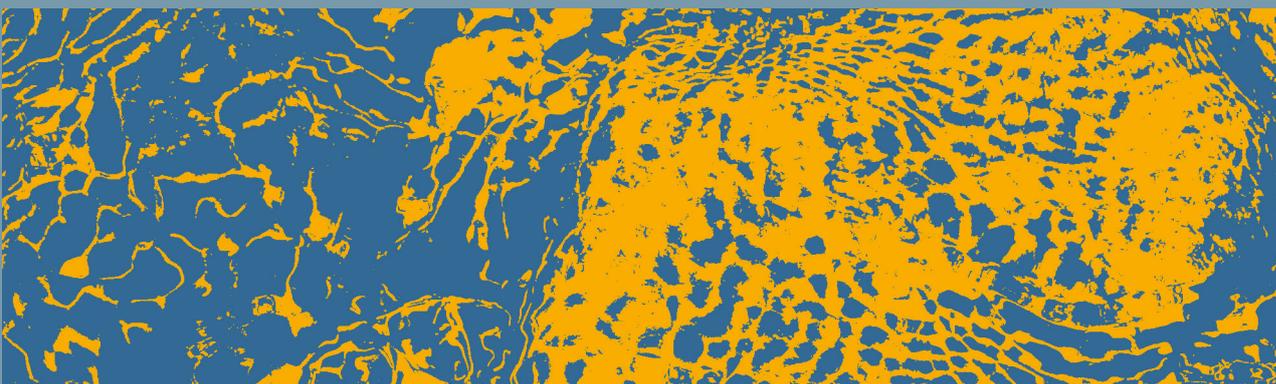


Deponieseminar 2008 – Aktuelles und Erfahrungen aus der Praxis



Fachtagung am 25. September 2008

UmweltSpezial



Deponieseminar 2008 – Aktuelles und Erfahrungen aus der Praxis

Fachtagung am 25. September 2008

UmweltSpezial

Impressum

Deponieseminar 2008 – Aktuelles und Erfahrungen aus der Praxis
Fachtagung des LfU am 25.09.2008
ISBN (Online-Version): 978-3-936385-43-4

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: (08 21) 90 71-0
Fax: (08 21) 90 71-55 56
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: www.lfu.bayern.de

Redaktion:

LfU Referat 12

Druck:

Eigendruck Bayer. Landesamt für Umwelt

Gedruckt auf Papier aus 100 % Altpapier.

Stand:

September 2008

Diese Druckschrift wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Sofern in dieser Druckschrift auf Internetangebote Dritter hingewiesen wird, sind wir für deren Inhalte nicht verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

Aktuelle Deponiesituation in Bayern und neue rechtliche Regelungen Was bewirkt der 15.07.2009?	5
Karl Drexler, LfU	5
Entwurf einer Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts vom 03.06.2008 – Anmerkungen aus der Sicht eines Deponiebetreibers, Stand 10.09.2008	11
Kirsten Selder, Zweckverband Abfallwirtschaft in der Stadt Erlangen und im Landkreis Erlangen- Höchstadt	11
Vergleich der Wirksamkeit unterschiedlicher Deponieoberflächenabdichtungssysteme aus der Überwachungspraxis	23
Jürgen Kohl, Manja Janik und Sabine Raspe, LfU	23
Oberflächenabdichtungskomponente Trisoplast[®] - Praxiserfahrungen eines Fremdüberwachers	30
Dipl.-Ing. Christian Posch, Crystal Geotechnik GmbH, Wasserburg	30
Deponiegasverwertung mit Mikrogasturbinen	47
Johann Roth, Ingenieurbüro Roth & Partner GmbH, Karlsruhe	47
Deponieschwachgasbehandlung mit dem Kohlenwasserstoff-Converter LAMBDA- CHC	64
Hans Eschey, LAMBDA Gesellschaft für Gastechnik mbH, Wuppertal	64
FID-Begehungen auf Deponien	72
Wolfgang Schreier, Umweltüberwachung RUK, Longuich	72
Beurteilung von Grundwasserbelastungen im Umfeld von Deponien – Fallbeispiele aus der Gutachterpraxis	80
Dr. Ulrich Henken-Mellies, LGA-Grundbauinstitut, Nürnberg	80
Deponie „An der Haldenstraße“, Marktredwitz; Detailerkundung und Sanierungskonzept	90
Dr. Gerdt Pedall, Ing. Büro Dr. G. Pedall GmbH, Haag/Bayreuth	90
Tagungsleitung / Referenten	95

Aktuelle Deponiesituation in Bayern und neue rechtliche Regelungen

Was bewirkt der 15.07.2009?

Karl Drexler, LfU

Neben der aktuellen Deponiesituation, die ja immer unterschiedlich diskutiert wird: Haben wir ausreichendes Deponievolumen oder brauchen wir neue Deponien, soll es auch um neue rechtliche Regelungen gehen. Im Hauptfokus steht ja die Deponievereinfachungsverordnung – die Nachfolgerin der integrierten Deponieverordnung. Eine spannende Frage ist auch, was der 15.7.2009 bewirkt. Bereits 2005 und 2007 waren gewisse Einschnitte und nun ein neues Datum, das Änderungen bringen wird.

1 Aktuelle Deponiesituation

Die Abfallbilanzen enthalten hierzu die Informationen. Die Abfallbilanz 2006 liegt vor, die Abfallbilanz 2007 wird derzeit bearbeitet, so dass auch diese Zahlen im Rohentwurf vorliegen. Daneben können mit den Deponiejahrbüchern Abgleiche gemacht werden.

Zahl der Deponien der Klasse I und II

Die Zahl der Deponien der Klasse I und II – Übersicht über die einzelnen Regierungsbezirke:

Kommunale Deponien – DK I und II

Regierungsbezirk	Einstufung Deponien nach AbfAbIV/DepV								
	31.05.2005*			01.06.2005**			16.07.2009***		
	Zahl	I	II	Zahl	I	II	Zahl	I	II
Oberbayern	15	0	15	8	0	8	8	5	3
Niederbayern	3	0	3	3	0	3	3	0	3
Oberpfalz	5	1	4	4	3	1	3	2	1
Oberfranken	8	1	7	6	2	4	4	1	3
Mittelfranken	9	0	9	5	2	3	5	2	3
Unterfranken	9	1	8	7	0	7	7	3	4
Schwaben	7	0	7	7	1	6	6	2	4
Bayern	56	3	53	40	8	32	36	15	21

Ende 2007 (2006) waren nach 36 (37) Deponien in Betrieb. Zu diesen Deponien kommen Deponien mit Restvolumen, die derzeit nicht betrieben werden. Hier ist die Entscheidung des Trägers abzuwarten, ob eine Ablagerung künftig erfolgt.

Nach dem 16.07.2009 wird die Zahl der Deponien unter 36 liegen, da zwischenzeitlich Deponien restverfüllt wurden oder eine Verfüllung bis zum 15.07.2009 vorgesehen ist. Eine genaue Zahl wird erst Mitte 2009 vorliegen.

Die Verteilung über Bayern ist nicht gleichmäßig, so dass zum Teil größere Transportstrecken notwendig sind.

Einzelne Deponiebetreiber planen die Erweiterung bestehender Deponie, im Falle der Deponie Gosberg läuft bereits die Baumaßnahme.

Es laufen aber auch Planungen für neue Deponien der Klasse I, in einigen Fällen im Zusammenhang mit der Möglichkeit der Entsorgung von Asbest und KMF.

Abgelagerte Mengen auf Deponie der Klassen I und II

Grundlage der Auswertung sind die Abfallbilanzen der letzten Jahre.

Abfallart	Menge in t 2003	Menge in t 2004	Menge in t 2005	Menge in t 2006	Menge in t 2007
Rückstände aus der thermischen Behandlung + MBA	141.500	135.000	113.000	196.300	170.000
Klärschlämme und vergleichbare Schlämme		3.300	2.400		
Restabfall aus Haushalt und Gewerbe	209.000	204.000	78.000		
Abfälle i. S. der AbfAbIV	321.000	450.000	425.000	385.700	420.600
	671.500	792.300	618.400	582.000	590.600

Die jährlichen Abfallmengen liegen nach 2005 bei ca. 600.000 t, ein Einbruch nach 2005 erfolgte nicht, da die Ablagerung von Hausmüll bereits in den früheren Jahren stark eingeschränkt wurde.

Interessant vielleicht die Zahlen von Abfällen zur Verwertung auf Deponien:

Nach der Erhebung 2005 und 2006 wurden in Bayern auf Deponien für unterschiedliche Maßnahmen ca. 835.000 t bzw. 669.000 verwertet. Diese Zahlen sind in den einzelnen Regierungsbezirken sehr unterschiedlich:

(gerundete Zahlen)

- | | | |
|-----------------|---------------|---------------|
| • Oberbayern | ca. 320.000 t | ca. 177.064 t |
| • Niederbayern | ca. 1.000 t | ca. 118.423 t |
| • Oberpfalz | ca. 42.000 t | --- |
| • Oberfranken | ca. 310.000 t | ca. 186.553 t |
| • Mittelfranken | ca. 4.000 t | ca. 30.529 t |
| • Unterfranken | ca. 100.000 t | ca. 23.113 t |
| • Schwaben | ca. 50.000 t | ca. 132.976 t |

Für 2007 ist an Anstieg auf 785.000 t zu erwarten.

Hier zeigt sich die Abhängigkeit von einzelnen Baumaßnahmen. Nicht erfasst sind hier Menge bei der Sanierung von bereits seit längerem stillgelegten Deponien und Altdeponien. In den Jahren 2009 und 2010 ist sicher noch mit großen Mengen zu rechnen.

Interessant wird sicher auch, wie künftig Verwertung außerhalb von Deponien geregelt wird – Ersatzbaustoffverordnung.

Deponievolumen der Deponien der Klassen I und II

Die Einschätzung der Betreiber in den Abfallbilanzen ergibt folgende Volumina:

	2005	2006	2007
genehmigtes Restvolumen	15 Mio. m ³	10,7 Mio. m ³	13,5 Mio. m ³
ausgebautes Restvolumen	9 Mio. m ³	6,8 Mio. m ³	7,4 Mio. m ³
in Betrieb befindl. Restvolumen	7 Mio. m ³	6,5 Mio. m ³	6,9 Mio. m ³

Diese Volumenmehrung in 2007 ergibt sich durch den Ausbau von genehmigten Deponieabschnitten und die Inbetriebnahme von Abschnitten.

Somit ist die Entsorgung auf Deponien der Klasse I und II mittelfristig gesichert, wobei 2009 eine Änderung der Verteilung der Volumina auf die Deponieklassen I und II erfolgen wird.

Situation bei den Inertabfalldeponien

Hier liegen dem LfU keine aktuellen Zahlen vor, da in vielen Fällen derzeit die Klärung – Ende der Ablagerung – Ertüchtigung für den Weiterbetrieb – läuft. Der Termin 15.07.2009 rückt näher und eine Änderung der gesetzlichen Vorgaben wird nicht erfolgen.

Sonderabfallentsorgung

Für die Ablagerung von gefährlichen Abfällen steht weiterhin die Sonderabfalldeponie Gallenbach zur Verfügung. Hier sind die aus den Anlagen der GSB abgelagert Abfallmengen gestiegen.

2 Neue rechtliche Regelungen

Deponieverordnung

An erster Stelle steht die Deponievereinfachungsverordnung – die Nachfolgerin der integrierten Deponieverordnung.

Am 01.02.2007/25.10.2007 wurde nun vom BMU ein 1. und 2. Arbeitsentwurf einer integrierten Deponieverordnung vorgelegt. Am 03.06.2008 wurde der Entwurf der Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts versandt. Artikel 1 ist die Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV). Hierzu liegen zahlreiche Stellungnahmen vor. Vorgesehen ist nach der Abstimmung im Kabinett für September 2008 am 25.09.2008 die Vorlage beim Bundestag. Danach schließt sich das Bundesratsverfahren an, sodass mit einem Inkrafttreten erst 2009 zu rechnen ist.

Mit welchen Änderungen ist zu rechnen?

Es gibt eine Verordnung – damit entfällt das Blättern in den 3 Verordnungen und in den beiden Verwaltungsvorschriften.

Die Annahme der Abfälle an Deponie wird geändert.

Die Zuordnungswerte werden der Ratsentscheidung angepasst – Zuordnungswerte fallen weg. Fußnoten werden gestrafft und es gibt eine Tabelle zur Beseitigung und Verwertung.

Nach dem vorliegenden Entwurf müssen für den Weiterbetrieb vor dem Inkrafttreten der neuen Verordnung Plangenehmigungen vorliegen. Dies hat zu Verunsicherungen und Diskussionen geführt. Warum reichen die Anzeigen nicht aus?

Die Anhänge werden angepasst, wobei auch hier im Einzelnen Probleme liegen.

TA Abfall und TA Siedlungsabfall sollen aufgehoben werden. Damit würde der Anhang E der TA Abfall entfallen.

Näheres hören Sie aus der Sicht eines Deponiebetreibers und als Mitglied eines Fachausschusses des VKS von Frau Selder.

Ersatzbaustoffverordnung

Hier liegt kein aktueller Entwurf vor. Die Diskussion über die Eignung der Eluatverfahren läuft weiter.

PRTR

Zwischenzeitlich müssten die Daten in der Datenbank eingegeben sein und es erfolgt in Bayern eine Prüfung durch das LfU.

3 Was bewirkt der 15.07.2009?

Der 15.07.2009 gibt nochmals die letzte Möglichkeit nach der bisherigen Deponieklasse abzulagern oder zu verwerten. Am 16.07.2009 gilt dann das Ende der Ablagerung oder die Abstufung in eine niedrigere Deponieklasse.

Ab dem 16.07.2009 müssen die Anforderungen an den Standort und die geologische Barriere bzw. techn. Ausgleichmaßnahme erfüllt werden.

§ 2 Begriffsbestimmungen

Im Sinne dieser Verordnung bedeuten die Begriffe:

5. Betriebsphase:

Zeitraum von der Abnahme der für den Betrieb einer Deponie oder eines Deponieabschnittes erforderlichen Einrichtungen durch die zuständige Behörde bis zur Feststellung der endgültigen Stilllegung einer Deponie nach § 36 Abs. 3 des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes.

Die Betriebsphase umfasst die Ablagerungs- und die Stilllegungsphase.

25. Nachsorgephase:

Zeitraum nach der endgültigen Stilllegung einer Deponie bis zu dem Zeitpunkt, zu dem die zuständige

Behörde nach § 36 Abs. 5 des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes den Abschluss der Nachsorge feststellt.

28. Stilllegungsphase:

Zeitraum vom Ende der Ablagerungsphase der Deponie oder eines Deponieabschnittes bis zur endgültigen Stilllegung der Deponie.

§ 12 Stilllegung

(2) Der Betreiber einer Deponie der Klasse 0, III oder IV hat **spätestens sechs Monate nach dem Ende der Ablagerungsphase** der Deponie oder eines Deponieabschnittes einen Bestandsplan zu erstellen und der zuständigen Behörde vorzulegen. In den Bestandsplan sind insbesondere die Erklärungen zum Deponieverhalten nach § 10 Abs. 3 sowie, bei Deponien oder Deponieabschnitten der Klassen 0 oder III, die nach § 3 Abs. 1 oder Abs. 2 und nach § 3 Abs. 3 ausgeführten technischen Maßnahmen aufzunehmen.

(3) In der Stilllegungsphase hat der Betreiber einer Deponie der Klasse 0, III oder IV unverzüglich alle erforderlichen Maßnahmen durchzuführen, um zukünftige negative Auswirkungen der Deponie oder des Deponieabschnittes auf die in § 10 Abs. 4 des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes genannten Schutzgüter zu verhindern.

Das heißt, dass eine Oberflächenabdeckung (DK 0) oder Oberflächenabdichtung (DK I – III) aufzubringen ist.

(4) Der Betreiber einer Deponie der Klasse 0, I, II, III oder IV hat die Feststellung des Abschlusses der Stilllegung der Deponie nach § 36 Abs. 3 des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes unmittelbar nach Abschluss der von der zuständigen Behörde angeordneten Maßnahmen bei der zuständigen Behörde zu beantragen.

§ 13 Nachsorge

(1) Der Betreiber einer Deponie der Klasse 0, III oder IV hat in der Nachsorgephase alle Maßnahmen durchzuführen, die in einer behördlichen Entscheidung nach § 22 Abs. 1 oder 4 festgelegt worden sind, sowie sonstige Maßnahmen, die zur Abwehr von Gefahren und zur Verhinderung von Beeinträchtigungen des Wohles der Allgemeinheit erforderlich sind.

Deponieverwertungsverordnung

In der Stilllegungsphase können nur noch Abfälle zur Verwertung auf der Deponie eingesetzt werden.

§ 2 Begriffsbestimmungen

Im Sinne dieser Verordnung sind:

1. Ausgleichsschicht:

unterste Schicht des Oberflächenabdichtungssystems gemäß Anhang 1 Nr. 2 der Deponieverordnung vom 24. Juli 2002 (BGBl. I S. 2807), die dem Ausgleich von Unebenheiten an der Oberfläche der abgelagerten Abfälle sowie zugleich als Tragschicht der übrigen Oberflächenabdichtungskomponenten dient;

6. Profilierung:

Gestaltung der Oberfläche des Deponiekörpers, um darauf das Oberflächenabdichtungssystem in dem für die Entwässerung erforderlichen Gefälle aufbringen zu können.

§ 3 (Auszug) Grundsätze

(1) Deponieersatzbaustoffe dürfen für Baumaßnahmen im Sinne des § 4 nur eingesetzt werden, soweit hierdurch bei Errichtung, Betrieb sowie Stilllegung und Nachsorge der Deponie das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird. Insbesondere dürfen Deponieersatzbaustoffe nicht eingesetzt werden, wenn ihr Einsatz

1. in einer Menge erfolgt, die über das hinausgeht, was zur Durchführung der nach der Abfallablagereungsverordnung vom 20. Februar 2001 (BGBl. I S. 305), der Deponieverordnung oder der in der jeweiligen Deponiezulassung vorgeschriebenen Baumaßnahmen, insbesondere zum Aufbau der Abdichtungssysteme und zur Profilierung, erforderlich ist,

2. bei nicht basisabdichteten Deponien das auslaugfähige Schadstoffpotenzial hinsichtlich Art und Menge wesentlich erhöht.

§ 4 Einsatz und Zuordnung

(1) Der Einsatz von Abfällen zur Herstellung von Deponieersatzbaustoffen sowie unmittelbar als Deponieersatzbaustoff für die Es folgt eine Aufzählung der zulässigen Maßnahmen.

Wichtig ist:

(2) Der Einsatz von Abfällen zur Herstellung von Deponieersatzbaustoffen sowie unmittelbar als Deponieersatzbaustoff **zur Profilierung** ist nur zulässig, wenn

1. sich **die Deponie** oder Monodeponie **insgesamt in der Stilllegungsphase** befindet,

2. die Profilierung **deponiebautechnisch erforderlich** ist und nicht durch Änderung der zugelassenen Deponieform, Umschieben bereits abgelagerter Abfälle oder Weiterbetrieb der Deponie – soweit technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar – erreicht werden kann und

3. die Zuordnungskriterien nach Anhang 1 Tabelle 1 Nr. 3 eingehalten werden.

4 Zusammenfassung

Weiterhin ist Bewegung im Deponiebereich. Die Fristen der AbfAbIV und der DepV sind umzusetzen. Die Annahmekriterien haben uns seit 2007 Neuerungen gebracht. Und nun steht die Deponieverordnung an. Also fast alle zwei Jahre neue rechtliche Vorgaben, die umzusetzen sind. Da kann es nicht langweilig werden.

Und es wird auch weiterhin Deponien als Endglied der Abfallwirtschaft geben. Wenn nicht, dann beschäftigen uns auf alle Fälle die Nachsorge der Deponien.

Entwurf einer Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts vom 03.06.2008 – Anmerkungen aus der Sicht eines Deponiebetreibers, Stand 10.09.2008

Kirsten Selder, Zweckverband Abfallwirtschaft in der Stadt Erlangen und im Landkreis Erlangen-Höchstadt

Die Bundesregierung hat am 03. Juni 2008 den überarbeiteten Entwurf einer Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts vorgelegt, der die Regelungen zum Deponierecht zusammenfasst und die **Deponieverordnung novelliert**. Der Entwurf soll das Deponierecht vereinfachen, EU-Regelungen umsetzen und Zulassungsverfahren beschleunigen. Die Bestimmungen des Deponierechts in Deutschland sind derzeit auf drei Verordnungen (AbfallAbIV, DepV, DepVerwV) und drei Verwaltungsvorschriften (1. Allgemeine VwV zum Grundwasserschutz, TA Abfall, TASI) verteilt, die aufeinander verweisen und damit schwer verständlich sind. Die geplante Deponieverordnung führt deren Bestimmungen zusammen.

Zusammenfassend ist aus Betreibersicht folgendes anzumerken: Die Überarbeitung und Verschlan-
kung des Deponierechts wird begrüßt; auch enthält der Entwurf sinnvolle Deregulierungen und Flexibi-
lisierungen. Im vorliegenden Entwurf wird jedoch der Bestandsschutz für einige nach der bestehenden
Deponieverordnung rechtmäßige betriebene Deponien aus formalen Gründen aufgehoben, eine
Nachbesserung des Entwurfs ist notwendig.

Im folgenden Vortrag werden zunächst wichtige Bestimmungen des Entwurfs skizziert. Anschließend werden ausgewählte Änderungsvorschläge aus der Stellungnahme des Fachausschusses Deponien des Verbands Kommunaler Städtereiniger im Verband Kommunaler Unternehmen (VKS im VKU) vor-
gestellt.

