

Ökotoxikologische Untersuchungen als Bewertungshilfe zur Gefahrenbeurteilung am Beispiel einer Altdeponie

Nina Menke und Karin Teichmann

Mit der Anwendung etablierter, aquatischer ökotoxikologischer Testverfahren auf Grundwasserproben betreten CDM Smith Consult GmbH und das Regierungspräsidium Darmstadt neue Wege in der Altlastenbearbeitung.

1. Ausgangssituation

Gegenstand der Untersuchungen sind Deponien, die im Überflutungsgebiet eines Flusses liegen und bis in die 80er Jahre hinein für die Ablagerung von Industrieabfällen genutzt wurden. Die Deponien weisen eine Gesamtfläche von ca. 50.000 m² mit einem Ablagerungsvolumen von insgesamt ca. 250.000 m³ auf. Die mittlere Ablagerungstiefe beträgt etwa 5 bis 6 m und reicht damit ca. 2,5 m in die gesättigte Bodenzone hinein. Die Deponien sind mit Oberboden abgedeckt und stark bewachsen. Ihre Oberfläche ist nahezu eben. Eine wirksame Oberflächenabdichtung existiert nicht.

Der Untergrundaufbau im Bereich der Deponien besteht aus einer Wechselfolge fein- und grobklastischer, quartärer, fluviatiler Sedimente. Am Standort wird der natürlich bis max. 2,4 m Tiefe anstehende Auenlehm unterlagert von sandigem Kies in mitteldichter Lagerung (bis max. ca. 9 m u GOK). Hierbei handelt es sich um die im Bereich der Deponien im Vorfeld der Abfallablagerung ausgekieste Schicht. Als Liegendes folgt tertiärer schluffiger Ton, der gemäß der regionalen Geologie bis in große Tiefen ansteht (Rupelton). Grundwasser wurde im Bereich der Deponien in Tiefen zwischen 1,1 m und 3,5 m (im Mittel von ca. 2,5 m) Tiefe unter Geländeoberfläche erbohrt. Es stieg vereinzelt um bis zu 1,5 m an. In nachfolgender Abb. 1 sind die geologischen Verhältnisse des Standorts schematisch dargestellt.

Nach den langjährig jeweils im Frühjahr und im Herbst erhobenen Grundwasserstandsdaten herrscht eine ca. nördlich bis nordwestlich zum Vorfluter gerichtete Grundwasserfließrichtung mit sehr geringem hydraulischem Gradienten vor. Aufgrund der unmittelbaren Ufernähe der Deponieflächen und des nur geringen hydraulischen Gradienten kehrt sich die Grundwasserfließrichtung durch höhere Pegelstände im Fluss zeitweise um.

Seit 1987 halbjährlich durchgeführte Grundwasseruntersuchungen belegen für eine Vielzahl anorganischer und organischer Parameter z.T. deutliche Überschreitungen des jeweiligen Geringfügigkeitsschwellenwertes der GWS-VwV. Dabei lässt sich über den Beobachtungszeitraum ein Rückgang der organischen Belastungen feststellen. In den vergangenen Jahren wurden als relevante Schadstoffe im Grundwasser die Parameter Arsen, Blei, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Zink, PAK, Naphthalin, Benzo(a)pyren und MKW in Konzentrationen über dem Geringfügigkeitsschwellenwert nachgewiesen. Auch Phenole treten in erhöhten Konzentrationen auf.

Seit den 1990er Jahren wird mittels Pump & Treat eine Sicherungsmaßnahme betrieben, deren hydraulische Wirksamkeit aufgrund der Ufernähe jedoch fraglich erschien. In die Wasseraufbereitung werden zudem im Dauerbetrieb große Mengen Grundwasser mit niedriger Schadstofffracht gegeben. Die laufende Sicherungsmaßnahme wurde

behördlicherseits somit nicht mehr als effektiv eingeschätzt und eine aktuelle Gefährdungsabschätzung und Variantenprüfung eingefordert.

Daher wurden die Deponien erneut im Jahr 2014 mithilfe von Bohrungen und Baggerschürfen technisch erkundet. Die Ergebnisse der Deponat-Untersuchungen belegen z.T. hohe Kontaminationen im Feststoff und Eluat mit einer Vielzahl anorganischer und organischer Schadstoffe. Schwermetallbelastungen des natürlichen, unterlagernden Untergrunds zeigen, dass sich die Kontaminationen z.T. verlagert und den quartären Sanden sowie dem tertiären Rupelton mitgeteilt haben.

Im Zuge der technischen Erkundung wurde eine flächendeckende, unbelastete Oberflächenabdeckung angetroffen. Im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung am Standort der Deponien wurde nach den vorliegenden Ergebnissen eine Gefährdung des Menschen durch direkten Kontakt sowie eine Gefährdung des Schutzguts Nutzpflanze durch das Vorhandensein der Oberflächenabdeckung ausgeschlossen. Eine Gefährdung von Trinkwassergewinnungen ist u.a. aufgrund der Entfernungen der vorhandenen Wasserfassungen zum Deponiestandort sowie der geologischen Gegebenheiten nicht zu befürchten. Die Ergebnisse des langjährigen Monitorings und der Technischen Erkundung bestätigen hingegen eine Beeinträchtigung des Schutzguts Grundwasser. Der obere Grundwasserleiter ist durch deponiebürtige Belastungen mit organischen und anorganischen Schadstoffen nachteilig beeinflusst. Tiefere Grundwasserschichten sind aufgrund der geologischen Gegebenheiten - einer wirksamen Zwischenschicht aus mächtigem schluffigem Ton (Rupelton) - nicht gefährdet. Die bestehende hydraulische Sicherungsmaßnahme ist nach aktuellen Kenntnissen jedoch nicht ausreichend, um den Deponieabstrom vollständig zu sichern. Eine Gefährdung des angrenzenden Oberflächengewässers über den Wirkungspfad Deponie-Sickerwasser-Grundwasser-Hyporheisches Interstitial konnte nach den vorliegenden Erkenntnissen nicht ausgeschlossen werden.

