Verwendung von hochauflösenden Massenspektrometern (HRMS) in Kopplung mit einer Trenntechnik (GC, LC) ist es möglich, eine Vielzahl von Stoffen zu erfassen. Dies ist ebenfalls nur ein Ausschnitt der Substanzvielfalt der Probe, jedoch deutlich mehr als mit der Target-Analytik erfasst wird. Im Gegensatz zur Target-Analytik erhält man als Information keine Konzentration, sondern eine akkurate Masse (m/z) bei einer bestimmten Retentionszeit (RT). Durch die Genauigkeit der ermittelten Masse ist es aufgrund des Massendefekts der Atome möglich, eine dazugehörige Summenformel zu berechnen. Durch die Messunsicherheit der akkuraten Masse ergeben sich häufig mehrere Vorschläge für die Summenformel, die beispielsweise durch die Isotopie der Elemente eingegrenzt werden können.

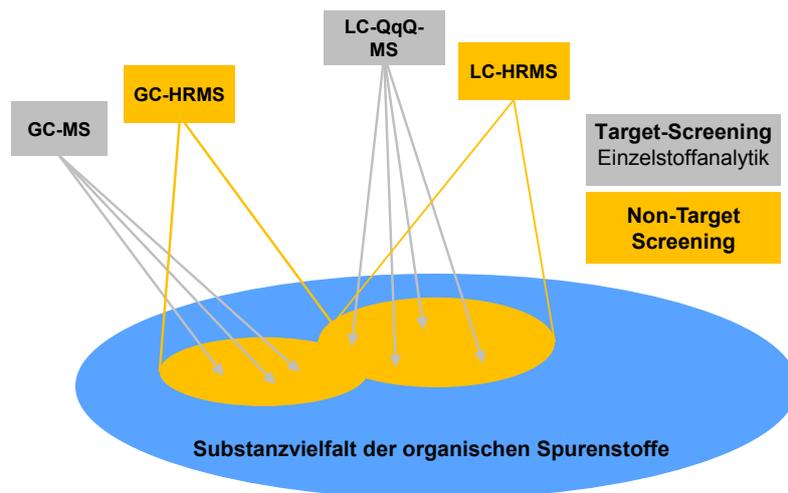


Abb. 1: Unterschied von Target- und Non-Target-Analytik (GC: Gaschromatographie, LC: Flüssigkeitschromatographie, MS: Massenspektrometer, QqQ: Triple-Quadrupol-Massenanalysator)

Hochauflösende Massenspektrometer (HRMS) ermöglichen es, Moleküle mit einer Massendifferenz von beispielsweise 0,005 u bei einer Masse von 200 u zu unterscheiden. Die derzeit hauptsächlich eingesetzten hochauflösenden Massenanalysatoren sind die Orbitrap und das Time-of-Flight-Massenspektrometer (TOF).

Das HPLC-HRMS-Chromatogramm stellt einen dreidimensionalen Datensatz dar. Zu jedem Zeitpunkt im Chromatogramm wird ein Massenspektrum aufgenommen. Dies ist in Abbildung 2 (links) verdeutlicht. Hierbei ist die Intensität der Signale farblich auf der

Masse-Retentionszeit-Ebene (m/z - RT) dargestellt. Durch einen Peakerkennungs-Algorithmus werden die Signale herausgefiltert, die sowohl in der Retentionszeit als auch in der Masse einen gaußförmigen Verlauf zeigen. Diese sog. Features sind als Punkt in einem Masse-Retentionszeit-Diagramm (Abbildung 2, rechts) dargestellt. Jeder Punkt in diesem Diagramm stellt eine Komponente dar. Die Betrachtung der Veränderungen des Musters beim Vergleich unterschiedlicher Grundwasserproben ermöglicht beispielsweise Aussagen über ablaufende mikrobielle Prozesse [3].

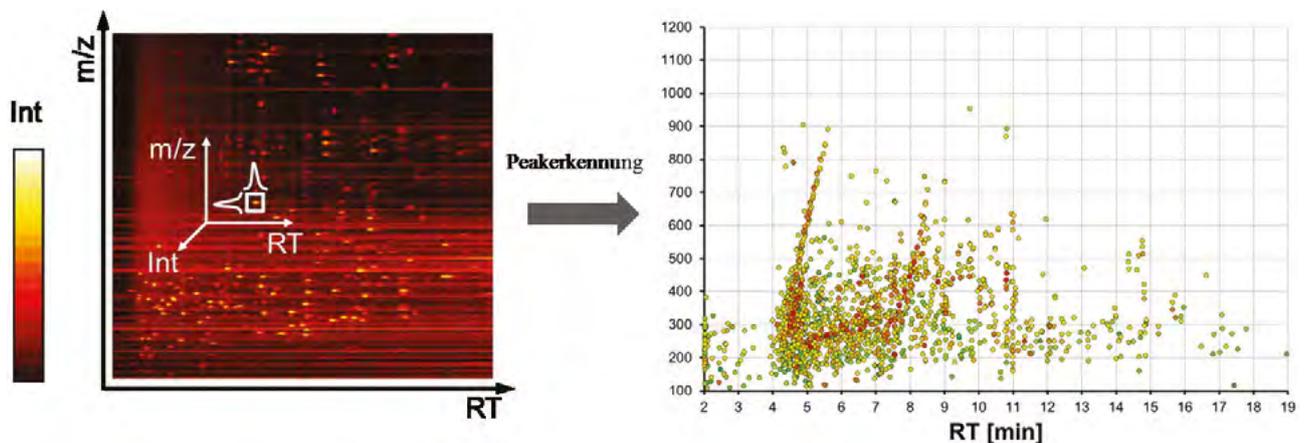


Abb. 2: 3D-Darstellung des HPLC-HRMS-Datensatzes (links) und des daraus berechneten Masse-Retentionszeit-Diagramms (rechts)

Die HPLC-HRMS ermöglicht die Detektion von Substanzen, welche im Vorfeld nicht bekannt oder zu erwarten sind. Die Begrenzung liegt einzig und allein in der Chromatographie und der verwendeten Ionisationstechnik. Die am meisten angewandte Elektrosprayionisation (ESI) erfasst polare bis mittelpolare Substanzen. Unpolare Verbindungen beispielsweise BTX, LHKW oder PAK werden hierbei nicht ionisiert und können somit mit dieser Ionisationstechnik nicht nachgewiesen werden. Finden dagegen im

Untergrund Abbauprozesse, wie beispielsweise die Oxidation unpolare Substanzen, statt, entstehen polare Transformationsprodukte, die dann detektiert werden können. Abhängig von den funktionellen Gruppen im Molekül, können Substanzen durch die Polarität der Ionisation (ESI+ oder ESI-) und der damit verbundenen Bildung von positiv oder negativ geladenen Molekülonen unterschieden werden. In Abbildung 3 ist dies am Abbau von Naphthol im Grundwasser gezeigt [4].

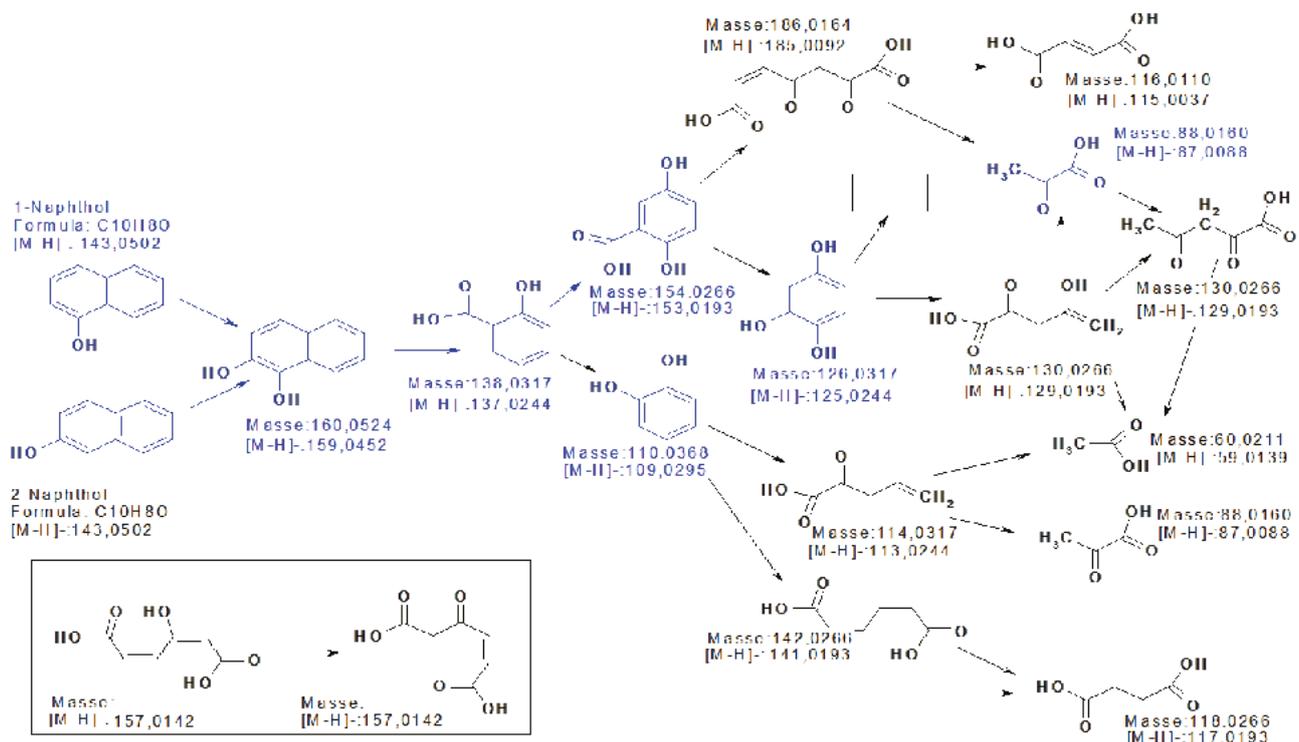


Abb. 3: Abbau von Naphthol im Grundwasser unter Bildung von Carbonsäuren, welche mit negativer-Ionisation (ESI-) detektiert werden können

3. Anwendungsbeispiele

In Abhängigkeit von der Aufgabenstellung ergeben sich unterschiedliche Strategien zum Einsatz der Non-Target-Analytik. Die Abbildung 4 zeigt exemplarisch eine mögliche Herangehensweise. Durch den Vergleich von Masse-Retentionszeit-Diagrammen, die über den Probenahmezeitpunkt oder die Probenahmestellen korreliert sind, ist es möglich aus der Vielzahl an Komponenten (u. U. mehrere Tausend) die für die Fragestellung relevanten her-

auszufiltern [5]. In Abbildung 4 ist dies schematisch für den Intensitätsverlauf dreier Komponenten dargestellt. Wird beispielsweise in der Schadstofffahne einer Grundwasserkontamination durch mikrobielle Prozesse die Bildung von Transformationsprodukten erwartet, so werden diejenigen Komponenten aus den Masse-Retentionszeit-Diagrammen herausgefiltert, bei denen entlang der Schadstofffahne eine Intensitätszunahme erfolgt.

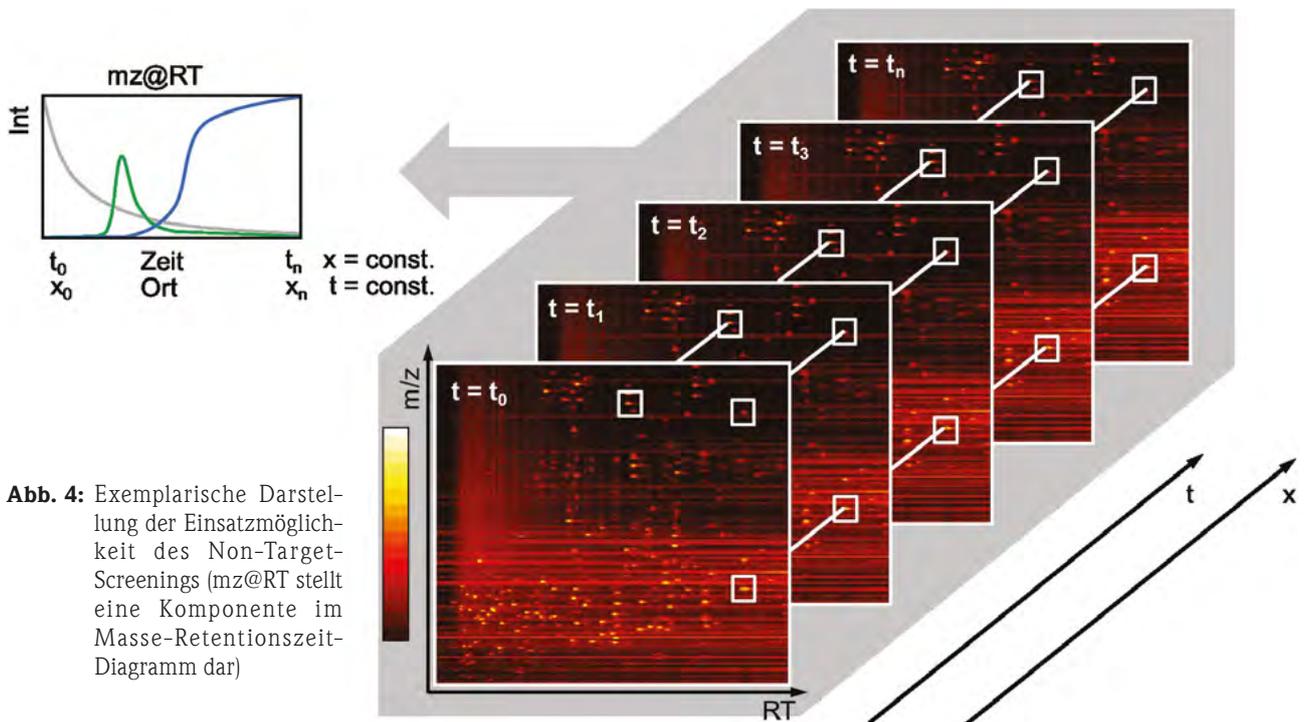
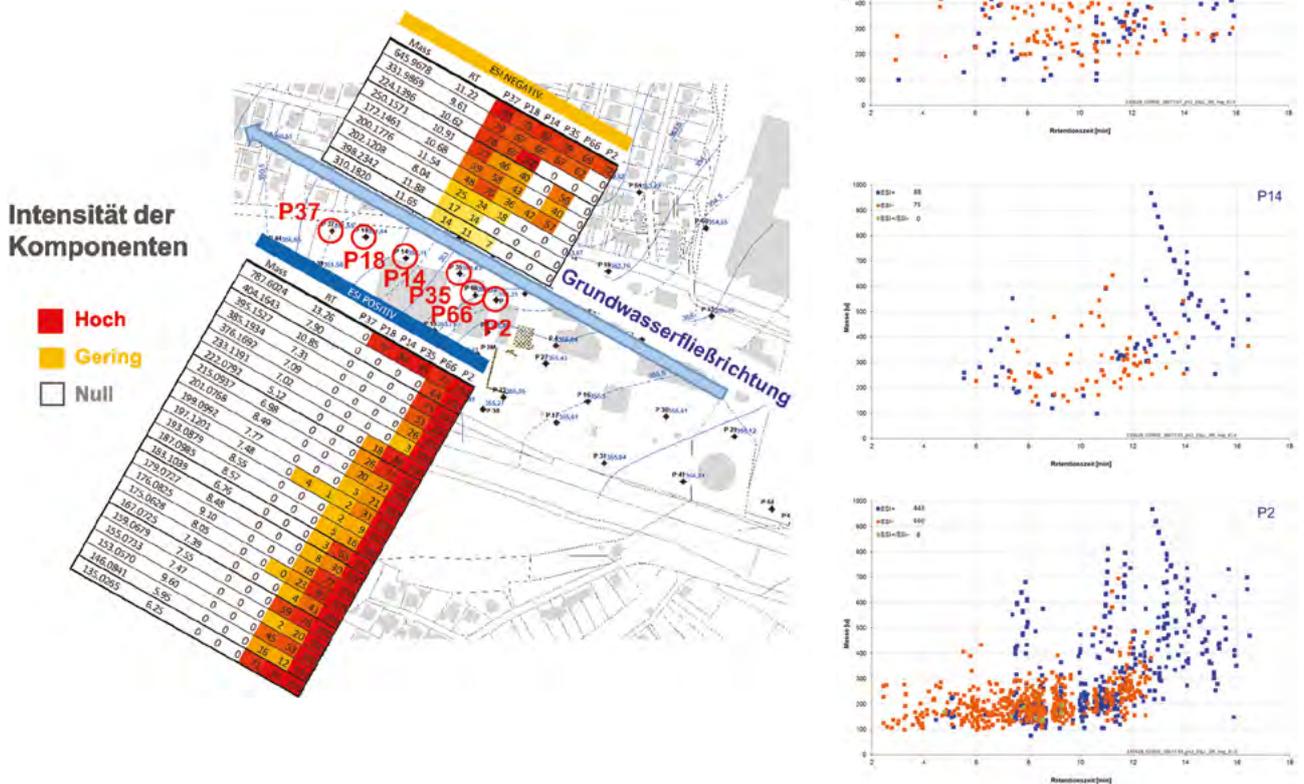


Abb. 4: Exemplarische Darstellung der Einsatzmöglichkeit des Non-Target-Screenings (mz@RT stellt eine Komponente im Masse-Retentionszeit-Diagramm dar)

Abb. 5: Nachweis von „Natural Attenuation“ anhand ausgewählter Komponenten für ESI+ und ESI- entlang der Schadstofffahne. Angabe der relativen Intensitäten bezogen auf P2

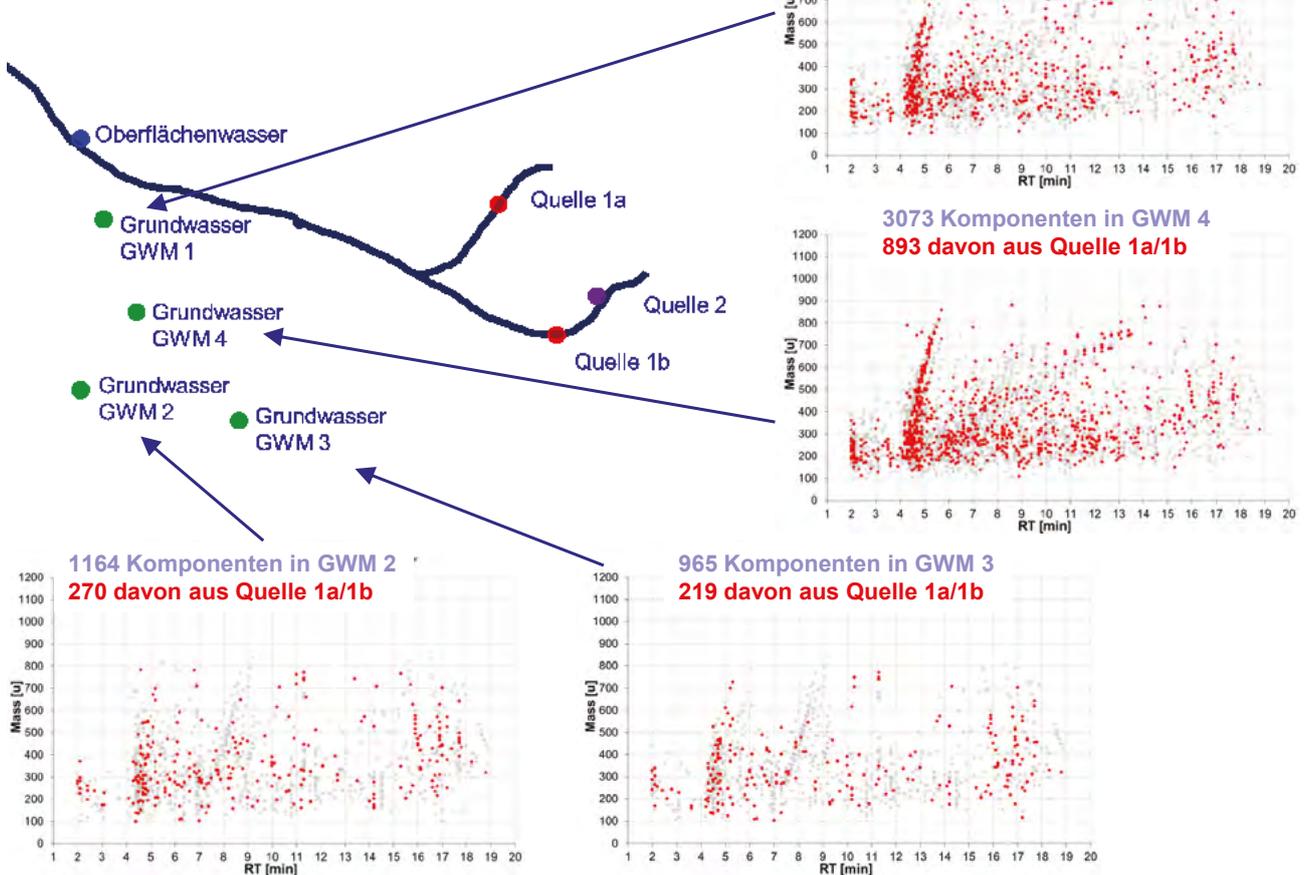


Durch ein ehemaliges Gaswerk ist das Grundwasser mit organischen Spurenstoffen insbesondere PAK kontaminiert. Zur Abgrenzung der Schadstofffahne wurde unterstützend erstmalig das Non-Target-Screening eingesetzt. Von den entnommenen Grundwasserproben wurde eine HPLC-HRMS-Analyse durchgeführt und aus den Daten, wie oben gezeigt, die Punktswolke dargestellt. Die Abbildung 5 zeigt schematisch einen Auszug des Lageplans mit den Probenahmestellen. Für drei der Probenahmestellen ist exemplarisch die Punktswolke mit angegeben (Abbildung 5 rechts).

Die Wasserprobe P2 stammt aus dem Schadensherd, die Proben P14 und P37 sind aus der Schadstofffahne entnommen. Deutlich ist die Belastung im Schadensherd mit ca. 1103 Komponenten (ESI+ 443; ESI- 660) zu erkennen. Das auffällige hierbei ist die relativ hohe

Anzahl von Komponenten, die im negativen Ionisationsmodus (ESI-) messbar sind (vgl. Abbildung 5 rechts). Dies ist ein Indiz, dass hier bereits mikrobieller Abbau stattgefunden hat. Entlang der Grundwasserfließrichtung liegen die Probenahmestellen P14 und P37. Die Anzahl der Komponenten wird infolge Verdünnung und möglichem Abbau geringer. Betrachtet man für ausgewählte Komponenten bei positiver und negativer Ionisation die Intensität relativ zum Schadensherd, so ergibt sich das Bild links in Abbildung 5. Deutlich sind das Verschwinden der positiv ionisierbaren Komponenten und die Bildung der negativ ionisierbaren Komponenten entlang der Grundwasserfließrichtung ersichtlich. Dies deutet auf eine Bildung von Substanzen, die im Schadensherd nicht vorhanden sind, hin. Es kann somit von mikrobieller Aktivität im Grundwasser ausgegangen werden.

Abb. 6: Gegenüberstellung der Masse-Retentionszeit-Diagramme unterschiedlicher Wasserproben (Kläranlagenablauf, Oberflächenwasser, Grundwasser) zur Verursacherermittlung einer Grundwasserkontamination.



Eine Identifizierung der Substanzen ist möglich, jedoch mit erheblichem Aufwand und somit Kosten verbunden. Mit der exakten Masse lassen sich mit Hilfe des Isotopenmusters Vorschläge für die Summenformel ermitteln. Durch Messung des MS/MS-Spektrums können Informationen zur Molekülstruktur abgeleitet werden. Diese Fragmente sind für das Molekül charakteristisch wie ein Fingerabdruck beim Menschen.

Ein weiteres Beispiel für die Anwendung der Non-Target-Analytik ist die Quellenzuordnung einer

Grundwasserkontamination [5]. Untersuchungen von Grundwassermessstellen mittels Non-Target-Analytik ergaben eine Kontamination mit organischen Spurenstoffen. Zur Ermittlung möglicher Quellen wurden zusätzlich das Oberflächenwasser und die Einleitstellen dreier Kläranlagen untersucht. In Abbildung 6 sind die Probenahmestellen und die entsprechenden Masse-Retentionszeit-Diagramme bzw. deren Überlagerungen dargestellt. Durch den Vergleich der Diagramme konnte die Quelle für die Grundwasserkontamination eindeutig zugeordnet werden.

4. Derzeitige Grenzen

Aus heutiger Sicht gibt es drei besonders wichtige Punkte, die eine gewisse Grenze darstellen:

- Die chromatographische Trennung, insbesondere von polaren Verbindungen ist derzeit für die Non-Target-Analyse ein Problem. Gerade bei der Anwendung oxidativer Verfahren in der Trinkwasseraufbereitung ist mit der Bildung von Transformationsprodukten zu rechnen. Da diese Verbindungen teilweise sehr polar sind, ist deren chromatographische Trennung schwierig. An der Lösung dieses Problem wird derzeit intensiv gearbeitet.

- Die kommerziell verfügbare Software zur Datenauswertung und Identifizierung der gefundenen Features erfüllt noch nicht die Erfordernisse für einen routinemäßigen Einsatz. Hier werden von den Anwendern teils problemspezifische Lösungen selbst programmiert [6].
- Datenbanken und Spektrenbibliotheken sind ein unverzichtbares Hilfsmittel für die Identifizierung. Hier gibt es für die aquatische Umwelt bereits entsprechende Ansätze neben den Datenbanken der Gerätehersteller. Wichtig sind hier Arbeitsplattformen, wie sie beispielsweise im BMBF-Projekt FOR-IDENT aufgebaut werden, zur effektiven Nutzung der Informationen von im Internet verfügbaren Datenbanken.

5. Zusammenfassung

Die Non-Target-Analytik stellt ein vielversprechendes neues analytisches Werkzeug in der Altlastenerkundung dar. Neben der Quantifizierung bekannter, beispielsweise durch Monitoringprogramme vorgegebene, Substanzen ist es zusätzlich möglich, nach bisher nicht beachteten Substanzen zu suchen. Hier liegt eine Stärke der Non-Target-Analytik nämlich Informationen zu den Proben (Metainformationen), etwa Art und Alter einer Kontamination mit in die Analyse einzubeziehen. So kann aus Art und Alter einer Kontamination auf Substanzen und Metaboliten geschlossen werden, die dann mittels Non-

Target-Analytik verifiziert werden können. Besonders die vergleichende Betrachtung von Proben, die räumlich oder zeitlich in Verbindung stehen, mittels Non-Target-Analytik ermöglicht es, aufgrund der Vielzahl an erfassten Substanzen Zusammenhänge zwischen den Proben aufzudecken. Dies erfolgt mit Methoden der multivariaten Statistik beispielsweise der Hauptkomponentenanalyse.

Die Non-Target-Analytik mittels HPLC-HRMS wird in den nächsten Jahren verstärkt Einzug in die Routineanalytik finden und das bisherige Konzept des

Monitorings mit definierten Substanzen ergänzen (dynamisches Monitoring). Dies erfordert aber die Entwicklung geeigneter Software zur Auswertung der durch die HPLC-HRMS erhaltenen Daten. Hier sind neben den Geräteherstellern auch Forschungs-

institute gemeinsam mit den Anwendern gefordert. Für eine behördliche Akzeptanz ist zudem eine Standardisierung und Festlegung von Qualitätskriterien erforderlich.

6. Literatur

- [1] SCHULZ, W., SEITZ, W., LUCKE, T. (2014): Massenspektrometrie in der organischen Spurenanalytik, Aktuelle Wochenschau der GDCh, Woche 8
- [2] SCHULZ, W., SEITZ, W., LUCKE, T. (2014): Non-Target-Analytik deckt neue Spurenstoffe auf, Aktuelle Wochenschau der GDCh, Woche 44
- [3] MÜLLER, A., SCHULZ, W., RUCK, W.K.L., WEBER, W.H. (2011): A new approach to data evaluation in the non-target screening of organic trace substances in water analysis, *Chemosphere*, 85, 1211–1219
- [4] KONS, S. (2015) Entwicklung und Anwendung des vergleichenden Non-Target-Screenings mittels Flüssigchromatographie-Massenspektrometrie zum Nachweis von Natural Attenuation, Masterarbeit Westfälische Wilhelms-Universität Institut für Geologie und Paläontologie
- [5] BADER, T., SCHULZ, W., LUCKE, T., SEITZ, W., WINZENBACHER, R. (2016): Application of Non-Target Analysis with LC-HRMS for the Monitoring of Raw and Potable Water: Strategy and Results, 3, 49 – 70, in: Drewes, J. E., Letzel, T. (Eds.): Assessing Transformation Products of Chemicals by Non-Target and Suspect Screening – Strategies and Workflows, Volume 2, ACS Symposium Series, 1242, DOI: 10.1021/bk-2016-1242.ch003
- [6] BADER, T., SCHULZ, W., KÜMMERER, K., WINZENBACHER, R. (2016): General strategies to increase the repeatability in non-target screening by liquid chromatography-high resolution mass spectrometry, *Analytica Chimica Acta*, 935, 173 – 186, DOI: 10.1016/j.aca.2016.06.030

Aktualisierung der Geringfügigkeitsschwellen der LAWA von 2016 und der Entwurf zur Novellierung der BBodSchV 2017

ANDREAS ZEDDEL & JENS UTERMANN

1 Einleitung

Die Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) veröffentlichte 2004 mit Zustimmung der Umweltministerkonferenz den Bericht „Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser“ [1]. Rechtliche Änderungen durch EU und Bund sowie neue fachliche Erkenntnisse seit der Veröffentlichung im Jahr 2004 machten eine Überprüfung der Werte notwendig. Durch den Unterausschuss „Aktualisierung der Geringfügigkeitsschwellenwerte“ des Ständigen Ausschusses „Grundwasser und Wasserversorgung“ der LAWA wurden in den Jahren 2012/2013 dazu Änderungen im Ableitungsschema und bei den Einzelwerten vorgenommen [2]. Durch eine gemeinsame Arbeitsgruppe mit Vertretern von LAWA, LABO und LAGA wurden 2013 bis 2015 weitergehende Änderungen vorgenommen und die Neuformulierung eines Kapitels ‚Grundsätze

für die Anwendung der Geringfügigkeitsschwellenwerte‘ erarbeitet. Eine ausführliche Darstellung der Thematik findet sich in [3]. Die 87. Umweltministerkonferenz hat die von der LAWA mit Stand von 2016 vorgelegte Fassung zur Kenntnis genommen und einer Veröffentlichung als fachliche Grundlage zugestimmt [4].

Parallel zu dieser Aktualisierung wurden in verschiedenen Arbeitsentwürfen zur sogenannten Mantelverordnung Bausteine der o.g. Anwendungsgrundsätze bei den Untersuchungs- und Bewertungsanforderungen erwähnt und im aktuellen Referentenentwurf (‘RE‘; Stand 6. Feb. 2017, [5]) u.a. auch den Prüfwerten des Wirkungspfadendes Boden-Grundwasser zu Grunde gelegt. Der Beitrag beschreibt das Zusammenspiel dieser beiden Entwicklungen.

2 Bedeutung der Geringfügigkeitsschwellen

Die Geringfügigkeitsschwelle (‘GFS‘) ist die Konzentration eines anthropogen eingetragenen Stoffes bis zu der eine räumlich begrenzte Änderung der chemischen Beschaffenheit des Grundwassers als geringfügig einzustufen ist und ab der **eine nachteilige Veränderung** der Grundwasserbeschaffenheit vorliegt.

Die Geringfügigkeitsschwelle wird weiter definiert als die Konzentration, bei der trotz einer Erhöhung der Stoffgehalte gegenüber regionalen Hintergrundwerten die Anforderungen der Trinkwasserverordnung oder entsprechend abgeleiteter Werte eingehalten werden und keine relevanten ökotoxischen Wirkungen auftreten können. Aus diesem Anspruch ergibt sich direkt das grundlegende Vorgehen bei der Ableitung. Human- und ökotoxikologische Wirkun-

gen eines Stoffes werden zunächst parallel betrachtet und der jeweils kleinere Wert führt nach abschließenden Plausibilitätsprüfungen zur Ausweisung der GFS. An dem Anspruch und dem allgemeinen Vorgehen hat sich auch mit den Aktualisierungen von 2012/2013 und 2016 nichts verändert.