- 1 wesentliche Bestimmungen des Entwurfs einer Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts (DepV-E) und Änderungen gegenüber geltendem Recht
 - 1.1 Bestandsschutz
 - 1.2 Standortwahl, Geologische Barriere, Basisabdichtungssystem für DK 0, I, II,III
 - 1.3 Annahmebedingungen und Annahmeverfahren
 - 1.4 Oberflächenabdichtungssystem
 - 1.5 Stilllegung, Nachsorge
- 2 Anmerkungen aus Betreibersicht
 - 2.1 Bestandsschutz sicherstellen
 - 2.2 Weitere Anregungen des Fachausschusses zum Entwurf der DepV-E
 - 2.2.1 Zum Verordnungstext
 - 2.2.2 Zu Anhang 1 Anforderungen an den Standort, die geologische Barriere, Basis- und Oberflächenabdichtungssysteme von Deponien der Klasse 0, I, II und III
 - 2.2.3 Zu Anhang 3 Zulässigkeits- und Zuordnungskriterien
 - 2.2.4 Zu Anhang 4 Probenahme

1 Wesentliche Bestimmungen des Entwurfs einer VO zur Vereinfachung des Deponierechts (DepV-E) vom 03.06.2008 und Änderungen ggü. geltendem Recht

Der Entwurf der Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts vom 03.06.2008 enthält den Entwurf einer neuen Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung Entwurf – DepV-E). Bisher gilt die Deponieverordnung vom 24. Juli 2002, zuletzt geändert am 13. Dezember 2006.

In der neuen Deponieverordnung bleiben Struktur und Regelungsbereiche der geltenden Deponieverordnung erhalten, ein Teil mit Regelungen zu Deponieersatzbaustoffen wird neu aufgenommen. Fünf Anhänge konkretisieren einzelne Regelungsbereiche.

Wie bisher gibt es vier oberirdische Deponieklassen 0, I, II, III und eine unterirdische Deponiekategorie IV im Salzgestein. Analog zur geltenden Deponieverordnung enthält der Entwurf Regelungen zu Errichtung, Betrieb, Stilllegung und Nachsorge von Deponien und Vorgaben zu Genehmigungsverfahren, zu Langzeitlagern und zu Sicherheitsleistungen. Das Annahmeverfahren für Abfälle wird detailliert geregelt.

Für Altdeponien in der Ablagerungsphase übernimmt der Entwurf (DepV-E, Anhang 1 Tabelle 1, vgl. DepV Anhang 1 Tabelle 1) den aktuellen Stand der Technik für die geologische Barriere und das Basisabdichtungssystem, an bestehenden Standorten auch die Möglichkeit, Abweichung der geologischen Barriere von den Regelanforderungen durch gleichwertige technische Maßnahmen auszugleichen. Er knüpft das Wirksamwerden des Bestandsschutzes jedoch an genehmigungsrechtliche Anforderungen, die über die derzeitigen rechtlichen Anforderungen hinausgehen und aktuell nicht von allen Deponien erfüllt werden, auch nicht erfüllt werden müssen. Im derzeitigen Entwurf ist der Bestandsschutz für Deponien in der Ablagerungsphase damit nur eingeschränkt gegeben.

Für bereits endgültig stillgelegte Deponien legt die geltende Deponieverordnung den Stand der Technik für die Nachsorgephase fest. Soweit für die Stilllegungs- und Nachsorgephase rechtskräftige Bescheide gelten, erhalten diese Bestandsschutz, wobei abweichende neuere Anforderungen in der DepV-E zu Kontroll- und Übergangsmaßnahmen, Information und Dokumentation vorrangig gelten.

Ein Grundwassermonitoring ist bei allen Deponieklassen durchzuführen. Die zuständige Behörde ist über das Verhalten der Deponie in einem Jahresbericht zu informieren, die Vorlage wird erst zum 30.06. des Folgejahres gefordert.

Bei Deponien der DK I - IV ist von einem Nachsorgezeitraum von 30 Jahren auszugehen, bei Deponien der DK 0 von einem Nachsorgezeitraum von 10 Jahren

1.1 Bestandsschutz

Neu:

§ 26 des Entwurfs der Deponieverordnung **beschränkt den Bestandsschutz für Altdeponien in der Ablagerungsphase auf rechtskräftige Planfeststellungen nach § 31 Abs. 2, Plangenehmigungen nach § 31 Abs. 3 und Anordnungen nach § 35 oder § 36 Abs. 2 des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes vom 27. September 1994** mit Änderungsfassungen (KrWAbfG).

1.2 Standortwahl, Geologische Barriere, Basisabdichtungssystem für Deponien DK 0, I, II,III

Standort und geologische Barriere:

Ein Abstand des freien Grundwasserspiegels zur Geologischen Barriere von min. 1 m ist permanent zu gewährleisten. Besonders geschützte oder schützenswerte Flächen wie Wasservorranggebiete sind zu berücksichtigen, ebenso ein Schutzabstand zu sensiblen Gebieten wie Wohnbebauung.

Als eine Standortvoraussetzung für Deponien ist das Vorhandensein einer geologischen Barriere genannt. Bei der Erweiterung von bestehenden Deponien kann die geologische Barriere durch technische Maßnahmen ersetzt, ergänzt oder verbessert werden; bei neuen Deponiestandorten gilt dies für die oberste Schicht der geologischen Barriere.

Systemkomponenten nach Anhang 1 Tabelle 1 DepV-E:

Nr.	Systemkomponenten	DK 0	DK I	DKII	DKIII
1	Oberste Schicht der geolog. Barriere	$k \leq 1 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$ $d \geq 1,00 \text{ m}$	$k \leq 1 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$ $d \geq 1,00 \text{ m}$	$k \leq 1 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$ $d \geq 1,00 \text{ m}$	$k \leq 1 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$ $d \geq 5,00 \text{ m}$
2*	Erste Abdichtungskomponente	Nicht erforderlich	erforderlich	erforderlich	erforderlich
3*	Zweite Abdichtungskomponenten	Nicht erforderlich	Nicht erforderlich	erforderlich	erforderlich
4**	Mineralische Entwässerungsschicht	$d \geq 0,30 \text{ m}$ (im Einzelfall Verzicht möglich)	$d \geq 0,50 \text{ m}$, (im Einzelfall ab $d \geq 0,30 \text{ m}$)	$d \geq 0,50 \text{ m}$, (im Einzelfall ab $d \geq 0,30 \text{ m}$)	$d \geq 0,50 \text{ m}$, (im Einzelfall ab $d \geq 0,30 \text{ m}$)
		* Anforderungen an die Abdichtungskomponenten: - mineralische Abdichtungskomponenten: $d \geq 0,50 \text{ m}$, $k \leq 5 \cdot 10^{-10} \text{ m/s}$ - KDB: $d \geq 2,5 \text{ mm}$ - bei zwei Abdichtungskomponenten: konvektionsdichte KDB oder Asphaltichtung über mineralischer Komponente		**Entwässerungsschicht aus Dränmaterial 16/32 mm oder Dränmaterial mit vergleichbarer hydraulischer Leistungsfähigkeit (bisher $k \geq 1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$)	

Anforderungen an das Abdichtungssystem

- Die Anforderungen an **Eignungsnachweise** werden **vereinheitlicht**:
 - Für Geokunststoffe, Polymere und Dichtungskontrollsysteme sind BAM – Zulassungen gefordert.
 - Für Baustoffe, Abdichtungskomponenten und Abdichtungssysteme ist ein Eignungsnachweis nach bundeseinheitlichen Anforderungen ggü der zust. Behörde gefordert.
 - Bei nicht vorgefertigten, lizenzierten oder standardisierten Baustoffen und Abdichtungssystemen ist ein Eignungsnachweis im Einzelfall nach bundeseinheitlichen Anforderungen ggü. der zust. Behörde zu führen.
- Zulassungen und Eignungsbeurteilungen der BAM sowie der Länder gelten fort, soweit sie nicht für ungültig erklärt worden sind.
- Die Herstellbarkeit der Abdichtungskomponenten und des Abdichtungssystems ist vor der Errichtung durch Probefelder nachzuweisen.

- Für **Abdichtungskomponenten** und **Abdichtungssysteme** muss die Funktionserfüllung für einen Zeitraum von **100 Jahren** nachgewiesen werden.
- Bei **Kontrollsystemen** für Konvektionssperren gilt ein Zeitraum von mindestens **30 Jahren**.
- Für die Herstellung eines Bauabschnitts soll ein einziger verantwortlicher Auftragnehmer bestellt werden.

Der Entwurf der DepV übernimmt weitgehend europarechtliche Regelungen der Richtlinie 1999/31/EG DES RATES vom 26. April 1999 über Abfalldeponien, Beispiel hier Anforderungen an die geologische Barriere:

Anforderungen an die geologische Barriere von Deponiesohle und Deponieböschungen nach Anhang 1 Nr. 3.2 der Richtlinie 1999/31/EG:

	K	Mächtigkeit
Deponie für gefährliche Abfälle	$K \leq 1,0 \times 10^{-9} \text{ m/s}$	$\geq 5 \text{ m}$
Deponie für nicht gefährliche Abfälle	$K \leq 1,0 \times 10^{-9} \text{ m/s}$	$\geq 1 \text{ m}$
Deponie für Inertabfälle	$K \leq 1,0 \times 10^{-7} \text{ m/s}$	$\geq 1 \text{ m}$

Neu:

- Die Anforderungen an die Eignungsnachweise der Abdichtungskomponenten werden vereinheitlicht
- Für die Basisabdichtung der DK I war bisher eine Kunststoffdichtungsbahn gefordert, für die Oberflächenabdichtung eine mineralische Abdichtung; jetzt wird jeweils eine geeignete Abdichtungskomponente gefordert.

1.3 Annahmebedingungen und Annahmeverfahren

- In Anhang 3 Tabelle 2 sind Zuordnungskriterien für alle Deponieklassen aufgeführt, die die angelieferten Abfälle einhalten müssen.
- Mit Zustimmung der zuständigen Behörde sind Überschreitungen einzelner Parameter bis zum Dreifachen des Zuordnungswerts möglich.
- Bei Ablagerung von spezifischen Massenabfällen auf einem Monoabschnitt der DK I ist mit Zustimmung der Behörde eine Überschreitung bis zum Dreifachen des DK II - Zuordnungswerts zulässig.
- Weitere Ausnahmen sind in den Fußnoten geregelt.

Die Zuordnungswerte wurden bis auf die Organik-Parameter an EU-Vorgaben angepasst, so dass einige Parameter entfallen, z.B. Festigkeit, axiale Verformung und Leitfähigkeit, außerdem für DK I-III BTEX. Die Fußnote 3 der AbfAbIV mit Ausnahmeregelungen für die organischen Parameter TOC und Glühverlust wurde in leicht abgeänderter Form übernommen. Der Grenzwert für Chrom VI wird ersetzt durch Chrom gesamt.

Sonderregelungen:

Asbesthaltige Abfälle und Abfälle, die gefährliche Mineralfasern enthalten, können wie bisher auf gesonderten Ablagerungsbereichen auf Deponien der DK I und II abgelagert werden, soweit keine Anhaltspunkte für sonstige gefährliche Eigenschaften (außer krebserzeugend Kat 1 R45 und reizend R 38) bestehen und die übrigen Zuordnungskriterien der jeweiligen Deponieklasse eingehalten werden. Neu ist die Forderung, dass die Ablagerung in bautechnisch getrennten Abschnitten erfolgen muss.

Folgende Abfälle können mit Zustimmung der Behörden auch bei Nicht-Einhaltung einzelner Zuordnungskriterien auf gesonderten Ablagerungsbereichen von Deponien der DK II (nicht gefährliche Abfälle) oder III (gefährliche Abfälle) abgelagert werden:

- die überwiegend mineralische Fraktion von Abfällen aus Schadensfällen
- Abfälle aus dem Rückbau einer Deponie oder Altlast, bei denen die heizwertreichen Anteile abgetrennt wurden
- Abfälle, die mit Asbest oder andere gefährliche künstliche Mineralfasern vermischt sind, wenn eine Abtrennung der Fasern nicht möglich oder zumutbar ist oder kein anderes Entsorgungsverfahren zur Verfügung steht

MBA-Abfälle können auf Deponien der DK I und II abgelagert werden, wenn die einschlägigen Zuordnungswerte eingehalten werden, im Rahmen der Behandlung heizwertreiche Abfälle zur Verwertung oder thermischen Behandlung sowie sonstige verwertbare oder schadstoffhaltige Fraktionen weitgehend abgetrennt wurden und auf dem Deponieabschnitt weder gefährliche Abfälle noch Abfälle auf Gipsbasis abgelagert werden.

Für folgende Inertabfälle entfällt die grundlegende Charakterisierung sowie die Kontrolluntersuchung, wenn der Abfall aus einer Anfallstelle stammt, nicht mehr als 5 Massen% an Fremdstoffen vorhanden sind und keine Anhaltspunkte für eine Überschreitung der Zuordnungskriterien für DK 0 und das Vorhandensein von beeinträchtigenden Schadstoffen bestehen:

Abfallschlüssel gemäß Abfallverzeichnis-Verordnung	Beschreibung	Einschränkungen
10 11 03	Glasfaserabfall	Nur ohne organische Bindemittel
15 01 07	Verpackungen aus Glas	
17 01 01	Beton	Nur ausgewählte Abfälle aus Bau- und Abbruchmaßnahmen
17 01 02	Ziegel	Nur ausgewählte Abfälle aus Bau- und Abrissmaßnahmen
17 01 03	Fliesen, Ziegel und Keramik	Nur ausgewählte Abfälle aus Bau- und Abbruchmaßnahmen
17 01 07	Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik	Nur ausgewählte Abfälle aus Bau- und Abrissmaßnahmen
17 02 02	Glas	
17 05 04	Boden und Steine	Ausgenommen Oberboden und Torf sowie Boden und Steine aus Flächen mit schädlichen Bodenveränderungen im Sinne von § 2 Abs. 3 des Bundes-Bodenschutzgesetzes
19 12 05	Glas	
20 01 02	Glas	Nur getrennt gesammeltes Glas
20 02 02	Boden und Steine	Nur Abfälle aus Gärten und Parkanlagen; ausgenommen Oberboden und Torf

Annahmeverfahren:

Folgende Verfahrensschritte sind vorgesehen:

- Grundlegende Charakterisierung mit analytischem Nachweis (Abfallerzeuger)
- Schlüsselparameter und Kontrollhäufigkeit festlegen (Deponiebetreiber)
- Regelmäßige Beprobung (Abfallerzeuger)
- Annahmekontrolle (Deponiebetreiber)
 - begleitende Unterlagen mit der grundlegenden Charakterisierung vergleichen
 - Masse, Abfallschlüssel und Abfallbezeichnung feststellen
 - visuelle und organoleptische Kontrolle (Aussehen, Konsistenz, Farbe und Geruch)
- Kontrolluntersuchungen (Deponiebetreiber)
 - bei Verdacht auf Unregelmäßigkeiten
 - bei gefährlichen Abfällen:
 - bei mehr als 50 t zwei Anfangs-Kontrolluntersuchungen
 - Stichproben-Kontrollen je 2500 t Abfall
 - bei nicht gefährlichen Abfällen:
 - bei mehr als 200 t zwei Anfangs-Kontrolluntersuchungen
 - Stichproben-Kontrollen je 5000 t Abfall
- Eingangsbestätigung für jede Abfallanlieferung

Neu:

- Die Häufigkeit der vom Deponiebetreiber durchzuführenden Kontrollen werden neu geregelt.
- Für die Ablagerung von Asbest ist ein gesonderter, „bautechnisch abgetrennter“ Deponieabschnitt gefordert.
- Die bisherige Regelung, dass Untersuchungen zur grundlegenden Charakterisierung nicht erforderlich sind, wenn dem Deponiebetreiber alle Informationen zum Auslaugverhalten und die Zusammensetzung des Abfalls bekannt sind, entfällt. Eine Kleinmengenregelung gibt es nicht.
- Für Abfälle aus dem Rückbau einer Altlast oder Deponie und für Abfälle aus Schadensfällen gelten Sonderregelungen, ebenso für Abfälle, die Asbest oder andere gefährlichen künstlichen Mineralfasern vermischt sind.
- Überschreitungen von den Zuordnungswerten nach Anhang 3 Tabelle 2 sind mit Zustimmung der Behörde in einem vorgegebenen Umfang möglich.

1.4 Oberflächenabdichtungssystem

Komponenten der Oberflächenabdichtung gemäß Anhang 1 Tabelle 2

Nr.	Komponenten	DK 0	DK I	DKII	DKIII
1	Ausgleichsschicht	Nicht erforderlich	Ggf. erforderlich	Ggf. erforderlich	Ggf. erforderlich
2*	Gasdränschicht	Nicht erforderlich	Nicht erforderlich	Ggf. erforderlich	Ggf. erforderlich
3*	Erste Abdichtungskomponente	Nicht erforderlich	erforderlich*	erforderlich*	erforderlich**
4**	Zweite Abdichtungskomponenten	Nicht erforderlich	Nicht erforderlich	erforderlich*	erforderlich**

Nr.	Komponenten	DK 0	DK I	DKII	DKIII
5	Entwässerungsschicht, i.d.R. $d \geq 0,30$ m, $k \geq 1 \cdot 10^{-3}$ m/s, Gefälle >5%, Ausnahmen möglich	Ggf. erforderlich	erforderlich	erforderlich	erforderlich
6	Rekultivierungsschicht/ technische Funktionsschicht	erforderlich	erforderlich	erforderlich	erforderlich
* Anforderungen an die Abdichtungskomponenten: - mineralische Abdichtungskomponenten: $d \geq 0,50$ m, $k \leq 5 \cdot 10^{-9}$ m/s oder Durchfluss ≤ 20 mm/a - KDB: $d \geq 2,5$ mm			** Anforderungen an die Abdichtungskomponenten: - mineralische Abdichtungskomponenten: $d \geq 0,50$ m, $k \leq 5 \cdot 10^{-10}$ m/s oder Durchfluss ≤ 10 mm/a - KDB: $d \geq 2,5$ mm		

Bei zwei Abdichtungskomponenten sind verschiedene Materialien einzusetzen, die auf eine Einwirkung (Austrocknung, Perforation) unterschiedlich reagieren. Bei einem Oberflächenabdichtungssystem ausschließlich aus mineral. Materialien ist bei DK I, II, III ein Kontrollfeld von mind. 500 m² Größe einzurichten. Wird die Rekultivierungsschicht als Wasserhaushaltsschicht eingesetzt, sind folgende Anforderungen einzuhalten:

	Rekultivierungsschicht	Wasserhaushaltsschicht
Mindestdicke	1 m	1,5 m (Ausnahmen möglich)
Nutzbare Feldkapazität	≥ 140 mm	≥ 220 mm (Ausnahmen möglich)
Durchsickerung		$\leq 10\%$ vom langjährigen Mittel, ≤ 60 mm pro Jahr (keine Ausnahmen möglich)

Neu:

- Für DK I kann statt Abdichtungskomponente, Entwässerungsschicht und Rekultivierungsschicht eine entsprechend bemessene Wasserhaushaltsschicht eingesetzt werden, wenn
 - Sickerwasser vollständig gefasst und eingeleitet wird und vor Entlassung aus der Nachsorge Direkteinleiterbedingungen einhält
 - Sickerwasser nachweislich nicht anfällt *oder*
 - der Durchfluss durch die Wasserhaushaltsschicht im fünfjährigen Mittel nicht mehr als 20 mm/a beträgt
- Wird bei der Oberflächenabdichtung einer Deponie der DK II die erste Abdichtungskomponente als Kunststoffdichtungsbahn ausgeführt, kann die zweite Abdichtungskomponente durch ein Dichtungskontrollsystem ersetzt werden. Unabhängig vom Material der ersten Komponente kann die zweite Abdichtungskomponente und die Rekultivierungsschicht durch eine Wasserhaushaltsschicht ersetzt werden, soweit herstellbar.

An Deponien, auf denen Hausmüll, hausmüllähnliche Gewerbeabfälle, Klärschlamm u.a. Abfälle mit hohem organ. Anteil abgelagert wurden, ist ein Verzicht auf die zweite Abdichtungskomponente nur möglich, wenn Maßnahmen zur Beschleunigung des biologischen Abbaus und zur Verbesserung des Langzeitverhaltens der Deponie erfolgreich durchgeführt wurden.

Geeignete Maßnahmen sind

- eine gezielte Befeuchtung durch Wasser oder deponieeigenes Sickerwasser oder
- eine Belüftung des Abfallkörpers
- Als Mindestanforderungen für eine Sickerwasserrückführung oder Infiltration wird das Vorhandensein einer Sickerwasserfassung und -behandlung gefordert, nicht jedoch ein bestimmtes Basisabdichtungssystem. Außerdem müssen wie bisher relevante Mengen organisch abbaubarer Substanz im Deponiekörper nachgewiesen sein, es muss eine Aktiventgasung betrieben werden und die Standsicherheit nachgewiesen sein.
- Die Ausgleichsschicht kann ggf. entfallen.
- Zwangsweise stillgelegte Deponien, bei denen ein Weiterbetrieb aufgrund von Anforderungen der AbfAbIV oder der DepV nicht mehr zulässig war, dürfen in der Stilllegungsphase mit Deponieersatzbaustoffen profiliert werden, wenn die Zuordnungskriterien nach Anhang 3 für Deponieersatzbaustoffe eingehalten werden. Für die Basis- und Oberflächenabdichtung entsprechen sie den Zuordnungskriterien für Abfälle auf DK 0.

1.5 Stilllegung, Nachsorge

Der Betreiber hat in der Stilllegungsphase unverzüglich alle Maßnahmen zur Errichtung eines Oberflächenabdichtungssystems durchzuführen; eine temporäre Abdichtung kann bis zum Abklingen der großen Setzungen zugelassen werden. Die endgültige Stilllegung ist bei der zuständigen Behörde zu beantragen; damit wird die Deponie in die Nachsorgephase übergeführt.