Bei dem hyporheischen Interstitial handelt es sich um die Schnittstelle zwischen Oberflächengewässer und Grundwasser. Diese Zone bildet einen Lebensraum, der sowohl von Organismen der Oberflächengewässer als auch aus dem Grundwasser (Mikroorganismen und Vertreter der Fauna) besiedelt wird. In diesem stark mit organischem Material angereichertem Bereich erfolgt die als Selbstreinigung bezeichnete Stoffumwandlung bzw. Abbau organischen Materials. Die hyporheische Zone übernimmt somit eine zentrale Funktion in jedem Fließgewässer: ohne ein intaktes hyporheisches Interstitial ist kein funktionsfähiges Fließgewässerökosystem möglich. Das hyporheische Interstitial stellt somit die empfindlichste und schützenswerteste Zone eines Fließgewässers dar. Eine Beurteilung über eine mögliche Gefährdung dieses Schutzgutes stand noch aus.

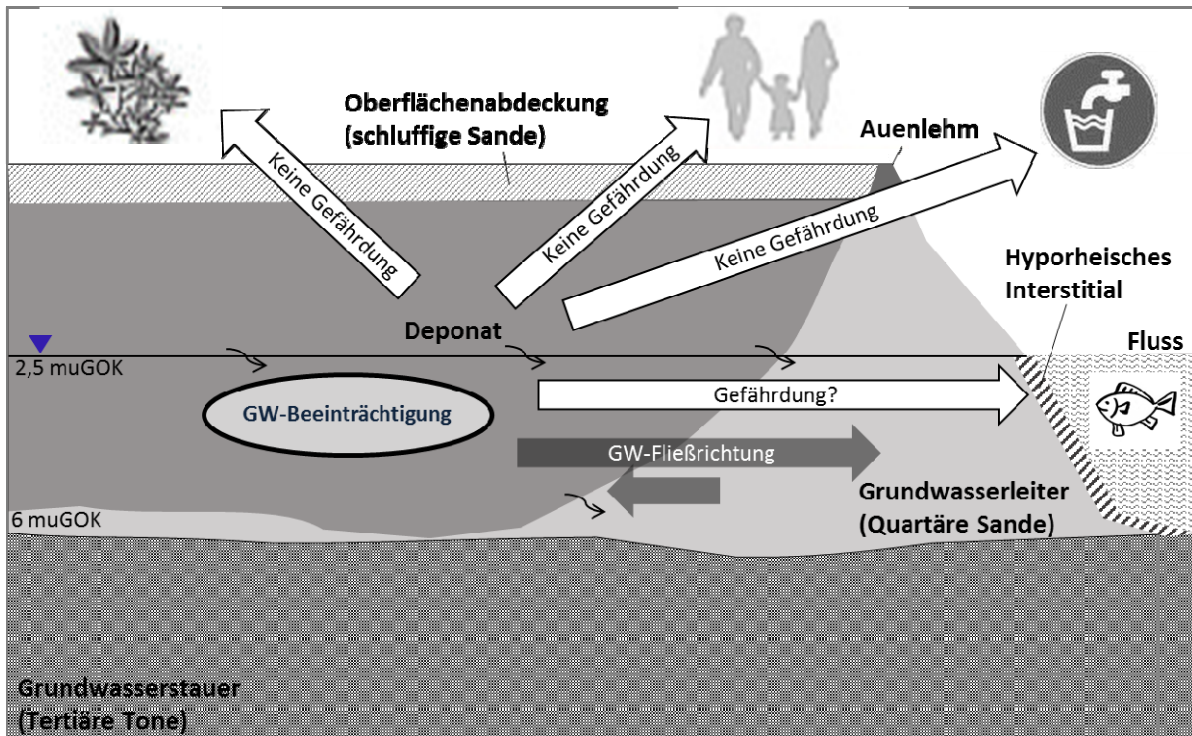


Abb. 1: Gefährdungsbeurteilung am Standort der Deponien

Aufgrund der Vielzahl der abgelagerten Industrieabfälle besteht bei der allgemeinen, human- und ökotoxikologisch abgeleiteten Gefahrenbeurteilung über z.B. die Geringfügigkeitschwellenwerte die Unsicherheit, ob die chemische Einzelstoffanalytik überhaupt ein abschließendes Modell über das tatsächliche Schadstoffinventar geben kann. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass auch chemische Stoffe eine Rolle spielen, für die noch keine Analyseverfahren und/oder Bewertungsgrundlagen existieren. Auch mögliche Wechselwirkungen der Stoffe untereinander können anhand der Einzelstoffanalytik nicht beurteilt werden. Um die komplexe Schadwirkung der Deponate auf die belebte Umwelt vor allem im Grundwasserabstrom und dem empfindlichen hyporheischen Interstitial des Vorfluters zu erfassen, sind daher Verfahren von Interesse, die Wirkungen auf die Grundwasserfauna sowie die Fauna und Flora des Oberflächengewässers beobachten und beurteilen.

Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung an den Deponien sollte dementsprechend geklärt werden, wie die Schadstoffe am Standort auf die aquatische Umwelt wirken und ob eine Gefährdung des Grundwasser- oder des Gewässerökosystems durch das Deponiesickerwasser nach ca. 80 m Bodenpassage vorliegt. Um eine solche integrale Beurteilung zu ermöglichen, wurden ergänzend zu altlastentechnischen Untersuchungen ökotoxikologische Untersuchungen an Grundwasser- und Oberflächengewässerproben im Bereich der Deponien durchgeführt.

2. Grundlagen

Grundwasserverunreinigungen über die Wirkungen auf Ökosysteme zu betrachten, ist ein neuer Weg, der bislang noch kaum beschritten wurde und für den auch bis heute kaum Erfahrungen vorliegen. Deshalb hat das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) 2014 eine Studie zur experimentellen ökotoxikologischen Bewertung von Altlasten in einer Arbeitsgruppe erarbeitet. Veröffentlicht ist die Studie in der Schriftenreihe „Handbuch

Altlasten“ des HLUG als Band 3, Teil 8: „Ökotoxikologische Verfahren als Bewertungshilfe bei Altlastenverfahren“.

Eine wichtige Erkenntnis der Studie war, dass das Grundwasser belebt ist und ein eigenständiges Ökosystem darstellt. Über das hyporheische Interstitial besteht eine Verbindung zwischen Grund- und Oberflächengewässer und z.T. besiedeln die gleichen Arten Grund- und Oberflächengewässer.

Während ökotoxikologische, aquatische Testverfahren im Bereich der Oberflächengewässer bereits seit vielen Jahren etabliert sind, existierten für das Grundwasser weder Erfahrungswerte noch Beurteilungskriterien für den Einsatz von ökotoxikologischen Tests mit Organismen der Oberflächengewässer. Tests mit Grundwasserorganismen gibt es nicht, da es bislang nicht gelungen ist, diese Lebewesen unter standardisierten Bedingungen zu züchten. Folglich können keine Grundwasserorganismen in den standardisierten Tests eingesetzt werden. Mit den für Oberflächengewässer etablierten aquatischen Testverfahren werden jedoch Lebensfunktionen überprüft, die grundsätzlich bei Organismen in Grund- und Oberflächengewässern gleich ablaufen. Zudem sind gemäß der Studie im Grund- und Oberflächenwasser vergleichbare taxonomische Gruppen anzutreffen. Deshalb kommt die Studie zu dem Schluss, dass eine Anwendung der etablierten Testverfahren auch auf Grundwasserproben sinnvoll sein kann.

Neben einem Überblick über die theoretischen Grundlagen und möglichen Einsatzbereiche der Ökotoxikologie wird in der Studie auch ein Bewertungsansatz vorgeschlagen, der auf Festlegungen anderer Fachbereiche (Abwassereinleitung, Beurteilung von Abfällen, Umgang mit Baggergut) basiert. Die etablierten Verfahren wurden in einer Skala hinsichtlich der Empfindlichkeit und der Schutzbedürftigkeit der entsprechenden Ökosysteme aufgereiht und die Oberflächengewässer und das Grundwasser eingeordnet. Dabei wurde zudem grob eine Unterteilung in der Gewässergröße sowie zum Quellgebiet vorgenommen. Die Studie zeigt aber auch Grenzen ökotoxikologischer Testverfahren auf, wenn diese als begleitendes Instrument zur Altlastenbearbeitung eingesetzt werden.

Standardisierte ökotoxikologische Testverfahren werden zur Erfassung der aquatischen Toxizität eingesetzt, unabhängig davon, ob die Schadstoffe noch an Feststoffe gebunden oder in gelöster Form vorliegen. Beobachtet wird die Schadwirkung auf Organismen, die im Wasser leben. Im vorliegenden Fall werden dazu Referenzorganismen mit unterschiedlichen Verdünnungsstufen gewonnener Grundwasser- bzw. Oberflächengewässerproben konfrontiert. Als Ergebnis erhält man in einer definierten Zeit eine „organismische Antwort“ (z.B. Schwimmgeschwindigkeit, Wachstum, Entwicklung usw.), die in Abhängigkeit von der eingesetzten Verdünnung mehr oder weniger von einer unbelasteten Vergleichsprobe abweicht. Die Proben werden jeweils in einer Verdünnungsreihe bis zur Nulltoxizität untersucht („Schwellenwert“). Als Testergebnis werden sogenannte „G-Stufen“ angegeben. Damit wird die niedrigste Verdünnungsstufe bezeichnet, in der kein toxischer Effekt mehr auftritt. In der G-Stufen-Systematik bedeutet G1 die unverdünnte Probe, G2 ein Teil Probe verdünnt mit einem Teil Wasser, G3 ein Teil Probe und zwei Teile Verdünnungswasser usw..

Unterschieden werden Biotests zur Untersuchung der akuten Toxizität (Versuchsdauer in der Regel wenige bis 48 h) und Langzeittests zur Erfassung chronischer Toxizitätseffekte. Schädliche Veränderungen des Erbguts werden mithilfe spezieller Tests zur Gentoxizität erfasst.

Für einen umfassenden Überblick über die ökologischen Auswirkungen werden die Biotests auf unterschiedlichen trophischen Ebenen (Destruenten, Produzenten, Konsumenten) und an verschiedenen taxonomischen Gruppen (Bakterien, Pflanzen, Tiere) durchgeführt.