Durch die Datenrecherche und fachlich Würdigung liegt eine umfassende und nun aktualisierte Informationsquelle zur Wirkung von Stoffen über das Grundwasser vor. Alle wesentlichen Fachinformationen fließen in die Ableitung ein und werden in den Datenblättern ausführlich erläutert und die Ableitung so nachvollziehbar begründet. Damit kann die Geringfügigkeitsschwelle als gemeinsamer Ausgangswert für die verschiedenen Anwendungen in unterschiedlichen Rechtsbereichen herangezogen

werden. Auch wenn diese Anwendungen in Wasser-, Boden- und Abfallrecht zwischen Vor- und Nachsorge oder im Raumbezug Unterschiede aufweisen und daher auch unterschiedliche weitergehende ‚Anwendungsregeln‘ benötigen, wird durch die strenge systematische Vorgehensweise die Grundlage zur fachlichen Harmonisierung der Rechtsbereiche geschaffen.

Mit dem fortentwickelten Wasserrecht wurde eine Anpassung der im Bericht von 2004 verwendeten Begriffe an die des neuen WHG (2009) erforderlich. Während im GFS-Bericht von 2004 die Überschreitung der GFS mit der Begrifflichkeit eines Grundwasserschadens gleichgesetzt wurde, beschreibt der Begriff der ‚nachteiligen Veränderung‘ nun eine Veränderungen der Gewässereigenschaften, die den Wasserhaushalt real, also im naturwissenschaftlichen Sinne negativ beeinflussen [6]. Damit wird der im WHG 2009 einheitlich verwendete Begriff „nachteilig“ bezüglich Grundwasser mit dem der geringfügigkeitsschwelle verknüpft.

Der Begriff der schädlichen Gewässerveränderungen (§ 3 Nr. 10 WHG) bezeichnet Veränderungen

von Gewässereigenschaften (z.B. Wasserbeschaffenheit, Wassermenge, siehe § 3 Nr. 7, 9 WHG), die das Wohl der Allgemeinheit, insbesondere die öffentliche Wasserversorgung, beeinträchtigen oder die nicht den Anforderungen entsprechen, die sich aus dem Wasserhaushaltsgesetz, auf Grund des Wasserhaushaltsgesetzes erlassenen Vorschriften oder sonstigen wasserrechtlichen Vorschriften ergeben.

Bezogen auf die **Altlastenbearbeitung** bedeutet dies, dass bei Überschreitung der GFS im Grundwasser – nach Messung oder aufgrund einer Sickerwasserprognose – eine nachteilige Veränderung der chemischen Grundwasserbeschaffenheit vorliegt. Am Ort der Beurteilung entspricht dies der Prüfwertdefinition des BBodSchG, das heißt, es liegen Anhaltspunkte für eine schädliche Grundwasserveränderung vor – nicht jedoch per se ein Grundwasserschaden. Eine schädliche Veränderung der chemischen Grundwasserbeschaffenheit liegt im Rahmen der Nachsorge (erst) vor, wenn unter Berücksichtigung der im GFS-Bericht aufgeführten Anwendungsgrundsätze – im konkreten Einzelfall – eine schädliche Bodenveränderung oder Altlast und/oder eine schädliche Gewässerveränderung begründet werden kann.

3 Die Anwendungsgrundsätze der GFS-Werte

Die Verschärfungen der aktualisierten GFS-Werte insbesondere bei den geogenen Spurenelementen, die im Wesentlichen auf Änderungen bei der ökotoxikologischen Ableitung zurückzuführen sind, wurden vom Altlastenausschuss der LABO (ALA) für die Altlastenbearbeitung als teilweise nicht praktikabel bzw. umsetzbar eingestuft. Die LABO empfahl daher, über spezielle Anwendungsregeln für die verschiedenen Rechtsbereiche im GFS-Papier den zukünftigen Umgang mit den GFS zu skizzieren und mit der LAWA abzustimmen.

Da ein fachlich zentriertes Papier wie der GFS-Bericht unmöglich sehr weit gehende Aussagen oder Vollzugshilfen zu verschiedenen Rechtsbereichen integrieren kann, können in dem Kap. 3 des GFS-Berichtes nur **Grundsätze** für diese Anwendungen aufgezeigt werden.

3.1 Berücksichtigung der Hintergrundkonzentrationen im Sickerwasser natürlicher Böden

Soweit zur Abschätzung des Freisetzungsverhaltens von Schadstoffen zur Sickerwasserprognose Eluatuntersuchungen angewendet werden, ist festzustellen, dass die in der BBodSchV von 1999 genannten Verfahren nur bedingt fachlich geeignet sind. Der Bodensättigungsextrakt ist kein praktikables Verfahren, das S4-Verfahren führt i. d. R. zu Unterbefunden gegenüber dem Bodensättigungsextrakt und eine Umrechnung zwischen den Verfahren ist nicht möglich. Es ist daher schon heute wie zukünftig eines der folgenden (fachlich fortschrittlichen) Verfahren zu verwenden: DIN 19529 „Elution von Feststoffen – Schüttelverfahren zur Untersuchung des Elutionsverhaltens von anorganischen Stoffen und organischen Stoffen mit einem Wasser/Feststoff-Verhält-

nis von 2 l/kg“, Ausgabe Dezember 2015 oder den Säulenversuch oder Säulenkurztest nach der DIN 19528, Ausgabe Januar 2009. Der RE zur BBodSchV verweist in § 24 (9) und (1) auf diese Verfahren, die auch seit Jahren (schon in den Vorfassungen) vom Fachbeirat Bodenuntersuchung (FBU) zur Anwendung empfohlen wurden [7].

Wird zur Abschätzung des Freisetzungsverhaltens das Schüttelverfahren nach DIN 19529 angewendet, ist zu berücksichtigen, dass auch aus natürlichen, unbelasteten Böden anorganische Stoffe in Abhängigkeit der Bodenkenngrößen und des Bodenmilieus in die gelöste Phase überführt werden. Hierdurch wird nach heutigem Kenntnisstand die chemische Grundwasserbeschaffenheit nicht nachteilig verändert. Die Konzentration der Stoffe im Sickerwasser natürlicher, unbelasteter Böden wurde durch die Untersuchung von Eluaten im 2:1-Eluat abgeschätzt [8]. Die daraus abgeleiteten Hintergrundwerte (als 95er-Perzentil) unterscheiden sich in Abhängigkeit des Humus-, bzw. TOC-Gehaltes des Bodens. Bei der Untersuchung von Bodenmaterial im 2:1 Eluat liegt ein Gefahrenverdacht erst dann vor, wenn das Konzentrationsniveau deutlich oberhalb des natürlichen Wertenniveaus im Bodeneluat liegt. Im Referentenentwurf zur BBodSchV werden hierzu die Hintergrundwerte bzw. die GFS-Werte mit dem Faktor 2 multipliziert, sofern die GFS nicht humantoxikologisch begründet sind.

Aus dieser Kenntnis ergibt sich der erste Anwendungsgrundsatz des GFS-Berichtes:

Der Stoffeintrag in das Grundwasser erfolgt über das Sickerwasser. Eluate von unbelasteten Böden Deutschlands weisen bei einem Wasser-/Feststoffverhältnis von 2 l·kg⁻¹ für eine Reihe von anorganischen Stoffen Konzentrationen deutlich oberhalb der GFS auf. Wird das Sickerwasser durch ein nach dieser Methode gewonnenes Eluat charakterisiert, zeigt bei diesen Stoffen erst eine deutliche Überschreitung des in der ungesättigten Bodenzone natürlicherweise zu erwartenden Konzentrationsniveaus einen Gefahrenverdacht an.

Der Referentenentwurf zur BBodSchV führt die Ergebnisse dieses Ansatzes als ‚Prüfwerte ... am Ort der Probenahme‘ in Tabelle 1 der Anlage 2 auf.

3.2 Der Ort der Beurteilung und die Einmischung ins Grundwasser

Bei einer **Sickerwasserprognose** ist das Abbau- und Rückhaltevermögen der ungesättigten Bodenzone zu berücksichtigen, das bedeutet, dass wie bisher auch am Ort der Beurteilung, wie er in der BBodSchV, § 2, Punkt 5 – § 2, Punkt 15 und 16 im Referentenentwurf – beschrieben ist, der entscheidende erste Beurteilungsschritt (**Prüfschritt**) im nachsorgenden Bodenschutz bezüglich des Wirkungspfades Boden-Grundwasser durchgeführt wird.

Bei Überschreitung zulässiger Sickerwasserkonzentrationen am OdB kann zur Beurteilung, inwieweit eine schädliche Grundwasseränderung anzunehmen ist oder vorliegt, ein **Vermischungsvorgang** von Sickerwasser in das Grundwasser in Rechnung gestellt werden. Für die OU ist dies in § 12 (3), für die Detailuntersuchung in § 13 (4) des RE erwähnt. Entsprechend den bisherigen Entwürfen zur Mantelverordnung soll dazu ein begrenztes Grundwasservolumen mit festgelegter Betrachtungstiefe herangezogen werden – im aktuellen Referentenentwurf wird dazu keine Formel mehr erwähnt, sondern nur die Begründung zum Referentenentwurf führt die Konvention von 1 m als virtueller Mischraum weiter auf. Grund für den Verzicht auf die Formelnennung ist die Tatsache, dass diese nur für Lockergesteinsaquifere Gültigkeit hat und Kluftgrundwasserleiter eigenständige Abschätzungen benötigen. Ziel ist es, dass die GFS-Werte auf ein für Messungen zugängliches Grundwasservolumen bezogen werden. Voraussetzung ist die weitergehende Kenntnis des Aquifers sowie der Schadstoffmenge, -fracht und -ausbreitung im Einzelfall.

Es handelt sich bei dieser Anwendungsregel NICHT um eine Vorschrift zur Messung im oberen Meter des Grundwasserleiters sondern ausschließlich um eine (einfache) Abschätzung, ob unter ungünstigen Bedingungen, die eingetragene Schadstofffracht in einer Grundwassermessstelle mit einer Verfilterung von nur 1 m zu einer Überschreitung des entsprechenden Beurteilungswertes im Grundwasser führt (zugehörige Formel, siehe [3]). Reale Vermischungsvorgänge sollen durch diese Betrachtung nicht beschrieben werden – ob solche Vermischung sich real im oberen Metern des Grundwassers oder in einem

tiefen Teil des Aquifers ereignet, spielt daher keine Rolle.

3.3 Umgang mit ökotoxikologisch begründeten GFS

Für anorganische Substanzen, deren ökotoxikologische Wirkungsschwellen unterhalb geogener Hintergrundkonzentrationen im Grundwasser liegen, wurden im GFS-Bericht die Basiswerte als GFS-Werte ausgewiesen. Um einen für die Gefahrenbeurteilung geeigneten Abstand zu Hintergrundkonzentrationen zu erhalten, wird gemäß dem GFS-Bericht bei der Bewertung von Stoffkonzentrationen am Ort der Beurteilung erst bei einer **Überschreitung des doppelten Basiswertes** von einem Gefahrenverdacht ausgegangen. Diese Vorgehensweise gilt nicht für humantoxikologische begründete Bewertungen.

Zur bodenschutzrechtlichen Gefahrenbeurteilung auf Basis eines Geringfügigkeitsschwellenwertes mit ökotoxikologischer Begründung ist im GFS-Papier darüber hinaus ein weiterer wichtiger Anwendungsgrundsatz benannt: Bei ökotoxikologisch begründeter GFS ist danach im Einzelfall zu **prüfen, ob die Schutzgüter Oberflächengewässer oder grundwasserabhängige Landökosysteme betroffen sein können**. In der bodenschutzrechtlichen Nachsorge wäre so eine nachteilige Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit, deren nachteilige Wirkung ausschließlich für Grundwasserorganismen zu besorgen ist, nicht als Grundwasserschaden anzusehen. Dieses Konzept ist im Referentenentwurf zur BBodSchV umgesetzt. Die Begründung zum Entwurf führt dazu aus:

Mit Blick auf die Anforderungen des BBodSchG müssen Prüfwerte geeignet sein, schädliche Bodenveränderungen oder Altlasten ... zu identifizieren. Zu deren Definition gehört es, dass Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den einzelnen oder die Allgemeinheit herbeigeführt werden können. Gefahren oder erhebliche Nachteile für die Allgemeinheit liegen vor, wenn Grundwasser nicht mehr als Trinkwasser nutzbar ist, auch für den Fall, dass das Grundwasser aktuell einer solchen Nutzung nicht unterliegt. Durch die Anwendung der Prüfwerte am Ort der Beurteilung muss daher in erster Linie sichergestellt werden, dass die Anforderungen der Trinkwasserverord-

nung oder entsprechend abgeleiteter Werte erfüllt werden... Die humantoxikologisch begründeten GFS-Werte werden daher unverändert als Prüfwerte übernommen.

Im Hinblick auf die ökotoxikologischen Kriterien wird im Rahmen der bodenschutzrechtlichen Nachsorge die Gefahrenschwelle erst dann überschritten, wenn Grundwasser als Basisabfluss von Oberflächenwasser oder durch die Beeinflussung von grundwasserabhängigen Landökosystemen zu einer Schädigung oder erheblichen Belästigung dieser Schutzgüter führt ... Ein solcher Tatbestand kann im Einzelfall erst nach umfassender Untersuchung erkannt werden; jedoch kann im Rahmen einer worst-case-Betrachtung festgestellt werden, wann eine solche Konstellation mit hinreichender Wahrscheinlichkeit auszuschließen ist...: Beim Eintrag von belastetem Grundwasser in ein Oberflächengewässer treten Verdünnungen auf. Als worst-case-Ansatz wird das Kompartiment des Gewässerbetts betrachtet, in dem nur geringe Verdünnungen stattfinden: die intensiv belebten Sedimentbereiche von Gewässern... Ohne Kenntnis einer Einzelfallsituation wird im Rahmen dieser Plausibilitätsprüfung angenommen, dass im direkten Nahbereich einer altlastverdächtigen Fläche ein Oberflächengewässer mit belebtem Gewässerbett im Kontakt mit dem Grundwasser steht. Durch den Konventionsfaktor von 10 auf das ökotoxikologische Kriterium der GFS-Werte wird die Verdünnung im Gewässerbett abgebildet. Wurden GFS-Werte bei der Ableitung angehoben, da das ökotoxikologische Kriterium niedriger als der bundesweit aggregierte Hintergrundwert im Grundwasser war, so wurde der Konventionsfaktor von 10 auch auf den Hintergrundwert angewendet. Bei Unterschreitung der mit dem Faktor 10 multiplizierten ökotoxikologischen GFS-Werte ist davon auszugehen, dass bei kleinräumiger Mittelung ... diese GFS im Gewässerbett unterschritten sind. Ergeben sich bei der GFS-Ableitung im Hinblick auf die Trinkbarkeit und im Hinblick auf die mit dem Faktor 10 multiplizierten ökotoxikologischen Kriterien/Hintergrundwerte unterschiedliche Konzentrationen, entspricht der Prüfwert am Ort der Beurteilung der niedrigeren Konzentration.

Der RE zur BBodSchV führt die Ergebnisse dieses Ansatzes als ‚Prüfwerte ... am Ort der Beurteilung‘ in Tabelle 2 der Anlage 2 auf. In der folgenden Tabelle sind diese Prüfwerte mit den GFS-Werten, bzw.

deren Datengrundlagen verglichen. In Spalte 5 der Tabelle 1 ist die o.g. Plausibilitätsprüfung an Hand der 10-fachen ‚ökotoxikologischen GFS-Werte‘ aufgeführt. Durch die Farbgebung ist erkennbar bei welchem Stoff welche Kriterien für die letztliche Wertefestlegung ausschlaggebend waren.

Durch die aktuellen GFS ergibt sich in Folge keine wesentliche Änderung des Bewertungsniveaus gegenüber den Prüfwerten der BBodSchV von 1999. Bewertungen auf Basis der aktuell gültigen Prüfwerte sind somit nicht nur formal korrekt, sondern auch mit Blick auf zukünftig zu erwartende Bewertungsmaßstäbe fachlich plausibel. Für Einzelstoffe lohnt

sich jedoch ein Vergleich der aktuellen Prüfwerte und denen des Referentenentwurfes, um Verhältnismäßigkeitsabwägungen ggf. weiter damit zu stützen.

Die Prüfwerte für organische Schadstoffe aus der BBodSchV von 1999 sind im RE weitestgehend unverändert – dies betrifft auch die häufigen Summenparameter LCKW oder PAK. Das Parameterspektrum ist bei diesen Summenparametern nicht um redundante Parameter oder Parametersummen entsprechender GFS-Werte erweitert, und sichert so die Kontinuität und das praktische Vorgehen bei der Altlastenbearbeitung.

Tab. 1: Prüfwerte des RE 2017 und Geringfügigkeitsschwellen 2016 für geogene Spurenelemente mit Hinweis auf ihre Herleitung und im Vergleich zu den Prüfwerten der BBodSchV von 1999

(alle Werte in µg/l)	Prüfwert BBodSchV 1999	Prüfwert RE 2017, Anlage 2, Tabelle 2	Die Bausteine der Prüfwertableitung RE 2017/GFS-Werte			Faktor: Prüfwert BBodSchV 1999 zu RE 2017
			TrinkwV / analog TrinkwV	Plausibilitätswert für Oberflächen-gewässer	GFS 2016	
Antimon (Sb)	10	5	5	1100	5	2
Arsen (As)	10	10	10	32	3,2	1
Blei (Pb)	25	10	10	12	1,2	2,5
Bor (B)	-	1000	1000	1800	180	-
Cadmium (Cd)	5	3	3	3	0,3	1,7
Chrom (Cr)	50 (Cr _{ges})	50	50 (Cr _{ges})	47 (Cr _{III})	3,4	1
Chromat	8 (Cr _{VI})	8 *	50 (Cr _{ges}) *	34 (Cr _{VI})	3,4	1
Kobalt (Co)	50	10	10	20	2	5
Kupfer (Cu)	50	50	2000 techn	54	5,4	1
Molybdän (Mo)	50	35	35	3400	35	1,4
Nickel (Ni)	50	20	20	70	7	2,5
Quecksilber (Hg)	1	1	1	1	0,1	1
Selen (Se)	10	10	10	30	3	1
Zink (Zn)	500	600	5000	600	60	0,8

Erläuterung der Farbgebung bei den Prüfwerten des Referentenentwurfes (RE) 2017 und der GFS 2016:

rötlich (kursiv): auf Grundlage der gesundheitlichen/ästhetischen Wirkung (kleinerer Wert)

grünlich : auf Grundlage der ökotoxischen Wirkung (kleinerer Wert)

bläulich (hell): der kleinere Wert auf Grundlage der ökotoxischen Wirkung lag unter dem Basiswert, sodass die GFS in Höhe des Basiswertes ausgewiesen ist

4 Gefahren-/Schadensfeststellung und Verhältnismäßigkeitsabwägung

Als wesentliche Klarstellung wird den o.g. Anwendungsgrundsätzen der Hinweis nachgestellt, dass bei Überschreitung der GFS-Werte im Grundwasser eine nachteilige Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit vorliegt. Die Anwendungsgrundsätze sollen den Behörden bei der Entscheidung helfen, ob das Ausmaß einer solchen Veränderung hinreichend ist, den Verdacht oder den Tatbestand einer schädlichen Bodenveränderung bezüglich des Wirkungspfad des Boden-Grundwasser im Rahmen des BBodSchG/BBodSchV, bzw. einer schädlichen Gewässeränderung im Rahmen der wasserrechtlichen Nachsorge zu begründen.

Durch die Anwendungsgrundsätze wird jedoch auch **nicht abschließend** ein Gefahrenverdacht, ein Gefahrentatbestand bzw. eine schädliche Gewässeränderung beschrieben. Gefahrenauslösende Schwellen können weitere Kriterien und einzelfall-

spezifische Randbedingungen berücksichtigen. So ist z.B. zu berücksichtigen, wenn **im Einzelfall lokal oder regional höhere geogene Hintergrundkonzentrationen** als die des doppelten Basiswertes in einer Grundwasserregion bzw. einer hydrogeochemischen Einheit vorliegen.

In den Kap. 3.2.1 und 3.3 des GFS-Berichtes wird darauf verwiesen, dass die Überschreitung der GFS-Werte allein noch nicht darüber entscheidet, ob **Sanierungsmaßnahmen** erforderlich sind. Durch die Anwendungsgrundsätze des GFS-Papiers wird mit hin nicht die Verhältnismäßigkeit von Maßnahmen beschrieben – dazu bedarf es eines eigenständigen Abwägungsprozesses. Das entsprechende LAWA-LABO-Papier [9] ist vor dem Hintergrund der aktuellen o. g. Dokumente partiell anzupassen, jedoch vom Grundsatz her weiterhin anwendbar und anzuwenden.

Literaturverzeichnis

- [1] LAWA (2004): Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser.- Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (Hrsg.), 33 S., Düsseldorf.
- [2] MOLL B., QUADFLIEG A. (2014): Aktualisierung der Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser, Wasser und Abfall 03/2014, S. 10-14
- [3] ZEDDEL A., QUADFLIEG A., UTERMANN J., WILHELM F (2016): Grundsätze für die Anwendung der aktualisierten Geringfügigkeitsschwellen der LAWA von 2015 in der Altlastenbearbeitung, altlasten spektrum 2/2016, S. 56 – 63
- [4] „Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser. Aktualisierte und überarbeitete Fassung 2016“, (www.lawa.de/documents/Geringfuegigkeits_Bericht_Seite_001-028_6df.pdf).
- [5] Referentenentwurf des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung, Stand: 6.2.2017 (www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Gesetze/mantelv_text.pdf)
- [6] BERENDES, K. (2010): WHG – Kurzkomentar, ESV, 1. Aufl., Oktober 2010
- [7] Methodensammlung Boden-/Altlastenuntersuchung („Methosa“) vom Juli 2014 (www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/359/dokumente/methosa_boal_v1.pdf)
- [8] UTERMANN J. (2011): Hintergrundwerte gelöster Spurenelemente im wässrigen Eluat für Böden aus dem ländlichen Raum. Bodenschutz – Hrsg. König, Bachmann, Utermann, BoS 50. Lfg. V/2011, 31 pp.
- [9] LAWA-LABO (2006): Grundsätze des nachsorgenden Grundwasserschutzes bei punktuellen Schadstoffquellen, Mainz, 2006 (www.labo-deutschland.de/documents/grundsätze_nachsorge_3b5_139_e45.pdf)

Biologische Methoden in der Boden- und Altlastenbewertung: Der TRIAD-Ansatz (ISO 19204)

JÖRG RÖMBKE & JEANNETTE BERNARD

1 Einleitung: Grundlagen einer Beurteilungsstrategie

In den letzten Jahren wurde die wichtige Rolle der Organismen (Mikroorganismen, Pflanzen und Tiere) für die Erfüllung vieler Funktionen des Bodens wie z.B. die Produktion von Nahrungsmitteln oder den Wasserhaushalt immer deutlicher herausgearbeitet (z.B. Brussaard 2012; Van Groenigen et al. 2016). Schon vor ca. 20 Jahren schlug sich diese große Rolle der Biologie im Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (BBodSchG 1998) nieder (§ 1; 2). Der Boden erfüllt im Sinne dieses Gesetzes natürliche Funktionen als

- a. Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen,
- b. Bestandteil des Naturhaushalts, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen.

Aber: es gibt so gut wie keine Umsetzung dieser Anforderung in der täglichen Praxis. In der Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV 1999) sind für die Umsetzung der gesetzlichen Vorgaben für den Pfad Boden – Bodenorganismen für eine geringe Zahl von Stoffen (primär Metalle) Vorsorgewerte aufgeführt, die (u.a.) mittels ökotoxikologischer Daten abgeschätzt wurden. Spätere Ableitungen mittels des SSD-Ansatzes bestätigten weitgehend die Größenordnung dieser Werte (Jänsch et al. 2007). Ansonsten erfolgt die Beurteilung der Bodenqualität ausschließlich chemisch, d.h. über die Konzentration einer kleinen Zahl von Chemikalien im Boden.

Allerdings gibt es in Deutschland (und einigen anderen europäischen Staaten) viele Erfahrungen aus Forschungsvorhaben, in denen ökotoxikologische Tests erfolgreich zur Beurteilung des Bodens, speziell in seiner Funktion als Lebensraum für Bodenorganismen (Habitatfunktion), eingesetzt wurden (z.B. Römbke et al. 2006). Eine weitere wichtige Funktion des Bodens ist dessen Rückhaltefunktion (d.h. der Pfad Boden – Grundwasser). In diesem Beitrag wird nur auf die Habitatfunktion des Bodens eingegangen.

Generell ist es nicht möglich, allein anhand von Chemikalienkonzentrationen die biologische Qualität eines Bodens vorherzusagen, da je nach Stoffgemisch, den möglicherweise betroffenen Organismen und den jeweiligen Umweltbedingungen ein unterschiedlicher Anteil der Chemikalien bioverfügbar ist und damit auch die jeweilige Wirkung stark differieren kann. Aus den genannten Gründen liegt es daher nahe, den bisher angewendeten chemischen Beurteilungsansatz durch biologische, d.h. ökotoxikologische Methoden zu ergänzen. Dazu fehlte bisher ein praktikabler, validierter und generell akzeptierter Ansatz, mit dem die interaktiven Effekte aller in einem bestimmten Boden enthaltenen Schadstoffe erfasst werden können. Aufgrund der Erfahrungen mit Sedimenten aus anderen Staaten, speziell den USA, liegt ein solcher Ansatz jetzt vor: der **TRIAD-Ansatz**.

2 Entwicklung des TRIAD-Ansatzes

Die zentrale Idee des TRIAD-Ansatzes ist die gemeinsame Auswertung von Daten aus drei Bereichen (Abb. 1):

- Chemie: z.B. Konzentration eines Metalls in Bodenproben vom zu beurteilenden Standort;
- Ökotoxikologie: z.B. Pflanzenwachstumstests im Labor mit Bodenproben vom zu beurteilenden Standort;
- Ökologie: z.B. Monitoring der Diversität von Nematoden im Freiland.

Im Folgenden wird zuerst die Entwicklung des TRIAD-Ansatzes vorgestellt, bevor auf die vor kurzem abgeschlossene Standardisierung dieses Ansatzes eingegangen wird:

- 1985: Entwicklung in Nord-Amerika zur Qualitätsbeurteilung von Sedimenten (Long & Chapman)
- 2005: Erstmals Anwendung des TRIAD-Ansatzes für Böden (Rutgers et al.)
- 2006: Fallstudie im Rahmen des EU-Projekts LIBERATION; immer noch die umfangreichste Studie für Böden (Jensen & Mesman)
- 2007: Entwicklung einer TRIAD-Norm (NEN 5737) in den Niederlanden, die als Basis der jetzigen ISO-Norm verwendet wurde (NEN).
- 2008: TRIAD-Ansatz in England für die Standortbeurteilung vorgeschlagen (Environment Agency)
- 2010: Erste Boden-TRIAD Anwendung in den Tropen (Niemeyer et al.)
- 2011: Beginn der Entwicklung der ISO 19204 (finale Version publiziert im Jahr 2017).

Gegenwärtig nimmt die Anwendung des TRIAD-Ansatzes in Europa durchgehend zu, dieser wird jedoch mit wenigen Ausnahmen (z.B. Niederlande, England) nicht gesetzlich gefordert.

Die Standardisierung des TRIAD-Ansatzes erfolgte unter Nutzung der oben aufgeführten Veröffentlichungen, speziell der niederländischen Norm NEN 5737 (2007). Allerdings enthielt dieses Dokument viele Teile, die sich sehr auf die rechtlichen Bestimmungen (z.B. hinsichtlich der Einbeziehung lokaler

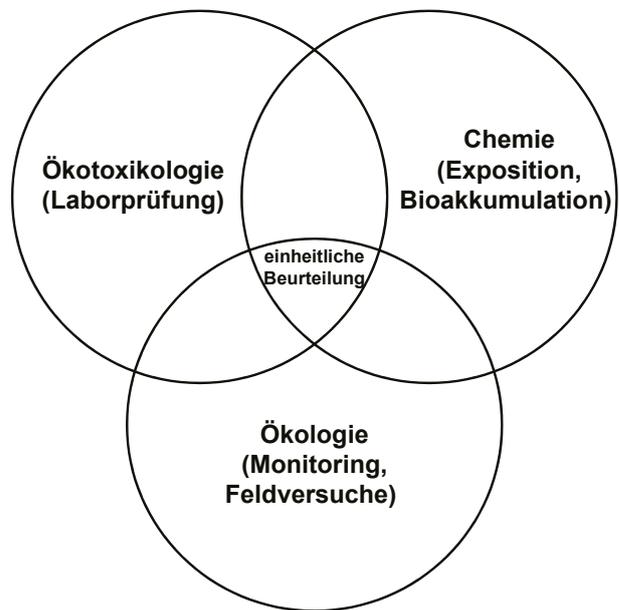


Abb. 1: Schematische Darstellung der drei Bereiche des TRIAD-Ansatzes zur Beurteilung der Bodenqualität (Bezeichnung des jeweiligen methodologischen Ansatzes; vgl. ISO 19204)

bzw. regionaler Interessenvertreter) der Niederlande beziehen, die in dieser Form auf andere Länder nicht übertragbar sind. Daher wurde die ISO-Norm deutlich allgemeiner formuliert, wobei die folgenden grundlegenden Regeln der ISO beachtet wurden:

- ⇒ Für ISO-Standards muss es einen Marktbedarf geben, was durch die Beteiligung von mindestens fünf Staaten belegt wird.
- ⇒ ISO-Standards basieren auf globalem Expertenwissen, das in einem mehrstufigen Prozess sowohl in Arbeitsgesprächen als auch durch schriftliche Kommentierung eingeht.
- ⇒ ISO-Standards werden unter Beteiligung vieler Interessenvertreter entwickelt.
- ⇒ ISO-Standards basieren auf Konsensbeschlüssen.

Die vorliegende ISO-Norm 19204 wurde zwischen 2011 und 2017 erstellt, wobei der lange Zeitraum auf die Komplexität dieses Verfahrens zurückzuführen ist.

3 Beschreibung des TRIAD-Ansatzes in ISO 19204

In der folgenden Auflistung ist das generelle fünfstufige Vorgehen bei der Anwendung der ISO-Norm 19204 an einem konkreten Standort dargestellt (ISO 2017). Dabei ist zu beachten, dass auf allen Stufen sowohl Beiträge der jeweiligen Interessengruppen (lokal, regional, usw.) als auch die von Wissenschaftlern (z.B. Gutachtern) einbezogen werden sollten.

Problem: Potentiell kontaminierter Standort

- Stufe I: Entscheidung: Ist eine Beurteilung notwendig oder nicht?
- Stufe II: Grundlegende Betrachtung der Standorteigenschaften
- Stufe III: Praktische Durchführung des TRIAD-Ansatzes, wobei für jeden Bereich (Chemie, Ökotoxikologie, Ökologie) Untersuchungen auf drei Ebenen zunehmender Komplexität durchgeführt werden können.
- Stufe IV: Beurteilung des Standorts auf der Grundlage der gemeinsam ausgewerteten Daten aus den drei Bereichen

Stufe V: Gemeinsame Entscheidung für ein Lösungskonzept (z.B. Sanierungsmaßnahmen) für diesen Standort.

Die TRIAD ist ein zentraler Teil der Umweltrisikobeurteilung an einem potentiell kontaminierten Standort und wird sich daher auf die gleichen Grundlagen beziehen (so ist die Identifikation von Kontaminationsquellen sowie Expositionsszenarien notwendig). Allerdings können sich die Einzelheiten dieses Vorgehens aufgrund standort-spezifischer Faktoren unterscheiden. Unabhängig davon ist es notwendig die zukünftige Landnutzung zu identifizieren, denn davon hängen die an dem Standort zukünftig zu beachtenden ökologischen (gemeinsamen!) Schutzziele, wie z.B. Biodiversität und/oder Bodenfunktionen ab. In jedem Fall ist zu empfehlen, dass die Umsetzung des TRIAD-Ansatzes einer unabhängigen Qualitätskontrolle unterliegt (ISO 17025).

4 Vorstellung möglicher Testverfahren auf den drei Ebenen

Die im Folgenden aufgeführten Tests sind als repräsentative Beispiele zu betrachten, die je nach Einzelfall durch andere Verfahren austauschbar sind (vgl. ISO 15799 und ISO 17616).

Toolbox E-I (Ökologie):

⇒ Ökologisches Screening mittels Vegetationsaufnahmen (inkl. Bezug auf die Habitatklassifizierung der EU (CORINE))

4.1 Ebene 1: Einfache Tests

Toolbox C-I (Chemie):

⇒ Verfeinerung von (oft vorhandenen) Bodenwerten (z.B. der deutschen BBodSchV (1999)) sowie Berechnung der toxischen Belastung.