In der Nachsorgephase sind das Grundwassermonitoring und – bei Anordnung durch die Behörde – die Emissionsmessungen fortzusetzen. Sickerwasser und Deponiegas sind weiterhin zu fassen und von der Deponie ausgehende Gefährdungen und Belästigungen zu minimieren.

Kommt die zuständige Behörde zu dem Schluss, dass aus dem Verhalten der Deponie zukünftig keine Beeinträchtigungen des Wohls der Allgemeinheit zu erwarten sind, kann sie auf Antrag des Deponiebetreibers die Kontroll- und Überwachungsmaßnahmen aufheben und den Abschluss der Nachsorgephase feststellen.

Neu:

Für die Feststellung des Abschlusses der Nachsorgephase legt Anhang 5 Nr. 10 DepV-E die folgenden Kriterien fest:

1. Abbauprozesse sind weitgehend abgeklungen
2. Gasbildung findet nicht statt oder ist zum Erliegen gekommen
3. Setzungen sind abgeklungen
4. Oberflächenabdichtungssystem ist funktionstüchtig und stabil
5. Deponie ist dauerhaft standsicher
6. Unterhaltung baulicher und technischer Anlagen ist nicht mehr erforderlich
7. Sickerwasserkonzentration oder Sickerwasserfracht unterschreitet den Grenzwert *
8. Auslöseschwellen werden nicht durch Eintrag von Sickerwasser überschritten
9. Asbesthaltige Abfälle sowie Abfälle, die gefährliche Mineralfasern enthalten, sind sicher eingehaust

* Das in ein oberirdisches Gewässer eingeleitete Sickerwasser hält die Konzentrationswerte des Anhangs 51, Abschnitt C, Abs. 1 und Abschnitt D, Abs. 1 der Abwasserverordnung ein oder die mit dem Sickerwasser in eine oberirdisches Gewässer eingeleitete jährliche Fracht eines relevanten Schadstoffs überschreitet nicht das Produkt des zulässigen Konzentrationswerts des Anhangs 51, Abschnitt C, Abs. 1 und Abschnitt D, Abs. 1 der Abwasserverordnung multipliziert mit 20 Prozent der langjährigen durchschnittlichen Niederschlagsmenge, bezogen auf den Ablagerungsbereich.

2 Anmerkungen aus Betreibersicht

Den Anmerkungen aus Betreibersicht liegt die Stellungnahme des Fachausschusses Deponien des Verbands Kommunaler Städtereiniger im Verband Kommunaler Unternehmer (VKS im VKU) zum Entwurf der Verordnung zugrunde, übersandt an das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit mit Schreiben vom 01.07.2008. Die im Vortrag vorgenommene Auswahl der Anregungen ist natürlich subjektiv. Der VKS im VKU ist die Interessenvertretung Kommunaler Städtereiniger, vertritt im Gesetzesverfahren die kommunalen Deponiebetreiber und berät den Gesetzgeber mit dem Ziel, in der Abfallgesetzgebung den optimalen Schutz von Mensch und Umwelt, ökologische Hochwertigkeit, Realisierbarkeit und Wirtschaftlichkeit sicherzustellen.

VKS im VKU und DWA begrüßen, dass die Bundesregierung die Kodifizierung des Deponierechts in die Wege geleitet hat. Positiv wird gesehen, dass viele Anforderungen dereguliert und flexibilisiert werden. Viele Anregungen aus den bisherigen Stellungnahmen von VKS im VKU und DWA wurden aufgegriffen und einige verschärfte Anforderungen des zweiten Arbeitsentwurfs wieder aufgegeben.

Nachbesserungsbedarf wird insbesondere an folgenden Punkten gesehen:

2.1 Bestandsschutz sicherstellen

Deponien oder Deponieabschnitte in der Ablagerungsphase dürfen zu Zeit nur betrieben werden, wenn sie eine Planfeststellung oder Plangenehmigung nach dem zum Zeitpunkt der Errichtung/ Erweiterung geltenden oder späteren Abfallgesetz besitzen und die Anforderungen der geltenden Deponieverordnung und der Abfallablagerungsverordnung erfüllen. § 14 der geltenden DepV fordert, dass der Deponiebetreiber dies der zuständigen Behörde spätestens am 01.08.2003 angezeigt hat oder bis zu diesem Datum einen Antrag auf Nachrüstung und Weiterbetrieb gestellt hat oder eine befristete Zulassung bis 15.07.2009 beantragt und erhalten hat.

Ein Weiterbetrieb über den 15.07.2009 hinaus ist nach den geltenden Regeln nur zulässig, wenn die Deponie allen Anforderungen an den Stand der Technik entspricht. Ausnahmen sind nur bei den Anforderungen an den Standort und an die geologische Barriere vorgesehen, wobei bei Abweichung der geologischen Barriere von den Regelanforderungen eine vergleichbare Schutzwirkung durch technische Maßnahmen hergestellt sein muss.

Nach dem Entwurf DepV-E, Stand 03.06.2008, können Altdeponien nur dann nach den derzeitigen Festlegungen weiterbetrieben werden, wenn Festlegungen für die weitere Ablagerungsphase in einer Planfeststellung nach § 31 Abs. 2, einer Plangenehmigung nach § 31 Abs. 3, oder einer Anordnung nach § 35 oder § 36 KrWAbfG rechtskräftig getroffen wurden. Damit wird allen Deponien die Genehmigungsgrundlage entzogen, die diese Rahmenbedingungen nicht erfüllen, auch wenn sie die Anforderungen der aktuellen Deponieverordnung und der Abfallablagerungsverordnung erfüllen, eine Anzeige nach § 14 Abs. 1 DepV an die Genehmigungsbehörde gerichtet haben und damit derzeit rechtmäßig betrieben werden können. In diesem Fall müsste der Betreiber eine komplett neue Eignungsprüfung incl. aller Bauteile, z.B. BAM-Zulassung, führen. Hier ist der Bestandsschutz sicherzustellen.

Der Fachausschuss Deponien des VKS im VKU regt deshalb an: Die Regelungen des § 26 für in der Ablagerungsphase befindliche Altdeponien sollten dahingehend verändert werden, dass auch Altdeponien nach den getroffenen Festlegungen weiterbetrieben werden dürfen, für die eine Anzeige nach § 14 Abs. 1 DepV mit Bestätigung der Behörden besteht.

Falls die Verordnung vor dem 15.07.2009 in Kraft tritt, sollte der Text dahingehend geändert werden, dass auch Altdeponien befristet weiterbetrieben werden dürfen, die eine befristete Zulassung nach § 14 Abs. 2 DepV und § 6 Abs. 2 AbfAbfV für den Betrieb bis 15.07.2009 besitzen.

2.2 Weitere Anregungen des Fachausschusses zum Entwurf der DepV-E

2.2.1 Zum Verordnungstext

Im Einzelnen werden zu folgenden Punkten inhaltliche Nachbesserungen angeregt:

Die Behörde „kann“, wenn alle Rahmendbedingungen erfüllt sind, den Abschluss der Nachsorge feststellen, muss es aber nicht. Um einen einheitlichen Vollzug zu gewährleisten und den Betreibern die nötige Rechtssicherheit bei der Durchführung von Maßnahmen zur Verbesserung des Deponieverhaltens zu geben, sollte festgelegt werden, dass die zuständige Behörde bei Vorliegen der Voraussetzungen die Kontroll- und Überwachungsmaßnahmen aufheben und den Abschluss der Nachsorgephase feststellen soll. (zu § 11 Abs.2 DepV-E)

Der Entwurf sieht vor, dass asbesthaltige Abfälle abgelagert werden dürfen, wenn „die Ablagerung in einem gesonderten, bautechnisch abgetrennten Ablagerungsbereich eines Deponieabschnitts oder einem eigenen Deponieabschnitt erfolgt. Die bautechnische Abtrennung erscheint für den praktischen Vollzug ungeeignet. Der Fachausschuss schlägt vor, den Begriff „bautechnisch abgetrennt“ zu streichen. (zu § 6 Abs. 3 S. 3)

Der Fachausschuss Deponien empfiehlt für die Abfallannahme den Verzicht auf den analytischen Nachweis mit Probenbegleitprotokoll gem. § 8 Abs. 1 Nr. 2 für Kleinmengen nicht gefährlicher Abfälle (z.B. Gipskartonplatten), für die keine Anhaltspunkte bestehen, dass die Zuordnungswerte überschritten werden.

Gefordert wird im Entwurf, dass der Abfallerzeuger „regelmäßig“ seinen Abfall zu beproben und zu untersuchen hat und dem Deponiebetreiber die Probennahmeprotokolle und Analysenberichte zu übergeben hat. Der Begriff „regelmäßig“ ist zu unbestimmt, um Rechtssicherheit für Abfallerzeuger und Deponiebetreiber zu gewährleisten. Er sollte konkretisiert werden. Vorgeschlagen wird das gleiche Häufigkeitsraster wie bei den Kontrollanalysen des Deponiebetreibers (alle 5.000 t bzw. mindestens jährlich, zu § 8 Abs.3).

Die Untergrenze für die Forderung von zwei Eingangs-Kontrolluntersuchungen sollte für gefährliche Abfälle von 50 t auf 200 t angehoben werden (zu § 8 Abs. 5)

Laut Begriffsbestimmung im Entwurf ist der Deponiebetreiber eine natürliche oder juristische Person, die die rechtliche oder tatsächliche Verfügungsgewalt über eine Deponie innehat und die die Betriebsführung wahrnimmt. Oft können mehrere juristische Personen betroffen sein, ohne dass hier deren Verantwortlichkeiten klar abgegrenzt würden. Hier wird eine Konkretisierung vorgeschlagen. (zu § 2 Nr. 12 DepV-E)

Der Entwurf schreibt vor, dass der Deponiebetreiber in der Stilllegungsphase unverzüglich alle erforderlichen Maßnahmen zur Errichtung des Oberflächenabdichtungssystems durchzuführen hat. Es sollte in der Begründung klargestellt werden, dass hierunter vorerst auch planerische und vorbereitende Maßnahmen ausreichend sind. (zu § 10 Abs. 1 DepV-E)

Für Genehmigungs- und Änderungsanträge werden die gleichen Unterlagen gefordert. Es wird vorgeschlagen, der Behörde die Möglichkeit einzuräumen, bei Änderungsanträgen auf bereits vorliegende Unterlagen zu verzichten. (zu § 19 Abs. 1 DepV-E)

§ 26 regelt für Deponien in der Ablagerungsphase, dass unter best. Vorr. Verfahren zur Beschleunigung biologischer Abbauprozesse und zur Verbesserung des Langzeitverhaltens zugelassen werden sollen. Dies wird ausdrücklich begrüßt. Es wird vorgeschlagen, eine gleichlautende Regelung auch für Deponien in der Stilllegungsphase aufzunehmen. (zu § 27 DepV-E)

Der Entwurf legt eine Übergangsfrist von zwei Jahren für den Einsatz alternativer Dichtungskomponenten fest, deren Zulassung im Einzelfall erfolgt ist. Dies kann bei großen Deponieflächen, deren Abdichtung über fünf und mehr Jahre erfolgt, erhebliche Probleme verursachen, da eine Systemänderung während des Baus aufgrund hydraulischer Berechnungen und bautechnischer Anforderungen

nicht ohne Weiteres möglich ist. Es wird empfohlen, die Übergangsfrist entsprechend zu verlängern oder die Befristung zu streichen. (zu § 30 Abs. 1 DepV-E)

2.2.2 Zu Anhang 1 Anforderungen an den Standort, die geologische Barriere, Basis- und Oberflächenabdichtungssysteme von Deponien der Klasse 0, I, II und III

Die Forderung einer geologischen Barriere für DK 0 wird von einigen Betreibern als problematisch angesehen. Der Fachausschuss Deponien des VKS im VKU empfiehlt, wie bei der geltenden Deponieverordnung, die Errichtung einer geotechnischen Barriere zur Kompensation mangelnder geologischer Eignung des Untergrunds zu ermöglichen. Die Differenzierung zwischen der oberen Schicht der geologischen Barriere, die ersetzt oder ausgeglichen werden kann, und der implizit geforderten „tieferen“ geologischen Barriere sollte aufgehoben werden. (zu Anhang 1 Nr. 1.2, Ziffer 2 DepV-E)

Die Vorgabe, dass ein Bauabschnitt nur von einem Auftragnehmer erstellt wird, stellt eine starke Wettbewerbsbeschränkung dar und benachteiligt kleinere und mittlere Bauunternehmen. Es gibt keinen Zusammenhang zwischen der Art und Weise der Vergabe von Leistungen und der Qualitätssicherung der Maßnahmen. Der Absatz sollte gestrichen werden. (zu Anhang 1 Nr. 2.1.1 DepV-E)

Die grundsätzliche Forderung eines Kontrollfelds für Oberflächenabdichtungssysteme, die ausschließlich aus mineralischen Materialien bestehen, wird als unnötig erachtet. Die Anordnung eines Kontrollfelds sollte nur in begründeten Fällen und unter Festlegung des materiellen und zeitlichen Umfangs durch die zuständige Behörde möglich sein. (zu Anhang 1 Nr. 2.3 Satz 4 DepV-E)

Die geforderte Feldkapazität der Rekultivierungsschicht von wenigstens 140 mm erscheint sehr hoch. Der Fachausschuss Deponien schlägt vor, die Quantifizierung der nutzbaren Feldkapazität unter Berücksichtigung der Verfügbarkeit entsprechender Böden nochmals zu überprüfen. (Anhang 1 Nr. 2.3.1 Ziffer 2 DepV-E). Gleiches gilt für die Wasserhaushaltsschicht: Die geforderte Feldkapazität der Wasserhaushaltsschicht von wenigstens 220 mm und die Dicke von 1,5 m wird als sehr hoch angesehen. Es wird bezweifelt, ob geeignete Böden flächendeckend verfügbar sind. Die Quantifizierung der nutzbaren Feldkapazität sollte, so die Stellungnahme des Fachausschusses, unter Berücksichtigung der Verfügbarkeit entsprechender Böden nochmals überprüft werden, da die Wasserhaushaltsschicht neben der hydraulischen Funktion weitere Vorteile bietet wie Schutz vor Austrocknung und Durchwurzelung. Bei Forderung einer Durchsickerung von höchstens 10% vom langjährigen Mittel, höchstens jedoch 60 mm/Jahr, wird angenommen, dass dies an den meisten Standorten in Deutschland nicht realisierbar ist. Die Forderung sollte überprüft werden. (zu Anhang 1 Nr. 2.3.1.1 Abs. 1 DepV-E).

2.2.3 Zu Anhang 3 Zulässigkeits- und Zuordnungskriterien

Der Fachausschuss empfiehlt, keine strengeren Zuordnungskriterien festzusetzen, als nach Europarecht erforderlich, um europaweit einheitliche Vorgaben und Wettbewerbsbedingungen zu erreichen.

2.2.4 Zu Anhang 4 Probenahme

Die Richtlinie LAGA PN 98 wird als praxisfern und unnötig aufwändig angesehen. Es wird vorgeschlagen, für die Durchführung der Untersuchungen gleichwertige alternative Probenahmeverfahren zuzulassen. (zu Anhang 4 Nr. 2)

Schlussbemerkung:

Der Entwurf der Deponievereinfachungsverordnung präsentiert sich - verglichen mit der derzeitigen Regelungsvielfalt – übersichtlich, kompakt und verständlich.

Der Stand der Technik der DepV-E für die Geologische Barriere und das Basisabdichtungssystem entspricht weitgehend dem Stand der Technik, den die geltende Deponieverordnung beschreibt. Abweichungen der geologischen Barriere von den Regelanforderungen können weiterhin durch techni-

sche Maßnahmen ausgeglichen werden und bei Erweiterung von bestehenden Deponien ist es auch weiterhin möglich, die fehlende geologische Barriere durch technische Maßnahmen zu ersetzen. Für bestehende Anlagen, die die aktuellen Bestimmungen einhalten, sind damit hinsichtlich der materiellen Anforderungen die Voraussetzungen für Bestandsschutz nach Inkrafttreten des Entwurfs gegeben.

Ungünstig ist, dass der neue Entwurf als formale Voraussetzung für den Bestandsschutz Anforderungen an die Genehmigungssituation stellt, die über die derzeitigen gesetzlichen Genehmigungsanforderungen deutlich hinausgehen. Dadurch würden, wenn der aktuelle Entwurf unverändert in Kraft tritt, einige Deponien aus formalen Gründen den Bestandsschutz verlieren.

Deshalb geht aus Betreibersicht die Bitte an die Behördenvertreterinnen und -vertreter, alle Mitbestimmungsmöglichkeiten im Gesetzgebungsverfahren zu nutzen: Als Novelle der Deponieverordnung sollte ein Gesetz herbeigeführt werden, das den materiell vorgesehenen Bestandsschutz des aktuellen Entwurfs auch rechtlich zweifelsfrei festschreibt und die in § 14 der aktuellen Deponieverordnung vorgesehenen Anzeigen, Anzeigebestätigungen und Zulassungen als Grundlage für das Eintreten des Bestandsschutzes nach § 26 DepV-E aufnimmt.

Sollte dies nicht möglich sein, werden die Behörden gebeten, bayernweit einheitlich einen zielorientierten Vollzug zu gewährleisten und die oben genannten formalen Lücken bei der Bestandsschutzregelung zu schließen. Anlagen, die derzeit rechtmäßig betrieben werden und die Anforderungen der Deponieverordnung und der Abfallablagerungsverordnung einhalten, sollten durch unaufgeforderte feststellende Plangenehmigungsbescheide in ihrem Bestand geschützt werden. Zur Gewährleistung der erforderlichen Rechts- und Planungssicherheit sollten die Behörden feststellende Plangenehmigungsbescheide erlassen, in denen das Vorliegen der materiellen Anforderungen der geltenden Rechtsvorschriften (AbfAbIV, DepV, DepVerwV) für den unbefristeten Weiterbetrieb bestätigt wird.

Quellen:

1. BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT: Entwurf einer Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts, Stand 03.06.2008, Berlin 2008, www.bmu.de/41593
2. BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT: Begründung für die Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts, Berlin 2008, www.bmu.de/41593
3. Stellungnahme von VKS im VKU und DWA zum Entwurf einer Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts, Köln, Schreiben vom 01.07.2008
4. Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - DepV) vom 24. Juli 2002, zuletzt geändert am 13. Dezember 2006
5. Verordnung über die umweltverträgliche Ablagerung von Siedlungsabfällen (Abfallablagerungsverordnung - AbfAbIV) vom 20.02.2001, zuletzt geändert am 13. Dezember 2006
6. Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz - KrW-/AbfG vom 27.09.1994, zuletzt geändert am 19. Juli 2007
7. NAGEL, KLAUS: Deponierechts-Vereinfachungsverordnung. Der Referentenentwurf. Vortrag auf der 69. Landesgruppen- und Fachtagung VKS im VKU, Landesgruppe Baden-Württemberg am 17./18. Juli 2008 in Konstanz

Vergleich der Wirksamkeit unterschiedlicher Deponieoberflächenabdichtungssysteme aus der Überwachungspraxis

Jürgen Kohl, Manja Janik und Sabine Raspe, LfU

Im Jahr 2005 wurden nahezu zeitgleich auf drei Deponien in Franken Oberflächenabdichtungssysteme mit jeweils unterschiedlichen Dichtungselementen hergestellt. Nach Vorliegen der Überwachungsdaten 2006 und 2007 wird die Wirksamkeit der Systeme einem ersten Vergleich hinsichtlich der Sickerwasserminimierung unterzogen, da die Rahmenbedingungen wie Klima/Niederschläge, Systemaufbau der Oberflächendichtung und Geometrie des Deponiekörpers ungeachtet der Unterschiede bei den Basisdichtungen und den abgelagerten Abfällen ähnlich sind.

Die Oberflächenabdichtungssysteme unterscheiden sich im Wesentlichen durch die eingesetzten Dichtungselemente. Alle Systeme wurden mit Fremdüberwachung und den Anforderungen bezüglich der Qualitätssicherung nach dem Stand der Technik errichtet. Auf Deponie A kam eine Kombination von Kunststoffdichtungsbahn und Bentonitmatte (KDB/GTD) zum Einsatz, wobei hier die KDB das relevante Element hinsichtlich der hydraulischen Wirksamkeit darstellt. Deponien B und C weisen jeweils nur 1 Dichtungselement auf. Hier verzichtete man sowohl auf die Redundanz, als auch auf die Konvektionssperre. Da die 2-lagige Bentonitmatte und die polymervergütete, gemischtkörnige Dichtung nach Herstellerangabe und Qualitätssicherung (Laborwerte) vergleichbaren hohen Anforderungen an die Durchlässigkeit genügen, ist nun der Frage nachzugehen, inwieweit die großmaßstäbliche Umsetzung in der Praxis den Annahmen folgt.

Die wichtigsten Daten sind in folgender Tabelle dargestellt:

Deponie	A	B	C
Fläche [ha]	2,6	4,2	4,4
Reku-Schicht [m]	1 m/1,5 m (Pflanzinseln)	1,5 m	1 m/1,2 m (Plateau)
Dränschicht	Dränmatte	Dränmatte	Dränmatte
Dichtungselement	KDB/GTD „Kombidichtung“	Bentonitmatte (GTD), 2-lagig	Sand-Bentonit- Polymer-Gemisch, Mächtigkeit 10 cm
k_f [m/s]	0	$< 5 \cdot 10^{-11}$	$< 3 \cdot 10^{-11}$
Abschluss OFD	Nov. 2005	Sept. 2006	Dez. 2005
Sickerwasser 2005 [m ³]	9496	10515	10955
Sickerwasser 2006 [m ³]	1529	7096	2148
Sickerwasser 2007 [m ³]	1038	2096	1367

Die drei Deponien sind komplett basisgedichtet, wenn auch – abhängig vom Zeitpunkt der Errichtung des jeweiligen Bauabschnittes – mit unterschiedlicher Qualität. Das Oberflächenabdichtungssystem schließt bei allen Deponien entweder an die Basisdichtung an oder überlappt pilzartig und umfasst die komplette Deponie. Bei allen drei Deponien zeigte sich nach Abschluss der Baumaßnahmen ein deutlicher Rückgang der Sickerwassermengen. Die Oberflächendichtungen der Deponien A und C waren Ende 2005 fertig gestellt. Die Maßnahme auf der Deponie B wurde im Herbst 2006 beendet. Die Entkopplung dieser Sickerwassermenge von den Niederschlägen erfolgte, wie dem Diagramm 1 zu entnehmen ist, erst 2007.