3. Durchgeführte Untersuchungen

Mit folgendem Untersuchungsprogramm sollte geklärt werden, ob die aus dem Deponat eluierten Stoffgemische konkrete Störungen oder Gefahren in dem Ökosystem Grundwasser und dem nur wenige Meter von den Deponien entfernten Ökosystem des Flusses bewirken können:

1. Feststellung der Fließgewässermerkmale des Gewässerabschnitts angrenzend zu den Deponien zur Ermittlung der Randbedingungen des Bewertungsschemas für die ökotoxikologischen Untersuchungen:
 - Feststellung der Fließgewässermerkmale (Gewässergröße, -typ, Abfluss, Fließgeschwindigkeit, ökologischer, struktureller und chemisch-physikalischer Zustand) und Gewässernutzung durch Auswertung von Unterlagen.
 - Begehungen zur Inaugenscheinnahme der Vorortverhältnisse (insbesondere der Uferstruktur).
2. Untersuchungen der Standorthydraulik zur Quantifizierung der Exfiltration belasteten Grundwassers in das Oberflächengewässer:
 - Bau weiterer Grundwassermessstellen, als Galerie zwischen Deponiekörpern und Fluss angeordnet.
 - Installation von Datenloggern in GWMs in unterschiedlichen Entfernungen zwischen Fluss und Deponien, Aufzeichnung der Wasserstandsentwicklung sowie der Leitfähigkeitsentwicklung über ein dreiviertel Jahr.
 - Monatliche Stichtagsmessungen zur Aufnahme der Wasserstände mittels Lichtlot an den übrigen Messstellen im Deponiebereich unter Einbeziehung des Flusswasserstandes an einem Bezugspunkt bei unterschiedlichen Fließzuständen (Hoch-, Mittel-, Niedrigwasser).
 - Einpflegen der Daten in das bestehende 3-dimensionale Grundwassermodell, Kalibrierung des Modells und instationäre Modellrechnung.
3. Ökotoxikologische und vergleichend chemische Untersuchungen an Grundwasserproben zur Beurteilung einer potenziellen Beeinträchtigung des Grundwasser- und Gewässerökosystems (akut-toxische, chronisch toxische sowie gentoxische Wirkung):
 - Je eine Stichtagsbeprobung bei Hoch- und bei Niedrigwasser, ergänzt um Schöpfprobenahmen aus dem Oberflächengewässer (Oberstrom, Flussmitte, Abstrom), inkl. Aufnahme der Wasserstände und unter Bestimmung der Feldparameter (Temperatur, pH, Leitfähigkeit, Sauerstoffgehalt und Redoxpotenzial, Trübung)
 - Ökotoxikologische Untersuchung an den gewonnenen Grundwasser- und Oberflächengewässerproben für die verschiedenen Trophie-Ebenen Destruenten, Primärproduzenten, Primärkonsumenten, Sekundärkonsumenten mithilfe standardisierter Testverfahren (Testbatterie bestehend aus Fischeitest, Daphnientest, Algentest, Leuchtbakterientest und umu-Test) sowie - bei nicht nachweislicher Akuttoxizität - Langzeittest mit Daphnien (siehe nachfolgende Tab. 1)
 - Chemische Wasseruntersuchungen an den Grundwasser- und Oberflächengewässerproben auf die Schadstoffparameter Schwermetalle + As, PAK, BTEX, MKW und LHKW sowie die Testorganismen beeinflussende Parameter (Sulfat, Chlorid, H₂S bzw. Sulfid, Calcium, Magnesium)

Tab. 1: Eingesetzte aquatische Testverfahren zur Erfassung der Ökotoxizität (in Anlehnung an die Studie „Ökotoxikologische Verfahren als Bewertungshilfe bei Altlastenverfahren“, Handbuch Altlasten, Band 3, Teil 8, des HLUG)

Test	Dauer	Trophie-Ebene	Organismus	Untersuchungsparameter	Zweck
Fischeitest DIN EN ISO 15088:2009-06	48 h	Sekundärkonsument	<i>Danio rerio</i>	Entwicklung	Erfassung akut toxischer und fruchtschädigender Wirkungen
Daphnientest DIN 38412-30: 1989-03	24 h	Primärkonsument	<i>Daphnia magna</i>	Schwimmfähigkeit, Reproduktion	Erfassung akut toxischer Wirkungen gegenüber filtrierenden Wasserorganismen/Fischnährtieren
Algentest DIN 38412-33: 1991-03	72 h	Primärproduzent	<i>Scenedesmus subspicatus</i>	Wachstum	Erfassung akut toxischer und chronischer Wirkungen gegenüber Pflanzen
Leuchtbakterien-test DIN EN ISO 11348-3:2009-05	<0,5 h	Destruent	<i>Vibro fischeri</i>	Lumineszenz	Erfassung akut toxischer Wirkungen gegenüber Bakterien/Pilze
umu-Test DIN 38415-3:1996-12	2 h		<i>Salmonella typhimurium</i>	Geninduktion	Erfassung gentoxischer Wirkungen
Langzeittest mit Daphnien (OECD 211) ISO 10706:2000-04	21 d	Primärkonsument	<i>Daphnia magna</i>	Wachstum, Reproduktion	Erfassung akut toxischer und chronischer Wirkungen gegenüber filtrierenden Wasserorganismen/Fischnährtieren

Das Untersuchungsprogramm wurde im Vorfeld mit dem zuständigen Regierungspräsidium Darmstadt abgestimmt.