Toolbox T-I (Ökotoxikologie):

⇒ Arthrobacter-Test (ISO 18187),
⇒ Screening-Pflanzentest für Pflanzen (ISO 17126),
⇒ Vermeidungstest mit Regenwürmern (ISO 17512-1) bzw. Vermeidungstest mit Collembolen (ISO 17512-2)

4.2 Ebene 2: Verfeinerte Tests

Toolbox C-II (Chemie): Bioverfügbarkeit (ISO 17042)

Spurenelemente:

⇒ Faktisch: 0,001 mol/l CaCl₂
⇒ Potentiell: 0,43 mol/l HNO₃

Organische Chemikalien:

⇒ Faktisch: Passive Probennahme (SPME; POM-SME)
⇒ Potentiell: Tenax® /Cyclodextrin Extraktion

Toolbox T-II (Ökotoxikologie):

- ⇒ Reproduktionstest mit Regenwürmern (ISO 11268-2)
- ⇒ Reproduktionstest mit Enchytraeidae (ISO 16387)
- ⇒ Reproduktionstest mit Springschwänzen (ISO 11267)
- ⇒ Pflanzenwachstumstest mit zwei Arten (ISO 11269-2)

Toolbox E-II (Ökologie):

- ⇒ Köderstreifentest (ISO 18311)
- ⇒ Kohlenstoff- und Stickstoffmineralisierungstests (ISO 14238)
- ⇒ Boden-Respirationstest (SIR) (ISO 17155)
- ⇒ Ernährungsgruppen der Nematoden (Bongers 1999).

4.3 Ebene 3: Ausführliche Beurteilung

Toolbox C-III (Chemie):

- ⇒ Nutzung chemischer Modelle,
- ⇒ Simulation der chemischen Situation in Säulen oder der SOFIE-Zelle
- ⇒ Moderne chemische Verfahren sind nicht ausgeschlossen.

Toolbox T-III (Ökotoxikologie):

- ⇒ Tests zur metabolischen Diversität von Mikroorganismen (z.B. PLFA (ISO/TS 29843-1, ISO/TS 29843-2) oder DNA (ISO 17601))
- ⇒ Testsysteme mit mehreren Arten, z. B. mit Springschwänzen, Milben und Enchytraeidae (Jensen & Scott-Fordsmann 2012)
- ⇒ Pflanzentest zur chronischen Toxizität (ISO 22030)
- ⇒ Pflanzenwachstumstest mit sechs Arten (ISO 11269-2)

Toolbox E-III (Ökologie):

- ⇒ Auswirkung auf die biologische Aktivität (z. B. Netzbeutel-Test)
- ⇒ Tests zur Diversität von Mikroorganismen, z. B. die quantitative Bestimmung von funktionellen Gruppen durch qPCR-Assays (ISO 17601),
- ⇒ Untersuchung zur Diversität der Pflanzen auf bzw. der Wirbellosen im Boden.

4.4 Abschließende Beurteilung: Normierung, Gewichtung und Integration von Ergebnissen

Grundsätzlich sollten die Ergebnisse von allen Tests in die Beurteilung eingehen, unabhängig davon, aus welchem Bereich sie stammen bzw. auf welcher Ebene sie generiert wurden (z. B. mittels eines einheitlichen Normierungsverfahren). Laut Burton et al. (2002) ist dafür eine tabellarische Entscheidungsmatrix im Rahmen eines „Weight-of-Evidence“-Ansatzes am besten geeignet. Dazu werden die Ergebnisse der einzelnen Tests auf eine Skala von null bis eins umgerechnet, d.h. sie reicht von keiner bis zur maximalen Auswirkung. Je nach Test bzw. Messparameter sind dazu unterschiedliche Herangehensweisen notwendig. Bei einem Wachstumstest kann zum Beispiel die prozentuale Hemmung direkt als Einheit für Auswirkungen verwendet werden. Die Ergebnisse eines Freilandmonitorings sollten demzufolge in Bezug auf den Umweltzustand eines Referenzstandorts (= 0) und eines (theoretischen) Zustands, der 100 % Auswirkung anzeigt, normiert werden. Eine Konsequenz dieses Vorgehens ist, dass bei einer TRIAD nur Tests eingesetzt werden sollten, deren Ergebnisse auf einer Skala von 0 bis 1 normiert werden können. In jedem Fall sind für diesen Schritt grundlegende Kenntnisse der ökologischen Risikobeurteilung notwendig. Allerdings ist dieser Schritt üblicherweise kein Bestandteil von ISO-Normen. Daher ist hier auf entsprechende Fallbeispiele zu verweisen, speziell den Bericht des EU-Vorhabens LIBERATION (Jensen & Mesman 2006).

Des Weiteren ist die Gewichtung der einzelnen Tests, Ebenen und Bereiche der TRIAD zu beachten:

- Die drei Bereiche der TRIAD sollten bei der Risikobeurteilung in gleichem Maße gewichtet werden, denn die Stärke dieses Ansatzes liegt auf der gemeinsamen, integrierten Auswertung.
- Innerhalb eines Bereiches sollten möglichst viele Aspekte einer Organismengemeinschaft abgedeckt werden, wobei der Grundgedanke ist „Alle Organismen sind ungleich, aber gleich wichtig“. Des Weiteren sollten wichtige ökologische Funktionen bzw. Leistungen des jeweiligen Ökosystems berücksichtigt werden, wie z.B. die Produktion (Pflanzen), Dekomposition (Mikroorganismen) und Konsumption (Tiere) von organischem Mate-

rial. Eine unterschiedliche Gewichtung innerhalb eines Bereiches (d.h. von den jeweiligen Testergebnissen, aber auch schon bei der Auswahl der Tests) ist aus drei Gründen möglich:

- 1) Erstens können aus ökologischen Erwägungen einzelne Endpunkte unterschiedlich gewichtet werden. Solche Fälle sollten schon zu Beginn einer TRIAD festgelegt und mit allen Interessensgruppen abgestimmt werden. Dadurch wird zum Beispiel eine besondere Beachtung von spezifischen (funktionellen) Gruppen, gefährdeten Arten oder „charismatischen“ Arten erreicht.
- 2) Der zweite Grund ist die Berücksichtigung der Unsicherheit oder Variabilität innerhalb der Endpunkte. Tests mit einem hohen Grad an Unsicherheit oder mit einer hohen Variabilität der Ergebnisse darf bei der Umweltrisikobeurteilung ein geringeres Gewicht zugewiesen werden (Menzie et al. 1996).
- 3) Der dritte Grund für unterschiedliche Gewichtungen ist die Korrektur einer systematischen Abweichung in gemessenen und berechneten Auswirkungen; z.B. aufgrund einer unzureichenden Anzahl von Wiederholungen in einzelnen Tests und speziell in Freilanduntersuchungen.

5 Entscheidung über das weitere Vorgehen

Die Ergebnisse aller im Rahmen einer TRIAD erhobenen Daten (einschließlich der in die Entscheidungsfindung eingegangenen historischen Angaben bzw. zur Charakterisierung des Standorts) sind in einem ausführlichen Bericht zusammenzufassen. Auf dieser Grundlage und anhand der vorab vereinbarten Beurteilungskriterien ist eine Entscheidung in Bezug auf das Untersuchungsziel zu treffen. Diese Entscheidung wird schriftlich festgelegt und wird anschließend mit allen beteiligten Parteien erörtert. Genau genommen dient das Ergebnis der TRIAD zur Beurteilung der biologischen Bodenqualität dazu, Aufschluss darüber zu geben, ob an einem be-

stimmten Standort ein ökologisches Risiko vorliegt oder nicht. Davon ausgehend kann anschließend diskutiert werden, wie mit einem eventuell festgestellten Risiko umzugehen ist. Dabei kann es sich um die Frage handeln, ob bzw. wenn ja welche Sanierung des Standorts notwendig ist. Es können aber auch spezielle Bodenbewirtschaftungs-Maßnahmen vorgeschlagen werden. Dies ist aber nicht mehr Bestandteil der eigentlichen TRIAD, denn dazu sind die jeweiligen ökologischen und vor allem politischen Bedingungen des zu beurteilenden Standorts zu unterscheiden.

6 Literaturverzeichnis

- BBodSchG (Bundes-Bodenschutzgesetz (1998): Gesetz zum Schutz des Bodens. Bundesgesetzblatt 1998 Teil I Nr. 16; 502-510.
- BBodSchV (Bundes-Bodenschutzverordnung) (1999): Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12. Juli 1999. BGBl I, Nr. 36, 1554-1582.
- BONGERS, T. (1999): The Maturity Index, the evolution of nematode life history traits, adaptive radiation and cp-scaling. *Plant and Soil* 212: 13-22.
- BRUSSAARD, L. (2012): Ecosystem services provided by the soil biota. In: *Soil ecology and ecosystem services*, ed. Wall, D.H., BARDGETT, R.D., BEHANNING, P., BROWN, J.F., CROFT, G.B., GARDNER, W.S., GIBLIN, C.H., GREGG, G.W., HANSEN, K., HANSEN, L., HANSEN, S., HANSEN, T., HANSEN, V., HANSEN, W., HANSEN, X., HANSEN, Y., HANSEN, Z., HANSEN, AA., HANSEN, AB., HANSEN, AC., HANSEN, AD., HANSEN, AE., HANSEN, AF., HANSEN, AG., HANSEN, AH., HANSEN, AI., HANSEN, AJ., HANSEN, AK., HANSEN, AL., HANSEN, AM., HANSEN, AN., HANSEN, AO., HANSEN, AP., HANSEN, AQ., HANSEN, AR., HANSEN, AS., HANSEN, AT., HANSEN, AU., HANSEN, AV., HANSEN, AW., HANSEN, AX., HANSEN, AY., HANSEN, AZ., HANSEN, BA., HANSEN, BB., HANSEN, BC., HANSEN, BD., HANSEN, BE., HANSEN, BF., HANSEN, BG., HANSEN, BH., HANSEN, BI., HANSEN, BJ., HANSEN, BK., HANSEN, BL., HANSEN, BM., HANSEN, BN., HANSEN, BO., HANSEN, BP., HANSEN, BQ., HANSEN, BR., HANSEN, BS., HANSEN, BT., HANSEN, BU., HANSEN, BV., HANSEN, BW., HANSEN, BX., HANSEN, BY., HANSEN, BZ., HANSEN, CA., HANSEN, CB., HANSEN, CC., HANSEN, CD., HANSEN, CE., HANSEN, CF., HANSEN, CG., HANSEN, CH., HANSEN, CI., HANSEN, CJ., HANSEN, CK., HANSEN, CL., HANSEN, CM., HANSEN, CN., HANSEN, CO., HANSEN, CP., HANSEN, CQ., HANSEN, CR., HANSEN, CS., HANSEN, CT., HANSEN, CU., HANSEN, CV., HANSEN, CW., HANSEN, CX., HANSEN, CY., HANSEN, CZ., HANSEN, DA., HANSEN, DB., HANSEN, DC., HANSEN, DD., HANSEN, DE., HANSEN, DF., HANSEN, DG., HANSEN, DH., HANSEN, DI., HANSEN, DJ., HANSEN, DK., HANSEN, DL., HANSEN, DM., HANSEN, DN., HANSEN, DO., HANSEN, DP., HANSEN, DQ., HANSEN, DR., HANSEN, DS., HANSEN, DT., HANSEN, DU., HANSEN, DV., HANSEN, DW., HANSEN, DX., HANSEN, DY., HANSEN, DZ., HANSEN, EA., HANSEN, EB., HANSEN, EC., HANSEN, ED., HANSEN, EE., HANSEN, EF., HANSEN, EG., HANSEN, EH., HANSEN, EI., HANSEN, EJ., HANSEN, EK., HANSEN, EL., HANSEN, EM., HANSEN, EN., HANSEN, EO., HANSEN, EP., HANSEN, EQ., HANSEN, ER., HANSEN, ES., HANSEN, ET., HANSEN, EU., HANSEN, EV., HANSEN, EW., HANSEN, EX., HANSEN, EY., HANSEN, EZ., HANSEN, FA., HANSEN, FB., HANSEN, FC., HANSEN, FD., HANSEN, FE., HANSEN, FF., HANSEN, FG., HANSEN, FH., HANSEN, FI., HANSEN, FJ., HANSEN, FK., HANSEN, FL., HANSEN, FM., HANSEN, FN., HANSEN, FO., HANSEN, FP., HANSEN, FQ., HANSEN, FR., HANSEN, FS., HANSEN, FT., HANSEN, FU., HANSEN, FV., HANSEN, FW., HANSEN, FX., HANSEN, FY., HANSEN, FZ., HANSEN, GA., HANSEN, GB., HANSEN, GC., HANSEN, GD., HANSEN, GE., HANSEN, GF., HANSEN, GG., HANSEN, GH., HANSEN, GI., HANSEN, GJ., HANSEN, GK., HANSEN, GL., HANSEN, GM., HANSEN, GN., HANSEN, GO., HANSEN, GP., HANSEN, GQ., HANSEN, GR., HANSEN, GS., HANSEN, GT., HANSEN, GU., HANSEN, GV., HANSEN, GW., HANSEN, GX., HANSEN, GY., HANSEN, GZ., HANSEN, HA., HANSEN, HB., HANSEN, HC., HANSEN, HD., HANSEN, HE., HANSEN, HF., HANSEN, HG., HANSEN, HH., HANSEN, HI., HANSEN, HJ., HANSEN, HK., HANSEN, HL., HANSEN, HM., HANSEN, HN., HANSEN, HO., HANSEN, HP., HANSEN, HQ., HANSEN, HR., HANSEN, HS., HANSEN, HT., HANSEN, HU., HANSEN, HV., HANSEN, HW., HANSEN, HX., HANSEN, HY., HANSEN, HZ., HANSEN, IA., HANSEN, IB., HANSEN, IC., HANSEN, ID., HANSEN, IE., HANSEN, IF., HANSEN, IG., HANSEN, IH., HANSEN, II., HANSEN, IJ., HANSEN, IK., HANSEN, IL., HANSEN, IM., HANSEN, IN., HANSEN, IO., HANSEN, IP., HANSEN, IQ., HANSEN, IR., HANSEN, IS., HANSEN, IT., HANSEN, IU., HANSEN, IV., HANSEN, IW., HANSEN, IX., HANSEN, IY., HANSEN, IZ., HANSEN, JA., HANSEN, JB., HANSEN, JC., HANSEN, JD., HANSEN, JE., HANSEN, JF., HANSEN, JG., HANSEN, JH., HANSEN, JI., HANSEN, JJ., HANSEN, JK., HANSEN, JL., HANSEN, JM., HANSEN, JN., HANSEN, JO., HANSEN, JP., HANSEN, JQ., HANSEN, JR., HANSEN, JS., HANSEN, JT., HANSEN, JU., HANSEN, JV., HANSEN, JW., HANSEN, JX., HANSEN, JY., HANSEN, JZ., HANSEN, KA., HANSEN, KB., HANSEN, KC., HANSEN, KD., HANSEN, KE., HANSEN, KF., HANSEN, KG., HANSEN, KH., HANSEN, KI., HANSEN, KJ., HANSEN, KK., HANSEN, KL., HANSEN, KM., HANSEN, KN., HANSEN, KO., HANSEN, KP., HANSEN, KQ., HANSEN, KR., HANSEN, KS., HANSEN, KT., HANSEN, KU., HANSEN, KV., HANSEN, KW., HANSEN, KX., HANSEN, KY., HANSEN, KZ., HANSEN, LA., HANSEN, LB., HANSEN, LC., HANSEN, LD., HANSEN, LE., HANSEN, LF., HANSEN, LG., HANSEN, LH., HANSEN, LI., HANSEN, LJ., HANSEN, LK., HANSEN, LL., HANSEN, LM., HANSEN, LN., HANSEN, LO., HANSEN, LP., HANSEN, LQ., HANSEN, LR., HANSEN, LS., HANSEN, LT., HANSEN, LU., HANSEN, LV., HANSEN, LW., HANSEN, LX., HANSEN, LY., HANSEN, LZ., HANSEN, MA., HANSEN, MB., HANSEN, MC., HANSEN, MD., HANSEN, ME., HANSEN, MF., HANSEN, MG., HANSEN, MH., HANSEN, MI., HANSEN, MJ., HANSEN, MK., HANSEN, ML., HANSEN, MN., HANSEN, MO., HANSEN, MP., HANSEN, MQ., HANSEN, MR., HANSEN, MS., HANSEN, MT., HANSEN, MU., HANSEN, MV., HANSEN, MW., HANSEN, MX., HANSEN, MY., HANSEN, MZ., HANSEN, NA., HANSEN, NB., HANSEN, NC., HANSEN, ND., HANSEN, NE., HANSEN, NF., HANSEN, NG., HANSEN, NH., HANSEN, NI., HANSEN, NJ., HANSEN, NK., HANSEN, NL., HANSEN, NM., HANSEN, NN., HANSEN, NO., HANSEN, NP., HANSEN, NQ., HANSEN, NR., HANSEN, NS., HANSEN, NT., HANSEN, NU., HANSEN, NV., HANSEN, NW., HANSEN, NX., HANSEN, NY., HANSEN, NZ., HANSEN, OA., HANSEN, OB., HANSEN, OC., HANSEN, OD., HANSEN, OE., HANSEN, OF., HANSEN, OG., HANSEN, OH., HANSEN, OI., HANSEN, OJ., HANSEN, OK., HANSEN, OL., HANSEN, OM., HANSEN, ON., HANSEN, OO., HANSEN, OP., HANSEN, OQ., HANSEN, OR., HANSEN, OS., HANSEN, OT., HANSEN, OU., HANSEN, OV., HANSEN, OW., HANSEN, OX., HANSEN, OY., HANSEN, OZ., HANSEN, PA., HANSEN, PB., HANSEN, PC., HANSEN, PD., HANSEN, PE., HANSEN, PF., HANSEN, PG., HANSEN, PH., HANSEN, PI., HANSEN, PJ., HANSEN, PK., HANSEN, PL., HANSEN, PM., HANSEN, PN., HANSEN, PO., HANSEN, PP., HANSEN, PQ., HANSEN, PR., HANSEN, PS., HANSEN, PT., HANSEN, PU., HANSEN, PV., HANSEN, PW., HANSEN, PX., HANSEN, PY., HANSEN, PZ., HANSEN, QA., HANSEN, QB., HANSEN, QC., HANSEN, QD., HANSEN, QE., HANSEN, QF., HANSEN, QG., HANSEN, QH., HANSEN, QI., HANSEN, QJ., HANSEN, QK., HANSEN, QL., HANSEN, QM., HANSEN, QN., HANSEN, QO., HANSEN, QP., HANSEN, QQ., HANSEN, QR., HANSEN, QS., HANSEN, QT., HANSEN, QU., HANSEN, QV., HANSEN, QW., HANSEN, QX., HANSEN, QY., HANSEN, QZ., HANSEN, RA., HANSEN, RB., HANSEN, RC., HANSEN, RD., HANSEN, RE., HANSEN, RF., HANSEN, RG., HANSEN, RH., HANSEN, RI., HANSEN, RJ., HANSEN, RK., HANSEN, RL., HANSEN, RM., HANSEN, RN., HANSEN, RO., HANSEN, RP., HANSEN, RQ., HANSEN, RR., HANSEN, RS., HANSEN, RT., HANSEN, RU., HANSEN, RV., HANSEN, RW., HANSEN, RX., HANSEN, RY., HANSEN, RZ., HANSEN, SA., HANSEN, SB., HANSEN, SC., HANSEN, SD., HANSEN, SE., HANSEN, SF., HANSEN, SG., HANSEN, SH., HANSEN, SI., HANSEN, SJ., HANSEN, SK., HANSEN, SL., HANSEN, SM., HANSEN, SN., HANSEN, SO., HANSEN, SP., HANSEN, SQ., HANSEN, SR., HANSEN, SS., HANSEN, ST., HANSEN, SU., HANSEN, SV., HANSEN, SW., HANSEN, SX., HANSEN, SY., HANSEN, SZ., HANSEN, TA., HANSEN, TB., HANSEN, TC., HANSEN, TD., HANSEN, TE., HANSEN, TF., HANSEN, TG., HANSEN, TH., HANSEN, TI., HANSEN, TJ., HANSEN, TK., HANSEN, TL., HANSEN, TM., HANSEN, TN., HANSEN, TO., HANSEN, TP., HANSEN, TQ., HANSEN, TR., HANSEN, TS., HANSEN, TT., HANSEN, TU., HANSEN, TV., HANSEN, TW., HANSEN, TX., HANSEN, TY., HANSEN, TZ., HANSEN, UA., HANSEN, UB., HANSEN, UC., HANSEN, UD., HANSEN, UE., HANSEN, UF., HANSEN, UG., HANSEN, UH., HANSEN, UI., HANSEN, UJ., HANSEN, UK., HANSEN, UL., HANSEN, UM., HANSEN, UN., HANSEN, UO., HANSEN, UP., HANSEN, UQ., HANSEN, UR., HANSEN, US., HANSEN, UT., HANSEN, UU., HANSEN, UV., HANSEN, UW., HANSEN, UX., HANSEN, UY., HANSEN, UZ., HANSEN, VA., HANSEN, VB., HANSEN, VC., HANSEN, VD., HANSEN, VE., HANSEN, VF., HANSEN, VG., HANSEN, VH., HANSEN, VI., HANSEN, VJ., HANSEN, VK., HANSEN, VL., HANSEN, VM., HANSEN, VN., HANSEN, VO., HANSEN, VP., HANSEN, VQ., HANSEN, VR., HANSEN, VS., HANSEN, VT., HANSEN, VU., HANSEN, VV., HANSEN, VW., HANSEN, VX., HANSEN, VY., HANSEN, VZ., HANSEN, WA., HANSEN, WB., HANSEN, WC., HANSEN, WD., HANSEN, WE., HANSEN, WF., HANSEN, WG., HANSEN, WH., HANSEN, WI., HANSEN, WJ., HANSEN, WK., HANSEN, WL., HANSEN, WM., HANSEN, WN., HANSEN, WO., HANSEN, WP., HANSEN, WQ., HANSEN, WR., HANSEN, WS., HANSEN, WT., HANSEN, WU., HANSEN, WV., HANSEN, WW., HANSEN, WX., HANSEN, WY., HANSEN, WZ., HANSEN, XA., HANSEN, XB., HANSEN, XC., HANSEN, XD., HANSEN, XE., HANSEN, XF., HANSEN, XG., HANSEN, XH., HANSEN, XI., HANSEN, XJ., HANSEN, XK., HANSEN, XL., HANSEN, XM., HANSEN, XN., HANSEN, XO., HANSEN, XP., HANSEN, XQ., HANSEN, XR., HANSEN, XS., HANSEN, XT., HANSEN, XU., HANSEN, XV., HANSEN, XW., HANSEN, XX., HANSEN, XY., HANSEN, XZ., HANSEN, YA., HANSEN, YB., HANSEN, YC., HANSEN, YD., HANSEN, YE., HANSEN, YF., HANSEN, YG., HANSEN, YH., HANSEN, YI., HANSEN, YJ., HANSEN, YK., HANSEN, YL., HANSEN, YM., HANSEN, YN., HANSEN, YO., HANSEN, YP., HANSEN, YQ., HANSEN, YR., HANSEN, YS., HANSEN, YT., HANSEN, YU., HANSEN, YV., HANSEN, YW., HANSEN, YX., HANSEN, YY., HANSEN, YZ., HANSEN, ZA., HANSEN, ZB., HANSEN, ZC., HANSEN, ZD., HANSEN, ZE., HANSEN, ZF., HANSEN, ZG., HANSEN, ZH., HANSEN, ZI., HANSEN, ZJ., HANSEN, ZK., HANSEN, ZL., HANSEN, ZM., HANSEN, ZN., HANSEN, ZO., HANSEN, ZP., HANSEN, ZQ., HANSEN, ZR., HANSEN, ZS., HANSEN, ZT., HANSEN, ZU., HANSEN, ZV., HANSEN, ZW., HANSEN, ZX., HANSEN, ZY., HANSEN, ZZ.
- Environment Agency (2008): An Ecological Risk Assessment Framework for contaminants in soil (ERA 1) SC070009/SR1. Environment Agency, Bristol.
- ISO (International Organization for Standardization) (1997a): Soil Quality - Determination of nitrogen mineralization and nitrification in soils and

- the influence of chemicals on these processes. ISO 14238, Genf, Schweiz.
- ISO (International Organisation for Standardization) (1998): Soil Quality – Effects of Pollutants on Earthworms (*Eisenia fetida*). Part 2: Determination of Effects on Reproduction. ISO 11268-2. Genf, Schweiz.
- ISO (International Organisation for Standardization) (1999): Soil Quality – Effects of soil pollutants on Collembola (*Folsomia candida*). Methods for the determination of effects on reproduction. ISO 11267. Genf, Schweiz.
- ISO (International Organisation for Standardization) (2004a): Soil Quality – Biological Methods – Chronic Toxicity in Higher Plants. ISO 22030. Genf, Schweiz.
- ISO (International Organization for Standardization) (2004b): Soil quality – Determination of the Effects of Pollutants on Soil Flora. Part II: Effects of Chemicals on the Emergence and Growth of Higher Plants. ISO 11269-2. Genf, Schweiz.
- ISO (International Organization for Standardization) (2004c): Soil Quality – Effects of pollutants on Enchytraeidae (*Enchytraeus* sp.). Determination of effects on reproduction and survival. ISO 16387. Genf, Schweiz.
- ISO (International Organisation for Standardization) (2005a): Soil Quality – Guidance on the ecotoxicological characterization of soils and soil materials. ISO 15799. Genf, Schweiz.
- ISO (International Organisation for Standardization) (2005b): Soil quality – Determination of the effects of pollutants on soil flora – Screening test for emergence of lettuce seedlings (*Lactuca sativa*). ISO 17126. Genf, Schweiz.
- ISO (International Organisation for Standardization) (2007): Soil Quality – Guidance for the choice and evaluation of bioassays for the ecotoxicological characterization of soils and soil materials. ISO 17616. Genf, Schweiz.
- ISO (International Organization for Standardization). (2007): Soil Quality – Avoidance test for evaluating the quality of soils and the toxicity of chemicals. Test with Earthworms (*Eisenia fetida/andrei*). ISO 17512-1. Genf, Schweiz.
- ISO (International Organization for Standardization) (2008): Water Quality – Determination of the inhibition of *Arthrobacter globiformis* – Solid contact test using the redox dye resazurine. ISO 18187. Genf, Schweiz.
- ISO (International Organisation for Standardization) (2009): Soil Quality – Guidance on the selection and application of methods for the assessment of bioavailability of contaminants in soil and soil materials. ISO 17402. Genf, Schweiz.
- ISO (International Organization for Standardization) (2010a): General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. ISO/IEC 17025. Genf, Schweiz.
- ISO (International Organization for Standardization) (2010b): Soil quality – Determination of soil microbial diversity – Part 1: Method by phospholipid fatty acid analysis (PLFA) and phospholipid ether lipids (PLEL) analysis. ISO/TS 29843-1. Genf, Schweiz.
- ISO (International Organization for Standardization) (2011a): Soil quality – Determination of abundance and activity of the soil microflora using respiration curves. ISO 17155. Genf, Schweiz.
- ISO (International Organization for Standardization) (2011b): Soil quality – Determination of soil microbial diversity – Part 2: Method by phospholipid fatty acid analysis (PLFA) using the simple PLFA extraction method. ISO/TS 29843-2. Genf, Schweiz.
- ISO (International Organization for Standardization) (2015): Soil quality – Method for testing effects of soil contaminants on the feeding activity of soil dwelling organisms — Bait-lamina test. ISO 18311. Genf, Schweiz.
- ISO (International Organization for Standardization). (2016a): Soil Quality – Avoidance test for evaluating the quality of soils and the toxicity of chemicals. Test with collembolans (*Folsomia candida*). ISO 17512-2. Genf, Schweiz.
- ISO (International Organization for Standardization) (2016b): Soil quality – Estimation of abundance of selected microbial gene sequences by quantitative real time PCR from DNA directly extracted from soil. ISO 17601. Geneva, Switzerland.
- ISO (International Organization for Standardization) (2017): Soil quality — Procedure for site-specific ecological risk assessment of soil contamination (soil quality TRIAD approach). ISO 19204. Genf, Schweiz.

- JÄNSCH, S., RÖMBKE, J., SCHALLNASS, H-J. & TERYTZE, K. (2007): Derivation of soil values for the path „soil – soil organisms“ for metals and selected organic compounds using species sensitivity distribution. *ESPR – Environ. Sci. & Poll. Res.* 14: 308–318.
- JENSEN, J. & MESMAN, M. (2006): Ecological risk assessment of contaminated land. Decision support for site specific investigations. Part of EU-funded ‘Liberation’ project. Report 711701047, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. RIVM, Bilthoven.
- JENSEN, J. & SCOTT-FORDSMAND, J.J. (2012): Ecotoxicity of the veterinary pharmaceutical ivermectin tested in a soil multi-species (SMS) system. *Environ. Pollut.* 2012: 133–139
- LONG, E.R. & CHAPMAN, P.M. (1985): A sediment quality triad: measures of sediment contamination, toxicity, and infaunal community composition in Puget Sound. *Mar. Pollut. Bull.* 16: 405–415.
- MENZIE, C., HENNING, M.H., CURA, J., FINKELSTEIN, K., GENTILE, J. & MAUGHN, J. (1996): A weight-of-evidence approach for evaluating ecological risks: report of the Massachusetts Weight-of-evidence Work Group. *Hum. Ecol. Risk Assess.* 2: 277–304
- NEN (Nederlands Normalisatie Instituut) (2010): Bodem – Landbodem – Proces van locatiespecifieke ecologische risicobeoordeling van bodemverontreiniging. No. 5737, Nederland, Delft.
- NIEMEYER, J.C., MOREIRA-SANTOS M., RIBEIRO, R., DA SILVA, E.M. & SOUSA, J.P (2010): Environmental risk assessment of a metal contaminated area in the tropics. Tier I: screening phase. *J. Soils Sediments* 10: 1557–1571.
- RÖMBKE, J., EISENTRÄGER, A., HUND-RINKE, K., JÄNSCH, S., NEUMANN-HENSEL, H. & SCHALLNASS, H-J. (2006): Erprobung und Vorbereitung einer praktischen Nutzung ökotoxikologischer Testsysteme. SIDUS-Verlag, Limburg, 372 S.
- RÜTGERS, M., MESMAN, M. & OTTE, P.F. (2005): TRI-ADE: Instrumentarium voor geïntegreerde ecotoxicologische beoordeling van bodemverontreiniging. Leidraad Bodembescherming, afl 62:1170/1-26. Sdu Uitgevers, The Hague.
- VAN GROENIGEN, J.W., LUBBERS, I.M., VOS, H.M.J., BROWN, G.G., DE DEYN, G.B. & VAN GROENIGEN, K.J. (2014): Earthworms increase plant production: a meta-analysis. *Nature Scienc Rep* 4: 6365.

Danksagung: Allen Kollegen aus dem ISO TC190/SC7/WG3 (insbesondere Dr. Joop Harmsen) wird hiermit für ihre engagierte Mitarbeit herzlich gedankt.

Veranschaulichung der Wertelisten bei Sanierungen und Bodenverfüllungen

MICHAEL WOLF

1 Einleitung

Das Steuerrecht der Bundesrepublik Deutschland gilt mit seinen vielen Ausnahmen und Sonderregelungen als eines der kompliziertesten der Welt. Dass trifft auch in zunehmendem Maße auf das Umweltrecht zu, so auch für Grundwasser- und Altlastensanierungen und Verwertung von Boden und Bauschutt. In den 1990er Jahren improvisierte man mit der „Holland-Liste“ und den ersten Vorläufern der LA-GA-Anforderungen. Heute regeln dies eine Vielzahl Landes- und Bundesverordnungen, Richtlinien und EU-Gesetze. Der Vollzug läuft Gefahr, den Überblick zu verlieren.

Am Beispiel des Bundeslandes Hessen soll dieser Aufsatz einen groben Überblick über die in der Verwaltungspraxis verwandten Wertelisten geben. Zwei

Grafiken verdeutlichen bildhaft den Umgang mit den Werten und die Abgrenzung der Geltungs- und Rechtsbereiche am Beispiel des Parameters Blei. In einer Tabelle sind die Werte ausgewählter Parameter der verschiedenen Regelwerke gegenübergestellt.

Die Trinkwasserverordnung [7], die Indirekteinleiterverordnung [8] und die Oberflächengewässerverordnung [9] werden kurz behandelt. Auf die zukünftige Mantelverordnung [13] als geplantes bundeseinheitliches Regelwerk erfolgt eine knappe Vorschau.

Schlussendlich wird die Tauglichkeit der „Wertelisten“ für die Verwaltungs- und Vollzugspraxis kritisch betrachtet.

2 Überblick

2.1 Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung - BBodSchV [1]

Gilt für Untersuchung und Bewertung von schädlichen Bodenveränderungen (Altlasten und weitere) und bestimmt Anforderungen an die Probenahme, Analytik und Qualitätssicherung.