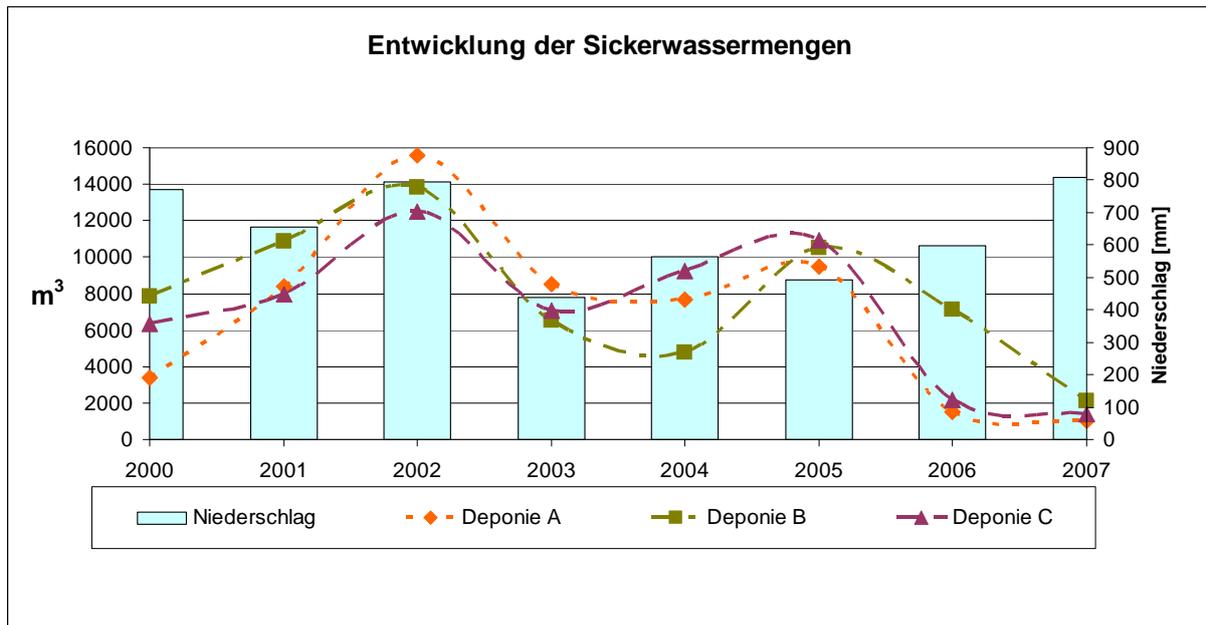


Diagramm 1

Im Folgenden werden die Verhältnisse deponiespezifisch beleuchtet.

Deponie A:

Die Mengenermittlung für die Deponie A erfolgt rechnerisch über zwei vorliegende Mengen. Die Sickerwassermenge der Deponie C wird sowohl separat als auch im Pumpenhaus der Deponie A (Gesamtmenge Deponie A und Deponie C) über je ein induktives Durchflussmessgerät erfasst. In den in den Jahrbüchern für die Deponie A angegebenen Sickerwassermengen ist Oberflächenwasser von einem befestigten Bereich neben einem Betriebsgebäude (ca. 800 m²) enthalten. Auch nach einer rechnerischen Korrektur (das Oberflächenwasser wurde herausgerechnet) verbleiben noch Sickerwassermengen von 1529 m³ im Jahr 2006 und 1038 m³ im Jahr 2007. Die korrigierten Mengen erscheinen im Hinblick auf die Oberflächenabdichtung mit einer Konvektionssperre sehr hoch. Die Entwicklung des monatlichen Sickerwasseranfalls zeichnet bis November 2006 noch die für Konsolidierungsverläufe nach Abschluss der Baumaßnahme typische, abfallende Kurve nach. Allerdings erscheinen die Schwankungen des Sickerwasseranfalls im Jahresverlauf 2007, wenngleich erwartungsgemäß von den Niederschlägen entkoppelt, unplausibel (Diagramm 2).

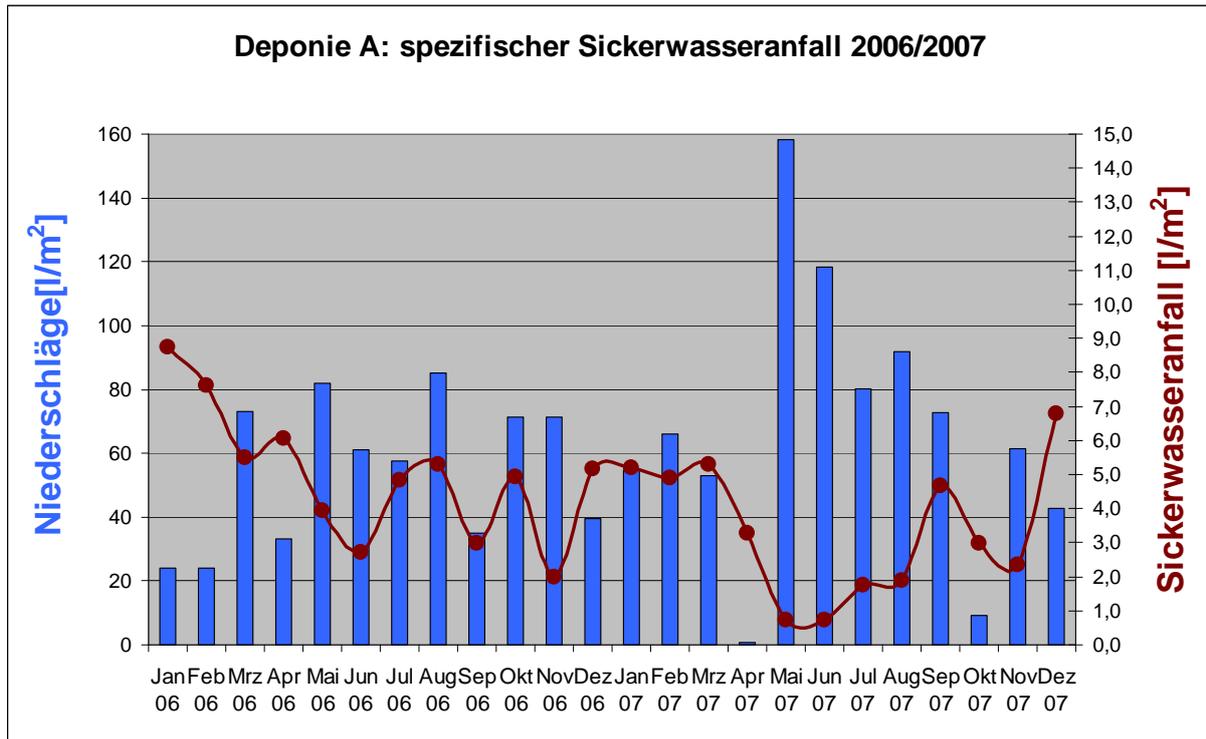


Diagramm 2

Es folgte daher eine Suche nach weiteren Einflussfaktoren für die hohen Mengen, z.B. Wassereintritte in den Deponiekörper oder nicht erfasste Fremdeinleitungen. Eine Beeinflussung durch das Grundwasser konnte auf Grund der Wasserstände in den Pegelbohrungen im Umkreis der Deponie ausgeschlossen werden. Die Wasserstände des Mains und des angeschlossenen Quartärgrundwassers liegen deutlich unterhalb der Deponiesohle. Als relevante Einflussquelle stellte sich ein benachbarter, abflussloser Baggersee heraus (Diagramm 3). Der stark schwankende Wasserspiegel liegt stets über der Deponiesohle und bis zu 6 m über dem Grundwasserspiegel des Mainquartärs. Auch in hydrochemischer Hinsicht (pH ca. 8) unterscheidet sich dieses System vom Grundwasser (pH ca. 7,2) und verifiziert die o. g. Annahme durch einen sprunghaften Anstieg des pH-Wertes im Sickerwasser nach der Abdichtung der Deponie.

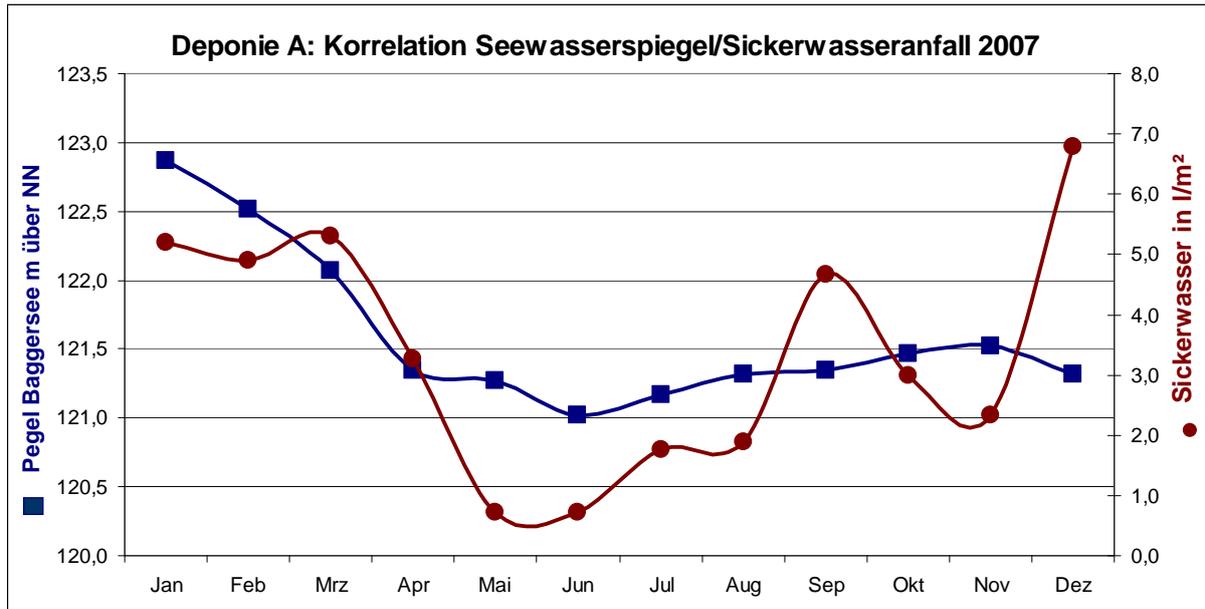


Diagramm 3

Die Überwachungsdaten der Deponie A sind aus den genannten Gründen weder für einen Systemvergleich geeignet, noch können Aussagen zu Sickerwassermengen aus Konsolidierungssetzungen gemacht werden. Eine andere Werksdeponie, die 2005 mit der gleichen Kombination aus GTD und KDB an der Oberfläche gedichtet wurde, produzierte bereits 2007 nur noch 7,75 l/m² an Sickerwasser.

Deponie B:

Ab dem Jahr 2004 wurde die Hausmülldeponie, die 14 Jahre lang nur über eine mineralische, temporäre Abdeckung verfügte, mit ca. 200.000 t mineralischem Material profiliert. Die Fertigstellung der endgültigen Oberflächenabdichtung erfolgte im September 2006. Die Deponie wird aktiv entgast.

Vor Beginn der Profilierungs-/ Reaktivierungsarbeiten schwanken die anfallenden Sickerwassermengen in Korrelation zum Niederschlag zwischen 23 - 40 %, während der Bauphase ist ein geringer Anstieg der Sickerwassermengen zu verzeichnen (bis zu 49 % des Niederschlags wird zu Sickerwasser). 2006 fallen noch ca. 28 % des Niederschlags als Sickerwasser an, wobei über das Jahr verteilt und somit zum Ende der Baumaßnahme hin eine stark abnehmende Tendenz zu verzeichnen ist. 2007 geht die Sickerwassermenge (6,1 % des Niederschlags) sehr stark zurück, wobei auch hier Schwankungen in direkter Abhängigkeit von den Niederschlägen festgestellt werden können.

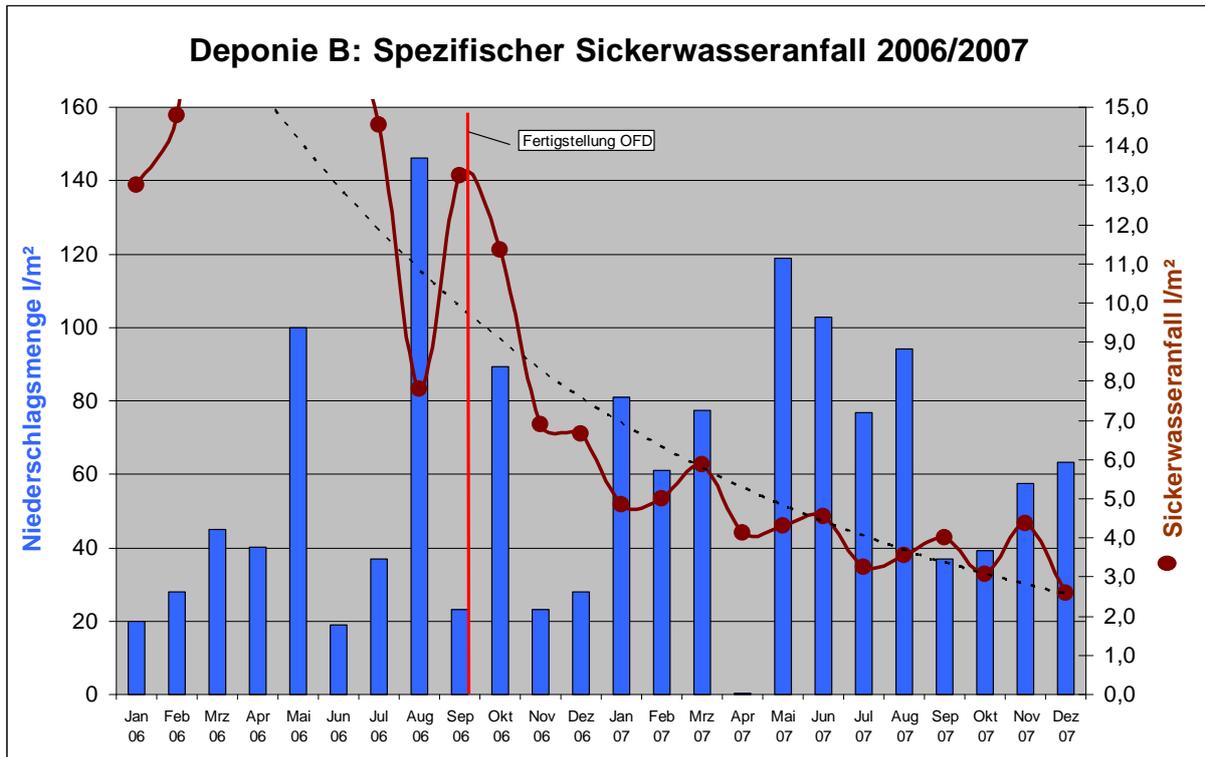


Diagramm 4: Der Rückgang der monatlichen Sickerwassermengen ist über 15 Monate nach Abschluss der Baumaßnahme erkennbar. Die ursächlichen Konsolidierungssetzungen waren bis zum Ende des Berichtszeitraumes noch nicht abgeschlossen.

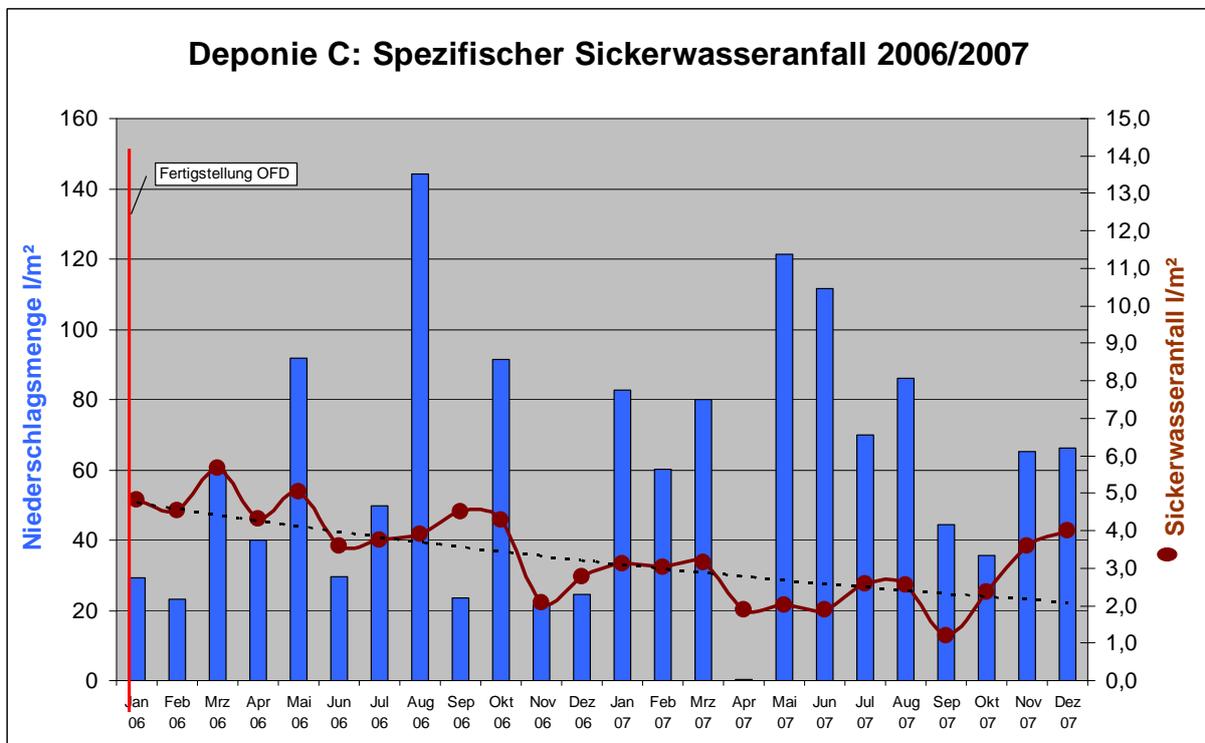


Diagramm 5: Die Konsolidierungsphase mit rückläufigen Sickerwassermengen war spätestens im September 2007, also ca. 18 Monate nach Ende der Baumaßnahme abgeschlossen.

Deponie C:

Die Deponie stellte 1997 die Ablagerung ein. In den Jahren 2001 bis 2005 wurde sie mit ca. 150.000 t mineralischen Abfällen profiliert. Die Oberflächenabdichtung war im Januar 2006 fertig gestellt.

Während der Verfüllung schwanken die Sickerwassermengen in Korrelation zum Niederschlag zwischen 20 % und 30 %. In der Bauphase ist ein Anstieg der Sickerwassermengen zu verzeichnen, was auf große offene Einbauflächen zurückzuführen ist. Bis zu 50 % des Niederschlags wird zu Sickerwasser. In den Jahren 2006 (7,5 % des Niederschlags) und 2007 (3,9 % des Niederschlags) geht die Sickerwassermenge drastisch zurück, wobei auch hier Schwankungen in direkter Abhängigkeit von den Niederschlägen festgestellt werden können.

Vergleich der einfachen Oberflächenabdichtungen ohne Konvektionssperre

Wegen der in der Einleitung erwähnten Gemeinsamkeiten liegt ein Vergleich der Dichtungssysteme der Deponien B und C nahe. Betrachtet man die Daten für das Jahr 2007, ist auf den ersten Blick festzuhalten, dass die Deponie B 6,1 % der Niederschläge als Sickerwasser abgibt, absolut gesehen 49,6 l/m² doppellagiger Bentonitmatte als Dichtungselement.

Die Deponie C mit einem 10 cm starken, polymervergüteten gemischtkörnigen Dichtungselement produzierte 3,9 % der Niederschlagsmenge als Sickerwasser, was 31,4 l/m² als absolutem Wert entspricht.

Ein direkter Vergleich der jährlichen (scheinbaren!) spezifischen Durchdringungswerte zum jetzigen Zeitpunkt ist allerdings nicht statthaft, da insbesondere bei der Deponie B die Sekundärsetzungen bis zum Ende des Berichtszeitraumes Ende 2007 offensichtlich noch nicht abgeklungen waren (Diagramm 4). In einem Zeitraum von nur 2 Jahren wurden hier durch die Profilierung noch größere Lasten aufgebracht als auf der Deponie C über die doppelte Zeit vor der Abdichtungsmaßnahme. Zudem besteht der Deponiekörper aus Hausmüll, bei dem 2007 die Höhenvermessung noch Sekundärsetzungen von 6 - 8 cm ergaben. Der Deponiekörper C dagegen besteht aus verfestigtem Klärschlamm und wies 2007 nur noch Setzungen zwischen 0 und 2 cm auf. Dort dürften die Sekundärsetzungen im Sommer 2007 weitestgehend abgeklungen sein (Diagramm 5).