Die Lage der Untersuchungsstellen ist nachfolgender Abb. 2 zu entnehmen.

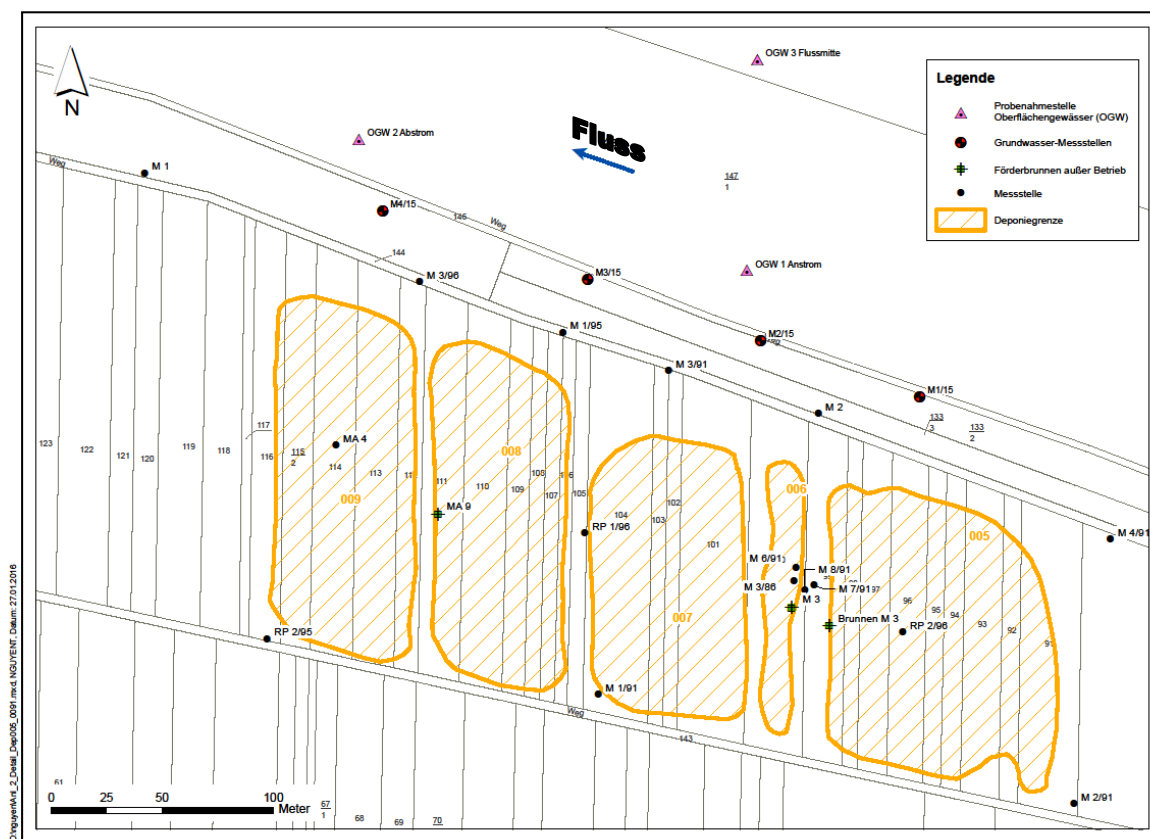


Abb. 2: Lage der Untersuchungsstellen am Standort der Deponien

4. Ergebnisse

Nach den durchgeführten Wasserstandsmessungen lagen zum Zeitpunkt der ersten Beprobungskampagne sowie im gesamten zweiten Halbjahr 2015 aufgrund der sehr niedrigen Niederschlagsmengen entgegen der langjährigen Messreihen überwiegend influente Fließverhältnisse am Standort vor. Der Einfluss des Oberflächengewässers reichte zu diesem Zeitpunkt landeinwärts knapp über die Messstellen in der Abstromgalerie hinaus. Die extrem trockenen Witterungsbedingungen des 2. Halbjahres 2015 führten nach Auswertung der Wasserstandsaufzeichnungen dazu, dass sich die Fließverhältnisse im November 2015 soweit umkehrten, dass die Infiltration zeitweise sogar bis über die im vermeintlichen Anstrom befindliche Messstelle reichte.

Während der Probenahme wurden in Durchflusszellen die Feldparameter bestimmt (s. nachfolgende Tab. 2). Die Oberflächengewässerproben wiesen erwartungsgemäß deutlich höhere Temperaturen und Sauerstoffgehalte auf als die Grundwasserproben. Die erhöhten Leitfähigkeitswerte der Grundwasserproben deuten auf stattfindende Lösungsprozesse aus dem Deponat hin. Nach den errechneten rH-Werten liegen sowohl im Oberflächengewässer als auch im Grundwasser überwiegend schwach reduzierende Verhältnisse vor.