Gemäß § 8 BBodSchG [2] werden **Prüf- und Maßnahmenwerte** für die Nachsorge sowie **Vorsorgewerte** festgelegt. Bei Überschreitung der Prüfwerte ist durch einzelfallbezogene Prüfung festzustellen, ob eine schädliche Bodenveränderung vorliegt. Bei Überschreitung der Maßnahmenwerte ist unter Berücksichtigung der jeweiligen Bodennutzung von einer schädlichen Bodenveränderung auszugehen.

Maßnahmen sind zu ergreifen. Werden die Vorsorgewerte überschritten, besteht die Besorgnis einer schädlichen Bodenveränderung. Geogene und siedlungsbedingte Schadstoffgehalte sind zu berücksichtigen.

Die Verordnung betrachtet den Wirkungspfad Boden-Mensch, Boden-Nutzpflanze und Boden-Grundwasser. Für den Wirkungspfad Boden-Mensch werden bei einer Beprobungstiefe von 10-35 cm nutzungsbezogene **Prüfwerte** auf Kinderspielflächen, Wohngebieten, Parkanlagen und Gewerbe-/Industriegrundstücken festgelegt. Diese gelten im Feststoff.

Für den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze gibt es Prüf-, Maßnahmen- und Vorsorgewerte in Abhängigkeit der Bodenart (Sand, Lehm, Ton, Humusge-

halt) und Nutzung des Bodens. Die Beprobungstiefe liegt bei bis zu 60 cm der durchwurzelbaren Bodenschicht.

Für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser sind nach Möglichkeit Bodenproben bis unterhalb der Schadstoffanreicherung einer schädlichen Bodenveränderung in der ungesättigten Bodenzone zu entnehmen. Mit den Bodenproben sind Elutionsversuche (Säulenversuche für Organika und Bodensättigungsextrakt für Anorganika) durchzuführen. Das gewonnene Eluat wird nach den Verfahrensvorschriften der Wasseranalytik untersucht. Mit den Untersuchungsergebnissen (Emissionswerte) ist abzuschätzen, ob von einer schädlichen Bodenveränderung Schadstoffeinträge über das Sickerwasser in das Grundwasser erfolgen (Sickerwasserprognose). Der sogenannte „Ort der Beurteilung“ bezieht sich also auf den Übergangsbereich von der ungesättigten zur wassergesättigten Zone. Liegen Grundwasseranalysen vor (Immissionswerte), ist die Stoffkonzentration und -fracht im Sickerwasser am „Ort der Beurteilung“ abzuschätzen/zurückzurechnen. Für diesen „Ort“ sind die in der BBodSchV genannten Prüfwerte im Sickerwasser geltend.

Soll abgeschobenes, ausgehobenes oder behandeltes Material im Rahmen der Sanierung im Bereich derselben schädlichen Bodenveränderung oder Altlast oder innerhalb des Gebietes eines für verbindlich erklärten Sanierungsplans wieder auf- oder eingebracht oder umgelagert werden, so darf dauerhaft keine Gefahr für das Wohl der Allgemeinheit davon ausgehen (§4 (3) BBodSchG [2]).

2.2 Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser - LAWA 2004 [3]

Zur bundeseinheitlichen Bewertung von Grundwasserunreinigungen hat die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) die **Geringfügigkeitsschwelle (GFS)** als Maßstab eingeführt. Sie bildet die Grenze zwischen einer geringfügigen Veränderung der chemischen Beschaffenheit des Grundwassers und einer schädlichen Verunreinigung. Die Geringfügigkeitsschwelle (GFS) wird definiert als Konzentration, bei der trotz einer Erhöhung der

Stoffgehalte gegenüber regionalen Hintergrundwerten keine relevanten ökotoxischen Wirkungen auftreten können und die Anforderungen der Trinkwasserverordnung oder entsprechend abgeleiteter Werte eingehalten werden. Die GFS gelten im Grundwasser, sind also Immissionswerte.

2.3 Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser - LAWA 2016 [4]

Die **Geringfügigkeitsschwellen (GFS)** werden in die ungesättigte Zone vorverlegt, gelten also im Sickerwasser beim Eintritt in das Grundwasser. Abweichend von der LAWA 2004 handelt sich hierbei also um Emissionswerte. Die Anpassung der GFS erfolgte u.a. im Hinblick auf die materiellen Vorgaben der Richtlinie 2008/105/EG über Umweltqualitätsnormen.

2.4 Grundwasserverordnung - GrwV [5]

Die GrwV dient der Umsetzung der Richtlinie 2000/60/EG (Wasserrahmenrichtlinie), der Richtlinie 2006/118/EG zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung und der Richtlinie 2009/90/EG. Es werden u.a. **Schwellenwerte** festgelegt, das ist eine vom jeweiligen Mitgliedsstaat festgelegte „Grundwasserqualitätsnorm“. Dahinter verbirgt sich eine Schadstoffkonzentration, die aus Gründen des Gesundheits- und Umweltschutzes nicht überschritten werden darf (Immissionswerte).

2.5 Verwaltungsvorschrift zur [...] Sanierung von Grundwasserunreinigungen - GWS-VwV [6]

Gilt für Grundwasserunreinigungen nach § 90 WHG in Hessen. Hier werden **Geringfügigkeitsschwellenwerte (GFS)** aufgeführt, bei deren Überschreitung eine Prüfung im Einzelfall durchzuführen ist, ob eine schädliche Grundwasserunreinigung vorliegt (Immissionswerte).

2.6 Trinkwasserverordnung [7]

Diese regelt die Qualität von Trinkwasser für den menschlichen Gebrauch. Sie gilt nicht für natürliches Mineral-, Heil-, sowie Schwimm- und Badebeckenwasser. Im Trinkwasser dürfen die in der Verordnung festgesetzten **Grenzwerte** für chemische Parameter nicht überschritten werden (Immissionswerte).

2.7 Indirekteinleitungsverordnung [8]

Die Verordnung regelt die Einleitung von Grundwasser oder Abwasser in öffentliche Abwasseranlagen für die die Abwasserverordnung Anforderungen für den Ort des Anfalls oder vor seiner Vermischung festlegt. Es werden **Schwellenwerte** für die Genehmigungspflicht bei der Einleitung von Grundwasser festgesetzt (Emissionswerte).

2.8 Oberflächengewässerverordnung [9]

Diese Verordnung dient der Umsetzung der Richtlinie 2000/60/EG (Wasserrahmenrichtlinie), der Richtlinie 2008/105/EG über Umweltqualitätsnormen im Bereich der Wasserpolitik, zuletzt geändert durch die Richtlinie 2013/39/EU und weiterer Vorgaben aus Brüssel. Hierdurch soll in den Mitgliedstaaten eine Verschlechterung des Zustands aller Oberflächengewässer verhindert und ein guter chemischer Zustand derselben erreicht werden.

Die Verordnung legt Umweltqualitätsnormen (UQN) für prioritäre Stoffe (=für die aquatische Umwelt riskante Schadstoffe) und bestimmte andere Schadstoffe fest. Es werden **Jahresdurchschnitts-Umweltqualitätsnormen (JD-UQN)** und zulässige **Höchstkonzentration-Umweltqualitätsnorm (ZHK-UQN)** für Oberirdische Gewässer, Übergangsgewässer und Küstengewässer aufgelistet (Immissionswerte).

2.9 LAGA M 20 [10]

Gilt für die schadlose Verwertung von mineralischen Abfällen in technischen Bauwerken oder zur Herstellung von Bauprodukten, sowie für Bodenmate-

rial unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht in bodenähnlichen Anwendungen (Einbau ab 2 muGOK). Von der Verwendung von mineralischen Abfällen darf nicht die Besorgnis einer schädlichen Bodenveränderung/Grundwasserverunreinigung ausgehen. Das Regelwerk ist nicht anwendbar für die durchwurzelbare Bodenzone, den Einbau in Deponien, Tagebauen, Bergwerken oder Gewässer und nicht für die Umlagerung von schädlichen Bodenveränderungen im Rahmen der (Altlasten)-Sanierung.

Es gelten unterschiedliche **Zuordnungswerte (Z-Werte)** bezüglich zulässiger Eluat- (DIN 38414-4) oder Feststoffgehalte für die jeweilige Einbauklasse. Z 0 ist definiert als die Einbauklasse 0 für den uneingeschränkten Einbau in Abhängigkeit von der Bodenart (Sand, Lehm, Ton). Ein eingeschränkter offener Einbau ist in der Einbauklasse 1 (Z 1) möglich. Hier wird nochmal unterschieden zwischen Z 1.1 (ungünstige hydrogeologische Bedingungen) und Z 1.2 (günstige hydrogeologische Bedingungen). Definierte technische Sicherungsmaßnahmen sind in der Einbauklasse 2 (Z 2) erforderlich. Es wird differenziert zwischen Zuordnungswert „Boden“ (Bodenmaterial mit bis zu 10 % mineralischen Fremdstoffanteil) und Zuordnungswert „Bauschutt“ (Gemische Boden/Bauschutt mit Bauschuttanteil > 50 Vol-%). Dazwischen liegt Bodenmaterial mit Bauschuttanteilen > 10 Vol-% bis 50 Vol-%.

2.10 Verfüllrichtlinie [11] und Tongrubenurteil [12]

Nach dem Tongrubenurteil [12] gelten die materiellen Anforderungen der BBodSchV [1] bei der Verfüllung von bergrechtlich zugelassenen Abgrabungen und Tagebauen mit Abfällen als Verwertungsmaßnahme. Das Bundesverwaltungsgericht übt somit Druck auf den Ordnungsgeber aus. Folglich wird die LAGA M 20 [10] den Umweltaanforderungen bezüglich Bodenschutz und Wasserrecht bei Verfüllmaßnahmen nicht zwingend gerecht. Im Ergebnis gelten also die Vorsorgewerte der BBodSchV nicht nur innerhalb der durchwurzelbaren Bodenzone, sondern auch in tieferen Bereichen. Hierdurch soll eine ordnungsgemäße und schadlose Verwertung von Abfällen gewährleistet werden.

Dem versucht die hessische Verfüllrichtlinie [11] für die Verwertung von Bodenmaterial, Bauschutt

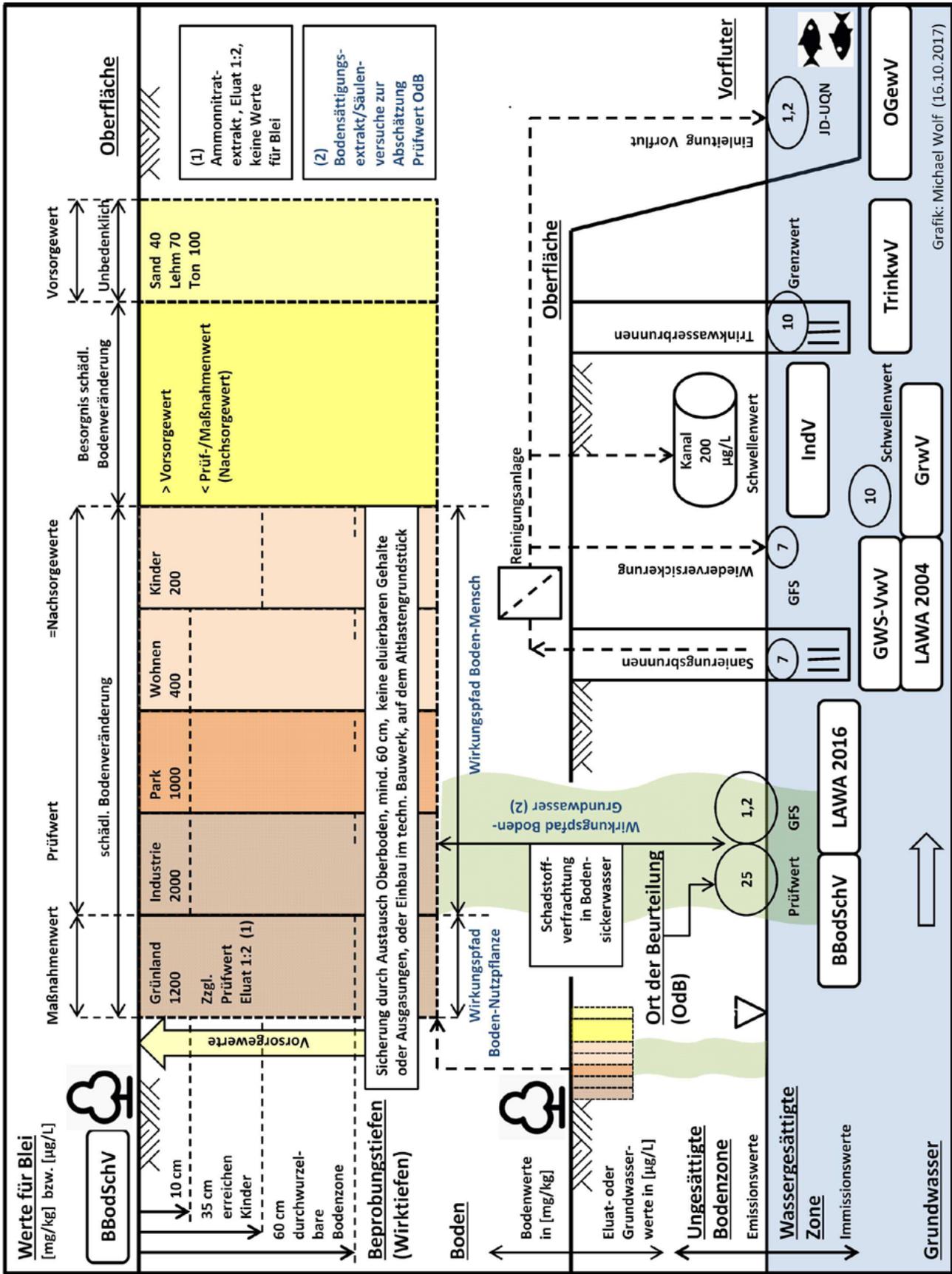


Abb. 1: Sanierung von Boden-/Grundwasserreinigungen

etc. in Tagebauen und sonstigen Abgrabungen gerecht zu werden. Es werden materielle und verfahrensrechtliche Anforderungen festgelegt. Sie trennt zwischen unterschiedlichen Verfüllhorizonten bzw. Verwertungsbereichen. Es gelten die Vorsorgewerte der BBodSchV als Qualitätsziel für die ersten 2 m als oberen Verfüllbereich mit der durchwurzelbaren Bodenzone. Dann folgt der mittlere Verfüllbereich bis ca. 1–2 m oberhalb des höchsten Grundwasserstandes. Darunter liegt der untere Verfüllbereich, der innerhalb des Aquifers bis im Bereich <1,0 m Grundwasserflurabstand liegt. Für den mittleren und unteren Verfüllbereich werden zudem Emissionswerte für den vorsorgenden Grundwasserschutz festgelegt.

Zur Gewährleistung einer schadlosen Verwertung werden für die Verfüllbereiche in Abhängigkeit ihrer Lage zu Wasserschutzgebieten (WSG) oder Heilquellenschutzgebieten (HQS) unterschiedliche materielle Anforderungen gestellt. Limitierende **Grenzwerte** für Feststoff- und Eluatgehalte sind in 5 Tabellen festgelegt.

Die Eluate nach Tabelle 2b für die ungesättigte Zone sind gem. DIN 38414-4 (Abfallrecht) herzustellen mit einem Wasser-/Feststoffverhältnis von 10:1.

Für die gesättigte Zone sind Eluate nach Tabelle 3b zu gewinnen (Wasserrecht): Für organische und anorganische Parameter ist ein Säulenkurztest durch Perkolatation nach DIN 19528 durchzuführen. Für Anorganika kann auch DIN 19529 und für Organika DIN 19527 (beides Schüttelversuche) angewandt werden. Alle drei Verfahren haben ein Wasser-Feststoffverhältnis von 2:1. Die Eluatwerte sind Emissionswerte.

Die Werte sind z.T. von BBodSchV [1], LAGA M 20 [10] und GWS-VwV [6] abgeleitet. Es gilt das Verschlechterungsverbot. Abweichungen sind bei natur- oder siedlungsbedingten erhöhten Schadstoffgehalten möglich, so ist z.B. der Einbau von Gipsabfällen in einem ehem. Gipstagebau darstellbar.

Die Verfüllrichtlinie schafft somit ein Instrument bezüglich des Einbaus von Böden in Tagebauen, der in der Verwaltungspraxis auch auf sonstige Flächen außerhalb technischer Bauwerke Anwendung findet.

2.11 Mantelverordnung [13]

Ziel der Mantelverordnung ist die im Sinne des § 6 des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG) bestmögliche Verwertung von mineralischen Abfällen zu gewährleisten sowie die Anforderungen an die nachhaltige Sicherung und Wiederherstellung der Funktionen des Bodens im Sinne des § 1 BBodSchG [2] näher zu bestimmen bzw. an den gegenwärtigen Stand der Erkenntnisse anzupassen.

Mit der Mantelverordnung sollen eine Verordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke (Ersatzbaustoffverordnung, EBV- Artikel 1) eingeführt, die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV –Artikel 2) neu gefasst sowie die Deponieverordnung (DepV –Artikel 3) und die Gewerbeabfallverordnung (GewAbfV – Artikel 4) geändert werden. Die beiden letztgenannten sind nicht Gegenstand dieses Aufsatzes. Die in früheren Entwürfen der Mantelverordnung vorgesehene Änderung der Grundwasserverordnung wurde im Referententwurf [13] ausgekoppelt und in einem eigenständigen Verfahren weiter verfolgt.

Die Ersatzbaustoffverordnung (EBV) regelt in Analogie zur LAGA M 20 [10] die Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen und die Verwendung von Boden in technischen Bauwerken.

Diese Verordnung gilt nicht für die Gewinnung von mineralischen Primärrohstoffen, für das Auf- oder Einbringen in eine durchwurzelbare Bodenschicht, für die Verfüllung einer Abgrabung und zum Massenausgleich im Rahmen einer Baumaßnahme unterhalb oder außerhalb einer durchwurzelbaren Bodenschicht, für die Sanierung einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast, für die Verwertung von mineralischen Abfällen als Deponieersatzbaustoffe, bei der Wiedernutzbarmachung von Halden des Bergbaus, für das Einbringen in bergbauliche Hohlräume oder Gewässer, bei der Verwendung im Deichbau u.w.m.

Es werden 18 mineralische Ersatzbaustoffe klassifiziert, dazu zählen Bodenmaterial (BM) und Baggergut (BG), Gleisschotter, Recyclingmaterial, Schmelzkammergranulate, Gießereisande, Schlacken und Aschen. Für die unterschiedlichen Ersatzbaustoffe

werden **Materialwerte** genannt, bei deren Unterschreitung der Einbau im technischen Bauwerk möglich ist, z.B. unter Fundamenten, Pflaster, Asphalt oder mit hydraulischen Bindemitteln gebundene Deckschichten, in Wällen und Dämmen etc. Die Einsatzmöglichkeiten werden begrenzt von der Lage des Einbauortes relativ zu hydrogeologisch günstigen oder weniger günstigen Standorten (Wasserschutzgebiete) und in Abhängigkeit von der Bodenart (Sand, Lehm, Ton). Bodenmaterial der Klasse BM-0 erfüllt die wertebezogenen Anforderung (Vorsorgewerte) an das Auf- oder Einbringen von Boden gem. BBodSchV-Entwurf.

Auch im neuen Entwurf der BBodSchV werden **Prüf-, Maßnahmen-** (Anl. 2) sowie **Vorsorgewerte** (Anl. 1, Tab. 1+2) aufgeführt. Neu dazugekommen sind Werte für das Auf- und Einbringen unterhalb oder außerhalb einer durchwurzelbaren Bodenschicht (Anl. 1, Tab. 4). Bei den Eluatwerten ist auch der TOC-Gehalt (Total Organic Carbon – gesamter organischer Kohlenstoff) maßgebend. Bei mehr als 10 % mineralischen Fremdbestandteilen wird um die Parameter Antimon, Kobalt, Molybdän, Selen und Vanadium ergänzt (Anl. 1, Tab. 5).

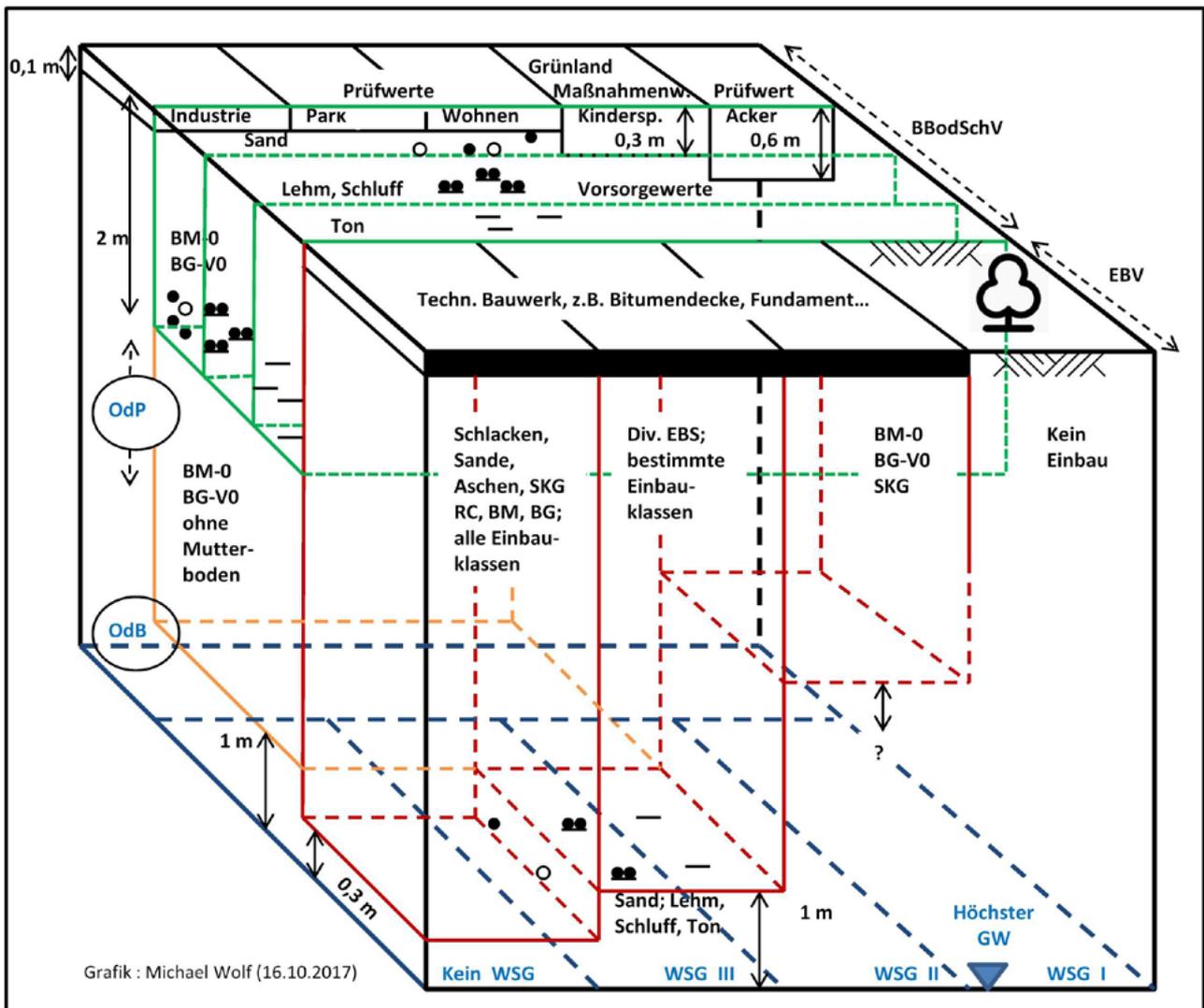


Abb. 3: Skizze der Untersuchungs- oder Einbauhorizonte nach Mantelverordnung [13]

Tab. 1: Wertelisten mit ausagesuchten Parametern

Wasser / Eluat / Grundwasser / Ort der Beurteilung [$\mu\text{g}/\text{l}$]

	GWS-VwV		LAWA 2004		LAWA 2016		BBodSchV	
	GW		GW	OdB	OdB	OdB	OdB	
As	10		10	3,2	3,2	10	10	
Pb	7		7	1,2	1,2	25	25	
Hg	0,2		0,2	0,1	0,1	1	1	
Cyanide, ges.	50		50	50	50	50	50	
Cyanide, lf	5		5	10	10	10	10	
PAK	0,2		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
MIKW	100		100	100	100	200	200	
BTEX	20		20	20	20	20	20	
LCKW	20		20	20	20	10	10	

	TrinkwV		OGewV		IndirVO		BBodSchV-M	
	GW		JD-UQN	Abwasser	Abwasser	OdB	OdB	
As	10			100	100	10	10	
Pb	10		1,2	200	200	10	10	
Hg	1		0,07 (ZHK-UQN)	5	5	1	1	
Cyanide, ges.	50			50	50	50	50	
Cyanide, lf			nicht anwendbar		50	10	10	
PAK						0,2	0,2	
PAK (4)	0,1							
B(a)P			0,00017					
Naphthalin			2		10.000	2	2	
MIKW					50	200	200	
BTEX					50	20	20	
Benzol	10					1	1	
LHKW							10	
TRI, PER	10			je 10	je 10			

Prüfwerte	OdP		UAaB	
	TOC < 0,5%	TOC ≥ 0,5%	TOC < 0,5%	TOC ≥ 0,5%
As	15	25		
Pb	45	85	23	43
Hg	1	1	0,1	0,1
Cyanide, ges.	50	50		
Cyanide, lf	10	10		
PAK		0,2	0,2	0,2
MIKW		200		
BTEX		20		
LHKW		10		

FESTSTOFF [mg/kg]

BBodSchV							
Prüfwerte Boden	Kinder	Wohn	Park	Industrie	Prüfwert Acker		
As	25	50	125	140	200 (KW)		
Pb	200	400	1000	2000	0,1 (AN)		
Hg	10	20	50	80	5 (KW)		
Cyanide	50	50	50	100			
B(a)P	2	4	10	12	1		
Vorsorgewerte							
As	Sand	Lehm	Ton	Maßnahmenwert Grünland			
Pb	40	70	100	50			
Hg	0,1	0,5	1	1200			
PAK	Humus > 8%	Humus ≤ 8%		2			
	10	3					

BBodSchV = BBodSchV 1999
 BBodSchV-M = BBodSchV-Entwurf aus MantelV (02/2017)

GrwV		BBodSchV		BBodSchV-M	
Schwellenwert	GW	[g/ha*a]	[g/ha*a]	Fracht	Maßnahmenwert Grünland
As	10	400	200	As	35
Pb	10	1,2	1	Pb	200
Hg	0,2			Hg	1
Tri/Per	10			B(a)P	1

BBodSchV-M							
Prüfwerte Boden	Kinder	Wohn	Park	Industrie	Prüfwert Acker		
As	25	50	125	140	200 (KW)		
Pb	200	400	1000	2000	0,1 (AN)		
Hg	10	20	50	100	5 (KW)		
Cyanide	50	50	50	100			
B(a)P	0,5	1	1	5	1		
Vorsorgewerte							
As	Sand	Lehm	Ton	UAaB	Maßnahmenwert Grünland		
Pb	10	20	20	20	50		
Hg	40	70	100	140	1200		
PAK	0,2	0,3	0,3	0,6	2		
	TOC ≤ 4%	TOC -9%		6			
	3	10					

Neben den bekannten Prüfwerten für den Ort der Beurteilung (Anl. 2, Tab. 2+3) werden auch Prüfwerte am Ort der Probenahme eingeführt (Anl. 2, Tab. 1+3); für Anorganika ist auch hier der TOC-Gehalt relevant.

In der Mantelverordnung wurde die Herstellung von Eluaten und Perkolaten für die EBV und BBodSchV vereinheitlicht: Wie bei der Hessischen Verfüllrichtlinie [11] (s. 2.10) sind die drei Verfahren nach DIN 19527, DIN 19528 und DIN 19529 mit einem Wasser-Feststoffverhältnis von 2:1 anzuwenden. Somit wird Abschied genommen von den in der BBodSchV 1999 [1] genannten praxisfernen Verfahren.

Mit der Mantelverordnung werden wie schon zuvor viele Rahmenbedingungen zu beachten sein:

- Grundstücksnutzung, z.B. Industrie- oder Wohnfläche, Ackerland bei der Sanierung/Sicherung,
- Materialeinbau auf einer Sanierungsfläche nach BBodSchV, im technischen Bauwerk, in einer Abgrabung oder auf sonstigen Flächen.

- Qualität des einzubauenden Bodens, also Sand, Lehm, Ton, mit oder ohne Fremdbestandteile
- Materialwert, also Konzentration der Schadstoffe im einzubauenden Material, auch im Eluat.
- Lage der Verfüllung relativ zu hydrogeologisch günstigen oder ungünstigen Gebieten
- Qualität der Grundwasserdeckschicht, also Sand, Lehm, Schluff oder Ton

Neu dazugekommen in der Mantelverordnung sind u.a.:

- Einteilung der Ersatzbaustoffe in Materialklassen, also Boden, Baggergut, Schlacken, Aschen, RC etc.
- Lage des Einbauhorizontes; neben der durchwurzelbaren Bodenschicht auch Werte für Bereiche unterhalb oder außerhalb einer durchwurzelbaren Bodenschicht.
- Der TOC-Gehalt ersetzt im Entwurf der BBodSchV den in der noch geltenden Verordnung [1] angewandten Humusgehalt

3 Kritik:

3.1 Wertelisten im Vergleich

Bei der Parameterwahl und auch den Auslöseschwellen der Werte zeigt sich, dass die verschiedenen Wertelisten unzureichend aufeinander abgestimmt sind. Dies lässt sich am Beispiel der Stoffgruppe der PAK hervorheben:

In der Trinkwasserverordnung [7] mit dem Grenzwert von = 0,1 µg/l werden nur 4 der höher kon-

densierten PAK aufgeführt, hier Benzo(b)fluoranthen, Benzo(k)fluoranthen, Benzo(ghi)perylen und Indeno(1,2,3-cd)pyren, jedoch kein Naphthalin und Benzo(a)pyren. In der GWS-VwV [6] und der BBodSchV [1] werden 15 höher kondensierte PAK (also mind. 3 Ringe) genannt, hier gilt ein Prüfwert von 0,2 µg/l, das doppelte der TrinkwV, jedoch ohne Naphthalin (2 Ringe).

Tab. 2: Werte für PAK

Parameter	TrinkwV	BBodSchV	GWS-VwV	BBodSchV	BBodSchV-Entwurf
Parameter	Grenzwert	Prüfwert	GFS	Prüfwert Boden Industrie	
Vier hoch kondensierte PAK, z.B. Benzo(b)fluoranthen	0,1 µg/l	kein	0,025 µg/l je Einzelparameter	kein	kein
15 hoch kondensierte PAK, z.B. Anthracen	kein	0,2 µg/l	0,2 µg/l	kein	kein
Niedrig kondensiertes PAK (2 Ringe): Naphtalin	kein	2 µg/l	1 µg/l	kein	kein
Benzo(a)pyren	0,01 µg/l	kein	0,01 µg/l	12 mg/kg	5 mg/kg

Für Boden hat die BBodSchV keinen eigenen Wert für PAK, jedoch für Benzo(a)pyren, obwohl PAK ein in der Sanierungspraxis überaus bedeutender Parameter ist.

Für die geplante Mantelverordnung [13] ist jedoch angedacht, Benzo(a)pyren als Bezugssubstanz stellvertretend für die Stoffgruppe der PAK zuzulassen.

3.2 Verschärfung der Werte

Am Parameter Blei sei exemplarisch dargestellt, wie im Verlaufe der Jahre die Werte stetig strenger wurden: Lag in der hessischen GW-VwV 1994 [14] der Prüfwert noch bei 40 µg/l und der Sanierungsschwellenwert bei 200 µg/l sank der Wert auf 7 µg/l in der LAWA 2004 [3] und der hessischen GwS-VwV 2005/2011/2016 [6]. Die Trinkwasserverordnung [7] legt den Grenzwert hingegen bei 10 µg/l fest (alles Immissionswerte). Zu guter Letzt sieht die aktuelle LAWA 2016 [4] eine GFS von 1,2 µg/l vor (Emissionswert).

Die GFS der LAWA 2004 [3] waren schon strenger als die Grenzwerte der TrinkwV [7] oder die Prüfwerte der BBodSchV [1]. Nach dem Selbstverständnis der LAWA würde ein mit Tafelwasser havarierender Tanklastzug aufgrund der erhöhten Mineralstoffgehalte einen sanierungspflichtigen Grundwasserschaden verursachen [15].

Gegenüber der LAWA 2004 sind in der aktuellen LAWA 2016 die Werte erheblich abgesenkt worden. Die Ursache liegt auch daran, dass die LAWA die von einigen Wissenschaftlern vorgeschlagenen ökotoxikologisch unbedenkliche Konzentrationswerte als GFS-Werte übernimmt. Diese Ableitungsmethodik führt dazu, dass der so abgeleitete GFS-Wert zum Teil erheblich unter dem geogenen Hintergrundwert liegt [16].