Die Sickerwassermengen beider Deponien setzen sich also aus den ausgepressten Konsolidierungswässern zuzüglich des durch die Oberflächenabdichtung sickerten Niederschlags zusammen. Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Sickerwassermengen erst nach dem Ende der Sekundärsetzungen den tatsächlichen hydraulischen Durchtritt durch das Oberflächenabdichtungssystem wiedergeben. Dies ist bei Deponie C im Sommer 2007, etwa eineinhalb Jahre nach dem Ende der Baumaßnahme der Fall. Der Sickerwasseranfall zeigt zunehmend den zu erwartenden Jahresgang mit einem Minimum im Herbst, Anstieg über das Winterhalbjahr und pendelt sich im zweiten Halbjahr 2007 zwischen 2 und 4 l/m² im Monat ein. In diesem Zeitraum dürfte es sich bereits um echte spezifische Durchtrittswerte handeln, die weitestgehend auf eine Sickerwasserneubildung zurückzuführen sind. Bei der Deponie B dagegen sind die Sekundärsetzungen 15 Monate nach Ende der Baumaßnahme abnehmend. Im Dezember 2007 unterschritt die monatliche Sickerwassermenge erstmals 3 l/m². Nach den bisher vorgelegten Daten aus den Jahrbüchern ist zu erwarten, dass sich sowohl bei dem System mit doppellagiger Bentonitmatte als auch bei der polymervergüteten gemischtkörnigen Dichtung bei Niederschlägen von 600 - 700 mm eine spezifische Sickerwasserbildung von 30 l/m² jährlich einstellen könnte. Systembedingte Unterschiede in der Leistungsfähigkeit der Dichtungen sind derzeit nicht erkennbar.

Vergleich mit Ergebnissen aus Testfeldern und mineralischen Oberflächenabdichtungen

Gemäß den von den Herstellern angegebenen Durchlässigkeitsbeiwerten sollten die Durchtrittsmengen jährlich nur 1 - 2 mm betragen. Die beiden vorgestellten qualitätsgesichert errichteten Oberflächenabdichtungssysteme B und C dürften nach dem Abklingen der Konsolidierungssetzungen mit entsprechender Sickerwasserfreisetzung bei einer jährlichen Durchtrittsrate von ca. 30 mm einen realen Durchlässigkeitsbeiwert von ca. 1×10^{-9} m/s erreichen und hielten dann die Anforderungen an das mineralische Dichtungselement in einem Oberflächenabdichtungssystem gemäß der Deponieverordnung ein.

Im Auftrag des LfU wurden auf der Deponie „Im Dienstfeld“ mit Lysimeteruntersuchungen u. a. die Wirksamkeit einer Abdichtung mit Bentonitmatte sowie einer mineralischen (i.P. DK I) Dichtung und die Durchsickerungsraten über mehrere Jahre dokumentiert. Diese liegen für die Ca-Bentonitmatte – nach irreversiblen Nachlassen der Dichtwirkung in den ersten drei Jahren – bei ca. 20 - 50 mm/a (2002 - 2006), für die mineralische Dichtung bei 10 - 30 mm/a. Die Mächtigkeiten der Rekultivierungsschicht betragen im System mit Bentonitmatte 1m, bei der mineralischen Dichtung 1,5 bzw. 2 m.

Die beiden mit den Deponien B und C vorgestellten Oberflächenabdichtungssysteme liegen mit ihrer hydraulischen Wirksamkeit in der Praxisanwendung damit im Bereich der in Testfeldern nachgewiesenen Möglichkeiten für nicht-redundante Dichtungselemente (ohne Konvektionssperre). Ob die gegenüber der Mindestanforderung von 1m erhöhte Mächtigkeit der ausgeführten Rekultivierungsschicht der Deponie B den Schutz vor Austrocknung der Bentonitmatte auf lange Sicht gewährleistet, werden die Erkenntnisse aus der Deponienachsorge zeigen.

Im Auftrag des LfU wurden statistische Untersuchungen des Sickerwasseranfalls von 17 bayerischen Deponien mit mineralischer Abdichtung bzw. Abdeckung durchgeführt. Der Mittelwert der Durchsickerung betrug für die Jahre 1995 – 2001 137 mm, d.h. 15 % des Niederschlags. Erwähnenswert hierbei ist insbesondere die Tatsache, dass die wirksamste Oberflächenabdichtung (mit Dränschicht, qualitätsgesichertem Dichtungsbau etc.) im Schnitt 56 mm/a Sickerwasser produzierte, was 7 % der Niederschläge entspricht.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt bleibt festzuhalten, dass beide gewählten Oberflächenabdichtungssysteme, sowohl mit doppellagiger Bentonitmatte als auch mit der polymervergüteten Sand-Bentonit-Dichtung, in der Praxis mindestens die gleiche hydraulische Wirksamkeit aufweisen, wie ein optimal ausgeführtes Tondichtungselement. Die Zusammenschau verschiedener Forschungsergebnisse legt den Schluss nahe, dass sich eine Verstärkung der Rekultivierungsschicht – zumindest auf flacher geneigten Teilen des Oberflächenabdichtungssystems – positiv (i. e. Verringerung!) auf die Durchsickerungsraten auswirkt. Die Frage, ob diese Verstärkung auch den in der Überwachung zu beobachtenden Leistungsabfall einiger mineralischer Dichtungen sowohl bei der „klassischen“ mineralischen Dichtung, als auch bei den beiden vorgestellten Systemen positiv beeinflussen oder sogar verhindern kann, ist durch weitere Beobachtung der Testfelder und der Nachsorgedeponien zu beantworten.

Literatur

HENKEN-MELLIES, U. (2007): Langzeituntersuchung mineralischer Oberflächenabdichtungen – Ergebnisse der Testfelder auf der Deponie „Im Dienstfeld“/Aurach. – in Veröffentlichungen des LGA-Grundbauinstituts, Heft 86 S. 97 - 114, Nürnberg 2007.

HUBER, W., SCHATZ, S. U. QUENTIN, A. (2002): Statistische Auswertung des Sickerwasseranfalls auf bayerischen Deponien, Endbericht. – Projekt 3260, Bayerisches Landesamt für Umweltschutz.

Oberflächenabdichtungskomponente Trisoplast® - Praxiserfahrungen eines Fremdüberwachers

Dipl.-Ing. Christian Posch, Crystal Geotechnik GmbH, Wasserburg

1 Einführung

Trisoplast® ist ein modifiziertes mineralisches Abdichtungsmaterial, das u. a. im Deponiebau in Bayern seit ca. 5 Jahren immer häufiger zum Einsatz kommt. Das Material besteht aus einer Mischung aus Sand, Bentonit und Polymer und ist durch ein Patent geschützt. Durch diese spezielle Mischung unterscheidet es sich von den üblicherweise in Bayern verwendeten mineralischen Dichtungsmaterialien (z.B. Ton, Bentokies). Auf Grund der relativ kurzen Einsatzzeit in Bayern ist davon auszugehen, dass das Produkt evtl. von Namen schon bekannt ist, jedoch Detailkenntnisse zum Material und Erfahrungswerte insbesondere zum Einbau und zur Qualitätssicherung noch nicht soweit verbreitet sind.

Unter diesem Gesichtspunkt hat das LfU den vorgenannten Vortrag für das jährliche Deponieseminar ausgewählt. Unser Institut, die Crystal Geotechnik GmbH, ist seit dem Jahr 2003 bei mehreren Trisoplast®-Projekten mit der Qualitätssicherung, sowohl als Fremdüberwacher als auch als Eigenüberwacher betraut. Aktuell befinden sich zwei Baumaßnahmen in Burghausen bei der Firma Wacker und in Burgkirchen bei der Firma InfraServ in Ausführung.

Im Folgenden wollen wir eine kurze Übersicht zum Material Trisoplast® und zu den Regeln der Technik hierzu geben. Weiterhin soll auf die Grundlagen der Qualitätssicherung für dieses Material eingegangen werden. Der Hauptteil meines Vortrages wird sich mit Detailspekten zur Ausführung und Qualitätssicherung befassen, die mit aktuellen Beispielen aus den laufenden Maßnahmen erläutert werden.

2 Allgemeine Informationen zu Trisoplast®

2.1 Material

Trisoplast® wird in Deutschland von der TD Umwelttechnik GmbH & Co. KG, Barsbüttel vertrieben.

Trisoplast® zählt zu den modifizierten mineralischen Dichtungen. Es besteht aus folgenden Komponenten:

- mineralischer Zuschlagsstoff, in der Regel Sand, Anteil 89,1 %
- Bentonit, Anteil 10,7 %
- Polymer, Anteil 0,2 %

Das Korngerüst des Materials wird durch den Sand gebildet. Das Polymer-vergütete Bentonit (T-Mix) ist für die Dichtigkeit und für die plastischen sowie elastischen Eigenschaften des Materials verantwortlich.

Im Deponiebau gilt Trisoplast® als alternative Systemkomponente nach Deponieverordnung (DepV) Anhang 1, Punkt 2. Entsprechend kann das Material in 1-lagiger Bauweise als Oberflächenabdichtung projektunabhängig für alle oberirdischen Deponieklassen nach DepV verwendet werden. Die Gleichwertigkeit von 7 cm Trisoplast® zu 50 cm mineralischer Dichtung gemäß DepV sind nachgewiesen. Für den Einbau gilt nach aktueller Regelung eine Mindestdicke der Trisoplast®-Dichtung von 10 cm, die an keiner Stelle unterschritten werden darf.

In der nachfolgenden Tabelle (1) sind die kennzeichnenden, technischen Daten zu Trisoplast® zusammengefasst.

Tab. 1: Technische Daten zu Trisoplast®

Gesichtspunkt	Information
Zusammensetzung (trocken)	89,1 Gew.-% Sand 10,7 Gew.-% Bentonit 0,2 Gew.-% Polymer
nachgewiesene gleichwertige Schichtdicke	7 cm
Mindesteinbaustärke	10 cm
Proctordichte	1,62 - 1,76 g/cm ³
optimaler Wassergehalt	8 - 16 %
Durchlässigkeit	3×10^{-11} bis $\leq 1 \times 10^{-12}$ m/s
zulässiger schadensfreier Krümmungsradius	$r \cong 6,0$ m (bei $w_n \cong 6$ %) $r \cong 2,5$ m (bei $w_n \cong 20$ %)
Scherfestigkeit (unkonsolidiert und drainiert)	
Innere Scherparameter (bei $\sigma > 16$ kN/m ²)	Reibungswinkel min. $\varphi' > 30^\circ$ mittlere Kohäsion $c' > 17$ kN/m ²
Kontaktscherfestigkeit zu KDB "rauh"	Reibungswinkel $\varphi \geq$ min. $\varphi' = 28^\circ$ Adhäsion $a = 3 - 4,5$ kN/m ²
Quellverformung	max $\varepsilon \cong 8$ % (bei $\sigma \approx 10$ kN/m ²) min $\varepsilon \cong 0$ % (bei $\sigma \approx 130$ kN/m ²)
Steifezahl	E_s 10.....50 MN/m ²

2.2 Regeln der Technik

Zur Beurteilung der Eignung von Komponenten der Deponieabdichtungssysteme, für die keine Eignungsbeurteilung durch die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) oder eine andere bundeseinheitlich bestimmte Stelle vorgenommen wird, wurde im Auftrag der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) die LAGA Ad-hoc AG "Deponietechnische Vollzugsfragen" eingerichtet. Mitglieder der LAGA Ad-hoc AG sind Vertreter der Länder, im Wesentlichen der Landesumweltbehörden und des UBA. Neben weiteren Abdichtungskomponenten wird von diesem Gremium auch Trisoplast® beurteilt. Die aktuelle Fassung der vorläufigen Eignungsbeurteilung ist vom 12.12.2007. Nachdem noch weitere Erfahrungen gesammelt werden und Gutachten in Bearbeitung sind, ist eine Fortschreibung zu erwarten.

Zusätzlich zur vorläufigen Eignungsbeurteilung der LAGA wurde das bisherige Qualitätsmanagement aktualisiert und in einem zweigeteilten QM-Handbuch dokumentiert.

In der nachfolgenden Tabelle (2) erfolgt eine Zusammenstellung der wesentlichen Regeln der Technik zu Trisoplast®.

Tab. 2: Wesentliche Regeln der Technik zu Trisoplast®

Ersteller	Bezeichnung	Stand
LAGA Ad-hoc AG	Vorläufige Eignungsbeurteilung von Trisoplast® zur Herstellung von mineralischen Dichtungen in Oberflächenabdichtungssysteme von Deponien	12.12.2007
TD Umwelttechnik GmbH & Co. KG	• Merkblatt Qualitätssicherung bei Abdichtungen aus Trisoplast® - Teil 1 ohne Anhang 3	12.12.2006
	• Merkblatt Qualitätssicherung bei Abdichtungen aus Trisoplast® - Teil 2 mit Anhängen	12.12.2006
	• Merkblatt Qualitätssicherung bei Abdichtung aus Trisoplast® - Teil 1 Anhang 3	12.12.2006

In der nachfolgenden Tabelle (3) ist zur besseren Übersicht der Inhalt der vorläufigen Eignungsbeurteilung von Trisoplast® mit den Titelüberschriften zusammengestellt.

Tab. 3: Inhalt der vorläufigen Eignungsbeurteilung von Trisoplast® der LAGA Ad-hoc AG (Stand 12.12.2007)

Titel	Überschrift	Seite
1	Zusammensetzung und Eigenschaften	1
2	Entwurf und Bemessung	4
3	Mischgutherstellung	7
4	Lagerung und Transport des Mischgutes	9
5	Einbauverfahren und Bauausführung	9
6	Maßnahmen zum Schutz der fertigen Leistung	13
7	Qualitätsmanagement	13
8	Technische Bezugsdokumente	13

Die Merkblätter zur Qualitätssicherung werden im nachfolgenden Punkt 3 noch genauer vorgestellt.

2.3 Referenzen

Das Material Trisoplast® wurde in Holland entwickelt. Hier wird Trisoplast® seit dem Jahr 1995, überwiegend auch im Bereich von Tankabdichtungen eingesetzt. Auf dem deutschen Markt ist es ca. im Jahr 2000 erschienen und in Bayern reichen die ersten Maßnahmen in das Jahr 2003 zurück. Eine Referenzliste von Deponiebaumaßnahmen in Bayern kann der nachfolgenden Tabelle (4) entnommen werden.

Tab. 4: Beauftragte und abgeschlossene Projekte in Bayern

Projekt/Deponie	Bauherr	Fläche	Ausführungszeit
Deponie Oberlangheim	Landkreis Lichtenfels	ca. 13.000 m ²	2003/2005
Deponie Eberstetten	MVA Ingolstadt	ca. 18.800 m ²	2003/2004
Klärschlamm Mono-deponie Elsenfeld	Landkreis Miltenberg	ca. 45.500 m ²	2005
Deponie Neunkirchen am Sand	Landkreis Nürnberger Land	ca. 15.000 m ² (1. BA)	2006
		ca. 15.000 m ² (2. BA)	2007
		ca. 20.000 m ² (3. BA)	2008/2009
Werksdeponie Wacker Chemie	Wacker Chemie, Burghausen	ca. 15.000 m ² (1. BA)	2007/2008
		ca. 20.000 m ² (2. BA)	2009
Werksdeponie Infra-Serv Werk Gendorf	InfraServ Gendorf, Burgkirchen	ca. 12.000 m ²	2008
Deponie Steinmühle	Landkreis Tirschenreuth	ca. 30.000 m ²	2008

Bei den Deponien Eberstetten, Elsenfeld, Wacker Chemie und InfraServ ist unser Institut mit der Qualitätssicherung (Eigen- bzw. Fremdüberwachung) betraut bzw. betraut gewesen.

3 Grundlagen der Qualitätssicherung

Die vorläufige Eignungsbeurteilung von Trisoplast® der LAGA Ad-hoc AG gibt unter Punkt 7 vor, dass das Qualitätsmanagement nach dem Merkblatt Qualitätssicherung bei Abdichtungen aus Trisoplast® durchzuführen ist.

Die zur Auswahl der Komponenten, zur Herstellung des Mischgutes und zum Einbau von Trisoplast® erforderlichen Qualitätssicherungsmaßnahmen werden in diesem Merkblatt ausführlich beschrieben. Auf dieser Grundlage ist der projektbezogene Qualitätsmanagementplan (QM-Plan) für die einzelne Baumaßnahme zu erstellen.

Das Merkblatt umfasst folgende Teile und Inhalte:

- a) Teil 1 Qualitätssicherung bei Auswahl und Mischen der Trisoplast®-Komponenten mit den Anhängen 1 - 3
- b) Teil 2 Qualitätssicherung bei Einbau von Trisoplast® mit den Anhängen 1 - 8

3.1 Teil 1 – Auswahl und Mischen

Der 1. Teil umfasst die Herstellung des Trisoplast[®]-Mischgutes einschl. der Lieferung auf die Baustelle. Hierzu sagt die Eignungsbeurteilung der LAGA Ad-hoc AG folgendes aus: "Die Herstellung des Trisoplast[®]-Mischgutes aus Sand, Bentonit und Polymer mit dem für den Einbau geeigneten Wassergehalt untersteht der vollen Kontrolle und Verantwortung des Lizenznehmers Trisoplast[®]." Dieser Abschnitt ist daher in der Regel für den Fremdüberwacher auf der Baustelle von untergeordneter Bedeutung. Es hat sich als praktikabel erwiesen, dass der Fremdüberwacher dennoch zu Beginn der Baumaßnahme die Mischanlage besichtigt und den Mischbetrieb einmalig überwacht. Hier können u. U. systematische Fehler erkannt werden und die Funktion der Wägung der einzelnen Trisoplast[®]-Komponenten geprüft werden.

Das Inhaltsverzeichnis ist zur besseren Übersicht in der nachfolgenden Tabelle (5) dargestellt.

Tab. 5: Inhalt des QM-Merkblattes Teil I (Stand 12.12.2006)

Titel	Überschrift	Seite
1	Vorbemerkungen	2
2	Grundlagen und Verantwortlichkeiten bei der Qualitätssicherung	2
3	Qualitätssicherungsplan	5
4	Elemente der Qualitätssicherung	6
4.1	Anforderungen an Komponenten und Mischprozess	6
4.2	Prüfung technischer und personeller Voraussetzungen	6
4.3	Prüfung der Komponentenauswahl	8
4.4	Projektunabhängiger Eignungsnachweise	8
4.5	Eigen- und Fremdüberwachung bei der Herstellung des Mischgutes	8
4.6	Eigen- und Fremdprüfung bei Einbau (gemäß Teil II)	9
5	Dokumentation der Qualitätssicherung	9
6	Technische Bezugsdokumente	10
Anhang 1	Zusammensetzung von Trisoplast[®]	
Anhang 2	Methodenbeschreibung	
Anhang 2.1	Bestimmung des Bentonitgehaltes von Trisoplast [®] durch Messung der Methylenblau-Absorption	
Anhang 2.2	Durchführung eines Konformitätsnachweises	
Anhang 2.3	Bestimmung der Qualität der Durchmischung	
Anhang 3	Bericht zur Eigenüberwachung bei der Auswahl der Komponenten und bei der Mischung von Trisoplast[®]	

3.2 Teil 2 – Einbau

Der 2. Teil beginnt mit der Eingangskontrolle des Trisoplast[®]-Mischgutes auf der Baustelle. Als nächstes ist, wie bei herkömmlichen mineralischen Abdichtungen auch, in einem Versuchsfeld nachzuweisen, dass das hergestellte Trisoplast[®]-Mischgut unter den projektspezifischen Randbedingungen mit geeigneten Geräten und qualifiziertem Personal so eingebaut werden kann, dass die fertig gestellte Dichtung den Anforderungen genügt. Schließlich muss der Einbau des Trisoplast[®]-Mischgutes überwacht werden und abschließend die fertig gestellte Trisoplast[®]-Dichtung abgenommen werden. Zu

den vorgenannten Leistungen sind im Merkblatt Teil II in den Anhängen 3 bis 8 genaue Auflistungen enthalten, die den Umfang der erforderlichen Prüfungen mit folgenden Parametern festlegen:

- Untersuchungsparameter
- Untersuchungsmethode
- Probenanzahl (jeweils für Eigen- und Fremdüberwacher)
- Soll-Werte bzw. Anforderungswerte

Diese Anhänge sind zur besseren Übersicht als Anlage diesem Skript beigefügt.

Das Inhaltsverzeichnis ist zur besseren Übersicht in der nachfolgenden Tabelle (6) dargestellt.