Tab. 2: Ergebnisse der Feldparametermessung, erste Beprobungskampagne (Juli 2015)

Test	Oberflächengewässer			Grundwasser				
	OGW1	OGW2	OGW3	M1/15	M2/15	M3/15	M4/15	M1/91
	Oberstrom	Abstrom	Flussmitte	Vermeintl Abstrom	Vermeintl Abstrom	Vermeintl Abstrom	Vermeintl Abstrom	Vermeintl Anstrom
Temp. [°C]	24,1	23,5	23,4	12,6	13,5	13,3	13,1	14,5
pH [-]	7,25	6,85	7,05	6,75	6,85	7,35	7,5	7,00
El. Leitfähigkeit [µS/cm]	805	826	806	1.030	1.220	1.284	1.332	1.300
Sauerstoff [mg/l]	8,0	9,4	9,0	2,6	0,1	0,1	0,1	2,4
Redoxpotenzial [mV]	+50	+/-0,0	+50	140	-120	-160	-170	+50
rH [-] (berechnet)	16,2	13,7	15,8	18,2	9,6	9,3	9,3	15,7

Die Ergebnisse der durchgeführten ökotoxikologischen Untersuchungen sind in nachfolgender Tab. 3 dokumentiert.

Tab. 3: Ergebnisse der ökotoxikologischen Untersuchungen, erste Beprobungskampagne (Juli 2015)

Testverfahren	Oberflächengewässer			Grundwasser				
	OGW1	OGW2	OGW3	M1/15	M2/15	M3/15	M4/15	M1/91
	Oberstrom	Abstrom	Flussmitte	Vermeintl Abstrom	Vermeintl Abstrom	Vermeintl Abstrom	Vermeintl Abstrom	Vermeintl Anstrom
Fischeitertest	GEi 1	GEi 1	GEi 1	GEi 1	GEi 1	GEi 1	GEi 1	GEi 1
Daphnientest	GD 1	GD 1	GD 1	GD 1	GD 1	GD 1	GD 1	GD 1
Algentest	GA 1	GA 1	GA 1	GA 6	GA 1	GA 6	GA 1	GA 6
Leuchtbakterientest	GL 2	GL 2	GL 2	GL 2	GL 2	GL 2	GL 4	GL 2
umu-Test	GEU 1,5	GEU 1,5	GEU 1,5	GEU 1,5	GEU 1,5	GEU 1,5	GEU 1,5	GEU 1,5
Langzeittest mit Daphnien	0%	-	-	-	0,9%	-	19,9%, Hemmung in Verd. 1:5: 6%	70,8 %, Hemmung in Verd. 1:10: 10,2%

Nach den durchgeführten ökotoxikologischen Untersuchungsergebnissen wurden an den drei Oberflächengewässerproben keine toxischen Effekte nachgewiesen (weder in den Tests auf akute Toxizität noch in den Tests auf chronische Toxizität oder Gentoxizität).

Die vier Proben der zwischen Deponiekörper und Fluss gelegenen Messstellen zeigten ebenfalls keine Effekte in den Tests auf akute Toxizität (Fischartest, Daphnientest) und Gentoxizität. Für eine Probe wurde ein schwacher Effekt im Leuchtbakterientest erfasst, die übrigen Proben waren auch in diesem Test nicht toxisch. Im Algentest zeigten zwei Proben chronische Toxizität. Eine nach bisherigem Kenntnisstand im vermeintlichen Anstrom zu den Deponien gelegene Messstelle wies neben chronischen Effekten im Algentest auch im Daphnienlangzeitest toxische Effekte auf.

Parallel zu den Biotests wurden chemische Untersuchungen an den Grundwasser- und Oberflächengewässerproben auf die am Standort bekannten relevanten Schadstoffparameter sowie die Testorganismen beeinflussende Parameter vorgenommen. Deren Ergebnisse sind in nachfolgender Tab. 4 zusammengefasst.

Nach den durchgeführten Untersuchungen sind die Ergebnisse der Oberflächengewässerproben unauffällig. Eine Beeinflussung durch die Deponiekörper ist nicht erkennbar. Bei den Proben der Grundwassermessstellen sind einzelne erhöhte LHKW-Gehalte, Arsen- und Kupferwerte auffällig. In einer Messstelle wurde ein sehr hoher Zinkgehalt gemessen.

Tab. 4: Ergebnisse der begleitenden chemischen Untersuchungen, erste Beprobungskampagne (Juli 2015)

Parameter	Oberflächengewässer			Grundwasser				
	OGW1	OGW2	OGW3	M1/15	M2/15	M3/15	M4/15	M1/91
	Oberstrom	Abstrom	Flussmitte	Vermeintl Abstrom	Vermeintl Abstrom	Vermeintl Abstrom	Vermeintl Abstrom	Vermeintl Anstrom
Untersuchung der bekannten relevanten Schadstoffparameter am Standort, Einheit µg/l								
Kohlenwasserstoffindex	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100
Σ BTEX	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Σ LHKW	0,07	0,07	0,05	0,49	3,31	33,1	< 0,05/ < 1	0,59
Σ PAK	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,12	0,11
Arsen	3	3	3	2	6	42	62	7
Blei	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	9
Cadmium	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Chrom ges.	2	2	2	3	2	3	3	2
Kupfer	5	< 5	8	< 5	< 5	< 5	11	27
Nickel	8	8	10	13	13	10	10	13
Quecksilber	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Zink	< 20	< 20	21	< 20	< 20	< 20	< 20	971
Untersuchung der potenziellen Störstoffe für Testorganismen, Einheit mg/l								
Calcium	86	88	87	198	126	153	131	215
Magnesium	22	22	22	23	21	26	38	23
Chlorid	92	92	88	113	138	125	113	141
Sulfat	113	112	111	103	81	142	78	95
Sulfid	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02

Da der Aquifer am Standort durch die Nähe zum Fluss hochwasserbedingt starken Wasserstandsschwankungen mit z.T. wechselnden Fließrichtungen (effluent-influent) unterworfen ist, sollten die Ergebnisse insbesondere für die Proben mit chronischer Toxizität durch eine Untersuchung bei höherem Wasserstand verifiziert werden. Aufgrund der langanhaltend sehr geringen Niederschlagsmengen im zweiten Halbjahr 2015 wurde die für

Herbst angesetzte Beprobungskampagne auf Ende Januar 2016 verschoben. Die Ergebnisse dieser Kampagne lagen zum Zeitpunkt der Einreichung der Tagungsbandbeiträge noch nicht vor, werden aber im Rahmen des Vortrags vorgestellt werden.