Eine zusätzliche Verschärfung in der aktuellen LAWA 2016 ergibt sich durch Verschiebung der GFS vom Immissions- zum Emissionspfad, da die Verdünnung aus dem Sickerwasser heraus in das Grundwasser hinein erst noch erfolgt. Dem Boden kommt schließlich noch eine Filter- und Pufferfunktion zu.

Aus gutem Grund hat das Hessische Umweltministerium in einem Erlass [17] auf die teilweise geänderte

Methodik der LAWA 2016 hingewiesen. Im Ergebnis sei weiterhin die gültige GWS-VwV 2016 [6] anzuwenden.

Ein mit Hilfe von human- und ökotoxikologischen Daten abgeleiteter Geringfügigkeitsschwellenwert für Formaldehyd für den Pfad Boden-Grundwasser von 0,26 µg/l [18] zeigt die Grenzen der Methodik: Der Schwellenwert liegt im Bereich oder unter der Bestimmungsgrenze mancher analytischer Verfahren. Das Formaldehyd Bestandteil der Biosphäre ist, bleibt hier unberücksichtigt. Der Mensch z.B. metabolisiert 50 g Formaldehyd pro Tag.

3.3 Wahl des Elutionsverfahrens

Mit der Wahl des Elutionsverfahrens ändert sich aufgrund der unterschiedlichen Wasser-Feststoffverhältnisse auch die zur Beurteilung herangezogenen Schadstoffkonzentration. Rein rechnerisch vervielfacht sich die Konzentration, wendet man anstelle des 10:1-Verfahrens (DIN 38414-4) die neuen 2:1-Verfahren nach DIN 19527, 19528 und 19529 an.

Außergewöhnlich wirkt sich das in der Verfüllrichtlinie [11] aus: Nach Tabelle 2b gilt ein Grenzwert von 40 µg/l Blei, eluiert nach DIN 38414-4, als noch verwertbar für den mittleren Verfüllbereich. Nach Tabelle 3b müssen die strengeren 7 µg/l Blei nach einem 2:1-Verfahren für den unteren Verfüllbereich ermittelt werden. Diese Unterscheidung ist der relativen Nähe zum Schutzgut Grundwasser geschuldet

Arithmetisch betrachtet darf der eluierbare Bleigehalt im mittleren Verfüllbereich um den Faktor

$$(40 \mu\text{g/l} \times 10:1) : (7 \mu\text{g/l} \times 2:1) = 28,6$$

höher sein als im unteren Verfüllbereich, auch wenn der reine Zahlenwert nur um den Faktor

$$40 : 7 = 5,7$$

differiert. Weniger verwirrend wäre die Verwendung einheitlicher Elutionsverfahren für alle Verfüllhorizonte. Bei der Anwendung eines 2:1-Verfahrens wäre dann bspw. ein Grenzwert von 200 µg/l Blei für den mittleren Verfüllhorizont anzusetzen.

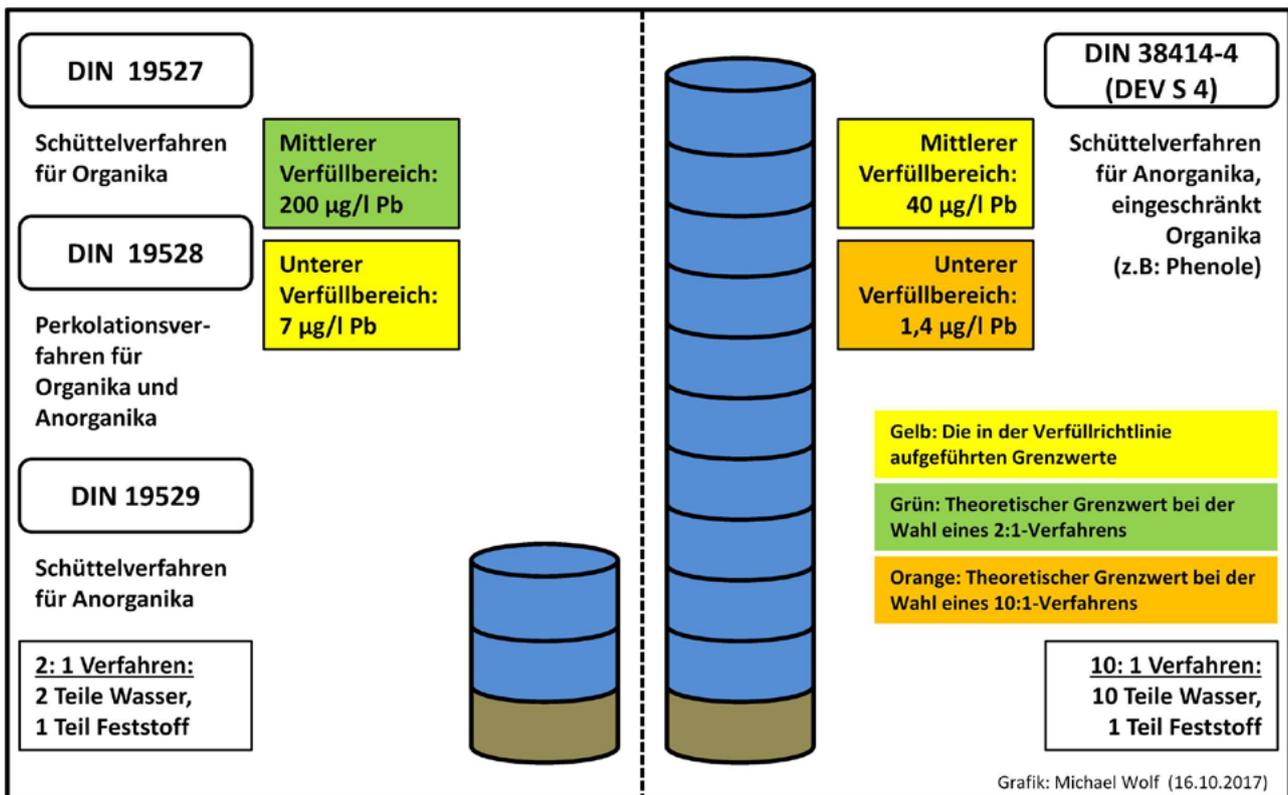


Abb. 4: Elutionsverfahren

3.4 Festlegung der Parameter

Jede Richtlinie oder Verordnung legt für ihre Werteliste Parameter nach selbst definierten Kriterien fest. In der BBodSchV [1] sind aus Sicht der Verwaltungspraxis für zu wenige Schadstoffe Vorsorgewerte genannt, während sich andere Wertelisten auch mit weniger verbreiteten Schadstoffen regelrecht überschlagen. In der Praxis mangelt es oft an bisher nicht abgeleiteten Vorsorgewerten im Hinblick auf eine schnelle Entscheidung, ob ein Material eingebaut, ausgebaut, verwertet oder entsorgt werden muss.

4 Fazit

Vereinfacht dargestellt war vor 3 Jahrzehnten nur die Schadstoffkonzentration für die Sanierung einer schädlichen Bodenveränderung, einer Grundwasserunreinigung und/oder für den Einbau von Ersatzbaustoffen oder Erdreich maßgebend. In der Gegen-

3.5 Sickerwasserprognose

Die in der BBodSchV 1999 [1] und nun auch in der LAWA 2016 [4] vorgesehene Sickerwasserprognose zur Beurteilung des Schadstoffübergangs am „Ort der Beurteilung“ ist bis heute kaum in der Praxis angekommen. Stofftransportmodelle und umfangreiche Messprogramme finden nur bei großen Sanierungsvorhaben kapitalkräftiger Sanierungspflichtiger und bei Forschungsvorhaben Anwendung. Dies trifft nicht zu für die Vielzahl der kleinen und kleinsten Schadensfälle.

wart begegnet uns eine Flut von Regelwerken. Der grobe Überblick über die verschiedenen Wertelisten zeigt die unzureichende Abstimmung der Regelwerke. Dies beginnt mit der Definition der Werte, ob sie nun Grenz-, Schwellen- und Prüfwert heißen oder

gar Umweltqualitätsnorm. Über die verschiedenen Analyseverfahren wurde hier gar nicht geschrieben. Die Auswahl der Parameter geht von ganz großen Lücken bei der BBodSchV bis hin zu Stoffen, dass selbst ein Chemiker die Fachliteratur zu Rate ziehen muss. Einige Werte wurden im Verlaufe der Zeit so weit abgesenkt, dass Umweltprobleme geschaffen werden, wo möglicherweise gar keine sind.

Gegenstand der Mantelverordnung ist die Harmonisierung der BBodSchV [1] und der LAGA M 20 [10]. Es sollen einheitliche Verfahren eingeführt und die Werte der EBV und der BBodSchV angeglichen wer-

den. Es sind eine Vielzahl an Rahmenbedingungen zu beachten. Darüber hinaus führt die Mantelverordnung eine fast undurchschaubare Anzahl an Sonderregeln, Ausnahmen und Fußnoten auf. Damit folgt die Mantelverordnung einer Praxis, die im Abfallrecht schon lange Einzug gehalten hat: Das Wichtigste steht in den Fußnoten.

In der verwaltungsrechtlichen Umsetzung wird es, sollte die Mantelverordnung in der hier aufgeführten Version eingeführt werden, komplizierter, den Überblick über die Wertelisten zu wahren.

5 Literatur

- [1] BBodSchV - Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S. 1554)
- [2] BBodSchG - Bundes-Bodenschutzgesetz vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502)
- [3] LAWA 2004 - Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) -Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser, Dezember 2004
- [4] LAWA 2016 - Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) -Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser, 2016
- [5] GrwV - Grundwasserverordnung - Verordnung zum Schutz des Grundwassers, vom 9.11.2010 (BGBl. S. 1513)
- [6] GWS-VwV 2016 - Verwaltungsvorschrift zur Erfassung, Bewertung und Sanierung von Grundwasserunreinigungen vom 28. September 2016 (StAnz.42/2016 S. 1072)
- [7] TrinkwV - Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch - Trinkwasserverordnung vom 10. März 2016 (BGBl. I S. 459)
- [8] IndV - Indirekteinleiterverordnung - Verordnung über das Einleiten von Grundwasser und Abwasser in öffentliche Abwasseranlagen und zur Änderung der Abwassereigenkontrollverordnung vom 18. Juni 2012 (GVBl. S. 172)
- [9] OGewV -Oberflächengewässerverordnung - Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer vom 20. Juni 2016 (BGBl. I S. 1373)
- [10] LAGA M 20 - LAGA-Mitteilung 20: „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen“ - Technische Regeln: Allgemeiner Teil vom 6. November 2003
- [11] Verfüllrichtlinie - Richtlinie für die Verwertung von Bodenmaterial, Bauschutt und Straßenaufbruch in Tagebauen und im Rahmen sonstiger Abgrabungen vom 17. Februar 2014 (StAnz. 10/2014 S 211)
- [12] Tongrubenurteil II, BVerwG, Urteil vom 14.4.2005, Az.: 7 C 26/03 (<http://www.bverwg.de/entscheidungen/pdf/140405U7C26.03.0.pdf>)
- [13] Mantelverordnung - Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung - Referentenentwurf des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit vom 06.02.2017, Az.: WR III 3 - 73103-1/0
- [14] Gw-VwV - Verwaltungsvorschrift zu § 77 des Hessischen Wassergesetzes für die Sanierung von Grundwasser- und Bodenunreinigungen im Hinblick auf den Gewässerschutz vom 19. Mai 1994 (StAnz. S. 1590)

- [15] NIKOLAUS STEINER - Fluch oder Segen der Geringfügigkeitsschwellenwerte? altlasten spektrum 6/2009, S. 280
- [16] NIKOLAUS STEINER - Die neuen Geringfügigkeitsschwellenwerte - kritische Anmerkungen aus umweltrechtlicher Sicht - altlasten spektrum 2/2016, S. 64
- [17] Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
- Umgang mit den aktualisierten GFS der LAWA im Bereich der Nachsorge, 12.6.2017, Az.: III2-89a 14.11
- [18] Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie - Ableitung eines vorläufigen Geringfügigkeitsschwellenwertes für Formaldehyd für den Pfad Boden – Grundwasser, Wiesbaden, 21. Oktober 2011

Ableitung der Geringfügigkeitsschwellenwerte für per- und polyfluorierte Chemikalien

ANDREA HÄDICKE

1 Einleitung

PFC¹ – auch bekannt unter der Abkürzung PFAS (per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen²) oder PFT (per- oder polyfluorierte Tenside³) – sind Substanzen anthropogenen Ursprungs. Ihre chemische Struktur ist charakterisiert durch eine hydrophile funktionelle Gruppe und eine hydrophobe Kohlenstoffkette, in der die Wasserstoff-Atome vollständig oder teilweise durch Fluor-Atome ersetzt worden sind. Diese Molekülstruktur sorgt für eine hohe thermische, photolytische und chemische Stabilität sowie für wasser-, schmutz- und ölabweisende Wirkungen. Aufgrund ihrer Eigenschaften werden PFC in unterschiedlichen technischen Bereichen unter anderem als Hilfsmittel bei der Herstellung von Fluorpolymeren wie Polytetrafluorethylen (PTFE), zur Beschichtung von Textilien, Kochgeschirr und Papier, als Entschäumungsmittel in Galvaniken und in Feuerlöschschäumen verwendet (LFP B4.14 2016).

Insbesondere der Einsatz von PFC-haltigen Löschschäumen, aber auch der Einsatz von PFC-haltigen Bodenverbessern u.a. in NRW und Baden-Württemberg hat zu sanierungsbedürftigen Boden- und Grundwasserbelastungen geführt.

1.1 Anlass

Die Erfahrungen aus länderübergreifenden Fachgesprächen zeigten, dass die Erkundung, Beurteilung und Sanierung dieser Schadensfälle in der Regel nicht unproblematisch ist, da die notwendigen fachlichen Grundlagen noch nicht in hinreichendem Umfang zur Verfügung stehen.

Aus diesem Grund ist die Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) an die Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) mit der Bitte herangetreten, Beurteilungskriterien für PFC für das Grundwasser aufzustellen. Ende 2013 hat sich eine gemeinsame Kleingruppe aus dem LAWA und LABO konstituiert.

1.2 Auftrag

Der Auftrag an die Kleingruppe war in folgende Aufgabenbereiche unterteilt:

- Auswahl relevanter Einzelverbindungen
- Zusammenstellung der human- und ökotoxikologischen Literatur
- Aufzeigen und ggf. Schließen (z.B. über Labortests) von Datenlücken
- Ableitung von GFS-Werten für Einzelverbindungen und gegebenenfalls Gruppen von Verbindungen

¹ PFC = perfluorinated compounds (hier: per- und polyfluorierte Chemikalien); der Begriff schließt ursprünglich auch Moleküle ohne polaren Anteil ein. Nach allgemeinem Verständnis werden jedoch unpolare fluorierte Verbindungen wie z.B. Perfluorhexan nicht einbezogen.

² Der Begriff „Alkyl-“, ist von den Alkanen abgeleitet, also unverzweigten oder verzweigten Kohlenwasserstoffketten. Das Präfix „per-“ bedeutet, dass ausnahmslos alle Wasserstoffatome einer Alkylkette durch Fluor ersetzt sind, während „poly“-fluorierte Alkylsubstanzen an der Alkylkette neben vielen Fluoratomen noch einige bzw. mindestens ein Wasserstoffatom tragen.

³ Tenside sind oberflächenaktive Verbindungen, deren Moleküle aus einem polaren und einem unpolaren Anteil bestehen.

2 Auswahl der relevanten Einzelverbindungen

Mit der jeweiligen CAS⁴-Nummer werden streng genommen nur die nicht verzweigten Verbindungen bezeichnet. De facto enthalten die technisch eingesetzten PFC nur ca. 70-80 % nicht verzweigte, daneben 20-30 % verzweigte Einzelverbindungen. Diese unterscheiden sich sowohl in den physikalisch-chemischen Eigenschaften als auch in ihrer Bioverfügbarkeit und ihrer Abbaubarkeit in der Umwelt (Benskin et al. 2010). Eine weitere Differenzierung ist jedoch angesichts der Vielzahl möglicher und auch in der Umwelt vorkommender Einzelverbindungen

praktisch unmöglich. Das Analyseverfahren der DIN-Norm 38407-42 quantifiziert den Gesamtgehalt aller Isomeren der jeweiligen PFC in Wasser.

In der Tabelle 1 sind jeweils die undissoziierten Carbon- und Sulfonsäuren angegeben, die zum Zeitpunkt der Priorisierung (2013) analysiert wurden. Die Perfluorpentansulfonsäure wurde 2013 in der Regel nicht analysiert und fehlt demzufolge in Tabelle 1. In der Umwelt liegen diese Verbindungen meist als Anionen vor, da sie entweder selbst starke Säure-

Tab. 1: Für die Priorisierung betrachtete PFC

CAS-Nr.	Name	Abkürzung
375-22-4	Perfluorbutansäure	PFBA
2706-90-3	Perfluorpentansäure	PFPeA, PFPA
307-24-4	Perfluorhexansäure	PFHxA
375-85-9	Perfluorheptansäure	PFHpA
335-67-1	Perfluoroctansäure	PFOA
375-95-1	Perfluornonansäure	PFNA
335-76-2	Perfluordecansäure	PFDA
2058-94-8	Perfluorundecansäure	PFUnA, PFUdA, PFUndA
307-55-1	Perfluordodecansäure	PFDoA
72629-94-8	Perfluortridecansäure	PFTTrA, PFTrdA
376-06-7	Perfluortetradecansäure	PFTTeA, PFTetA
375-73-5	Perfluorbutansulfonsäure	PFBS
355-46-4	Perfluorhexansulfonsäure	PFHxS
375-92-8	Perfluorheptansulfonsäure	PFHpS
1763-23-1	Perfluoroctansulfonsäure	PFOS
335-77-3	Perfluordecansulfonsäure	PFDS, PFDeS
27619-97-2; 425670-75-3 (Anion)	1H,1H,2H,2H-Polyfluoroctansulfonsäure, H4-Polyfluoroctansulfonsäure, Fluorotelomer-sulfonsäure 6:2 FTS	6:2 FTSA, H4PFOS
34598-33-9	2H,2H,3H,3H-Polyfluorundecansäure	H4PFUnA
754-91-6	Perfluoroctansulfonamid	PFOSA oder FOSA
1546-95-8	7H-Dodecafluorheptansäure	HPFHpA
27854-31-5	2H,2H-Polyfluordecansäure	8:2 FTA, 8:2 FTCA, n-8:2FTCA, H2PFDA
757124-72-4; 414911-30-1 (Anion)	1H,1H,2H,2H-Polyfluorhexansulfonsäure	4:2 FTSA, H4PFHxS
39108-34-4; 481071-78-7 (Anion)	1H,1H,2H,2H-Polyfluordecansulfonsäure; 8:2-Fluorotelomer-sulfonsäure	8:2 FTSA, H4PFDS

⁴ Chemical Abstracts Service; internationaler Bezeichnungsstandard für chemische Stoffe

ren wie die kurzkettigen PFC sind oder mit stärkeren Basen reagieren. Dementsprechend sind auch die Ergebnisse der human- und insbesondere der ökotoxikologischen Prüfungen oft auf das jeweilige Anion bezogen.

In Abhängigkeit von der Länge ihrer Kohlenstoffkette werden PFC in kurzkettige (< 6 perfluorierte Kohlenstoffatome) und langkettige (≥ 6 perfluorierte Kohlenstoffatome) PFC unterteilt.

Auf der Basis der in Tabelle 1 zusammengestellten PFC wurde ausgewertet, welche PFC oberhalb der Bestimmungsgrenze im Rahmen von Grundwasseruntersuchungen gefunden wurden. Im Grundwasser werden überwiegend die kurzkettigen und die langkettigen PFC mit bis zu 10 Kohlenstoffatomen gefunden. Diese Verbindungen wurden der ersten Priorität zugeordnet (siehe Tabelle 2). Diese sind, bis auf PFHpS, H4PFOS und PFOSA,n in der DIN 38407-42 aufgelistet und die Verfahrenskenndaten sind im Rahmen eines Validierungsringversuchs ermittelt worden.

In die zweite Priorität wurden die längerkettigen PFC (> 10 Kohlenstoffatome) und polyfluorierte Verbindungen eingestuft, die analysiert werden und

auch bioakkumulieren, jedoch in den Grundwasseruntersuchungen unterhalb der Bestimmungsgrenze lagen. Für diese PFC ist eine Ableitung von GFS-Werten vorerst nicht vorgesehen.

Tab. 2: PFC erster Priorität, enthalten in DIN 38407-42 (ausgenommen PFHpS, H4PFOS, PFOSA)

Name	Abkürzung
Perfluorbutansäure	PFBA
Perfluorpentansäure	PFPeA, PFPA
Perfluorhexansäure	PFHxA
Perfluorheptansäure	PFHpA
Perfluoroctansäure	PFOA
Perfluornonansäure	PFNA
Perfluordecansäure	PFDA
Perfluorbutansulfonsäure	PFBS
Perfluorhexansulfonsäure	PFHxS
Perfluorheptansulfonsäure	PFHpS
Perfluoroctansulfonsäure	PFOS
1H,1H,2H,2H-Polyfluorooctansulfonsäure, H4-Polyfluorooctansulfonsäure, Fluorotelomersulfonsäure 6:2 FTS	6:2 FTSA, H4PFOS
Perfluorooctansulfonamid	PFOSA oder FOSA

3 Toxikologische Bewertungen

Die Konzentrationswerte für die Geringfügigkeitsschwelle (GFS) werden wirkungsorientiert, d.h. human- und ökotoxikologisch begründet. Die Geringfügigkeitsschwelle ist demnach eine Konzentration, bei der trotz einer Erhöhung der Stoffgehalte gegenüber regionalen Hintergrundwerten, die für PFC jedoch nicht vorhanden sind, keine relevanten ökotoxischen Wirkungen auftreten können und die Anforderungen der Trinkwasserverordnung oder entsprechend abgeleitete Werte eingehalten werden. (LAWA 2016)

3.1 Humantoxikologische Bewertungen

Um humantoxikologisch eine GFS ableiten zu können, müssen Epidemiologie-Studien bzw. Tierstudien

über mindestens 90 Tage vorliegen. Aus diesen Studien wird ein Startpunkt (Point of Departure, PoD) ermittelt und von diesem Startpunkt auf eine für den Menschen „Akzeptable Dosis“ (AD) extrapoliert. Bei nicht quantifizierbaren krebserregenden Wirkungen oder einem Krebsverdacht wird ein Sicherheitsfaktor von 10 eingerechnet. Aus AD wird mit standardisierten Expositionsbedingungen dann die humantoxikologische GFS berechnet. Die Standardbedingungen gehen von 70 kg Körpergewicht, Aufnahme von 2 Liter Wasser pro Tag und der Ausschöpfung einer Gesamtbelastung von 10 % aus.

Reichen die humantoxikologischen Daten nicht zur Ableitung einer GFS aus, dann kann hilfsweise ein gesundheitlicher Orientierungswert (GOW) für die Beurteilung herangezogen werden. Der GOW hat jedoch Vorsorgecharakter.

Für die humantoxikologische Bewertung der PFC wurde insbesondere ein ausführlicher und aktueller Bericht der U.S.-Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR 2015) ausgewertet. Bezüglich der PFC, insbesondere PFOA und PFOS, wurden in dem Bericht folgende Wirkungen beschrieben, die auf einer Aktivierung des Peroxisomen-Proliferator-aktivierten Rezeptor α (PPAR α) beruhen:

- Vergrößerung der Leberzellen (Lebervergrößerung, erhöhtes Lebergewicht, gutartige Lebertumore)
- Bei PFOA, PFOS, PFDA erhöhte Mortalität des Fötus (1. Schwangerschaftsdrittel)
- Beeinträchtigung des Immunsystems
- Fettwechselstörungen (erhöhte Lipidkonzentrationen im Serum)
- Verminderter Impfschutz
- Verdacht auf Kanzerogenität

Für sieben der 13 PFC erster Priorität war die Datenlage ausreichend, um GFS nach den Kriterien der Trinkwasserverordnung (UBA 2017) abzuleiten. Die Bewertung von Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS) muss als grenzwertig angesehen werden. Ihr liegt nicht eine 90-Tages-Studie als übliches Mindestkriterium zugrunde, sondern eine Studie mit nur 42 Tagen Expositionszeit. Der Faktor für die Extrapolation auf Lebenszeit wurde daher auf 15 erhöht. Eine parallel durchgeführte Betrachtung zu einem gesundheitlichen Orientierungswert (GOW, Grummt et al. 2013, UBA 2003) kommt für PFHxS zu dem gleichen Ergebnis von 0,1 $\mu\text{g}/\text{L}$. Im Sinne eines Grenzfalles kann dieses Bewertungsergebnis daher und besonders vor dem Hintergrund des Bedarfs für einen Bewertungsmaßstab als Leitwert noch akzeptiert werden.

Der deutlich niedrigste Wert ergibt sich für Perfluoronansäure (PFNA) mit 20 ng/L . In ihm ist allerdings wegen des reproduktionstoxischen (Einstufung Repr. 1B) und vermutlich krebserzeugenden Potentials (Einstufung Carc. 2) ein besonderer Sicherheitsfaktor von zehn eingerechnet. Als bisher höchster Wert ergibt sich 10 $\mu\text{g}/\text{L}$ für Perfluorbutansäure (PFBA), der damit etwas höher liegt als der bisher vom UBA genannte Wert (7 $\mu\text{g}/\text{L}$, UBA 2011). Die verschiedenen Werte zu den einzelnen Verbindungen () scheinen darüber hinaus in einer vernünftigen Relation zueinander zu stehen.

3.2 Ökotoxikologische Bewertungen

Für die ökotoxikologische Bewertung wurden Daten zur toxischen Wirkung auf die einzelnen trophischen Ebenen der Gewässerlebensgemeinschaft aus folgenden Quellen systematisch recherchiert und erfasst:

- Datenbanken mit Einträgen zur Ökotoxizität: ECOTOX (U.S. EPA), ETOX (Umweltbundesamt), HSDB
- Registrierungs dossiers bei der Europäischen Chemikalienagentur ECHA
- Literatursammlung des LHL
- Einzelne, teils sehr aktuelle Studien sowie umfangreichere spezielle „Reports“ und „Reviews“
- Aktuelle experimentelle Daten des Bayerischen Landesamtes für Umwelt aus einem Projekt zur Bewertung flussgebietspezifischer Schadstoffe im Kontext der Wasserrahmenrichtlinie (BayLfU 2015a)

Von den 13 PFC der ersten Priorität konnte für acht Stoffe jeweils eine PNEC (Predicted No-effect Concentration) zum Schutz der aquatischen Lebensgemeinschaft nach TGD (2011) abgeleitet werden; für PFOA (OECD 2008) und PFOS (EU 2011) lagen PNEC-Werte vor. Bei zwei der Stoffe, PFHxA und H4PFOS, sind die Daten zur chronischen Wirkung auf die drei Trophieebenen vollständig, so dass der erforderliche minimale Sicherheitsfaktor 10 zur Ableitung ausgehend vom niedrigsten zu berücksichtigenden Wirkwert angewendet werden konnte. Bei den weiteren Stoffen war in keinem Fall ein höherer Sicherheitsfaktor als 100 erforderlich. Für PFHpA, PFHpS sowie für PFOSA konnte dagegen keine PNEC abgeleitet werden, da Daten zur Wirkung entweder für eine Trophieebene (Fische) oder im Falle von PFOSA vollständig fehlten.

In der Gesamtschau mit den bereits für PFOA mit 570 $\mu\text{g}/\text{L}$ nach OECD (2008) und für PFOS mit 0,23 $\mu\text{g}/\text{L}$ nach EU (2011) geltenden PNEC-Werten zum Schutz der aquatischen Lebensgemeinschaft lässt sich feststellen, dass die Werte sowohl bei den perfluorierten Carbonsäuren als auch bei den perfluorierten Sulfonsäuren mit einer Ausnahme (PFPeA) mit zunehmender Kettenlänge abnehmen, die Toxizität in diese Richtung also erwartungsgemäß zunimmt.

4 Empfehlungen für GFS

In Tabelle 3 sind die Ergebnisse der Recherchen für die 13 PFC 1. Priorität (siehe Kapitel 2) zusammengestellt. Bei der Verwendung der GFS-Werte sind die ausführlichen Begründungen in den einzelnen Datenblättern und der zusammenfassende Gesamtbericht (LAWA 2017) zu beachten. In Abbildung 1 ist beispielhaft die Bewertung der Perfluorhexansäure (PFHxA) dargestellt.

Für die 7 PFC mit abgeleiteten GFS-Werten erweist sich das Schutzgut Trinkwasser immer empfindlicher als das Schutzgut aquatische Lebensgemeinschaft. Die Empfehlungen des UBA nach Anhörung der Trinkwasserkommission bezüglich Trinkwasser wurden im Bundesgesundheitsblatt (Bundesgesundheitsbl 2017) veröffentlicht.

Tab. 3: GFS für PFC der 1. Priorität und humantoxikologische/ökotoxikologische Basiswerte

Name, Abkürzung (CAS-Nr.)	GFS [$\mu\text{g/L}$]	Basis [$\mu\text{g/L}$]	
		Humantox.	Öko-tox.
Perfluorbutansäure, PFBA (375-22-4)	10	10	1.260
Perfluorpentansäure, PFPeA (2706-90-3)	-	-(GOW: 3,0)	320
Perfluorhexansäure, PFHxA (307-24-4)	6	6	1.000
Perfluorheptansäure, PFHpA (375-85-9)	-	-(GOW: 0,3)	-
Perfluoroktansäure, PFOA (335-67-1)	0,1	0,1	570
Perfluorononansäure, PFNA (375-95-1)	0,06	0,06	8
Perfluordecansäure, PFDA (335-76-2)	-	-(GOW: 0,1)	10
Perfluorbutansulfonsäure, PFBS (375-73-5)	6	6	3.700
Perfluorhexansulfonsäure, PFHxS (355-46-4)	0,1	0,1	250
Perfluorheptansulfonsäure, PFHpS (375-92-8)	-	-(GOW: 0,3)	-
Perfluoroktansulfonsäure, PFOS (1763-23-1)	0,1	0,1	0,23
H4-Polyfluoroktansulfonsäure, H4PFOS (27619-97-2)	-	-(GOW: 0,1)	870
Perfluoroktansulfonamid, PFOSA (754-91-6)	-	-(GOW: 0,1)	-

5 Bewertung von PFC-Gemischen

Voraussetzung für eine angemessene Zusammenfassung von PFC in Gruppen ist ein gleicher Wirkmechanismus. Für PFC ist dazu noch wenig bekannt.

Es gibt heute noch keine wissenschaftlich schlüssige Methode für die humantoxikologische Bewertung von Mehrstoffbelastungen. Auf das Schutzgut menschliche Gesundheit bezogen gibt die TRGS 402 für Arbeitsplatzexpositionen eine praktische Anleitung (BAuA 2014). Sie sieht vor, bei mehreren gleichzeitig auftretenden Stoffen aus Messwerten und Bewertungsmaßstäben einzelner Stoffe Stoffindizes I gemäß

$$I = \frac{C}{BM} \quad \text{mit } C = \text{gemessene Konzentration} \\ \text{und } BM = \text{Bewertungsmaßstab}$$

zu bilden und diese, im vorliegenden Fall mit den humantoxikologisch begründeten GFS_h als BM, zu einem Bewertungsindex BI zu summieren:

$$BI_{GFS_h} = \sum I_i = \frac{C_1}{GFS_{h1}} + \frac{C_2}{GFS_{h2}} + \frac{C_3}{GFS_{h3}} + \dots$$

Ist der Bewertungsindex BI > 1, gilt der Bewertungsmaßstab für die Summe als überschritten. Im vorliegenden Zusammenhang sollen nur Konzentrationen größer oder gleich der Bestimmungsgrenze berücksichtigt werden.