Tab. 6: Inhalt des QM-Merkblattes Teil II (Stand 12.12.2006)

Titel	Überschrift	Seite
<i>Punkt 1 bis 6 entsprechen im Wesentlichen Teil I</i>		
7	Versuchsfeld	15
8	Ausführungsanforderungen für die Oberflächenabdichtung	16
9	Nachbesserungsarbeiten	19
10	Durchführung Qualitätssicherung	19
	10.1 Prüfung der Einbauvoraussetzungen	19
	10.2 Eigenprüfung	20
	10.2.1 Versuchsfeld	20
	10.2.2 Großflächiger Einbau	20
	10.3 Fremdprüfung	21
11	Bewertung und zulässige Toleranzen	21
12	Maßnahmen zur Qualitätslenkung	22
13	Dokumentation	22
	13.1 Dokumentation Eigenprüfung	22
	13.2 Dokumentation Fremdprüfung	24
<i>Anhang 1 und 2.1 - 2.3 entsprechen dem Teil I</i>		
Anhang 2.4	Versuchsfeld: Ermittlung der erforderlichen Schütthöhenlage von Trisoplast®	
Anhang 2.5	Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit von Trisoplast® im Laborversuch	
Anhang 3	Eingangskontrolle Trisoplast®-Komponenten	
Anhang 4	Eingangskontrolle Trisoplast®-Mischgut	
Anhang 5	Versuchsfeld: Prüfumfang des Auflagers	
Anhang 6	Versuchsfeld: Prüfumfang der Trisoplast®-Dichtung	
Anhang 7	Prüfumfang des Auflagers	
Anhang 8	Prüfumfang der Trisoplast®-Dichtung	

Allgemein ist auszusagen, dass gegenüber einer herkömmlichen mineralischen Dichtung mit einer Stärke von 50 cm an die Trisoplast®-Abdichtung höhere Anforderungen bezüglich der Qualitätssicherung gestellt werden, da die Stärke mit 10 cm wesentlich geringer ist und nur ein 1-lagiger Einbau er-

folgt. Kennzeichnende Unterschiede zwischen einer Trisoplast®-Dichtung und einer herkömmlicher mineralischer Dichtung, bezogen auf die Qualitätssicherung, können wie folgt benannt werden:

- a) Die maßgebenden Durchlässigkeitsbestimmungen im Labor dauern beim Trisoplast®-Material 3 bis 4 mal so lang (zumindest 20 Tage bei einer Schnellauswertung). Dies resultiert aus der geringen Durchlässigkeit des Materials und dem Umstand, dass eine Sättigung eintreten muss, um eine genaue Bestimmung zu ermöglichen.
- b) Der kennzeichnende Versuch zur Bestimmung der Qualität ist die Bestimmung des Bentonitgehaltes durch Messung der Methylenblau-Absorption. Dieser Versuch ist sehr schnell und auch auf der Baustelle ausführbar und kann daher im Zusammenhang mit der Bestimmung der Dichte und des Wassergehaltes des Materials als Ersatz für die zeitaufwändige kf-Wert-Bestimmung angewandt werden. Im aktuellen Merkblatt ist diesem Umstand Rechnung getragen, indem die kf-Wert-Bestimmung bei der Einbauprüfung auf eine Anzahl von einem Versuch je 10.000 m² Einbaufläche reduziert wurde. Trockendichte, Bentonit- und Wassergehalt sind alle 500 m² zu untersuchen.
- c) An das Auflager werden besondere Anforderungen bezüglich der Ebenheit gestellt. Hier wird üblicherweise auf die Länge eines 4 m Richtscheites eine vertikale Differenz von max. 2 cm zugelassen. Andererseits können an die Tragfähigkeit reduzierte Anforderungen gestellt werden, da für das Trisoplast®-Material keine so intensive Verdichtung erforderlich ist, wie z.B. für mittelplastisches Tonmaterial.
- d) Die Eignungsuntersuchung besteht aus einem Konformitätsnachweis. Wesentliche Aufgabe des Konformitätsnachweises ist es, die zulässigen Wertepaare für die Parameter Trockendichte und Wassergehalt, bei denen die Anforderungen hinsichtlich des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes eingehalten werden, zu bestimmen. Diese Wertepaare können dann bei der Einbauprüfung als Grenzwertanforderungen herangezogen werden. Die zeitaufwändigen Durchlässigkeitsversuche können dadurch wiederum reduziert werden.

4 Praxisbeispiele und Erfahrungsberichte zu Ausführungs-Details

4.1 Aktuelle Projekte

Durch unser Institut werden aktuell zwei Projekte in Burghausen und Gendorf begleitet, bei denen Trisoplast® in der Oberflächenabdichtung zur Anwendung kommt. Die kennzeichnenden Daten zu diesen Projekten sind in der nachfolgenden Tabelle (7) zusammengestellt.

Tab. 7: Kennzeichnende Daten zu den aktuellen Baumaßnahmen

Gesichtspunkt	Wacker Burghausen	InfraServ Gendorf
Maßnahme	Oberflächenabdichtung Deponie 3, BA 01 + 02	Oberflächenabdichtung Deponie B, VA 3 + 4
Fläche	ca. 16.000 m ² + ca. 21.000 m ² (BA 03)	ca. 12.000 m ²
Status	Sonderabfalldeponie (DK III)	Sonderabfalldeponie (DK III)
Ausführungsplanung	S.A.K. Ingenieure, Traunstein	Crystal Geotechnik GmbH, Wasserburg
Bauausführung	Fa. Richard Mayer (RMS), Sindelfingen	Fa. Hagn Umwelt, Olching
Fremdüberwachung	Crystal Geotechnik GmbH, Wasserburg	Zentrum Geotechnik, TU München

Bei beiden Projekten handelt es sich um eine Sonderabfalldeponie (DK III). Der Schichtaufbau ist im Wesentlichen bei beiden Projekten ähnlich und entspricht den Vorgaben der Deponieverordnung. Er kann im Detail der nachfolgenden Abbildung entnommen werden.

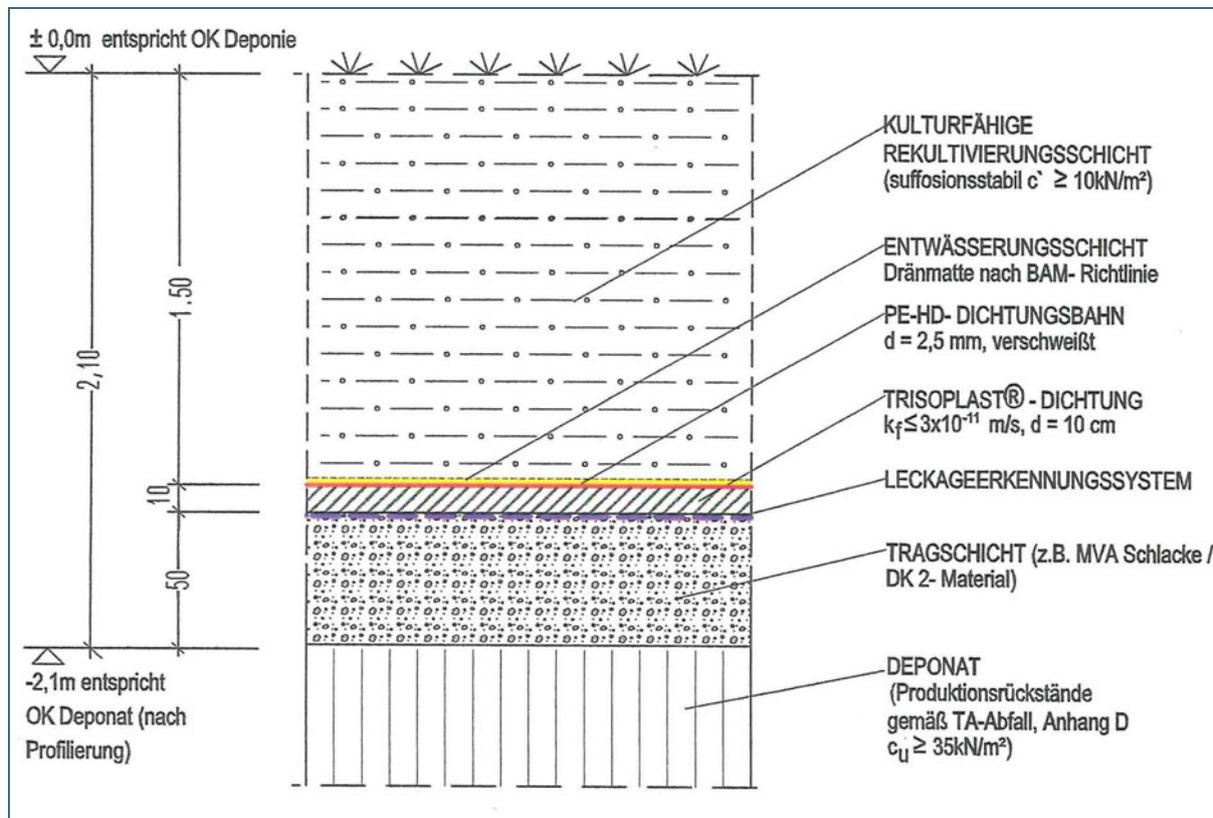


Abb. 1: Regelaufbau der Oberflächenabdichtung der Deponie B (InfraServ Gendorf)

4.2 Ablauf zum Einbau und zur Prüfung der Trisoplast®-Komponenten

Nachfolgend werden die einzelnen Stationen beim Einbau und bei der Prüfung der Trisoplast®-Komponenten dargestellt und Besonderheiten aus Sicht der Fremdüberwachung geschildert.

a) Eingangskontrolle von Trisoplast®

Durch die Eigenüberwachung des Produktes bei der Herstellung und während des Mischens ist normalerweise gewährleistet, dass das Material mit der gewünschten Qualität auf die Baustelle geliefert wird. Das QM-Merkblatt sieht trotzdem eine Eingangskontrolle für die Trisoplast®-Komponenten und für das Trisoplast®-Mischgut vor. Diese Eingangskontrolle überschneidet sich mit der Ausgangsprüfung des Mischgutes an der Mischanlage. Es dient der zusätzlichen Kontrolle und sichert ab, dass bei einer evtl. Zwischenlagerung bzw. beim Transport keine Verschlechterung des Materials eintritt. Im Einzelfall kann hier aus unserer Sicht der Umfang in Abstimmung mit der Eigenüberwachung an der Mischanlage reduziert bzw. angepasst werden.

b) Zwischenlagerung

Bei der Fa. Wacker (Deponie 3) ist der Umstand aufgetreten, dass bereits angeliefertes Material auf der Baustelle überwintert werden musste. Das Material wurde durch Abplanen vor Oberflächenwasser geschützt. Vor dem Einbau des Materials im nächsten Frühjahr wurden die Haufwerke nochmals auf ihre Eignung geprüft. Hierbei wurde festgestellt, dass die oberen 5 bis 10 cm stärker durchfeuchtet und aufgeweicht waren. Dieses Material wurde abgetragen und nicht zum

Einbau in die Dichtschicht zugelassen. Das Restmaterial war unverändert und zum weiteren Einbau geeignet.

c) Versuchsfeld / Lagenstärke

Im ersten Teil des Versuchsfeldes wurde durch die Fa. RMS beabsichtigt, den Nachweis bzgl. des schichtgenauen Einbaus von Trisoplast[®] mit einer Stärke von 7 cm zu führen. Zum Einbau des Trisoplast[®]-Materials wurden auf der Tragschicht Lehren aus PP-Rohren mit einem Außendurchmesser von 110 mm hergestellt. Anschließend wurde das Trisoplast[®]-Mischgut mit LKW angeliefert und mit einem Radlader zum Einbauort gebracht. Der Einbau erfolgte mit einem Bagger (Breitschaufel), der das Material gleichmäßig über die Einbaufläche verteilt und über die Lehren profilgerecht abgezogen hat. Die Verdichtung des Materials erfolgte mit Hilfe eines Kleintraktors, an dem eine Walze und Rüttelplatten montiert sind. Einzelne Unebenheiten, Walzkanten etc. wurden per Hand nachgearbeitet.

Bei der Überprüfung der Schichtdicken wurde eine Varianz zwischen 7 und 14 cm festgestellt. Weiterhin waren beim Einbau Wellen und leichte Rissbildungen sichtbar, die nachgearbeitet werden mussten. Zusammenfassend konnte mit dem Versuchsfeld der Nachweis zum genauen Einbau von 7 cm nicht erbracht werden. Folgende Randbedingungen sind diesbezüglich als ungünstig anzusehen:

- Als Tragschichtmaterial wurde ein grobkörniges, teils rolliges Wandkiesmaterial verwendet. Dieses Material weist eine geringe Standfestigkeit auf und gibt bei Auflasten nach. Hierdurch kann eine Wellenbildung entstehen. Geeignete Tragschichtmaterialien sollten daher weitgestuft sein und eine hohe Tragfähigkeit aufweisen. Als gute Prüfmethode hat sich hierbei z.B. das Proof-Rolling bewährt. Hierbei werden die Eindrücke von ausreichend schweren Fahrzeugen (z.B. Walzen bzw. LKWs) nach einer Überfahrt über die Oberfläche gemessen. Über die Eindrücktiefen kann auf die Standfestigkeit des Planums rückgeschlossen werden. Als geeignete Materialien haben sich hierbei z.B. Schlacken aus der Müllverbrennung bewährt.
- Das Versuchsfeld wurde in einem Verwindungsbereich hergestellt, in dem Profilierungsarbeiten allgemein erschwert sind.

d) Versuchsfeld / Leckageerkennung

Ebenfalls eine Besonderheit bei der Deponie 3, Wacker, war der Einsatz eines Leckageerkennungssystems in Verbindung mit einer Trisoplast[®]-Abdichtung. Hierbei werden die Leckageortungskabel in einem kleinen Graben (T = 0,1 m) in der Tragschicht mit Sandummantelung unter der Trisoplast[®]-Abdichtung verlegt (bei Tonabdichtungen werden diese in der Dichtung direkt unter der KDB verlegt). Mit dem Versuchsfeld und den darin ausgeführten Leckagetests wurde die Funktionsfähigkeit dieses Systems nachgewiesen.

e) Einbauprüfungen

Während des Einbaus haben sich folgende Details als interessant herausgestellt:

- Bezüglich der Einhaltung der Lagenstärken ist an die Ebenheit des Planums der Tragschicht hoher Wert zu legen. Diesbezüglich ist auch das Material der Tragschicht von Bedeutung.
- Für den Einbau des Trisoplast[®]-Materials werden durch die ausführenden Firmen verschiedene Variationen angewandt. Bei den aktuellen Maßnahmen wurde die unter Punkt c) näher beschriebene Vorgehensweise durch Abziehen der Baggerschaufel über Lehren bevorzugt. Mit diesem Verfahren wurden gute Erfahrungen gemacht. Ein Einbau z.B. mit Fertigern aus dem Asphaltbau dürfte nur bei größeren ebenen Flächen wirtschaftlich sein.

f) Abnahme / Prüfungen

Die Ausführungsanforderungen für die Oberflächenabdichtung sind im QM-Merkblatt, Teil II unter Punkt 8 detailliert aufgeführt. Zu einigen Gesichtspunkten wird nachfolgend aus der Erfahrung berichtet:

- Nach den Vorgaben ist die Dichtung visuell rissefrei herzustellen. Hier wäre allgemein noch eine genauere Definition von Rissen erforderlich. Die Erfahrung zeigt, dass oftmals nach dem Verdichten oder nach kurzer Liegezeit bei Sonnenschein oberflächige Risse unvermeidbar sind. Bei genauerer Betrachtung zeigt sich jedoch, dass diese Risse nur maximal wenige Millimeter tief reichen und sich nach einer Benässung kurz vor dem Überbau mit der KDB wieder schließen lassen. Unseres Erachtens sind solche Feinrisse als unproblematisch anzusehen, insbesondere, wenn - wie normalerweise vorhanden - die Mindesteinbaustärke von 10 cm nach Abzug der Risse nicht unterschritten wird.
- Bei örtlichen Unebenheiten oder Walzkanten wird gelegentlich Sand bzw. zusätzliches Trisoplast[®]-Mischgut aufgebracht, um diese Unebenheiten zu beseitigen. Hierbei ist darauf hinzuweisen, dass dies nur sehr kleinflächig erfolgen sollte, weil dadurch der gewünschte Pressverbund zwischen KDB und Trisoplast[®] verschlechtert wird. Auch die Stand- bzw. Gleitsicherheit in entsprechend relevanten Bereichen kann dadurch reduziert werden.

4.3 Nachbesserungsarbeiten

Für Nachbesserungsarbeiten sind im QM-Merkblatt, Teil 2, Pkt. 9 Hinweise zur Erfordernis und zur Ausführung enthalten. U. a. ist beschrieben, dass, wenn die Dichtung durch Niederschlags- oder Oberflächenwasser aufgeweicht oder in Folge von Austrocknung rissig geworden ist, diese wieder in entsprechenden Bereichen ausgebaut werden muss. Unsere Erfahrungen haben gezeigt, dass dies nicht generell der Fall sein muss. Bei einer angetrockneten Trisoplast[®]-Oberfläche mit erkennbaren Feinrissen (Tiefe max. 3 - 4 mm) hat sich z.B. gezeigt, dass sich durch nochmaliges Anfeuchten der Oberfläche unmittelbar vor dem Überbau wieder eine geschlossene und geeignete Oberfläche ergibt. Eine Sanierungserfordernis ergibt sich aus unserer Sicht erst ab einer noch näher abzugrenzenden Rissgröße bzw. Risstiefe.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Das Material Trisoplast[®] hat sich als Oberflächenabdichtungskomponente in Bayern bei mehreren Baumaßnahmen gut bewährt. Durch die vorhandenen Regeln der Technik (vorläufige Eignungsprüfung der LAGA Ad-hoc AG, QM-Merkblatt) ist eine definierte Grundlage für die Herstellung, den Einbau und die Qualitätssicherung gegeben.

Der Qualitätssicherung ist beim Einbau von Trisoplast[®] eine hohe Bedeutung zu geben, da durch die Mindesteinbaustärke von derzeit 10 cm und der 1-lagigen Ausführung nur geringe Toleranzen gegeben sind. Ebenfalls sollte darauf geachtet werden, dass mit der Bauausführung nur hochqualifizierte Firmen des Erdbaus, möglichst mit Erfahrungen im Trisoplast[®]-Einbau beauftragt werden.

Die Qualitätssicherung auf der Grundlage des aktuellen QM-Merkblattes hat sich aus unserer Sicht bewährt. Durch einfache Feldversuche (Bentonit- und Wassergehalt, Trockendichte) kann in einem relativ engen Raster die Qualität der Trisoplast[®]-Abdichtung untersucht und mittels dieser Ergebnisse auf das eigentliche maßgebende Kriterium der Durchlässigkeit rückgeschlossen werden.

Eine Ausführung hat sich in allen Bereichen der Oberflächenabdichtung mit Böschungsneigungen bis zu 1 : 2 bewährt. Insbesondere weist das Material Vorteile gegenüber einer herkömmlichen mineralischen Dichtung im Bereich des kleinräumigen Einbaus oder z.B. beim Anschluss an Einbauten auf.

Eine ausreichende Dichtigkeit wird auch bei sehr geringer Verdichtung des Materials erreicht.

Als ungünstig sind die relativ hohen Kosten des Materials anzusehen (ca. € 65,- bis € 70,-/to frei Baustelle), die sich nur durch die geringere Einbaustärke und evtl. dem Gewinn von Deponievolumen wieder amortisieren können.

Einer weiteren Reduzierung der Schichtstärke der Trisoplast®-Dichtung auf 7 cm steht der Verfasser skeptisch gegenüber. Auf Grund der üblichen Toleranzen im Erdbau ist ein entsprechend gesicherter Einbau schwierig. Die Anforderungen an das Auflager und die Einbaugenauigkeit werden höher, was auch mit Mehrkosten verbunden sein dürfte. Auch eine Ausführung in Verbindung mit einem Leckageerkennungssystem hat sich mittlerweile in der Praxis bewährt. Als großer Vorteil erweist sich auch die gleichbleibende Homogenität des Materials, die oftmals bei natürlich vorkommenden Tonmaterialien nicht in diesem Maße gegeben ist.

Zusammenfassend wird abgeschätzt, dass auch zukünftig Trisoplast® bei entsprechenden Randbedingungen sinnvoll und wirtschaftlich im Bereich von Deponieoberflächenabdichtungen eingesetzt wird. Ob auch eine weitere Ausdehnung, z.B. auch auf Deponiezwischen- bzw. -basisabdichtungen möglich sein wird, kann von unserer Seite nicht abgeschätzt werden und wird der weiteren Diskussion überlassen.

Anlagen zum Skript - Auszug aus dem QM-Merkblatt, Teil II, Anhang 3 - 8

MERKBLATT

Qualitätssicherung bei Abdichtungen aus TRISOPLAST®

Qualitätssicherung beim Einbau von TRISOPLAST®

Teil II Anhang 3

Seite 1

Eingangskontrolle TRISOPLAST® -Komponenten

Komponente	Parameter	Untersuchungs-Methode	Proben-Anzahl ¹⁾	Sollwerte
Mineralischer Zuschlagstoff	Probenahme gemäß DIN EN 932-1 (1996)			
	Wassergehalt	DIN 18 121-1(1998) oder DIN 18121-2 (1989)	2	-
	Korngrößenverteilung	DIN 18 123 (1996)	2	≤0,063 mm: <10 Gew.-% >4 mm: ≤0,5 Gew.-% >5,6 mm: 0,0 Gew.-% d ₅₀ : 0,15 – 0,7 mm
	Gehalt an organischer Substanz	DIN 18 128 (1990)	2	≤1,5 Gew.-%
	Karbonat-Gehalt	DIN 18 129 (1996)	2	≤ 15 Gew.-%
	pH-Wert	DIN ISO 10 390 (1997)	2	≤ 10,0
	elektrische Leitfähigkeit	DIN ISO 11 265 (1997)	2	≤ 1.000 µS/cm
	Fremdkörper	Visuell	Kontinuierlich	-
Bentonit	Identitätsnachweis mittels Lieferschein, Probenahme gemäß DIN EN 932-1 (1996)			
	Montmorillonitgehalt	Methode: Brindley (1980)	2	≥ 70 Gew.-%
	Wassergehalt	DIN 18 121-1 (1998) DIN 18 121-2 (1989)	2	≤ 13 Gew.-%
	Mahlfeinheit (Rückstand auf Sieb 0,063 mm)	DIN 18 123 (1996)	2	≤ 25 Gew.-%
	Wasseraufnahmevermögen	DIN 18 132 (1995)	2	≥ 450 Gew.-%
	Methylenblauaufnahme	VDG-Merkblatt P69	2	≥ 200 mg/g Bent.
	Quellvermögen	ASTM D 5890 (1995)	2	≥ 25 ml/2g
Bei einem zertifizierten Bentonit-Hersteller sind die Ergebnisse aus dessen Qualitätssicherung gültig.				
Polymer	Das Polymer wird von GID geliefert. Identitätsnachweis mittels Lieferschein und Prüfzeugnis. Identitätsprüfung durch autorisiertes unabhängiges Prüfinstitut.			
	je 22 Big Bags (je Big Bag ca. 800 kg) eine Probe:			
	Löslichkeit	werksinterne Prüfvorschrift des Polymerherstellers		
	Viskosität	werksinterne Prüfvorschrift des Polymerherstellers		
je 66 Big Bags eine Probe:				
Infrarot-Spektrum	FTIR, qualitative Beurteilung anhand eines Referenzspektrums			
Massenanteil zweier charakteristischer Elemente und deren Verhältnis				
standardisierte Elementanalyse				
Mischwasser ²⁾	Probenahme gemäß DIN EN ISO 5667-2 (1995)			
	elektrische Leitfähigkeit	DIN EN 27 888 (1993)	2	< 1.500 µS/cm
	pH-Wert	ISO 10 523 (1994)	2	5,0 – 9,0
	Einfluss auf Wasseraufnahmevermögen des Bentonit	DIN 18 132 (1995) (mit Mischwasser)	2	> 450 Gew.-%

¹⁾ Die Anzahl der Prüfungen gilt gleichermaßen für die Eigen- und Fremdüberwacher. Bei schwankender Zusammensetzung der Komponenten ist die Anzahl der Prüfungen zu erhöhen.
²⁾ Bei der Verwendung von Trinkwasser sind keine Untersuchungen erforderlich

MERKBLATT Qualitätssicherung bei Abdichtungen aus TRISOPLAST®

Qualitätssicherung beim Einbau von TRISOPLAST®

Teil II Anhang 4
Seite 1

Eingangskontrolle von TRISOPLAST® -Mischgut

Parameter	Untersuchungsmethode	Probenanzahl ¹⁾	Sollwerte
Identitätsnachweis mittels Lieferschein			
Sämtliche Prüfdokumente über die Eingangskontrolle des verwendeten Bentonits und Polymers gemäß Anlage 1 des Teils I des QM-Merkblatts und sämtliche Mischprotokolle			
Probenahme gemäß DIN EN 932-1			
Bentonitgehalt	gemäß Anhang 2.1	3/750 t	≥ 10,7 Gew.-% (bezogen auf Trockenmasse TRI-SOPLAST®)
Wassergehalt	DIN 18 121-1 (1998) oder DIN 18 121-2 (1989)	3/750 t	nach Vorgabe QSP
Qualität der Durchmischung	gemäß Anhang 2.3	1/750 t	nach Vorgabe QSP
Identifikation des Polymers ²⁾	Lieferscheinkontrolle	kontinuierlich	

¹⁾ Die Probenanzahl gilt gleichermaßen für Eigen- und Fremdprüfer

²⁾ Mit der Lieferung des Polymers werden ein Identitätsnachweis und Prüfzeugnis für jede Charge vorgelegt. Die Eigenschaften des gelieferten Polymers werden von einem autorisierten Prüfinstitut überwacht. Pro 1.000 kg Polymer nimmt TD Umwelttechnik GmbH & Co. KG eine Probe (mindestens eine Probe je Bigbag) und verwahrt diese mindestens zwei Jahre. Die Beprobung und die Untersuchung erfolgen nach dem in Teil I Anlage 1 Abschnitt 3.3 aufgeführten Umfang.