5. Bewertung

Entsprechend der üblichen Vorgehensweise bei Altlastenverfahren werden als Bewertungsgrundlage für die chemischen Untersuchungsergebnisse - entsprechend der Probenart - die OGewV bzw. die für das Bundesland Hessen gültige GWS-VwV herangezogen.

Für die Bewertung der ökotoxikologischen Untersuchungsergebnisse enthält die Studie des HLUg eine Bewertungsmatrix mit Vorschlägen für Schwellenwerte bzw. G-Stufen zur Beurteilung von Schadstoffeinträgen aus Altlasten in kleine/mittlere Fließgewässer sowie das Grundwasser unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Empfindlichkeit des jeweils zu betrachtenden aquatischen Ökosystems (siehe nachfolgende Tab. 5).

Eine Überschreitung der in der Studie vorgeschlagenen Schwellenwerte ist als Signal zu verstehen, dass eine weitergehende Sachverhaltsaufklärung erforderlich ist. Da die durchgeführten Tests die verschiedenen Trophie-Ebenen und damit das gesamte aquatische Ökosystem in seiner Funktion abbilden, lässt sich folgern, dass ein Effekt in einem einzelnen Test als Störung des Gesamtsystems zu interpretieren ist, auch wenn sich in den übrigen Tests unmittelbar keine Auswirkungen zeigen.

Tab. 5 Bewertungsvorschläge aus der Studie „Ökotoxikologische Verfahren als Bewertungshilfe bei Altlastenverfahren“, Handbuch Altlasten, Band 3, Teil 8, des HLUg

	Exfiltration Baggergut	Eintrag von Schadstoffen aus Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen	
Test	Bundeswasserstraßen / Große Fließgewässer	Kleine und mittlere Fließgewässer	Grundwasser
Fischei-test	k.A.	GEi 2	GEi 2
Daphnien test	GD 4-8	GD 3	GD 2
Algentest	GA 4-8	GA 3	GA 2
Leucht-bakterien-test	GL 4-8	GL 6	GL 4
umu-Test	k.A.	GEU 1,5	GEU 1,5
Langzeit-test mit Daphnien	k.A.	k.A.	k.A.

Die Testergebnisse für die Schöpfproben, die aus dem Fluss entnommen wurden, zeigten weder im Ober- noch im Unterstrom des Deponiebereiches toxische Wirkungen an. Bei dem Fluss handelt es sich um eine staugeregelte Bundeswasserstraße mit einer Gewässerbreite von > 10 m. Nach der in der Studie des HLUg vorgeschlagenen Unterteilung ist der Fluss hinsichtlich seiner Empfindlichkeit gegenüber Schadstoffeinträgen als ein „großes Fließgewässer“ zu bewerten. Durch Gewässerunterhaltungsmaßnahmen für die Schifffahrt (z.B. Ausbaggern des Gewässerbettes) wird die Ausbildung eines hyporheischen Interstitials

ständig gestört. Es kann also durch ein schadstoffbelastetes Grundwasser nicht in dem Maße geschädigt werden, wie dies bei einem intakten hyporheischen Interstitial der Fall wäre. Für die Beurteilung von Schadstoffeinträgen in große Fließgewässer enthält die Studie deshalb keine eigenen Angaben. Als Anhaltspunkte werden die Schwellenwerte aus der Handlungsanweisung für den Umgang mit Baggergut der Bundesanstalt für Gewässerkunde herangezogen.

Um den Einfluss des Deponats auf das Ökosystem des Grundwassers zu überprüfen, werden in einer vorläufigen Betrachtung die Ergebnisse der Grundwasserproben mit den Schwellenwerten der Studie für Grundwasser verglichen. Danach ergeben sich Schwellenwert-Überschreitungen für zwei der untersuchten Proben aus den vier Abstrommessstellen im Algentest. Für einen Brunnen wurde ein schwacher Effekt im Leuchtbakterientest erfasst. Eine erhöhte chronische Toxizität wurde in einer Abstrom- und einer Anstrommessstelle gefunden. Da jedoch auch die Anstrommessstelle bereits eine Überschreitung zeigt, lässt sich der toxische Effekt ursächlich nicht den Deponien zuordnen. Eine Sanierungsnotwendigkeit für die Deponien ließe sich nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen somit nicht ableiten. Die Aussagefähigkeit der Ergebnisse der ersten Beprobungskampagne erscheint jedoch eingeschränkt, da aufgrund der influenten Fließverhältnisse Verdünnungseffekte nicht ausgeschlossen werden können. Durch die geplante zweite Beprobungskampagne bei effluenten Fließverhältnissen wird diesem Aspekt Rechnung getragen.