Bewertungen der einzelnen PFC PFHxA

Substanzname		Perfluorhexansäure (PFHxA)
CAS-Nr.		1. 307-24-4 2. 2923-26-4 3. 21615-47-4
Substanzname (IUPAC)		1. 2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,6-Undecafluorhexanoic acid 2. 2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,6-Undecafluorhexanoate, sodium salt 3. 2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,6-Undecafluorhexanoate, ammonium salt
Synonyme		1. Undecafluorhexanoic acid, Perfluorhexanoic acid 2. Natriumperfluorhexanoat, Na-PFHx 3. Ammoniumperfluorhexanoat, APFHx, NH ₄ PHx
Strukturformel		
Geringfügigkeitsschwellenwert (µg/l)		6
Maisgebliche Basis für den Vorschlag		<input type="checkbox"/> TrinkwV <input checked="" type="checkbox"/> Analog TrinkwV <input type="checkbox"/> Ökotoxizität <input type="checkbox"/> Basiswert/Untergrenze
Grenzwert der TrinkwV (µg/l)		6
Vorschlag analog TrinkwV (µg/l)		6
Humantoxikologisch begründeter Wert		
Asthethisch begründeter Wert		
Ökotoxikologische Kriterien (µg/l): Umweltqualitätsnorm PNEC (aquat.) Sonstige		1000

Startpunkt, **PoD: NOAEL** 15 mg/kg·d, 2-Jahres-Studie, männliche Ratten
EF_{c-kin} 327 (Interspeziesextrapolation für toxikokinetische Unterschiede, unterschiedliche Eliminationshalbwertszeiten Ratte/Mensch: 2,35 h / 768 h (32 d) ≈ Faktor 327)
EF_{c-dyn} 2,5 (Interspeziesextrapolation für toxikodynamische Unterschiede)
EF_{d-kin+dyn} 10 (Intraspeziesunterschiede, jeweils 10^{0,5} oder 3,16 für die toxikokinetischen- und toxikodynamischen Unterschiede)

$$AD = \frac{PoD}{EF_{ges.}} = \frac{15 [mg/kg \cdot d]}{1 \cdot 1 \cdot 817,5 \cdot 10} = 1,84 [\mu g/kg \cdot d]$$

Mit den üblichen Eckdaten (70 kg Körpergewicht, 2 Liter Trinkwasserverbrauch pro Tag, 10 % Allokation der akzeptablen Körperdosis nur für das Trinkwasser) ergibt sich

$$GFS_h = \frac{1,84 [\mu g/kg \cdot d] \cdot 70 [kg] \cdot 0,1}{2 [l/d]} = 6,44 [\mu g/l]$$

Es wird für **PFHxA** eine **GFS** von **6 µg/l** vorgeschlagen.

Abb. 1: Zusammenfassende Bewertung der Perfluorhexansäure (PFHxA)

Dieses rein pragmatische Vorgehen gilt für das Schutzgut menschliche Gesundheit und für GFS-Werte nur, soweit sie allein humantoxikologisch begründet sind. GOW sind aufgrund ihres besonderen Charakters (Kapitel 5.3) nicht einzubeziehen.

Für PFC, die bisher nicht in die Bewertung einbezogen wurden bzw. für die keine GFS abgeleitet werden konnten, gibt es bisher keine Bewertung von PFC-Stoffgemischen.

6 Ausblick

Nach der Benennung von 13 prioritären PFC war die Ableitung von Geringfügigkeitsschwellen nur für sieben dieser Stoffe möglich. Für sechs Verbindungen fehlten humantoxikologische Daten, für drei war auch die ökotoxikologische Ableitung einer PNEC nicht möglich. Es wäre wünschenswert, die bestehenden Datenlücken durch zusätzliche geeignete Tests bzw. wissenschaftliche Studien in absehbarer Zeit zu schließen.

Neben den perfluorierten Verbindungen werden inzwischen von der Industrie teilweise fluorierte Stoffe eingesetzt. Dazu gehören analoge Alkan- und Alkansulfonsäuren und auch Stoffgruppen, in denen die Carbon- oder Sulfonsäuregruppe durch eine andere polare funktionelle Gruppe ersetzt wurden, beispielsweise polyfluorierte Alkohole (sogenannte

Telomeralkohole), Acrylate, Methacrylate, Sulfonamide, Phosphate, Phosphonate, Phosphine, Stearate oder Silane, zum Teil auch kombiniert oder durch Ether-Bindungen verknüpft. Bei diesen Stoffen handelt es sich allerdings um sog. Vorläufersubstanzen, die in der Umwelt und auch im Stoffwechsel zu (oft kürzerkettigen) perfluorierten Alkylsäuren und -sulfonsäuren transformiert werden.

Die bisher abgeleiteten GFS-Werte behalten aus diesem Grund ihre Bedeutung, auch wenn die direkte Verwendung dieser Stoffe endgültig eingestellt werden sollte. Darüber hinaus ist bereits absehbar, dass zukünftig die Erfassung und Bewertung weiterer poly- und perfluorierter Chemikalien notwendig sein wird.

7 Literatur

ATSDR, Agency for Toxic Substances and Disease Registry (2015): Toxicological Profile for Perfluoroalkyls, Draft for Public Comment, <http://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp200.pdf>

BAuA (2014): Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Technische Regeln für Gefahrstoffe, TRGS 402, Abschnitt 5.2.1 Stoff- und Bewertungsindex, http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/TRGS/pdf/TRGS-402.pdf?__blob=publicationFile&v=7

BayLfU (2015a): Aufkonzentrierung von Umweltproben für Wirktests am Beispiel endokrin wirksamer Substanzen und 4. Reinigungsstufe; Projekterweiterung: Bewertung flussgebietspezifischer Schadstoffe - Projekt-Nr. 76e01-148

BENSKIN, J.P., DE SILVA, A.O., MARTIN, J.W. (2010): Isomer profiling of perfluorinated substances as a

tool for source tracking: a review of early findings and future applications. Rev. Environ. Contam. Toxicol. 208, 111-160. doi: 10.1007/978-1-4419-6880-7_2

Bundesgesundheitsbl (2017): Fortschreibung der vorläufigen Bewertung von per- und polyfluorierten Chemikalien (PFC) im Trinkwasser – Empfehlung des Umweltbundesamtes nach Anhörung der Trinkwasserkommission. Bundesgesundheitsbl 2017 60:350–352

DIN 38407-42:2011-03: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung – Gemeinsam erfassbare Stoffgruppen (Gruppe F) – Teil 42: Bestimmung ausgewählter polyfluorierter Verbindungen (PFC) in Wasser – Verfahren mittels Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie und massenspektrometrischer

Detektion (HPLC-MS/MS) nach Fest-Flüssig-Extraktion (F 42)

EU (2011): PFOS EQS dossier : Perfluorooctane sulfonate. Priority substances, Communication & Information Resource Centre Administrator (CIRCA), Brussels, 19. 1. 2011; <https://circabc.europa.eu/sd/d/027ff47c-038b-4929-a84c-da3359acecee/PFOS%20EQS%20dossier%202011.pdf>

GRUMMT, T., KUCKELKORN, J., BAHLMANN, A., et al. (2013): Tox-Box: Securing drops of life - an enhanced health-related approach for risk assessment of drinking water in Germany Tox-Box: Die Tropfen des Lebens bewahren - Gesundheitsbasierte Risikobewertung für Trinkwasser in Deutschland, Environmental Sciences Europe, 25, 27-34

LAWA (2016): Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser. Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser. Aktualisierte und überarbeitete Fassung von 2016; http://www.lawa.de/documents/Geringfuegigkeits_Bericht_Seite_001-028_6df.pdf

LAWA (2017): Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser – Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC). Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser Noch unveröffentlicht.

LFP B 4.14 (2016): Boden- und Grundwasserkontaminationen mit PFC bei altlastverdächti-

gen Flächen und nach Löschmitteleinsätzen, Projektstufe 1. Herausgeber Länderfinanzierungsprogramm Wasser, Abfall, Projekt B 4.14. http://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/cms/WaBoAb_prod/WaBoAb/Vorhaben/LABO/B_4.14/index.jsp

OECD (2008): SIDS Initial Assessment Profile - Ammonium Perfluorooctanoate & Perfluorooctanic Acid; <http://webnet.oecd.org/hpv/ui/handler.axd?id=c4b4700f-48f3-4aca-b6a7-6606b1-4fa48>

TGD (2011): Technical Guidance for Deriving Environmental Quality Standards. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Technical Report - 2011-055, Guidance Document No. 27 (2011) 1-203

UBA (2003): Bewertung der Anwesenheit teil- oder nicht bewertbarer Stoffe im Trinkwasser aus gesundheitlicher Sicht. Empfehlung des Umweltbundesamtes nach Anhörung der Trinkwasserkommission beim Umweltbundesamt. Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz 46, 249-251

UBA (2011): Grenzwerte, Leitwerte, Orientierungswerte, Maßnahmenwerte - Aktuelle Definitionen und Höchstwerte, http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/dokumente/grenzwerte_leitwerte.pdf

Mitglieder der LAWA/LABO-Kleingruppe PFC

Dr. Arnold Quadflieg (HMUKLV) (LAWA-AG-Obmann), Dr. Annegret Biegel-Engler (UBA), Dr. Jan Brodsky (HLNUG), Regine Gühr (HLNUG), Dr. Andrea Hädicke (LANUV NRW), Rainer Konietzka (UBA), Dr. Gerd Rippen, Dr. Thorsten Stahl (LHL), Dr. Rodolf Stockerl (LfU BY), Lena Vierke (UBA), Dr. K. Theo von der Trenck (ehem. LUBW), Beate Zedler (HMUKLV)

Top oder Flop - sanierungsbedürftige Gutachten

SANDRA PHILIPPOV

Einleitung

In einem Gutachten erfolgt die Dokumentation und Bewertung der durchgeführten Untersuchungen und der erhaltenen Untersuchungsergebnisse. Gutachten bzw. Analyseergebnisse werden von Auftraggebern oder Behördenmitarbeitern gemeinhin genutzt, um weitreichende Entscheidungen zu treffen. Anhand vorliegender Gutachten wird entschieden, ob weiterer Untersuchungsbedarf besteht, kostenintensive Sanierungen erforderlich werden, welche finanziellen Mittel für eine Sanierung eingeplant werden, ob überhaupt Gefahren bestehen und welche Entsorgungswege gewählt werden können. Meistens wird automatisch davon ausgegangen, dass die Untersuchungsergebnisse für die Entscheidungsfindung die richtige Qualitätsstufe darstellen. Dies kann so sein, muss es aber nicht. Das Ergebnis der Arbeit bzw. des Gutachtens ist nicht bewertbar, wenn ein systematischer und strukturierter Ablauf nicht zu erkennen ist. Für Entscheidungen mit potentiell erheblichen Auswirkungen sind jedoch belastbare Aussagen erforderlich.

Im Altlastenspektrum 3/2015 hat der Gutachter Michael Kerth den Finger in eine Behördenwunde gelegt. Er schildert, dass Auftraggeber durchaus bereit sind Analyseergebnisse ohne weitere Begleitdokumente vorzulegen. Damit gelingt es, wichtige entscheidungserhebliche Fakten, die der Gutachter sorgfältig dokumentiert hat, auszublenden. Hinweise auf

andere, nicht untersuchte Schadstoffe, können z.B. auf diesem Wege verschwinden. Als Fazit stellt er fest, dass man jedenfalls dem Gutachter keinen Vorwurf machen kann, wenn die Behörde ihrer Pflicht zur sorgfältigen Prüfung nicht nachkommt. Ob man Behörden, die bereit sind, Werte mit unbekanntem Entstehungsgeschichten zu akzeptieren, einen Vorwurf machen kann sei dahingestellt.

Aktuell ist der Wissenstand bei Auftraggebern, Behörden und Gutachtern zum Stellenwert von Probenahmeplan, Probenahmeprotokoll und Probenbegleitprotokoll sehr lückenhaft. Dies ist zum einen dem fehlenden Problembewusstsein und zum anderen dem hohen Arbeitsdruck geschuldet. „Gutachter, die bereit sind zu Dumpinglöhnen anzubieten, erschweren es den ordnungsgemäß arbeitenden Mitbewerbern auskömmliche Preise für sorgfältige Dokumentationen am Markt zu erzielen. Auf Seiten der Behörden haben die hohe Arbeitsverdichtung und der immer häufigere Personalwechsel zu Kompetenzverlusten und zu oberflächlichen Prüfungen geführt.

Die im Folgenden dokumentierte Entscheidungshilfe zur Bewertung von Gutachten ist ein Vorschlag, der Behörden aber auch Auftraggebern helfen soll, mit einfachen Mitteln zu erkennen wie belastbar ein vorgelegter Messwert ist.

Qualitätsstufen für Gutachten und Prüfberichte

Mit der Zuordnung von Gutachten zu Qualitätsstufen kann entschieden werden ob ein Gutachten in Hinblick auf die Fragestellung überhaupt aussagekräftig genug ist. Hauptintention bei der Bewertung ist eine erreichte oder geplante Qualitätsstufe zu

kennzeichnen und Ansatzpunkte für mögliche bzw. notwendige Veränderungen/Verbesserungen aufzuzeigen (Tab. 1). In Anlehnung an Ratingskalen, die im Rahmen von Bonitätsprüfungen verbreitet sind, werden folgende **Qualitätsstufen** unterschieden:

Gutachten: Autor: Datum:

	Einflussfaktoren auf Gutachten	da	fehlt → (ausschlaggebend ist die schlechteste erzielte Qualitätsstufe)	resultierende Qualitätsstufe (ausschlaggebend ist die schlechteste erzielte Qualitätsstufe)	Bemerkungen / evtl. Aufwertung durch:
1	Veranlassung/Fragestellung/Untersuchungsziel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> → B bis C		
2a	Historische Erkundung/Recherche des Standortes. Alle verfügbaren Informationen über den Standort (Hintergrunddaten) wurden eingeholt und der Erkundungsumfang festgelegt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> → C		Korrektur/Nachreichen kann zu B oder A führen
2b	Beschreibung des Untersuchungsumfangs und der Besonderheiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> → C		Kann durch Punkte 5-10 aufgewertet werden
2c	Beschreibung der Lokalität (Geographische Lage, Topographie und Oberflächengeologie, Bodenklassifikation, hydrogeologische und klimatische Situation. Generelle Aussagen zur Versickerungsfähigkeit.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> → B bis C		
3	Probenahmestrategie (stoffliche Charakterisierung/Hot Spot??: Festlegung der Beprobungsorte)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> → B bis C		
4	Probenahmeplan (erwartetes Schadstoffspektrum, Untersuchungsparameter), maßstäblicher Lageplan, Bohransatzpunkte, Maßstab, Höhenbezug.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> → C		
5	Probenahmeprotokoll	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> → C-		Richtiger Ort? Richtiges Haufwerk? Evtl. kann auf B aufgewertet werden, wenn zumindest ein Feldprotokoll geführt wurde.
5a	Bohrprofile, Schichtenansprache, Mächtigkeiten, Konsistenz, Lagerungsdichte, Fremdbestandteile, Grundwasserstände...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> → B bis C		
6	Laborprotokoll nach DIN 19747	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> → B		
7	Dokumentation der Stabilisierung der Proben, korrekte Lagerung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> → B bis C-		Das Nicht -Überführen von Untersuchungsmaterial in Methanol beim Umgang mit LHKW- und BTEX-haltigen Proben führt zur Abwertung nach C- !
8	Bewertung der Messergebnisse. Erstbewertung von erhöhten Schadstoffgehalten bzw. schädlichen Bodenveränderungen gemäß BBodSchG und BBodSchV	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> → A		
9	Gutachterliche Bewertung, Handlungsempfehlung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> → A		

Qualitätsstufen:

- A+: sehr hohe Aussagekraft
 - A: hohe Aussagekraft
 - B: durchschnittlich
 - C: Zufallsbefund
 - C-: sinnlose Geldverschwendung
- Gutachten wird auch für spätere Fragestellungen als Grundlage geeignet sein (**wird nur bei Vollständigkeit erreicht!**)
 im Hinblick auf die konkrete Fragestellung ein gut bewertbares Gutachten
 die Messergebnisse können von den tatsächlichen Werten abweichen, durchschnittliches Gutachten
 es besteht die Gefahr, dass an der falschen Stelle oder auf die falschen Parameter untersucht wurde. Das Ergebnis stellt eine Möglichkeit dar. Die Werte können deutlich höher oder niedriger sein.
 Ergebnisse sind nicht bewertbar. Empfehlung: Gexit (Gutachter-exit)

Tab. 1: Vollständigkeitsprüfung von Gutachten zur Bewertung vorgennutzter Flächen

Qualitätsstufe A+

Ein Gutachten mit der Qualitätsstufe A+ hat eine sehr hohe Aussagekraft. Die Stufe wird jedoch nur bei Vollständigkeit aller unten aufgeführten Einflussfaktoren erreicht. Entscheidungen auf dieser Grundlage bergen keine besonderen Risiken. Ein solches Gutachten wird auch für spätere/folgende Fragestellungen als Grundlage geeignet sein.

Qualitätsstufe A

Ein Gutachten mit der Qualitätsstufe A besitzt eine hohe Aussagekraft im Hinblick auf die konkrete Fragestellung.

Qualitätsstufe B

Ein Gutachten mit der Qualitätsstufe B ist ein durchschnittliches Gutachten. Bei einem solchen Gutachten können z.B. Untersuchungsergebnisse von den tatsächlichen Werten, die unbekannt bleiben, abweichen, wenn Faktoren wie Laborprotokolle nach DIN 19747 oder Laborprüfberichte im vorgelegten Gutachten nicht vorhanden sind. Es ist z.B. unklar, ob die Gesamtprobe oder nur das Fein-

material untersucht wurde.

Qualitätsstufe C

Bei einem Gutachten mit der Qualitätsstufe C besteht die Gefahr, dass an der falschen Stelle, mit den falschen Methoden oder auf die falschen Parameter untersucht wurde. Das Ergebnis stellt lediglich eine Möglichkeit dar und ist allenfalls als Zufallsbefund zu werten.

Qualitätsstufe C-

Die Ergebnisse sind **nicht bewertbar**, wenn ein Gutachten die Qualitätsstufe C- aufweist. *Hier gilt die Empfehlung: GEXIT (Gutachter-Exit).*

Auftraggeber und Behörden, die bereit sind ein Gutachten der Stufe B bis C- zu akzeptieren, gehen ein hohes Risiko ein. Aus eigener Erfahrung der letzten 25 Jahre ist festzustellen, dass fast alle Projekte, die auf vorgemerkten Flächen scheiterten, an mangelhaft durchgeführten und dokumentierten Untersuchungen krankten. Kostenexplosionen bei der Entsorgung und lange Baustillstandszeiten standen in keinem Verhältnis zu den eingesparten Gutachterkosten.

Einflussfaktoren auf die Ergebnisse und die Bewertung

Mit Hilfe der Checkliste ist es möglich eine erste Bewertung der Qualität eines Gutachtens zu erhalten. Die reicht in der Regel aus, um entsprechende Ablehnungen formulieren oder Nachforderungen stellen zu können. Für einige Fragestellungen kann es aber auch erforderlich sein weitergehende Prüfungen durchzuführen. Um zu bewerten, ob die Ergebnisse eines Gutachtens tatsächlich die richtige oder gewünschte Qualitätsstufe darstellen, sollte man kontrollieren, ob alle vorgegebenen Schritte von der Fragestellung über die Probenahme bis hin zum Ergebnis gut geplant und sorgfältig dokumentiert, also eingehalten wurden. Im Zentrum jedes Gutachtens sollte eine systematische Fallbearbeitung stehen, welche eine umfassende Dokumentation der verwendeten Verfahren, ermittelten Daten sowie eine aussagekräftige Darstellung der Untersuchungser-

gebnisse beinhaltet. Die Bewertung von Gutachten hängt von vielen Einflussfaktoren ab, die einen kleineren oder größeren Einfluss auf das Ergebnis haben. Folgende (Einfluss-)Faktoren können überprüft werden:

1 Einleitung: Veranlassung / Fragestellung / Untersuchungsziel

Eine gut formulierte Fragestellung vermeidet nicht nur Missverständnisse zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer, sie ist eine zwingend notwendige Grundlage für die Probenahmestrategie und dient als Basis für den Probenahmeplan. Sie erleichtert allen späteren Interessenten die Interpretation der Ergebnisse. Im Idealfall wird dort neben dem eigentlichen Anlass und der derzeitigen Fragestellung auch noch

entschieden ob ggf. abweichende Entsorgungswege für Abfälle, abweichende Nutzungen von Grundstücken oder zusätzliche Pfade mit untersucht werden sollen.

2 Historische Erkundung/Recherche

Ohne vorherige Recherche ist es unmöglich, die zu untersuchenden Parameter und die Beprobungspunkte seriös festzulegen.

Die Weichen für die technische Erkundung werden bei der Historischen Recherche gestellt. Alle verfügbaren Informationen über den Standort wie beispielsweise die Kurzbeschreibung von Anlagen und Verfahren, Kenntnisse über Schadensfälle, Havarien, kontaminierte Bereiche und Verdachtsflächen und mögliche relevante Ausbreitungspfade etc. sind einzuholen und an dieser Stelle zu beschreiben. Datengrundlage bilden alle vorliegenden Informationen, so dass mittels einer beprobungslosen Erkundung für die relevanten Wirkungspfade und Schutzgüter bereits eine erste Gefährdungsabschätzung erfolgt. Dadurch kann das Schadstoffspektrum eingegrenzt und die Anzahl der Beprobungspunkte auf das notwendige und sinnvolle Maß begrenzt werden. Spätere Zusatzuntersuchungen können so oftmals vermieden werden. Die Gefahr, relevante Stoffe oder Kontaminationspunkte zu übersehen, wird reduziert.

Eine ausführliche Standortbeschreibung inklusive der Beschreibung der natürlichen und technischen Standortgegebenheiten ist für ein Gutachten unumgänglich und ist möglichst übersichtlich zusammenzustellen.

3 Probenahmestrategie

Die Entscheidung ob der Gutachter mit der gewählten Beprobung eine erste Einschätzung, eine worst-case Betrachtung oder eine durchschnittliche Zusammensetzung ermitteln möchte hat entscheidende Auswirkungen auf das gesamte Untersuchungsprogramm. Bei einer späteren Beurteilung der Untersuchungsergebnisse ist dieses Wissen jedoch notwendig, um den Messwert richtig einordnen zu können. In Einzelfällen ergibt sich diese Information indirekt aus der Darstellung der durchgeführten Untersuchungen. In diesen Fällen ist eine Einstufung in ein Gutachten der Kategorie B zulässig. Im Regelfall wird das Fehlen jedoch zur Kategorie C führen.

4 Probenahmeplan

Die Aufstellung eines Probenahmeplanes ist nur mit entsprechender Fachkenntnis möglich. Er ist vom Gutachter oder einem von ihm beauftragten Fachkundigen aufzustellen. Im Plan werden alle relevanten Arbeitsschritte festgelegt. Mit dem Plan kann der mit Hilfe von Einweisungen und Schulungen unterrichtete Probenehmer eine ordnungsgemäße Probenahme durchführen. In den Fällen, in denen der Gutachter oder ein Fachkundiger die Probe **selbst** nimmt, ist es möglich den Probenahmeplan in das Probenahmeprotokoll zu integrieren.

5 Probenahmeprotokoll

Ein Messwert kann ohne Kenntnis der Probenahmebedingungen nicht bewertet werden.

Wenn die Probenahmebedingungen nachträglich anhand der Feldaufzeichnungen ermittelt werden können, ist eine Aufwertung bis zur Kategorie B möglich. Aus dem Probenahmeprotokoll ergibt sich auch die Anzahl der entnommenen Proben. Sofern eine abfallcharakterisierende Probenahme das Ziel der Untersuchung ist, ist zu prüfen ob die Anzahl der entnommenen Proben den Vorgaben der LAGA PN98 entspricht. Eine Reduzierung der Probenanzahl ohne Begründung führt automatisch zu der Kategorie C, die Entnahme nur einer Probe zu C-.

6 Laborprotokoll nach DIN 19747

Obwohl das Laborprotokoll für den Gutachter und alle nachfolgenden Bewerter wichtige Informationen enthält, ist Existenz und Inhalt in Behörden und Gutachterkreisen oftmals unbekannt. Auf jeden Fall sollte dem Auswerter bekannt sein, ob die Gesamtfraktion oder nur eine Teilfraktion untersucht wurde, ob einzelne Bestandteile aussortiert wurden, unter welchen Bedingungen organische Proben getrocknet wurden und welcher Zeitraum bei diesen Proben von der Probenahme bis zur Analytik verstrichen ist. Zusätzlich sollte zumindest stichprobenhaft bekannt sein ob das beauftragte Labor die ihm übergebenen Proben mit den richtigen Methoden untersucht. Ergänzend zur Bewertung der Vollständigkeit von Gutachten kann auch durch die Bearbeitung der Probe im Labor am Ende eine Qualitätsstufe resultieren, mit der eine seriöse Bewertung nicht mehr möglich ist. Eine Prüfung, welche Qualitätsstufe im Rahmen

der Bearbeitung der Probe im Labor erzielt wurde, kann mit Hilfe der Anlage 3 und der FBU Methodensammlung Boden-/Altlastenuntersuchung sowie der LAGA Methodensammlung Abfalluntersuchungen ermittelt werden.

7 Stabilisierung und Lagerung von Proben

Die korrekte Stabilisierung und Lagerung ist insbesondere bei flüchtigen Stoffen zwingend erforderlich. Die Gehalte von diesen Substanzen können sich bei unsachgemäßen Bedingungen schon innerhalb eines Tages halbieren. Ein Gutachten, in dem Aussagen hierzu fehlen, ist bestenfalls durchschnittlich.

8 Bewertung der Messergebnisse/Erstbewertung von erhöhten Schadstoffgehalten

Die Bewertung der Messergebnisse bzw. eine Erstbewertung hat nach Bundesbodenschutzgesetz/-verordnung zu erfolgen und ist in Bezug auf die relevanten Wirkungspfade (Boden-Grundwasser, Boden-Mensch, Boden-Nutzpflanze, Boden-Luft) und aktueller Nutzungen zu vollziehen. Werden Pfade nicht aufgeführt, ist zu begründen warum diese nicht relevant sind und somit eine Bewertung nicht notwendig ist. Alle Messwerte/Ergebnisse und Besonderheiten sind mit den Hintergrund-, Prüf- und Maßnahmenwerten der BBodSchV abzugleichen. Eine fehlerfreie Darstellung der Untersuchungsergebnisse bildet in Verbindung mit den erhobenen Standorteigenschaften die Voraussetzung für die Beurteilung von altlastenverdächtigen Flächen/Altlasten.

9 Gutachterliche Bewertung/Handlungsempfehlung

Am Ende eines Altflächengutachtens sollte durch den Gutachter eine Empfehlung zum weiteren Vorgehen gegeben und ein ggf. erforderliches Programm bei weiterem Handlungsbedarf abgeleitet werden. Bei akuten Gefahren sind Sofortmaßnahmen zu benennen. Hier zeigt sich, ob das Untersuchungsziel und Beweisniveau erreicht werden konnten. Wenn Baumaßnahmen auf den Flächen geplant sind, ist darzustellen wie mit umgelagerten Materialien umzugehen ist. Bei Überschussmassen ist je nach Untersuchungsniveau darzustellen, welche Entsorgungswege möglich sind, bzw. welche Untersuchungen für eine geordnete Entsorgung erforderlich sind. Eine sorgfältige Darstellung dieses Sachverhaltes kann als Dokumentation (Punkt 2) in die Abfalleinstufung einfließen.

10 Abschließende Gedanken

Mit Anwendung der Checkliste kann erreicht werden, dass häufige Fehler erkannt und künftig vermieden werden. Die Qualität eines Gutachtens zeichnet sich aber nicht dadurch aus, dass der Gutachter Leitfäden anwenden kann, sondern dass er mit seiner Erfahrung eine für den jeweiligen Fall optimale Lösung findet. Der gute Gutachter bringt dabei Erfahrung, Kreativität und die Fähigkeit, auf die Bedürfnisse des Auftraggebers und der zuständigen Behörden einzugehen, ein. Der schlechte Gutachter wird im Regelfall schon an der regelkonformen Abarbeitung der Checkliste scheitern. Es wäre sinnvoll solche Gutachten nicht länger zu akzeptieren.

„Fackelteich“, ein Fall aus der Praxis

REINHARD SUDHOFF

Die Erkundung der Kleingartenanlage „Fackelteich“ steht stellvertretend für die Erkundung von Ablagerungskörpern mit heterogenem Inventar. Nach 100-jähriger Nutzungsgeschichte liegt erstmals ein möglicherweise vollständiges Bild des Belastungspfades Boden-Mensch vor. Neben der Schadstoffproblematik ist in diesem Fall auch die kurze Halbwertszeit von Informationen sehr auffällig.

Chronologie:

- 1910–1932** Schuttablageplatz (Mülldeponie), noch während des Betriebes wurden erste Flächen als Kleingärten genutzt.
- Seit **1928** Kleingartenverein Fackelteich
- 1943** Abwurf von mindestens 200 Bomben auf die Kleingartenanlage, in der sich zu der Zeit eine Flakstellung befand.
- 1984/85** Bei ersten Schadstoffuntersuchungen werden erhöhte Schwermetallgehalte nachgewiesen: Blei bis 660 mg/kg, Kupfer- und Zinkgehalte sind erhöht.
- 1988** Schadstoffuntersuchungen mit Landesmitteln (AFR). Ergebnisse: Abdeckungsstärke 50 cm, Blei bis 3920 mg/kg, Kupfer- und Zinkgehalte sind erhöht.
- 1988–1990er** Grundwassermonitoring zeigt keine Belastungen mit Schwermetallen. Spuren von PAK (0,1 µg/l) und CKW (0,2 µg/l)
- 1995/97** Nutzungsempfehlungen: Gründliches Waschen von Gemüse, kein Anbau von Pflanzen mit großer Oberfläche, Aufbringen von unbelastetem Boden, Kontakt der Kinder mit Boden nicht zulassen.
- 1996** Human Bio-Monitoring an 50 Personen (Blut und Urin): Arsen, Cadmium, Kupfer und Bleiwerte weisen keine Auffälligkeiten im Vergleich zu anderen Kleingärtnern auf.
- 2015** Ergebnis einer Begehung: Anbauempfehlungen werden nicht beachtet, Kinderspielflächen auf offenen Bodenflächen, Nutzungsempfehlungen wurden an neue Kleingärtner nicht weitergegeben und von den anderen überwiegend verdrängt. Nur einzelne Nutzer kamen der Empfehlung nach, Boden aufzubringen.
- 2015** Gefahrerforschungsmaßnahmen zur Verifizierung der aktuellen Belastung: Rasterförmige Untersuchungen des Bodens in ausgewählten Gärten mit Hilfe des Göttinger Bohrstocks (18, 16, 14 mm). Stark schwankende PAK- und Schwermetallgehalte. Faktor 2 innerhalb des gleichen Gartens und sogar innerhalb einer Probe. Abdeckung nicht bzw. nur partiell vorhanden. Bewertung erfolgt wegen der heterogenen Ablagerungsmaterialien nicht gartenbezogen sondern für die Gesamtfläche. Bewertet wurde der Mittelwert zuzüglich der Streuung des Mittelwertes (Abfallmethode). Ergebnisse: Blei 614 mg/kg, Benzo(a)pyren 2,1 mg/kg, Arsen 27,6 mg/kg
- Mai 2016** Information der Betroffenen durch Informationsveranstaltung, Veröffentlichungen und Merkblätter in den drei Hauptsprachen der Gartennutzer. Erweiterte Nutzungsempfehlungen: Handschuhe bei Gartenarbeit, Anbau von Gemüse in Hochbeeten, Abdeckung des Bodens.
- 20. September 2016** Gründung Projektbeirat

Juni bis Oktober 2016 Variantenstudie:

Die Untersuchung zur Ermittlung der Entsorgungskosten wurde mit Hilfe von Schürfen durchgeführt. Die Ergebnisse bestätigen die bisherigen Untersuchungen.

5 Varianten werden vorgeschlagen:

- a. Bodenaustausch zwischen den Gebäuden,
- b. Abdeckung der Gesamtfläche,
- c. Aufgabe der Fläche und Einzäunung, Neuerrichtung auf anderer Fläche,
- d. Flächiger Bodenaustausch bis 1 m Tiefe und
- e. Vollständiges Entfernen der Ablagerung auf ca. 70 % der Fläche, Umlagerung des Deponats auf das verbliebene Drittel. Dort Modellierung eines Hügels.

2017 Projektbeirat favorisiert 2 Varianten. Entweder Neuanlage der Gärten auf anderer unbelasteter Fläche oder vollständiges Entfernen der Ablagerung auf ca. 70 % der Fläche und Neuanlage nach Wiederauffüllung mit unbelastetem Boden.

Bisheriges Fazit:

1. Behördliche Empfehlungen werden innerhalb weniger Jahre vergessen.
2. Hinweise auf die fehlende Abdeckung wurden bisher in den Gutachten nicht ausreichend kommuniziert oder sogar übersehen. Die Bedeutung einer sorgfältigen Geländebegehung und Beschreibung wird oft unterschätzt.
3. Bei der Bewertung von mit Abfällen aufgefüllten Bereichen sollten die LAGA Methoden PN98 und Methodensammlung Abfalluntersuchung berücksichtigt werden.
4. Die Gründung eines Projektbeirates verbessert die Kommunikation zwischen den Betroffenen und der Behörde und verbessert neben der Akzeptanz auch die Qualität der gutachtlichen und behördlichen Arbeit.