MERKBLATT
Qualitätssicherung bei Abdichtungen aus TRISOPLAST®

Qualitätssicherung beim Einbau von TRISOPLAST®

Teil II Anhang 5
Seite 1

Versuchsfeld: Prüfumfang des Auflagers

Parameter	Untersuchungsmethode	Probenanzahl ¹⁾	Sollwerte
Schichtdicke	direkte Schichtdickenvermessung	1/50 m ²	nach Vorgabe QSP
Wassergehalt	DIN 18 121-1 (1998) oder DIN 18 121-2 (1989)	1/50 m ²	nach Vorgabe QSP
Korngrößenverteilung	DIN 18 123 (1996)	1/50 m ²	nach Vorgabe QSP
Gehalt an organischer Substanz	DIN 18 128 (1990)	1/50 m ²	nach Vorgabe QSP
Tragfähigkeit			nach Vorgabe QSP
Oberflächenebenheit	4-m-Richtscheit, direkte Messung	Kontinuierlich	nach Vorgabe QSP
Fremdkörper	visuell	Kontinuierlich	-

¹⁾ Die Probenanzahl gilt gleichermaßen für Eigen- und Fremdprüfer

MERKBLATT Qualitätssicherung bei Abdichtungen aus TRISOPLAST®

Qualitätssicherung beim Einbau von TRISOPLAST®

Teil II Anhang 6
Seite 1

Versuchsfeld: Prüfumfang der TRISOPLAST®-Dichtung

Parameter	Untersuchungsmethode	Probenanzahl ¹⁾	Sollwerte
Bentonit-Gehalt	gemäß Anhang 2.1	1/50 m ²	≥ 10,7 Gew.-% (bezogen auf Trockenmasse TRI-SOPLAST®)
Schichtdicke	direkte Schichtdickenvermessung	1/50 m ²	nach Vorgabe QSP
Wassergehalt	DIN 18 121-1 (1998) oder DIN 18 121-2 (1989)	1/50 m ²	nach Vorgabe QSP
Korngrößenverteilung	DIN 18 123 (1996)	1/50 m ²	nach Vorgabe QSP
Trockendichte nach Verdichtung	DIN 18 125-2 (1999)	1/50 m ²	nach Vorgabe QSP
Wasserdurchlässigkeitsbeiwert	DIN 18 130-TX / ZY (1998)	1/200m ² bzw. mind. 3/Feld	≤ 3 x 10 ⁻¹¹ m/s ²⁾
Oberflächenebenheit	4-m-Richtscheit, direkte Messung	Kontinuierlich	nach Vorgabe QSP

¹⁾ Die Probenanzahl gilt gleichermaßen für Eigen- und Fremdprüfer
²⁾ Hinsichtlich der Versuchsdurchführung siehe QM Teil II Anhang 2.5

MERKBLATT

Qualitätssicherung bei Abdichtungen aus TRISOPLAST®

Qualitätssicherung beim Einbau von TRISOPLAST®

Teil II Anhang 7
Seite 1

Prüfumfang des Auflagers

Parameter	Untersuchungsmethode	Probenanzahl ¹⁾	Sollwerte
Schichtdicke	geodätische Vermessung	1/500 m ²	nach Vorgabe QSP
Wassergehalt	DIN 18 121-1 (1998) oder DIN 18 121-2 (1989)	1/1.000 m ²	nach Vorgabe QSP
Korngrößenverteilung	DIN 18 123 (1996)	1/1.000 m ²	nach Vorgabe QSP
Gehalt an organischer Substanz	DIN 18 128 (1990)	1/1.000 m ²	nach Vorgabe QSP
pH-Wert	DIN ISO 10 390 (1997)	1/ha	pH ≤ 12
Tragfähigkeit			nach Vorgabe QSP
Oberflächenebenheit	4-m-Richtscheit, direkte Messung	Kontinuierlich	nach Vorgabe QSP
Fremdkörper	visuell	Kontinuierlich	-

¹⁾ Die Probenanzahl gilt gleichermaßen für Eigen- und Fremdprüfer

MERKBLATT

Qualitätssicherung bei Abdichtungen aus TRISOPLAST®

Qualitätssicherung beim Einbau von TRISOPLAST®

Teil II Anhang 8

Seite 1

Prüfumfang der TRISOPLAST® -Dichtung

Parameter	Untersuchungsmethode	Probenanzahl ¹⁾	Sollwerte
Bentonit-Gehalt	gemäß Anhang 2.1	1/500 m ²	≥ 10,7 Gew.-% (bezogen auf Trockenmasse Tri-soplast®)
Schichtdicke	direkte Schichtdickenvermessung	1/100 m ²	nach Vorgabe QSP
Wassergehalt	DIN 18 121-1 (1998) oder DIN 18 121-2 (1989)	1/500 m ²	nach Vorgabe QSP
Trockendichte nach Verdichtung	DIN 18 125-2 (1999)	1/500 m ²	nach Vorgabe QSP
Oberflächenebenheit	4-m-Richtscheit, direkte Messung	Kontinuierlich	nach Vorgabe QSP
Wasserdurchlässigkeitsbeiwert	DIN 18 130- TX/ZY (1998)	1/10.000 m ² ²⁾	≤ 3 x 10 ⁻¹¹ m/s ²⁾

¹⁾ Die Probenanzahl gilt für den Eigenprüfer oder Fremdprüfer (mindestens 3 Prüfungen pro Parameter)
²⁾ siehe Hinweise QM Teil II Anhang 2.5

Deponiegasverwertung mit Mikrogasturbinen

Johann Roth, Ingenieurbüro Roth & Partner GmbH, Karlsruhe

1 Zusammenfassung

Nach Beendigung der Ablagerung von organischen Abfällen auf Deponien verändert sich auf ihnen die Deponiegassituation hinsichtlich produzierter und erfassbarer Deponiegasmenge so wie der Gasqualität entscheidend.

Aufgabe des Deponiebetreibers ist es dann, trotz dieser erschwerten Situation, die Anforderung an eine schadlose, den Sicherheitsanforderungen entsprechende und das Klima schonende Entgastechnik möglichst optimal zu erfüllen.

Diese Aufgabe ist zu erfüllen unter Einbeziehung aller Aspekte einer nachhaltigen Entgasung der Deponie. Hierzu gehören die Optimierung der Gasproduktionssituation in der Deponie und der Gaserfassung so wie der Einsatz von der Schwachgassituation angepasster Entsorgungs- und Verwertungs-techniken.

Entwicklungen in den letzten Jahren machen hierfür angepasste Techniken verfügbar.

In den folgenden Ausführungen werden die für die Verwertung von Schwachgas geeignete und bereits auf mehreren Anlagen erprobte Technik der Mikrogasturbinen und deren Einsatzbedingungen so wie wirtschaftlichen Eckdaten vorgestellt.

2 Ausgangslage

Während der Ablagerungsphase (Betriebsphase) einer Hausmülldeponie vor dem 31.5.2005 zeichnete sich deren Gassituation durch eine mit der Ablagerungsmenge über die Jahre ansteigenden Gasproduktion aus.

So konnte bei dieser Deponiesituation mit Gasproduktionsmengen gerechnet werden, welche in einer zur wirtschaftlichen Verwertung geeigneten Größenordnung lagen.

Neben der theoretisch ermittelbaren Gasproduktion mussten natürlich für die in der Praxis erreichbare Gasproduktion (Reduzierung durch aeroben Teilabbau, Einfluss von negativen Milieubedingungen, Hemmungen, schlechte Transportbedingungen) Abzüge einkalkuliert werden. Die dann erfassbare Gasmenge war mit weiteren Abzügen entsprechend der Qualität des Fassungs-systems, der Oberflächenabdichtung, des Deponiebetriebs zu kalkulieren.

Die Abbildung 1 zeigt eine beispielhafte theoretische Gasproduktion einschließlich des möglichen Verlaufs der in der Praxis erreichbaren Gasproduktion und der erfassbaren Gasmenge.

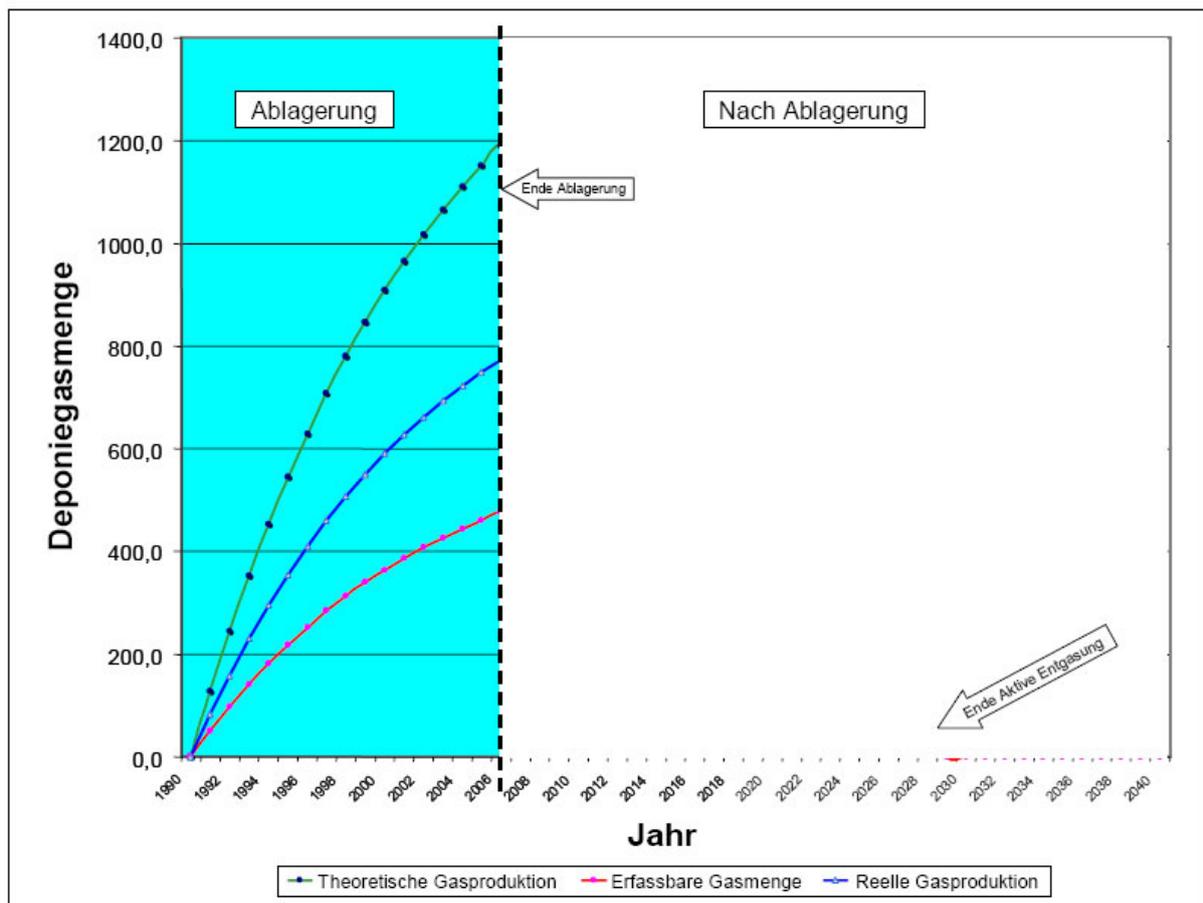


Abb. 1: Exemplarischer Verlauf einer Gasproduktion und Gaserfassung während der Ablagerungsphase

Nach Beendigung der Ablagerung von Abfällen mit relevanten organischen Anteilen (gemäß Deponieverordnung) verändert sich die Gassituation auf den Deponien entscheidend.

Die theoretische und damit auch die in der Praxis erzielbare Gasproduktion sinken über die Jahre so entscheidend, dass bereits nach wenigen Jahren nach Ablagerungsende eine Halbierung der Gasproduktion eintreten kann.

Durch die fehlende weitere Auffüllung der Deponie verändert sich weiterhin die Gaserfassungssituation negativ:

- Setzungen um die Gaskollektoren führen zu Lufteinbrüchen
- in der obersten Abfalllage bildet sich ein aerober Zustand aus da diese nicht mehr überbaut wird
- Deponiesetzungen führen zu Deponiebereichen mit schlechten Transportbedingungen
- Die reduzierte Gasproduktion macht ein diffizileres Erfassungssystem und Steuersystem erforderlich, um Lufteinbrüche durch Übersaugung zu verhindern und Entgasungsbereiche mit geringer Produktion noch erfassen zu könne
- Schlecht der veränderten Situation angepasste und schlecht gesteuerte Entgasungssysteme führen zu Lufteinbrüchen und damit zu einer ungewollten Aerobisierung des Abfallkörpers. Bereiche der Gasproduktion werden durch das Erfassungssystem nicht erfasst und führen so zur Freisetzen von Methan in die Atmosphäre.

Abbildung 2 zeigt exemplarisch den möglichen Verlauf der Gasproduktion und Gaserfassung nach Ablagerungsende.

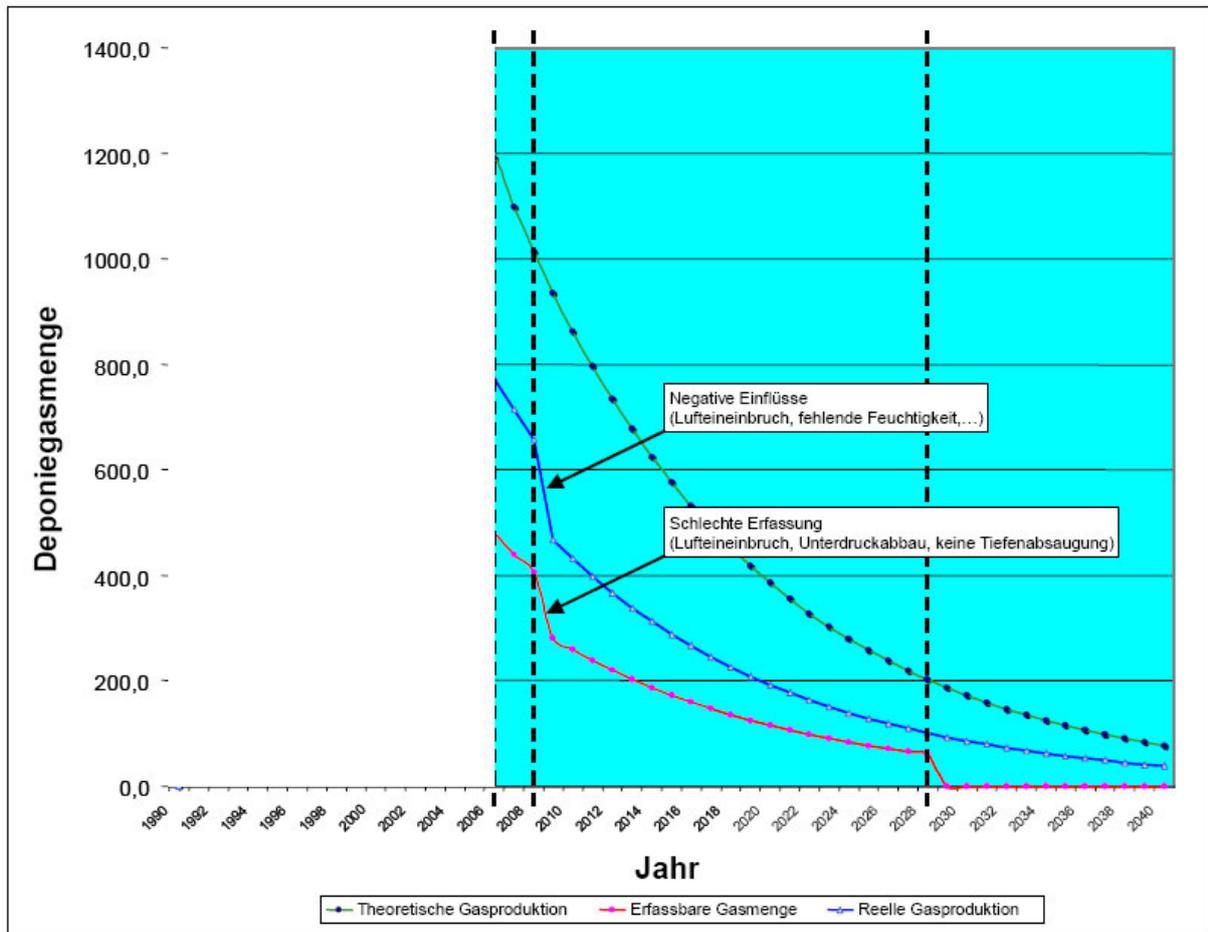


Abb. 2: Exemplarische Gasproduktion und Gaserfassung nach Ablagerungsende

Durch diese entscheidend verschlechterte praktische Gasproduktion und die meist damit verbundene Verschlechterung der Gaserfassung mit der Auswirkung eines Luft eindringens in den Abfallkörper wird es oft zu einer damit verbundenen Reduzierung des Methangehaltes bei einem gleichzeitigen Anstieg des Stickstoffgehaltes im Deponiegas kommen.

Diese Situation wird bei der Definition der Gasphasen innerhalb eines Deponiezeitablaufs als Luft eindringphase (Phase VII) und zeitlich nachfolgende Methanoxidationsphase (Phase VIII) bezeichnet.

Der Ablauf der einzelnen Gasphasen im Zeitablauf einer Deponie ist in Abbildung 3 dargestellt.

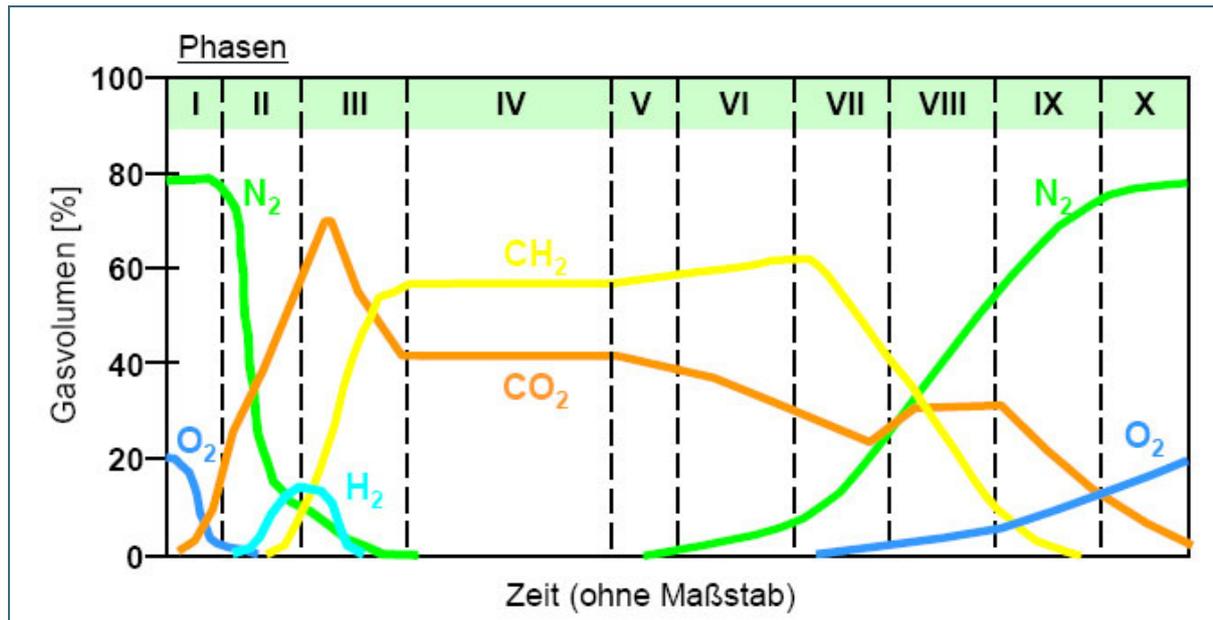


Abb. 3: Verlauf der Deponiegasqualität über die Zeit einer Deponie

Aus dieser für eine Gasentsorgung oder Gasverwertung entscheidenden Verschlechterung der Entgasungssituation auf Deponien ergibt sich der Bedarf einer Anpassung des Deponie- und Entgasungsbetriebs (Gasfassung, Gasabsaugung, Gasentsorgung und Gasverwertung) an die Situation nach Ablagerungsende.