Offensichtlich belegen die gemessenen Werte im Grundwasser und im Oberflächengewässer für die akute toxische Wirkung keine Verschlechterung durch den Übergang vom Grundwasser ins Oberflächengewässer. Auch die im Leuchtbakterientest erreichte höchste akute toxische Wirkung (G_L 4) ist gemäß dem vorgeschlagenen Bewertungsmaßstab tolerabel.

Derzeit wird gemeinsam mit dem zuständigen Regierungspräsidium die einzelfallbezogene Bewertung der Ergebnisse für die einzelnen Testverfahren abgestimmt. Berücksichtigung bei der Bewertung findet neben der Empfindlichkeit des Flusses als große, staugeregelte Bundeswasserstraße auch der Anteil effluenter und influenter Fließverhältnisse am Standort. Inwiefern eine Probe der Grundwassermessstellen aus unmittelbarer Ufernähe bei influenten Verhältnissen als Oberflächengewässerprobe oder als Grundwasserprobe einzustufen ist, wird ebenfalls derzeit diskutiert.

Nach den bisher vorliegenden Ergebnissen erscheint ein signifikanter Einfluss des Deponats auf das Ökosystem des Oberflächengewässers nicht gegeben.

6. Möglichkeiten und Grenzen des Verfahrens

Der Einfluss von begleitenden Störfaktoren für die Testorganismen wurde im konkreten Einzelfall durch begleitende chemische Untersuchungen erfasst (siehe Tab. 4). Geogen vorhandene Stoffe, wie z.B. H_2S und Calcium, können die Ergebnisse beeinflussen, da die Testorganismen nicht an das geogene Milieu angepasst sind. Auch hohe Salzkonzentrationen in der Probe beeinträchtigen die Testorganismen. Hierzu wurde entsprechend der Empfehlung der Studie des HLUG eine Regelung aus der Abwasserverordnung (AbwV 2004, zuletzt geändert 2014) übernommen, mithilfe derer die Toxizität über einen sogenannten Salzkorrekturfaktor ermittelt wird.

Einschränkungen der Aussagefähigkeit der ökotoxikologischen Testverfahren zur Beurteilung von Grundwasserverunreinigungen sind durch die für die Testorganismen aus dem Oberflächensystem unerlässliche Probenvorbereitung bedingt. So ist durch die

Entgasung und Belüftung einer Probe die Bestimmung der Wirkung leichtflüchtiger Verbindungen (im vorliegenden Fall LHKW, BTEX) nur sehr eingeschränkt möglich.

7. Fazit

Zur Klärung der Wirkungen von Schadstoffgemischen aus dem Einflussbereich von Altlasten insbesondere auf das Grundwasser gibt es derzeit noch keine allgemein anerkannten Methoden und Beurteilungsmaßstäbe. Der hier beschrittene Weg ist neu in der Altlastenbearbeitung.

Mit den ökotoxikologischen Untersuchungen der deponiebürtigen Schadstoffe steht im konkreten Einzelfall ein zusätzliches, nützliches Instrumentarium zur Verfügung, mit dem ergänzend zu den altlastentechnischen Untersuchungen zusätzliche Informationen gewonnen werden und weitere Aspekte in die Gefährdungsbeurteilung einfließen können. Die Ergebnisse der ökotoxikologischen Untersuchungen werden integriert in die Gesamtbetrachtung der Grundwassersituation auch im Hinblick auf den Schutz des Oberflächengewässers. Sie bieten dabei eine größere Sicherheit bei der Entscheidungsfindung über das weitere Vorgehen am Standort.

Literaturverzeichnis

HESSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (2014): HANDBUCH ALTLASTEN, BAND 3, TEIL 8: „ÖKOTOXIKOLOGISCHE VERFAHREN ALS BEWERTUNGSHILFE BEI ALTLASTENVERFAHREN“, WIESBADEN 2014.

HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2011): VERWALTUNGSVORSCHRIFT ZUR ERFASSUNG, BEWERTUNG UND SANIERUNG VON GRUNDWASSERVERUNREINIGUNGEN (GWS-VWV), WIESBADEN 2011.

HESSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (2002): HANDBUCH ALTLASTEN, BAND 3, TEIL 3: „UNTERSUCHUNG UND BEURTEILUNG DES WIRKUNGSPFADES BODEN-GRUNDWASSER. SICKERWASSERPROGNOSE“, WIESBADEN 2002.

VERORDNUNG ÜBER ANFORDERUNGEN AN DAS EINLEITEN VON ABWASSER IN GEWÄSSER (ABWASSERVERORDNUNG - ABWV), IN DER FASSUNG DER BEKANNTMACHUNG VOM 17. JUNI 2004, ZULETZT GEÄNDERT VOM 02.09.2014

VERORDNUNG ZUM SCHUTZ DER OBERFLÄCHENGEWÄSSER (OBERFLÄCHENGEWÄSSERVERORDNUNG - OGEWV) VOM 20. JULI 2011

BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE(2000): HANDLUNGSANWEISUNG FÜR DEN UMGANG MIT BAGGERGUT IM BINNENLAND (HABAB-WSV), 2. ÜBERARBEITETE FASSUNG, KOBLENZ

Anschriften der Autoren

- Nina Menke, CDM Smith Consult GmbH, Neue Bergstraße 13, 64665 Alsbach, Tel.: 06257/ 504-329, Fax: -360, Email: nina.menke@cdmsmith.com
- Karin Teichmann, RP Darmstadt, Wilhelminenstraße 1 – 2, 64283 Darmstadt, Tel.: 06151 / 12-6394, Fax: -5686, E-Mail: Karin.Teichmann@rpda.hessen.de