Ehemaliger Kupferhüttenstandort Richelsdorf „Alte Hütte - Neue Lasten“

JÖRG HARTMANN, ZRINKO REZIC & DIETER BAUN

Einleitung (Projekthistorie)

Das Projektgebiet liegt im Landkreis Bad-Hersfeld in der Gemeinde Wildeck, Ortsteil Richelsdorf. Das Gelände liegt auf einer Höhe von etwa 265 m NN. Im Zentrum des Tales fließt der Weihebach in östliche Richtung (Abb. 1). Das Areal befindet sich außerhalb von Trink- oder Heilquellenschutzgebieten.

Auf dem ehemaligen Kupferhüttenstandort in Richelsdorf lagern auf der Talsohle flächenhaft Schlacken aus der Kupfer- und Kobalterzverhüttung, die bis in das 16. Jahrhundert zurückverfolgt werden kann. Nach Einstellung der Erzverhüttung, Anfang des 20. Jahrhunderts, wurde auf dem Gelände bis gegen Ende der 1960er Jahre eine Weißpigmentpro-

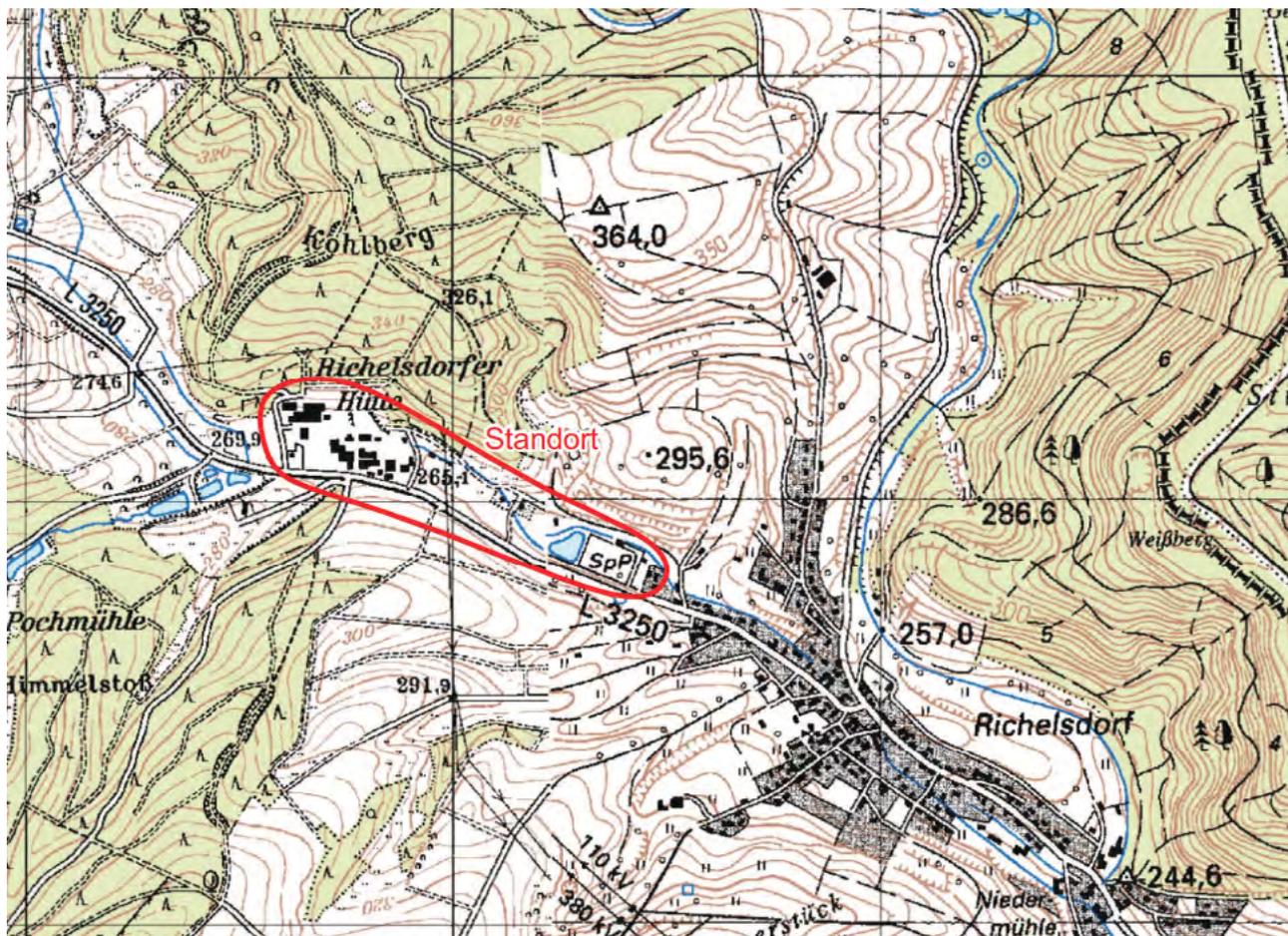


Abb. 1: Übersichtslageplan

duktion (Blanc fixe und Lithopone) betrieben, deren Rückstände am nördlichen Talrand (Rückstandshalde) aufgehaldet wurden. Aus den verschiedensten Produktionsrückständen resultieren hohe Schwermetallbelastungen des Bodens und des Grundwassers mit den Hauptschadstoffen Arsen, Cadmium und Zink. Während die Quelle für Cadmium und Zink vorrangig der südöstliche Bereich der Rückstandshalde (ungesättigte und gesättigte Zone) ist, wird Arsen insbesondere aus den Auffüllungen des Talgrunds eluiert (Abb. 2).

In 1991 wurde das Gelände der Rückstandshalde „Richelsdorfer Hütte“ durch das Regierungspräsidium Kassel zur Altlast festgestellt. Von Anfang 1992 bis August 2000 wurde eine hydraulische Grundwassersicherung zur Verhinderung des Austrags von schwermetallhaltigen Wässern aus der Altlast betrieben.

Im Jahr 1994 ist ein gestuftes Sanierungs- bzw. Sicherungskonzept entwickelt worden. Dieses umfasste im Kern die Sicherung des Oberflächengewässers Weihebach durch Verlegung des Baches auf einer Länge von 400 m aus dem Einflussbereich der Altlast. Diese Maßnahme erfolgte 1999. Anschließend

wurde ein früherer Stollen auf dem Werksgelände auf einer Strecke von 210 m mit Dämmern verfüllt. Zur Grundstücksentwässerung wurde ein Mischwassersammler mit einer Länge von 130 m neu verlegt. Weitere Maßnahmen zur Sicherung des Standortes waren die Umlagerung von belastetem Boden zur Haldenprofilierung, die Anhebung des pH-Wertes in der Halde durch Kalkung und die Aufforstung der Halde durch Pflanzen mit hoher Transpirationsrate. Im Jahr 2010 erfolgte die Wiederaufnahme der Grundwassersicherung.

Da jedoch aus den aufgehaldeten Produktionsrückständen eine fortwährende Schadstoffelution erfolgt, wäre diese hydraulische Sicherung über unabsehbare Zeiträume zu betreiben. Zur Erarbeitung eines umfassenden Sanierungskonzepts zum langfristigen Schutz des Grundwassers wurden im Jahr 2011 im Rahmen eines VOF-Verfahrens neue Sanierungsansätze diskutiert. In einer bis zum Frühjahr 2014 erstellten Variantenstudie wurden technisch machbare und wirtschaftliche Vorgehensweisen zur Sanierung erarbeitet und eine Sanierungsplanung zur Sicherung der Rückstandshalde erstellt. Als Ergebnis wird für den Standort der Rückstandshalde ein Sanierungskonzept verfolgt, welches eine Neuprofilierung

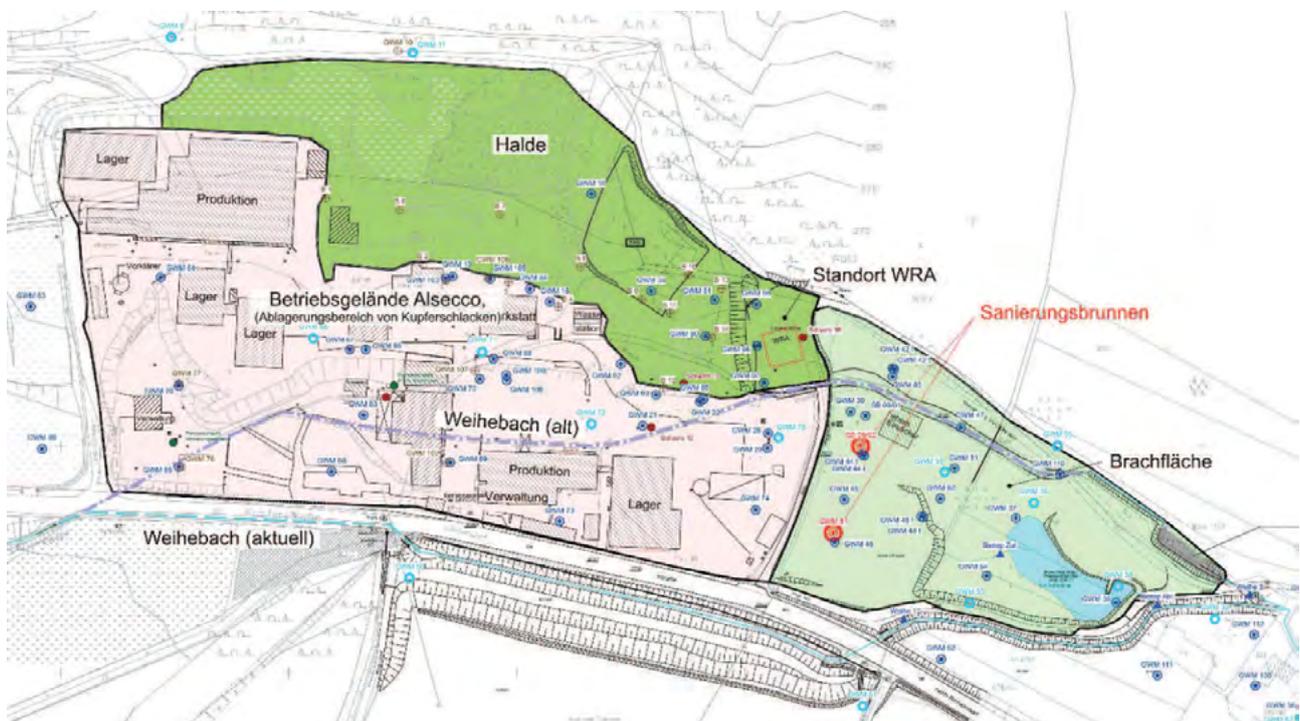


Abb. 2: Lageplan des Standortes mit Kennzeichnung wesentlicher Teilbereiche

mit Teilabtrag und Teilsicherung vorsieht.

Unter Berücksichtigung dieses Sanierungsansatzes wurden weitere Recherchen zur Bergbau- und Hüttenhistorie, geophysikalische Untersuchungen sowie Boden-, Haldenmaterial- und Grundwasserunter-

suchungen zur Standort- und Schadstoffsituation durchgeführt, die zu einem neuen Verständnis der hydrogeologischen Verhältnisse und der Schadstoffverteilung sowie zur Differenzierung von Standortbereichen mit unterschiedlichen Nutzungscharakteristika und Belastungsmustern führten.

Bergbaugeschichte und Produktionsprozesse

Die Schadstoffsituation erschließt sich erst bei einer näheren Betrachtung der Bergbaugeschichte des „Richelsdorfer Gebirges“ und der verschiedenen am Standort erfolgten Produktionsprozesse. So sind neben den Schadstoffbelastungen auf dem Werksgelände auch im abstromigen Weihebachtal Boden- und Grundwasserkontaminationen auszuweisen, die auf Rückstände aus den verschiedenen Produktionsprozessen am Standort der Richelsdorfer Hütte zurückgeführt werden können.

Die in dem zwischen Iba, Bauhaus und Nentershausen gelegenen Grubenrevier abgebauten Kupfer- und Kobalterze sowie der zur Weißpigmentproduktion verwendete Schwerspat (Baryt) wurden im Verlauf der bis zum Beginn des 16ten Jahrhunderts zurückzuverfolgenden Bergbau- und Hüttenhistorie in der Richelsdorfer Hütte aufbereitet und verarbeitet. Der Bergbau im Richelsdorfer Gebirge endete erst gegen Ende der 1950er Jahre des vorigen Jahrhunderts.

Nach den vorliegenden Informationen zur historischen Entwicklung wurde seit ca. 1514 bis 1880 am Standort eine Kupferhütte betrieben. Bis 1700 ist ausschließlich eine Verhüttung von Kupfererzen des Kupferschiefers belegt. Im 18ten und 19ten Jahrhundert erfolgte zudem die Verhüttung von Kobalt-Nickelerzen zur Blaufarbenproduktion. Diese Vererzungen bestanden aus Kobaltarseniden, Kobalt-Nickelarseniden (Co, Ni)As₃ und nickelhaltigen Arsenverbindungen wie Rotnickelkies (NiAs) oder Nickelkies (NiAs₂), die als Begleitminerale hydrothermalen Gangbildungen aus Schwerspat (Baryt) auftraten.

Der Verhüttungsprozess ist ähnlich dem der Kupferverhüttung. Arsen und Schwefel wurden vor dem Schmelzvorgang durch „Abrösten“ entfernt und gingen in die Verhüttungsrückstände ein. Beim Ab-

rösten der arsenhaltigen Kobalterze entstand im Hüttenrauch das wasserlösliche und toxische Arsenoxid (As₂O₃). Die Verhüttung dieser Kobalterze kann demnach als eine der Hauptschadstoffquellen der am Standort vorliegenden Bodenbelastungen durch Arsen angesehen werden. Der Kobaltbergbau verlor aber bereits im 19ten Jahrhundert mit der alternativen Verwendung von Ultramarin zur Blaufarbenproduktion wieder an Bedeutung.

1880 wurde die Richelsdorfer Hütte zu einer Spatmühle umgebaut und diente zur Aufbereitung von Schwerspat (Baryt), der primär zur Farbenherstellung Verwendung fand. Von 1936 bis 1969 wurden am Standort Weißpigmente (Blanc fixe und Lithopone) aus Schwerspat und Zinksulfid hergestellt. Das zur Produktion von Lithopone verwendete Zink wurde hingegen in stückiger Form oder als Zinkasche angeliefert.

Die auf dem Werksgelände liegende Halde aus Produktionsrückständen der Weißpigmentproduktion ist anhand der vorliegenden Schwefelspezies in einen Haldenbereich mit hohen Bariumanteilen in sulfidischer Bindungsform („Bariumhalde“) und eine „Zinkhalde“, in der überwiegend zinkhaltige Schlämme als Sulfate vorliegen, zu differenzieren. Hauptschadstoffparameter sind die Elemente Zink und Cadmium.

Während erhöhte Zink- und Cadmiumgehalte weitestgehend auf die Bereiche der Rückstandshalde und der ehemaligen Produktionsstätten der Weißpigmentproduktion beschränkt sind und zu einer massiven Beeinflussung des Grundwassers führen, die bis in den weiteren Abstrom des Geltungsbereiches des Altlastenstandortes zu verfolgen ist, liegen die Arsenbelastungen in heterogener Verteilung in den, im Umfeld der ehemaligen Produktionseinrichtun-

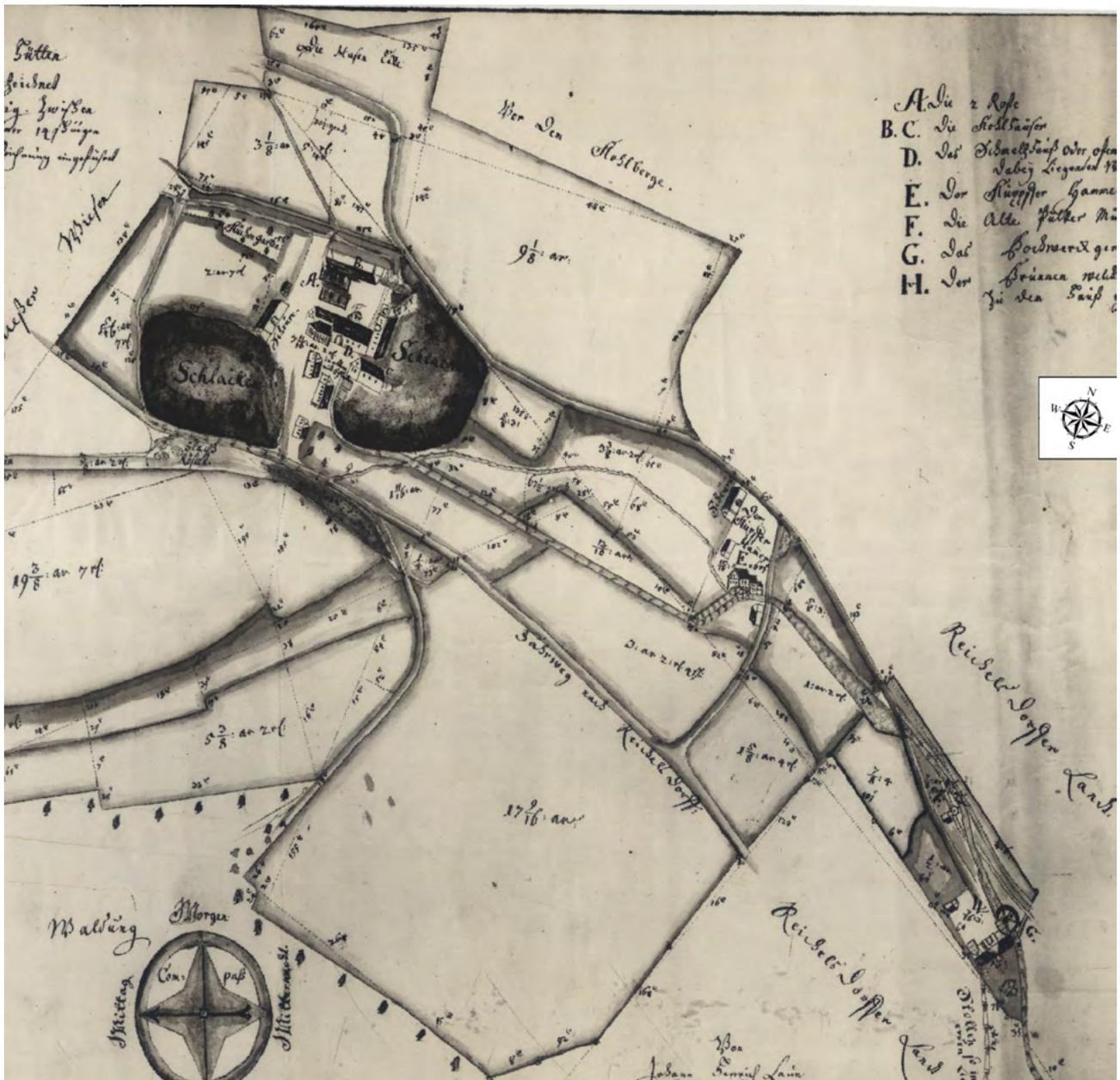


Abb. 3: Ausschnitt aus dem Rissbild der Richelsdorfer Hütte von 1742

gen zur Aufbereitung und zur Verhüttung der Kupfer- und Kobalterze, auf den Talboden aufgebrachten Produktionsrückständen (Pochsande, Stäube, Schlacken, etc.) vor. Die resultierenden Grundwasserbeeinflussungen sind unmittelbar an die Feststoffbelastungen gebunden, von lokaler Natur und als „ortstreu“ zu charakterisieren.

Alle Produktionseinrichtungen zur Aufbereitung und zur Verhüttung der Kupfer- und Kobalterze

wie ein Garherd, ein Röstofen oder zwei Pochwerke wurden unmittelbar am Weihebach errichtet, dessen Wasserkraft zum Antrieb von Mühlrädern verwendet wurde. Aufgrund der hohen Bedeutung der Wasserkraft für den Verhüttungsstandort war der Verlauf der Weihe im Zuge des mehr als 500 Jahre andauernden Bergbaus im Richelsdorfer Gebirge vielfach großen Veränderungen unterworfen. Die Weihe war in dem Sinne kein naturnahes Fließgewässer, sondern wurde vielmehr zu einem technischen Bauwerk, mit

Mühlgräben und verschiedenen Wehranlagen zur Regulierung der Wasserzuläufe, umfunktioniert. Die seit dem 18ten Jahrhundert dokumentierten Verläufe der Weihe unterlagen vielfachen Änderungen und

sind mit dem aktuellen oder den z.T. erst im 20ten Jahrhundert geänderten Verläufen zu einem Großteil nicht identisch.

Übersichtskartierung oberflächennaher Schwermetallbelastungen entlang des Weihetals

Vor dem Hintergrund der erweiterten Kenntnisse über die Lage der verschiedenen Mühlenstandorte wurden in 2015 und 2016 Übersichtskartierungen oberflächennaher Schwermetallgehalte entlang des Weihetals durchgeführt. Diese Bodenuntersuchungen wiesen insbesondere im Einflussbereich der ehemaligen Mühlenstandorte, an denen zu Betriebszeiten der Richelsdorfer Hütte Erze aufbereitet wurden, das Halbmetall Arsen als bewertungsrelevanten Parameter aus. Offensichtlich ist es hierbei zu maßgeblichen Bodenbeeinflussungen im Umfeld der alten Mühlen gekommen.

Erhöhte Arsengehalte liegen über die eigentlichen Wirk- und Ablagerungsbereiche der ehemaligen Produktionsstätten hinaus in Auffüllungen und holozänen Auensedimenten vor und sind entlang des

Verlaufs der Weihe zu verfolgen. Die Untersuchungsbefunde legen die Vermutung nahe, dass die Bodeneinträge von Arsen in den abstromig der Produktionsstätten gelegenen Flächen v. a. auf Schweb- und Schwemmstoffe zurückzuführen sind, die über die Weihe verfrachtet wurden.

Eine erhöhte Bewertungsrelevanz lag in dem Umstand, dass mit zunehmender Ortsnähe zur Gemeinde Richelsdorf empfindlichere Flächennutzungen auszuweisen waren. Die Untersuchungsbefunde wiesen im alten Talboden lokal hohe Arsengehalte oberhalb nutzungsspezifischer Prüfwerte der BBodSchV auf und führten auf einem Wohngrundstück, auf einer Grünlandfläche sowie auf einem Freizeitgelände mit Kinderspielflächen zur Ausweisung schädlicher Bodenveränderungen (Abb. 4).



Abb. 4: Freizeitgelände mit Kinderspielflächen

Bodenuntersuchungen zur Schadstoffsituation in der Ortslage Richelsdorf

Aus dieser latenten Gefährdung des oberflächennahen Bodens durch erhöhte Arsengehalte in nutzungssensiblen Flächenbereichen als Folge historischer Verfrachtungen von Produktionsrückständen über die Weihe sowie der damit verbundenen Gefährdung des anstehenden Grundwassers leitet sich eine grundsätzliche Notwendigkeit zur Erkundung des Unterlaufs der Weihe ab.

Im August 2016 wurden im Rahmen einer zwischen der HIM-ASG, der Gemeinde Wildeck und dem Regierungspräsidium Kassel – Dezernat Grundwasserschutz, Wasserversorgung, Altlasten, Bodenschutz

abgestimmten Sofortmaßnahme die im Ortsbereich von Richelsdorf gelegenen Standorte einer Minigolfanlage und eines Kinderspielplatzes erkundet und hinsichtlich der im Oberboden vorliegenden Gehalte an Schwermetallen einschließlich Arsen untersucht.

Wegen erhöhter Arsengehalte bis zu einem Mehrfachen der nutzungsspezifischen Prüfwertniveaus von 125 mg As/kg und 25 mg As/kg sind an beiden Standorten schädliche Bodenveränderungen auszuweisen. Im Rahmen einer Schutz- und Beschränkungsmaßnahme wurden die Flächen gesperrt und eine weitergehende Nutzung untersagt (Abb. 5).



Abb. 5: Minigolfanlage im Ortsbereich von Richelsdorf

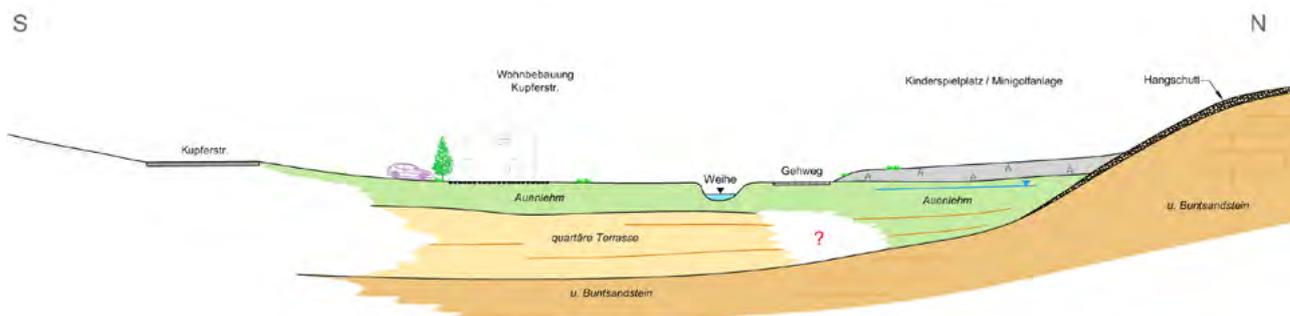


Abb. 6: Idealisierter geologischer Profilschnitt durch das Weihetal

Die als deutlich erhöht einzustufenden Arsengehalte reichen mit Konzentrationen bis zu 3.200 mg/kg über die rd. 1,0 m mächtigen Auffüllungen hinaus bis in die unterlagernden Auenlehme des wasser-gesättigten, anstehenden Untergrundes. Nach Zeitzeu-genaussagen resultieren die belasteten Auffül-lungen aus Bachsedimenten und Schlamm, die bei der Reinigung eines alten Mühlgrabens anfielen und jeweils auf den unmittelbar angrenzenden Flächen abgelagert wurden. Diese Eintragsquelle kann beim gegenwärtigen Kenntnisstand in ihrer räumlichen Erstreckung als an den Verlauf des alten Mühlgrabens gebunden angesehen werden.

Die von dem ehemaligen Hüttenstandort ausgehenden Beeinflussungen reichen letztendlich über den ursprünglichen räumlichen Geltungsbereich des Altlastenstandortes hinaus und sind entlang des Wei-hetals über eine Erstreckung von aktuell 1,2 km bis in die Ortsmitte von Richelsdorf zu verfolgen. Ob-wohl selbst nicht in dem ehemaligen Bergbauebiet gelegen, wurde auch die Gemeinde Richelsdorf von der mehr als 500 Jahre andauernden Geschichte des Bergbaus im Richelsdorfer Gebirge eingeholt. Vor diesem Hintergrund wurde ein mehrstufiges Unter-suchungskonzept zur Identifikation, Erkundung und Bewertung weiterer potentieller Verdachtsflächen in der Ortslage von Richelsdorf aufgestellt.

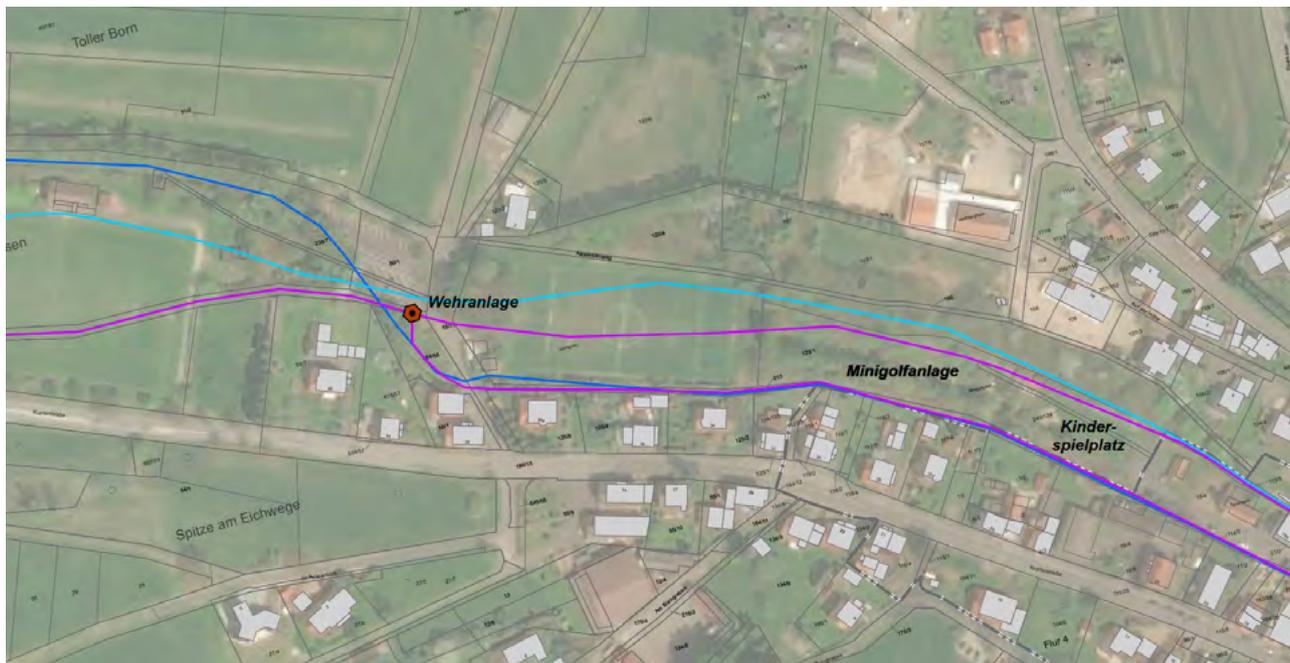


Abb. 7: Untersuchungsbereiche in Richelsdorf mit aktuellem Verlauf der Weihe (dunkelblau) und georeferenziert für die Zeiträume 1885/86 (hellblau) sowie 1927 (violett)

In einem ersten Untersuchungsschritt wurde eine Übersichtskartierung oberflächennaher Schwermetallbelastungen zur Identifikation und Abgrenzung anthropogen beeinflusster Böden veranlasst. Die Untersuchungen beinhalten neben der Durchführung von Bohrsondierungen zur punktuellen Entnahme von Bodenproben eine Erfassung der Nutzungssituation im Untersuchungsgebiet, die durch Zeitzeugenbefragungen zur Nutzungshistorie ergänzt wurde. Im Zuge der Begehungen wurden die Grundstücksnutzungen erfasst und potentiell untersuchungsrelevante Flächen ausgewiesen. Neben landwirtschaftlichen Flächen zur Grünfutttergewinnung waren Sport- und Freizeitanlagen, ein Kinderspielplatz sowie die Freizeitgärten der Wohnbebauungen als nutzungsempfindliche Flächen auszuweisen (Abb. 7).

Unter Einbeziehung der verschiedenen Nutzungsszenarien sollten die Untersuchungsergebnisse Aufschluss darüber geben, ob weitergehende orientierende Untersuchungen der Expositionspfade Boden \Rightarrow Mensch oder Boden \Rightarrow Nutzpflanze gemäß BBodSchV erforderlich sind.

Nach Abschluss der Erkundungsuntersuchungen konnte auf den Grünlandflächen und auf zwei Sportplätzen der Verdacht schädlicher Bodenveränderung oder Altlasten als ausgeräumt angesehen werden.

Die an der Minigolfanlage und dem Kinderspielplatz, auf der nördlichen Uferseite der Weihe, detektierten Bodenbeeinflussungen durch Arsen reichen hingegen bis in die auf der südlichen Uferseite gelegenen



Abb. 8: Wohnbebauung mit Freizeitgärten entlang der Kupferstraße (L 3250)

Wohngrundstücke und erstrecken sich auf einzelnen Grundstücken über die gesamte Grundstücksfläche hinweg bis an die Landstraße L 3250 (Kupferstraße). Auf den Wohngrundstücken wurden stark streuende Arsengehalte unterhalb des Prüfwertes bis zu einer mehrfachen Überschreitung des Prüfwertes für Wohngebiete (Haus- und Kleingärten, Tabelle 1.4 BBodSchV) von 50 mg/kg in den bis 0,35 m u. GOK untersuchten Bodenhorizonten detektiert. Bereits 50 % der Analysenbefunde (Median) liegen im Bereich oder bereits oberhalb des Prüfwertes. Der Max-Wert lag bei 2.190 mg As/kg. Begleitend sind Überschreitungen der Prüfwerte für Cadmium (2,0 mg/kg) und/oder Nickel (140 mg/kg) zu verzeichnen. Die auf einzelnen Grundstücken deutlich verringerten Konzentrationshöhen unterhalb des Prüfwertes von 50 mg As/kg sind vermutlich auf Bodenveränderungen im Zuge von Baumaßnahmen zurückzuführen.

Da der Kontaminationsverdacht anhand des vorliegenden Probenkollektivs punktueller Untersuchungen nicht als ausgeräumt angesehen werden konnte, wurden auf den 14 entlang der Landstraße L 3250 (Kupferstraße) gelegenen Wohngrundstücken sowie auf einer im Ortskern von Richelsdorf gelegenen Kindertagesstätte die Entnahmen flächenhafter Bodenmischproben im Rahmen einer orientierenden

Erkundung gemäß BBodSchV für notwendig erachtet. Zur rasterartigen Entnahme tiefenorientierter Bodenproben wurden in den unversiegelten Freiflächen im Umfeld der Wohnbebauung 33 untersuchungsrelevante Mischprobenbereiche ausgewiesen und 64 Oberflächenmischproben aus den Tiefenbereichen 0,0 - 0,1 m und 0,1 - 0,35 m (Wirkungspfad Boden \Rightarrow Mensch) entnommen. Auf einem Wohngrundstück war zudem eine Nutzgartenfläche zu unterscheiden, auf der zusätzlich zwei Oberflächenmischproben aus den Tiefenbereichen 0,0 - 0,3 m und 0,3 - 0,6 m entnommen wurden.

Während auf der Kindertagesstätte keine Notwendigkeit zur Ausweisung einer schädlichen Bodenveränderung bzw. keine Nutzungseinschränkung als Kinderspielfläche resultierte, wiesen die Analysenbefunde auf 11 Wohngrundstücken Prüfwertüberschreitungen für Arsen aus. In vier Probenahmefeldern ist der Prüfwert in mindestens einem der beiden Entnahmebereiche mehr als 2-fach überschritten. In einem Probenahmefeld lag der Arsengehalt um mehr als das 10-fache oberhalb des Prüfwertes. Alle Mischprobenfelder, auf denen Prüfwertüberschreitungen zu verzeichnen sind, liegen in den an die Weihe angrenzenden Grundstücksbereichen.

Human-toxikologische Bewertung des Gefahrenpotentials

Zur human-toxikologischen Bewertung und Einstufung der im Bereich der Wohngrundstücke sowie auf der Minigolfanlage und dem angrenzenden Kinderspielfeld detektierten Bodenbelastungen durch Arsen werden weitere Untersuchungen als notwendig erachtet. Bei diesem abgestuften Verfahren der Gefahrenbeurteilung ist grundsätzlich zwischen einem „Vorsorgebereich“ und einem „Gefahrenbereich“ zu unterscheiden. Zur Ableitung eines standortspezifischen Eingriffswertes im Boden als Maßnahme des vorsorgenden Gesundheitsschutzes soll an ausgewählten Bodenproben aus den Grundstücksbereichen mit Arsengehalten > 100 mg/kg (2-facher

Prüfwert für Wohngrundstücke) die Resorptionsverfügbarkeit von Arsen gemäß DIN 19738:2004-07 bestimmt werden.

Zur Überprüfung einer etwaig vorliegenden Gefahr für die menschliche Gesundheit wird zudem die Durchführung eines Biomonitorings auf Basis von Urinuntersuchungen unter den Bewohnern von Richelsdorf diskutiert. Die Teilnahme an diesem Biomonitoring würde auf freiwilliger Basis erfolgen und könnte u. a. unter Mitwirkung des Gesundheitsamtes des Landkreises Hersfeld-Rotenburg noch in den Sommermonaten des Jahres 2017 realisiert werden.

Ausblick

Aufgrund der hohen Bewertungsrelevanz steht auch bei den weiteren Erkundungsschritten das Schutzgut der menschlichen Gesundheit im Vordergrund. Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass sich die am Minigolfplatz und Kinderspielplatz in deutlich erhöhter Konzentrationshöhe ermittelten Arsenbelastungen entlang des verfüllten Mühlgrabens in Richtung einer ehemaligen Kornmühle (Kinkelsmühle) fortsetzen. Der Belastungsbereich ist entlang der Weihe nach Osten nicht abgegrenzt. Bodenuntersuchungen zur punktuellen Untersuchung des Verdachts schädlicher Bodenveränderung oder Altlasten analog der vorgestellten Untersuchungskampagne wurden bereits im Februar, März 2017 ausgeführt und werden gegenwärtig ausgewertet.

Die Untersuchungsbefunde ermöglichen zudem eine orientierende Gefährdungsbeurteilung des Wirkungspfades Boden ⇒ Grundwasser. Die hinsichtlich des Wirkungspfades Boden ⇒ Grundwasser durchgeführten Untersuchungen wurden zwar noch nicht abschließend ausgewertet, grundsätzlich ist jedoch bereits zum gegenwärtigen Zeitpunkt festzuhalten, dass die entlang der Weihe vorliegenden Bodenbelastungen durch Arsen schädliche Beeinflussungen des Grundwassers möglich erscheinen lassen. Hohe Freisetzungsraten des Elements Arsen in Bodenproben des anstehenden Untergrundes (ungesättigte und gesättigte Zone) belegen ein akutes Gefährdungspotential.

Da das, zur Erfassung des Grundwasserabstroms aus dem alten Verhüttungsstandort, ausgebaute Grundwassermessstellennetz gegenwärtig nur bis zum westlichen Ortsrand von Richelsdorf reicht, ist in 2017 noch der Ausbau von qualifizierten Grundwassermessstellen zur Gefährdungsbeurteilung der, aus den hohen Freisetzungsraten des Elements Arsen, resultierenden Grundwasserbeeinflussung vorgesehen.

Ausschnitt aus dem Verzeichnis der weiterführenden Literatur zur Bergbaugeschichte des Richelsdorfer Gebirges und der Kupferhütte Richelsdorf:

1. Accurater Abriss der königl. hochkürfl. Kupfer Hütten Hammer (w2189b054), Bergbehörde Wiesbaden, Staatsarchiv
2. General-Grund- und Profil-Riss vom kurfürstlichen Richelsdorfer Kupferschiefer- und Kobalt-Bergbau (w0122b007), Staatsarchiv Marburg
3. Übersichtskarte der Richelsdorferwerke, IX 109 (w0122b004), Bergbehörde Wiesbaden, Staatsarchiv
4. Photographische Ansichten Kupferschmelzwerk, Barytwerk und Chem. Fabrik, Wirtshaus Hammermühle, ca. 1906, Bergbaumuseum Nentershausen
5. Übersichtskarte der Richelsdorferwerke mit Verlauf des Friedrichsstollen (n. datiert), Bergbaumuseum Nentershausen
6. Gundlach H. & Stoppel D. (1966): Zur Geologie und Geochemie der Schwerspatlagerstätten im Unterwerra-Grauwackengebiet. – Hessisches Landesamt für Bodenforschung 94; 310-337
7. Röhring M. (1998): Bergbau im Richelsdorfer Gebirge im 20. Jahrhundert, die Gewinnung von Kupferschiefer und Schwerspat bei Sontra in Hessen. – Hessische Forschungen zur geschichtlichen Landes- und Volkskunde 33,356 S.
8. Schneider, Konrad (2003): Kupfermünzen für Richelsdorf – Eine Berg- und Hüttenverwaltung versorgt sich selbst mit Lohngeldern, Zeitschrift des Vereins für hessische Geschichte (ZHG) Band 108, S. 95 – 106, 2003
9. Sippel, Klaus (1999): Der Kupferschieferbergbau im Richelsdorfer Gebirge, Führungsblatt zu spätmittelalterlichen und neuzeitlichen Relikten bei Iba und Nentershausen, Kreis Hersfeld-Rotenburg, Hrsg. Landesamt für Denkmalpflege Hessen und Archäologische Gesellschaften in Hessen e.V., Wiesbaden 1999

Komplexe Grundwassersanierung mittels Airsparging am Standort eines ehemaligen NATO-Ölhafens

MARCUS ALTER & GREET SCHRAUWEN

Einleitung

Der Erfolg von Altlastensanierungen hängt maßgeblich von den Randbedingungen und den sanierungsbegleitenden Steuerungsmaßnahmen ab.

- Ist der Standort gut genug erkundet worden?
- Besteht ein Nutzungskonflikt auf der zu sanierenden Fläche?
- Kann der Sanierungsfortschritt mit den zur Verfügung stehenden Daten hinreichend genau beurteilt werden?

- Ist ein System zur kontinuierlichen Optimierung der Sanierung implementiert und wird nachgehalten?

Das Airsparging-Projekt wies im Hinblick auf diese Fragestellungen etliche Herausforderungen auf, deren Berücksichtigung im Vortrag dargestellt und diskutiert werden soll.

Ausgangssituation

Auf dem Gelände des ehemaligen NATO-Ölhafens, einem Nachbargrundstück des Kraftwerks Staudinger in Großkrotzenburg, das das Kraftwerk im Jahr 2004 erworben hat, lag aufgrund der Vornutzung eine Kontamination des Bodens und des Grundwassers mit AKW vor. Aufgrund der geplanten Bebauung des Geländes mit einem Kreiskohlelager erfolgte die Erkundung und Sanierungsplanung unter hohem zeitlichem Druck. Zudem musste die parallel

zur Sanierung des Areals durchgeführte Bebauung mit einem großen Kohlelager berücksichtigt werden. Weitere Fremdeinflüsse ergaben sich durch eine substantielle Verringerung der Mächtigkeit der ungesättigten Zone, bedingt durch die erforderliche Schaffung eines Retentionsraumes. Als natürliche Randbedingung war die Flussnähe mit erheblichen Wasserstandsschwankungen bis hin zu Hochwässern zu berücksichtigen.

Herangehensweise

Die Errichtung der Sanierungsinfrastruktur konnte durch ein zweiphasiges Vorgehen mit der parallel ablaufenden Bebauung in Einklang gebracht werden; die Sanierung stand somit einer Neunutzung der Fläche nicht im Weg. Bei der Sanierungsplanung wurde bezüglich der flächigen Abdeckung des Sanierungsareals mit Sanierungspegeln und der Kapazität der Anlagentechnik ein Sicherheitszuschlag

berücksichtigt. Dabei war man sich bewusst, dass dennoch Nachbesserungen nötig werden können. Für die Überwachung des Grundwassers unter dem Bauwerk wurden Spezialmessstellen konstruiert. Letztlich wurde mit der aktiven Sanierung, einer Kombination aus Air-/Biosparging/Bodenluftabsaugung, zu unterschiedlichen Zeiten (Anfang 2008 bzw. Ende 2009) in zwei räumlich benachbarten Be-



Abb. 1: Leitungsführung unter das Bauwerk



reichen begonnen. Die Sanierungsinfrastruktur bestand aus 64 Airsparging- und 35 Bodenluftabsaugbrunnen. Die laufende Sanierung unterlag vielfachen Optimierungs- bis hin zu ergänzenden Erkundungsmaßnahmen:

- Anpassung der Airspargingraten und flächigen Verteilung je nach Bedarf und Sanierungsverlauf,
- Änderungen der Absaugraten und des abgesaugten Areals bis zur endgültigen Einstellung des Airsparging,
- Nacherkundung im Abstrom und Verdichtung der Airsparging-Infrastruktur (8 zusätzliche Airspargingbrunnen).

Sanierungserfolge

Die Sanierungszielwerte wurden im gesamten nördlichen Bereich und im westlichen Abstrom erreicht. Weiterhin hat die Schadstoffmenge insgesamt deutlich abgenommen. Dies wurde belegt durch:

- eine Verringerung der Größe der kontaminierten Fläche,
- Abnahme der Schadstoff-Fracht (Frachtbetrachtung),

Weitere Vorgehensweise

Aufgrund der Teilsanierungserfolge und unter Berücksichtigung der in Hessen angewendeten Prüfkriterien für MNA konnte mit der Behörde eine einjährige testweise Abschaltung des Airsparging für 2016 abgestimmt werden. Ziel war es, die ausrei-

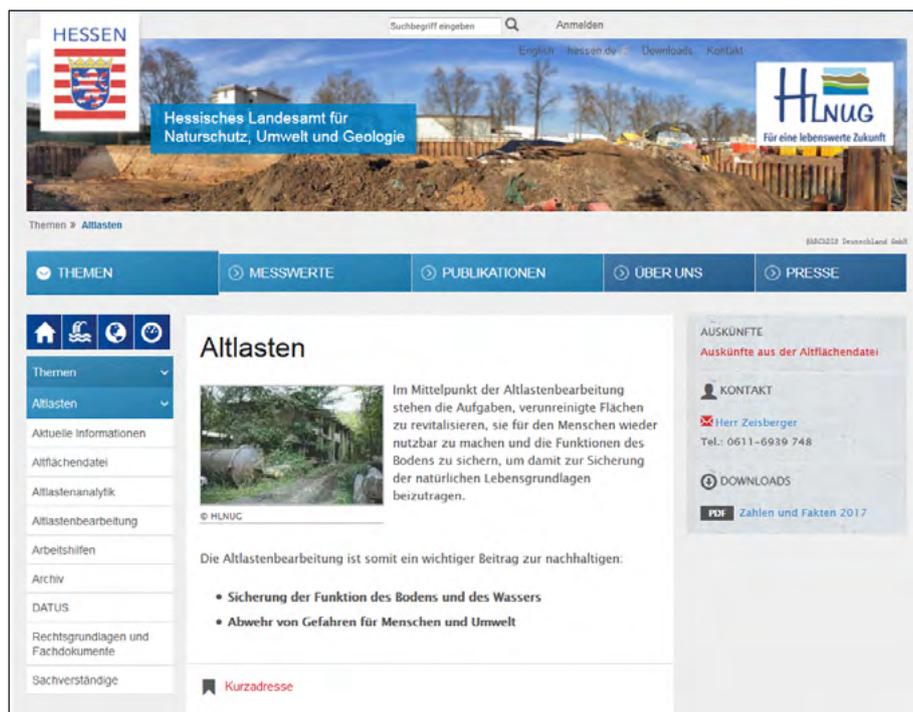
Ziel war, die aktive Sanierung nach der projektierten Sanierungsdauer von sechs Jahren mit einer ca. zweijährigen Nachüberwachung zu beenden. Eine der Herausforderungen war häufig die Bewertung der an den Messstellen gemessenen Schadstoffkonzentrationen, da diese durch starke Grundwasserstandschwankungen, Fließrichtungsänderungen bis hin zur Fließrichtungsumkehr des Grundwassers (bedingt durch den nahen Main) erheblichen Schwankungen unterlagen. Die Akzeptanz des daher gewählten integrierten Ansatzes zur Bewertung (Berücksichtigung der Hydrogeologie, von AKW-Ganglinien, Redoxmilieu, Bodenluftdaten etc.) konnte auch durch die Anwendung eines Partikeltracking für die AKW erhöht werden.

- Änderungen des Redoxmilieus (Verkleinerung des anaeroben Bereiches).

Trotz der genannten Optimierungsmaßnahmen und Sanierungserfolge war im Jahr 2015 absehbar, dass die festgelegten Sanierungsziele nach der vorgesehenen Sanierungsdauer von 6 Jahren nicht vollständig erreicht werden.

chende Wirksamkeit der natürlichen Abbauprozesse ohne den unterstützenden Einfluss der Sanierung zu überprüfen und bei Einhaltung der aufgestellten Kriterien ein MNA-Konzept zu erstellen.

Altlasten im Internet: <http://www.hlnug.de/themen/altlasten>



<http://www.hlnug.de/themen/altlasten>

Unter dem Thema Altlasten bietet das HLNUG Informationen und Grundlagen zur Unterstützung der Altlastenbearbeitung in Hessen an:

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

Das Informationsangebot umfasst u.a.

- Eine Vorschau auf aktuelle Fachveranstaltungen des HLNUG im Altlastenbereich, Hinweise auf Neuerscheinungen der Handbuchreihe Altlasten
- Zahlreiche Handbücher, Arbeitshilfen, Rechtsgrundlagen und Fachdokumente zur Unterstützung der Altlastenbearbeitung und der Altlastenanalytik
- Informationen über die Altflächendatei mit Hinweisen zur Erteilung von Auskünften
- Die Bereitstellung des Datenübertragungssystems DATUS für die Übermittlung von Daten von externen Stellen in die Altflächendatei
- Das Verzeichnis der in Hessen nach § 18 Bundesbodenschutzgesetz anerkannten Sachverständigen

Arbeitshilfen

Handbuchreihe Atlanten

Handbuch Atlanten, Band 1 Atlantenbearbeitung in Hessen

(2., überarbeitete Auflage 2014) € 6,95

Volltext verfügbar *

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 Atlantenbearbeitung zu erarbeiten und zu veröffentlichen.

Die verschiedenen Bände des Handbuchs Atlanten informieren Fach- und Vollzugsbehörden, öffentliche Gebietskörperschaften, Sachverständige und Untersuchungsstellen sowie die interessierte Öffentlichkeit über die technischen und rechtlichen Aspekte der Atlantenbearbeitung; insbesondere angesprochen sind auch Betroffene und Verursacher von Atlanten. Das Handbuch Atlanten 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 Atlantenbearbeitung und informiert über rechtliche, finanz- und datenverarbeitungstechnische Grundlagen. Das Handbuch war erstmals im Jahr 1999 erschienen und liegt nun als überarbeitete Neuauflage vor.

Handbuch Atlanten, 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 HLNUG 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.hlnug.de/themen/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

Untersuchung von altlastverdächtigen Flächen und Schadensfällen

€ 20,-

(2. überarbeitete Auflage 2014)

Volltext verfügbar *

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

Das 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

Untersuchung und Beurteilung des Wirkungspfades Boden Grundwasser - Sickerwasserprognose -

€ 15,-

(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 Rückhalte- und Abbauvermögens der ungesättigten Bodenzone lassen einen breiten Interpretationsspielraum zu. Computergestützte Stofftransportmodelle, die prinzipiell zur Beschreibung der Vorgänge in der ungesättigten Bodenzone geeignet sein könnten, sind nur in wenigen Fällen praktikabel. Daher hat das Hessische Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) in Zusammenarbeit mit einem

* <http://www.hlnug.de/themen/altlasten> unter Arbeitshilfen

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 HLNUG 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.hlnug.de/themen/altlasten> unter Arbeitshilfen

Teil 7 nur im Internet*
Arbeitshilfe zur Sanierung von Grundwasserverunreinigungen (2013)

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 schädli-chen Grundwasserverunreinigungen und Sanierun-gen bei Altlasten, schädlichen Bodenveränderungen 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 schädli-chen Bodenveränderung oder einem Grundwasser-

schaden ein Sanierungsbedarf besteht, sind vor allem die im Grundwasser gelöste Schadstoffmenge und die mit dem Grundwasser transportierte Schadstoff-fracht relevant. 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 Naturschutz, Umwelt und Geologie (Federfüh-rung) erarbeitet.

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 den vorgeschlagenen Bewertungsansatz bilden dabei Festlegungen aus anderen Fachbereichen. Außerdem wird das Grundwasser hinsichtlich seiner Empfind-lichkeit gegenüber z.B. Fließgewässern eingeordnet. Darüberhinaus enthält die Studie einen Überblick über theoretische Grundlagen und mögliche Einsatz-bereiche, zeigt aber auch Grenzen ökotoxikologi-scher Testverfahren als begleitendes und ergänzen-des Instrument der Altlastenbearbeitung auf.

* <http://www.hlnug.de/themen/altlasten> unter Arbeitshilfen

Handbuch Altlasten, Band 4 Rüstungsaltsstandorte

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

Im Handbuch Rüstungsaltsstandorte Teil 1 wird das methodische Vorgehen bei der historischen Erkundung altlastenverdächtiger Flächen aus der Zeit der ehemaligen Kriegs- bzw. Rüstungsproduktion sowie der Nutzung für Zwecke der militärischen Infrastruktur im Kriege beschrieben. Quellen zur Informationsbeschaffung werden genannt und ein Konzept zur Dokumentation der Recherche-Ergebnisse vorgestellt.

Teil 2 € 17,50 Materialien über ehemalige Anlagen und Produktionsverfahren auf Rüstungsaltsstandorten (1996)

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

Handbuch Altlasten, Band 5 Bewertung von Altflächen

Teil 1 € 7,50 Einzelfallbewertung (1998)

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

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

formulare erleichtern die Bearbeitung. Sie können per Hand oder mittels EXCEL bearbeitet werden. An Beispielen wird gezeigt, wie Wahrscheinlichkeit und Umfang von Umweltgefährdungen durch Altflächen abgeschätzt werden können. Beeinträchtigungen von Wasser, Boden und Luft werden mit Hilfe eines Punktesystems bewertet. Aus der Summe der erreichten Punkte ist ersichtlich, ob und welche weiteren Maßnahmen erforderlich sind.

Mit dem Band Einzelfallbewertung steht ein wirkungsvolles Instrument zur Verfügung, um gewonnene Daten zu strukturieren, nachvollziehbar zu interpretieren sowie weiteren Handlungsbedarf abzuleiten.

Handbuch Altlasten, Band 6 Sanierung von Altlasten

Teil 1 € 7,50 Arbeitshilfe zur Verfüllung bei der Sanierung von schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten (2007)

Volltext verfügbar *

Sanierungen von schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten („Bodensanierung“) erfolgen in Hessen häufig durch Aushub des kontaminierten Materials mit anschließender Verfüllung der Baugruben. Verfüllt werden im Sanierungsgebiet anfallende oder von außerhalb kommende Bodenmaterialien.

Dafür werden jährlich zigtausende Tonnen von Bodenmaterial verwendet. Bei der Verfüllung sollen nicht nur die Schadstoffbelastungen, sondern auch die Bodenfunktionen berücksichtigt werden. Das BBodSchG nennt in § 2 (2) natürliche Funktionen, Funktionen als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte sowie Nutzungsfunktionen.

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

Das heißt, diese Arbeitshilfe soll

- die allgemeinen Vorgaben, insbesondere des Bodenschutzrechtes, bei Verfüllungen in Sanierungsbereichen fachlich und rechtlich konkretisieren,

* <http://www.hlnug.de/themen/altlasten> unter Arbeitshilfen

- zuständigen Behörden eine allgemein gültige Grundlage für Beratungen und Entscheidungen liefern,
- erhebliche Unterschiede in der Sanierungspraxis vermeiden helfen und dazu beitragen, die Verfüllungsentscheidung nachvollziehbar zu gestalten.

Teil 3 nur im Internet*
Sanierungstechniken und -verfahren
 (2010)

(Dichtwände, Reaktive Wände, Biologische in-situ-Sanierungen)

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

Teil 4 € 10,-
Altablagerungen in der Flächennutzung
 (1996)

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

Handbuch Altlasten, Band 7
Analysenverfahren

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

Volltext verfügbar *

Das hier beschriebene Verfahren mündet sowohl in die Bestimmung der PAK mittels GC-MS als auch

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

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

Volltext verfügbar *

Die Extraktion der MKW mit 1,1,2-Trichlortrifluoethan wurde durch Aceton, Petrol Ether, Kochsalz und Wasser abgelöst, die Detektion erfolgt mit GC-FID. Hier handelt es sich um denselben Extrakt, wie er in Band 7 Teil 1 für die PAK beschrieben ist. Somit können aus einem einzigen, jedoch geteilten Extrakt gleich zwei eng zueinander gehörige Zielgruppen analysiert werden. Die Randbedingungen der Identifizierung und Quantifizierung sind deckungsgleich mit dem Konzept der für Böden im ISO TC 190 (ISO/DIS 16703: 2002) bereits seit vielen Jahren festgelegten Konzeption (C10 bis C40). Beide Verfahren, die FGAA-Methode und das des ISO/DIS, werden derzeit überarbeitet. So hat sich herausgestellt, daß der bei FGAA formulierte Umlösungsschritt durch zweimaliges Waschen mit Wasser ersetzt werden kann.

Beim Einengen des Extraktes besteht die Gefahr, daß bei hohen PAK-Konzentrationen diese im Petrolether ausfallen und vor der Extraktreinigung - ohne die Elutropie des Extraktes zu verändern - nicht wieder in Lösung gebracht werden können. Dagegen hat sich inzwischen beim ISO/DIS das Verhältnis von Extraktionsmittel zur Einwaage als zu gering herausgestellt.

* <http://www.hlnug.de/themen/altlasten> unter Arbeitshilfen

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 Wasseranalytik 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 sprengstofftypischen Verbindungen in Feststoffen aus dem Altlasten bereich mit Gaschromatographie (2006)

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

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

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

Teil 6 nur im Internet *
Arbeitshilfe - Angabe der Messunsicherheit bei Feststoffuntersuchungen aus dem Altlastbereich (2003)

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 Analyseverfahren im Prüfbericht anzugeben. Für die Laboratorien, die die Messunsicherheit angeben müssen, wurde eine Arbeitshilfe zum Thema „Unsicherheit von Messergebnissen“ erstellt. Diese enthält sowohl theoretische Grundlagen: Kapitel 3 und 4, als auch praktische Anwendungen: Anlagen. Sie wendet sich auch an Behörden, die bei der Bewertung von Analyseergebnissen zukünftig die Messunsicherheit berücksichtigen müssen (Kapitel 7). Die Arbeitshilfe behandelt neben einfachen Grundlagen nur die Bestimmung und Bewertung der Messunsicherheit bei der analytischen Untersuchung von Feststoffen, speziell von Altlastenproben. Die Unsicherheitsproblematik der Probennahme ist nicht Gegenstand dieser Abhandlung. Die Arbeitshilfe ist möglichst einfach gehalten und ohne größeren experimentellen bzw. mathematischen Aufwand durchführbar. Anwendern, die sich nicht für die theoretischen Grundlagen interessieren, wird empfohlen, nur die Kapitel 6 und 7 sowie die Anlagen 2 bis 4 zu lesen. Zusätzlich sind Vorschläge zur Vereinheitlichung der Angabe der Messunsicherheit sowie der Darstellung im Bericht gemacht worden.

* <http://www.hlnug.de/themen/altlasten> unter Arbeitshilfen

Handbuch Altlasten, Band 8 Überwachung

Teil 1 € 7,50
**Arbeitshilfe zur Überwachung natürlicher
 Abbau- und Rückhalteprozessen im
 Grundwasser (Monitored Natural At-
 tenuation MNA) (2. Aufl. 2005)**

Volltext verfügbar *

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

Der Geltungsbereich der Arbeitshilfe umfasst die natürlichen Abbau- und Rückhaltevorgänge im Grundwasser. Relevante Schadstoffe sind die organischen Schadstoffgruppen MKW, BTEX, LCKW und PAK. Diese werden im Hinblick auf ihr Ausbreitungsverhalten und ihre Abbau- und Rückhalteigenschaften dargestellt. Die maßgeblichen Parameter zur Beurteilung und Überwachung der natürlichen Schadstoffminderungsprozesse werden aufgeführt.

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

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

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

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

Volltext verfügbar *

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

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

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

Die vierte Arbeitshilfe beschäftigt sich mit verfahrensübergreifenden Kriterien, die bei einer Entscheidung über die Fortsetzung oder Beendigung von Überwachungsmaßnahmen herangezogen werden können.

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

* <http://www.hlnug.de/themen/altlasten> unter Arbeitshilfen

Sonstige Veröffentlichungen

Sanierungsbilanz

Altlastensanierung in Hessen € 8,00
Übersicht über den Einsatz von Sanierungsmaßnahmen 2010–2015 (2016)

Die Sanierungsbilanz gibt einen Überblick über die im Zeitraum 2010–2015 in Hessen bearbeiteten Sanierungsfälle. Die verwendeten Sanierungstechniken werden nach ihrer regionalen Verteilung sowie ihrem Einsatz auf Altablagerungen und Altstandorten und in den einzelnen Umweltmedien dargestellt.

Sanierungsbilanz

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

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 € 20,-
(2003)

ISBN 3-89026-806-4

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

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

Altlasten - Zahlen und Fakten (kostenlos)

Volltext verfügbar. Ab 2017 nur im Internet *

Die Broschüre erscheint einmal pro Jahr und informiert über die aktuelle Situation der Altlastenbearbeitung in Hessen.

Arbeitshilfen zur Qualitätssicherung in der Altlastenbehandlung

(2001) Ringordner € 20,-

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

Diese „Arbeitshilfen“ sind das Ergebnis einer Bundesländer-Arbeitsgruppe, deren Aufgabe es war, Anforderungen zur Qualitätssicherung für alle Untersuchungsschritte von der Probennahme über die Analytik bis zur Ergebnisbewertung zu formulieren. Diese recht umfangreiche Aufgabenstellung wurde von der Arbeitsgruppe in acht einzelne Teilthemen 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

* <http://www.hlnug.de/themen/altlasten> unter Arbeitshilfen

- 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 Naturschutz, 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

Die Handbücher und sonstigen Veröffentlichungen können Sie bei der Vertriebsstelle des HLNUG bestellen:

Telefon: 0611 6939-111

Fax: 0611 6939-113

E-Mail: post@hlnug.hessen.de

Internet: www.hlnug.de/vertrieb.html

Autorinnen und Autoren des Atlanten-annual 2017

Dr.-Ing. Marcus Alter

Arcadis Germany GmbH
Europaplatz 3
64293 Darmstadt

Dieter Baun

CDM Smith Consult GmbH
Neue Bergstraße 13
64665 Alsbach

Jeannette Bernard

DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW)
Am DIN-Platz
Burggrafenstraße 6
10787 Berlin

Dr. Jan Brodsky

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und
Geologie
Dezernat G3 – Boden und Altlasten
Rheingaustraße 186
65203 Wiesbaden

Jörg Frauenstein

Fachgebiet II 2.6 – Maßnahmen des Bodenschutzes
Umweltbundesamt
Postfach 1406
06813 Dessau-Roßlau

Dr. Andrea Hädicke

FB 32 Bodenschutz, Altlasten, Ökotoxikologie
Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW
Postfach 101052
45610 Recklinghausen
Dienstort: Wallneyer Str. 6, 45133 Essen

Peter Hanisch

Regierungspräsidium Darmstadt
Abt. Arbeitsschutz und Umwelt
Luisenplatz 2
64283 Darmstadt

Jörg Hartmann

Regierungspräsidium Kassel
Abteilung Umwelt und Arbeitsschutz
Dez. 31.2 Altlasten, Bodenschutz
Hubertusweg 19
36251 Bad Hersfeld

Prof. Dr. Margot Isenbeck-Schröter

Institut für Geowissenschaften (GEOW)
Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg
Im Neuenheimer Feld 235
69120 Heidelberg

Christian Knöchel

CDM Smith Consult GmbH
Neue Bergstraße 13
64665 Alsbach

Maike Lamp

Regierungspräsidium Gießen
Dezernat 41.4 Industrielles Abwasser, wassergefährdende
Stoffe, Grundwasserschadensfälle, Altlasten und Boden-
schutz
Landgraf-Philipp-Platz 1-7
35390 Gießen

Dr. Martin Maier

Institut für Geowissenschaften (GEOW)
Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg
Im Neuenheimer Feld 235
69120 Heidelberg

Jörn Müller

CDM Smith Consult GmbH
Neue Bergstraße 13
64665 Alsbach

Sandra Philippov

Regierungspräsidium Kassel
Abteilung Umwelt und Arbeitsschutz
Dezernat 31.1 Grundwasserschutz, Wasserversorgung,
Altlasten, Bodenschutz
Steinweg 6
34117 Kassel

Zrinko Rezic

HIM GmbH
Bereich Altlastensanierung
- HIM-ASG -
Waldstraße 11
64584 Biebesheim

Dieter Riemann

HIM GmbH
Bereich Altlastensanierung
- HIM-ASG -
Waldstraße 11
64584 Biebesheim

Dr. Jörg Römbke

ECT Oekotoxikologie GmbH
Böttgerstraße 2 – 14
65439 Flörsheim am Main

Greet Schrauwen

Arcadis Germany GmbH
Europaplatz 3
64293 Darmstadt

Dr. Wolfgang Schulz

Zweckverband Landeswasserversorgung
Betriebs-und Forschungslaboratorium
Am Spitzigen Berg 1
89129 Langenau

Reinhard Sudhoff

Regierungspräsidium Kassel
Dezernat 31.1 Grundwasserschutz, Wasserversorgung,
Altlasten, Bodenschutz
Steinweg 6
34117 Kassel

Prof. Dr. Jens Utermann

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau

Rudi Winzenbacher

Zweckverband Landeswasserversorgung
Betriebs-und Forschungslaboratorium
Am Spitzigen Berg 1
89129 Langenau

Michael Wolf

Regierungspräsidium Darmstadt
Dez. IV/Wi 41.1 - Grundwasser, Bodenschutz
Lessingstraße 16-18
65189 Wiesbaden

Dr. Andreas Zeddel

Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche
Räume Schleswig-Holstein
Dezernat 63 Altlasten – LLUR 63
Hamburger Chaussee 25
24220 Flintbek