3 Problemstellung Schwachgasfassung und -entsorgung auf Deponien

Auch nach Ende des Ablagerungsbetriebes und über die Stilllegungsphase hinaus werden Deponien mit organischen Ablagerungen Gas produzieren. Dies jedoch mit geringerer Produktionsrate und mit schlechterer Qualität hinsichtlich des Brennwertes des Gases und einer damit verbundenen erforderlichen aufwendigeren Fassungstechnik.

Zusammengefasst kann die Entgasungssituation auf Deponien nach Ablagerungsende wie folgt werden:

- Entscheidende **Verringerung** der produzierten **Gasmenge**
- Entscheidende **Verschlechterung** der **Erfassungsmöglichkeit** des produzierten Gases
- Entscheidende **Verringerung** des **Heizwertes** des erfassbaren Gases

Dabei ist die Verringerung des Heizwertes des erfassbaren Gases eine indirekte Folge der Verringerung der Gasproduktionsmenge und der Verschlechterung der Erfassungsmöglichkeit.

Durch diese Faktoren wird der Lufteintrag in die Deponie gefördert und dadurch die Lufteindringphase und folgende Methanoxidationsphase stark begünstigt.

In Folge entsteht ein Deponiegas mit reduziertem Methangehalt und erhöhtem Stickstoffgehalt. Der Heizwert sinkt von 14,4 bis 18 MJ pro m³ Gas (40 – 50% Vol CH₄) auf Werte unter 9 MJ pro m³ Gas (25 % Vol CH₄).

Ein solches Gas wird als Schwachgas (Heizwert unter 6MJ/m^3) oder Mittelgas (Heizwert unter 12MJ/m^3) in Unterscheidung zu den Starkgasen und Reichgasen bezeichnet.

In den folgenden Ausführungen wird vereinfachend der gesamte Bereich der Gase unter einem Heizwert von 12MJ/m^3 als Schwachgas bezeichnet.

Ein solches Schwachgas mit den damit oft auch verbundenen stark schwankenden und niedrigen erfassbaren Gasmengen kann mit den herkömmlichen Techniken nicht oder nur mit großem Aufwand (Methananreicherung, Zusatzbrennstoff) verwertet werden.

Diese Schwachgase bedürfen neuer dem niedrigen Brennwert und der niedrigen Gasmenge angepasster Technologie.

Neben dieser angepassten Verwertungstechnologie sollten jedoch auch immer eine Optimierung der Milieubedingungen für die Deponiegasentstehung und der Gasfassung überlegt und betrieben werden.

4 Mikrogasturbinen

Als Mikrogasturbinen bezeichnet man kleine, schnelllaufende Gasturbinen mit niedrigen Brennkammerdrücken und -temperaturen in der Leistungsklasse von 20 bis 500kW_{el} . Sie basieren auf der Turboladertechnologie und den aus der Luftfahrt bekannten Hilfsantrieben (APU: Auxiliary Power Units) und bestehen im Wesentlichen aus den Komponenten Verdichter, Brennkammer, Turbine und Generator.

Im Gegensatz zu Kraftwerksgasturbinen werden bei Mikro-Gasturbinen häufig Rekuperatoren zur Vorwärmung der Verbrennungsluft eingesetzt.

Der Rekuperator dient zur internen Luftvorwärmung, wodurch diese kleinen Aggregate elektrische Wirkungsgrade von 25 - 30 % erreichen.

Die Luft tritt in den Generator ein und wird von dort zum Radialverdichter weitergeleitet, gleichzeitig wird auf diese Weise der Generator gekühlt. Die angesaugte Luft wird im Radialverdichter auf etwa 4 bar Überdruck komprimiert. Der Rekuperator nutzt die Wärmeenergie aus den Turbinenabgasen und erwärmt damit die Verdichteraustrittsluft, bevor sie in die Brennkammer gelangt. Der Brennstoff wird in der Brennkammer eingedüst und dort verbrannt. Die heißen Verbrennungsgase werden in der Turbine entspannt und treiben so Verdichter und Generator an. Einen Teil ihrer Wärmeenergie geben die Abgase im Rekuperator an die Verbrennungsluft ab und verlassen dann die Mikro-Gasturbine durch den Abgasauslass in Richtung Abgaswärmetauscher bzw. Kamin.

Mikro-Gasturbinen werden im Vergleich zu herkömmlichen Gasturbinen mit hohen Luftüberschüssen von $\lambda=6-8$ betrieben.

In der Abbildung 4 ist ein Schnitt durch eine Mikrogasturbine des Herstellers Capstone zu sehen.

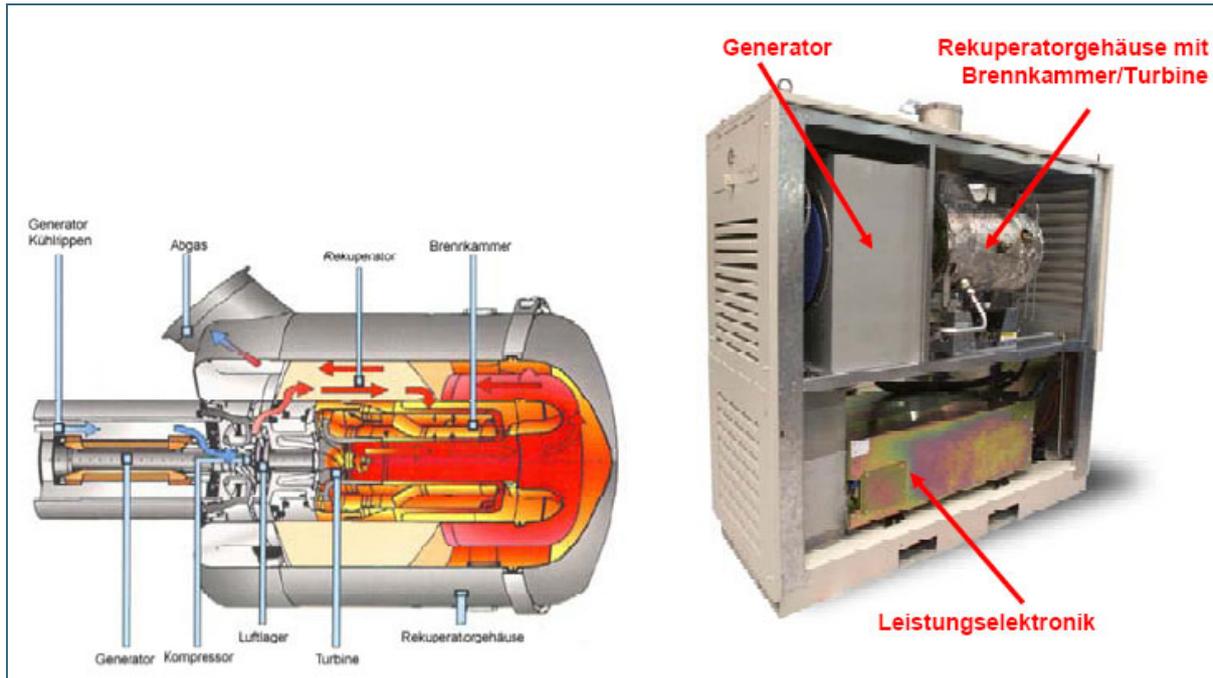


Abb. 4: Schnitt durch eine Mikrogasturbine der Firma Capstone

Abbildung 5 zeigt das Turbinenlaufrad.



Abb. 5: Turbinenlaufrad

Mit Mikrogasturbinen können derzeit Schwachgase ab einem Methangehalt von 35 Vol.-% (bei der Zündung) genutzt werden.

Nach Anfahren der Turbine sind Methanwerte bis zu 30 Vol.-% einsetzbar.

4.1 Leistung und Wirkungsgrad der Mikrogasturbine

Der elektrische Wirkungsgrad beträgt ohne Nachschaltung eines ORC-Prozesses je nach Turbinengröße 26 bis 32,5 %.

Dieser Wirkungsgrad gilt bei einer Außentemperatur von maximal 24 °C (bei Meereshöhe) und ohne Berücksichtigung des Energieverbrauchs für die Gasverdichtung auf 5 bar und eine eventuelle Gas-aufbereitung.

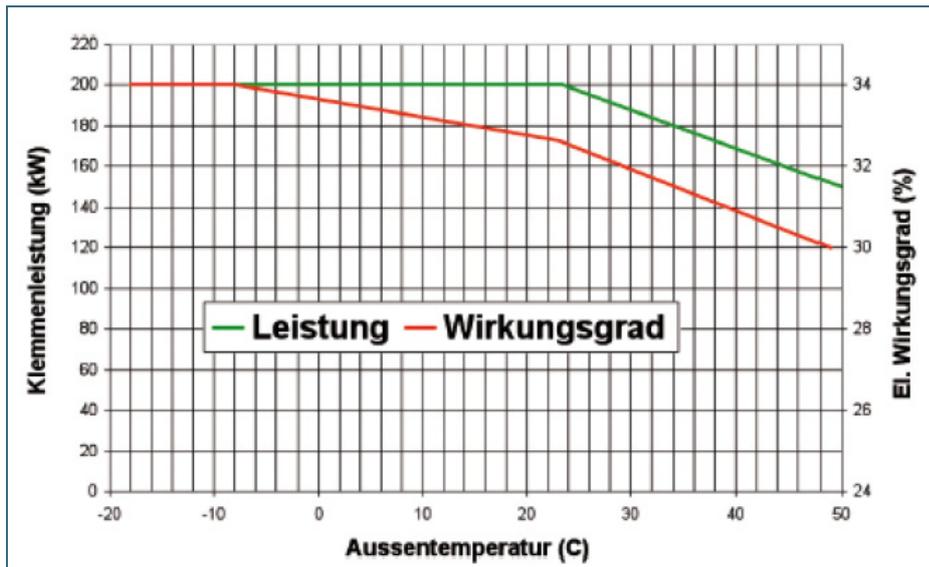


Abb. 6: Leistung und Wirkungsgrad der CR 200 in Abhängigkeit der Außentemperatur (auf Meereshöhe)

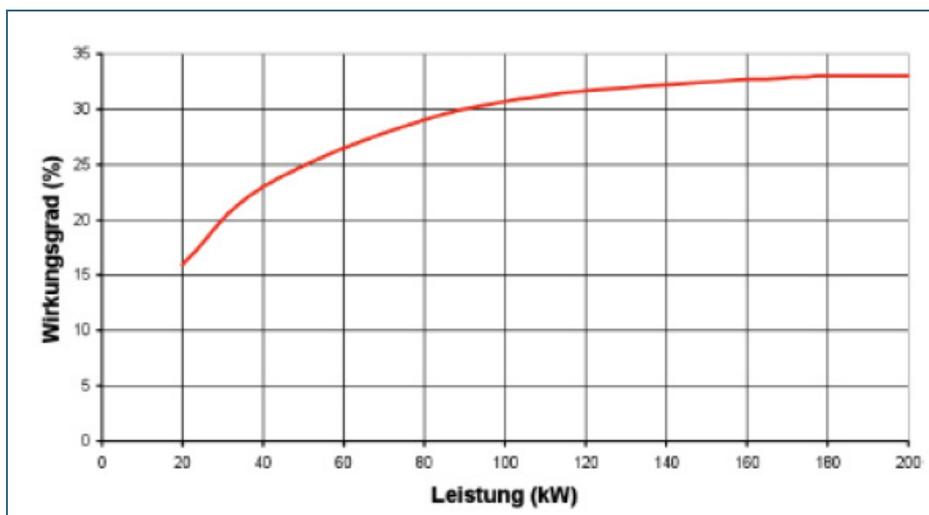


Abb. 7: Wirkungsgrad der CR 200 im Teillastbereich

Für die Verdichtung des Gases auf 5 bar ist überschlägig ein elektrischer Leistungsbedarf von 8 % der erzeugten Nettoleistung der Turbine zu kalkulieren (bei einem Methangehalt des Deponiegases von 35 Vol.-%, bei höheren Brennwerten des Gases entsprechend niedriger).

Abbildung 8 gibt einen Überblick zu den Bruttoleistungen verschiedener Mikrogasturbinenanlagen, mit und ohne nachgeschaltetem ORC-Prozess.

Capstone Mikrogasturbine		CR30		CR65		CR200	
		ohne ORC	mit ORC	ohne ORC	mit ORC	ohne ORC	mit ORC
Brennstoffleistung	kW	115	115	224	224	615	615
Elektrische Leistung _{brutto}	kW	30	30	65	65	200	200
ORC Elektrische Leistung _{netto}	kW	-	n.a.	-	14	-	50
Elektrische Leistung _{total}	kW	30	30	65	79	200	250
Thermische Leistung	kW	60	-	120	-	320	-
Wirkungsgrad el.	%	26,1	26,1	29,0	35,3	32,5	40,7
Gesamtwirkungsgrad	%	78,3	-	82,6	-	84,6	-
NOx @15%O2	ppm	< 9	< 9	< 9	< 9	< 15	< 15

Abb. 8: Leistungsdaten von Mikrogasturbinen der Fa. Capstone (mit und ohne nachgeschaltetem ORC-Prozess)

4.2 Nachschaltung von ORC – Anlagen

„Organic Rankine Cycle“ steht für die Verdampfung und Rückkühlung eines organischen Mediums zur Erzeugung von Strom aus Wärme.

Im Unterschied zu einem wasserbetriebenen Dampfturbinen-Kreisprozess wird bei einer ORC-Anlage ein organisches Medium mit hoher Molekülmasse eingesetzt.

Dies hat zur Folge, dass Wärmequellen mit niedriger Temperatur effizient zur Erzeugung von Strom genutzt werden können und dadurch ein breites Leistungsspektrum im Bereich von wenigen kW bis zu 3 MW pro ORC-Modul abgedeckt wird.

Der durch Wärme aus Sonnenergie oder Restwärmequellen – etwa der Abwärme aus BHKWs (Blockheizkraftwerk) – freigesetzte Energiegehalt wird in einen geschlossenen Kreislauf geführt. Der durch das Verdampfen des organischen Mediums entstehende Dampfdruck wird über eine Entspannungsturbine zunächst in mechanische Drehenergie und in Folge über einen Generator zu elektrischer Energie umgewandelt. Durch die verfahrensbedingte Rückkühlung wird das Medium wieder flüssig.

Über eine Pumpe im Arbeitskreislauf wird das flüssige Arbeitsmedium wieder zum Verdampfer transportiert, wodurch der Kreislauf geschlossen wird. Die nach der „Verstromung“ noch verbleibende Restwärme kann für den Eigenbedarf oder für ein vorhandenes Nahwärmenetz genutzt werden.

Abbildung 9 zeigt den Verfahrensablauf eines ORC-Prozesses.

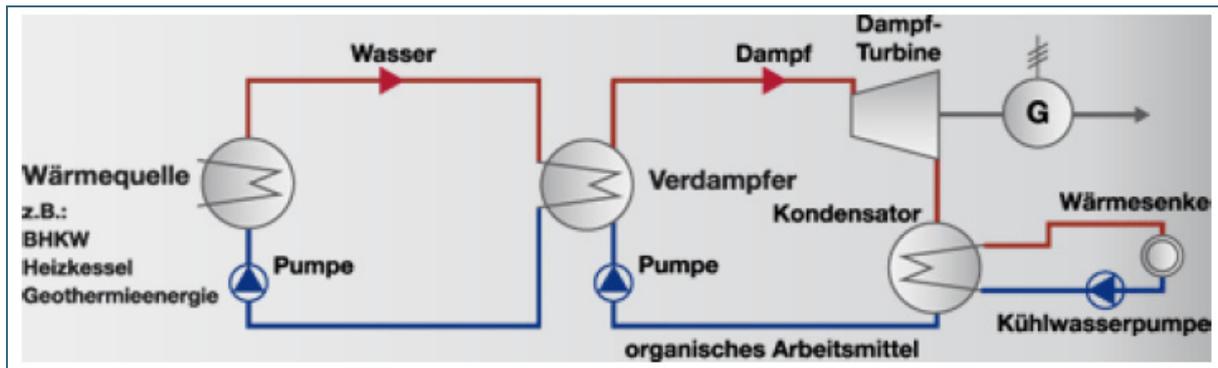


Abb. 9: Verfahren des ORC-Prozesses

Im Jahresmittel wird ein Wirkungsgrad von 16 Prozent erreicht. In Abhängigkeit der Außentemperatur liegt der Wirkungsgrad im Winter bei bis zu 21 Prozent und sinkt im Sommer bei hohen Außentemperaturen auf bis zu 8 Prozent ab. Demzufolge benötigt die ORC-Anlage etwa 6 kW thermischer Energie um daraus 1 kW elektrische Energie zu erzeugen.

Derzeit wird auf der Deponie Sinsheim eine ORC-Anlage mit einer Leistung von 30 kW elektrisch zur Abgasnutzung hinter 2 bereits in Betrieb befindlichen Mikrogasturbinen installiert.

Abbildung 10 zeigt eine 30 kW ORC-Anlage der Firma Conpower-Energieanlagen.



Abb. 10: 30 kW ORC-Anlage der Firma Conpower

5 Erfahrungen mit dem Einsatz von Mikrogasturbinen zur Deponiegasnutzung

Für die Nutzung von Deponieschwachgas werden inzwischen mehrere Anlagen mit Mikrogasturbinen betrieben.

So zum Beispiel auf der Deponie Eichelbuck der Stadt Freiburg (2 x 65 kW_{elektr.}, Abwärmenutzung), der Deponie Sinsheim (2 Turbinen CR 65 mit nachgeschaltetem ORC-Prozess) so wie auf mehreren Deponien in den USA, Italien, Frankreich, Belgien, Schweden.

Derzeit wird eine Anlage als Kompaktmodul bestehend aus einer CR 65-Turbine mit Gasreinigung, Verdichtereinheit, Absaugeinheit und Mess- und Regeltechnik auf der Deponie Buckenhof realisiert.

5.1 Einsatzbeispiel Deponie Eichelbuck

Die Deponie Eichelbuck der Stadt Freiburg mit ca. 20 ha Deponiefläche und ca. 6,5 Mio. m³ Abfallauf-füllung ist seit Anfang 2005 für die Abfallablagerung stillgelegt.

Derzeit wird die Stilllegungsmaßnahme (Oberflächenabdichtung usw.) durchgeführt.

In den vergangenen Jahren wurden ca. 4,5 Mio. m³/Jahr so genanntes Gutgas pro Jahr in einem Blockheizkraftwerk verwertet und ca. 2,5 Mio. m³/Jahr so genanntes Schlechtgas (bzw. Deponiegas bei Ausfall des BHKW) in zwei Hochtemperaturfackeln verbrannt. Das Gutgas hat einen Methananteil von ca. 50 Vol.-%, das Schlechtgas ca. 30 - 37 Vol. % CH₄.

Auf der Deponie sind zwei Verdichterstationen (für BHKW bzw. Fackelanlagen), eine Gastrocknung sowie zwei Hochtemperaturfackeln betrieben.

Die Verwertung erfolgt im BHKW-Landwasser mit 3 Verbrennungsmotoren mit Wärmeauskopplung, jeweils mit 650 KW elektrischer Leistung.

Zur Entsorgung des Schlecht- bzw. Schwachgases mit Methangehalten unter 40 Vol.-%, welches derzeit in einer Größenordnung von 150 - 200 m³/h anfällt, wurde unter dem Gesichtspunkt einer Wärmeerzeugung für die Speiserestehygenisierung sowie einer Stromerzeugung für eine Netzeinspeisung eine geeignete Anlagentechnik gesucht.

Hierbei fiel die Wahl aufgrund der kleinen modularen Leistungsgröße, der Einsatzmöglichkeit von Deponiegas mit niedrigem Methangehalt, den guten Emissionswerten sowie der kleinen Baugröße auf eine Mikrogasturbinenanlage.

Mitte 2006 wurden auf der Deponie Eichelbuck zur Verwertung von Deponiegas zwei Mikrogasturbinen der Fa. Capstone mit folgenden Leistungsmerkmalen installiert:

- 2 Mikrogasturbinen C65 der Firma Capstone
- 2 x 225 kW Brennleistung, Einspeisung von 2 x 62 m³ /h Deponiegas mit 35% CH₄
- 2 x 65 kW elektrische Leistung
- Insgesamt Nutzung von 192 kW thermischer Leistung (Stufe 1: 165 - 300 °C, Stufe 2: 120 °C)
- Gasverdichter- und Gasaufbereitungsstation (A-Kohle Filter)
- Wärmenutzung in der Speiserestaufbereitung (Hygienisierung Warmwasser)
- Investitionskosten ca. 275.000,00 EUR (netto)

Die beiden Turbinen wurden in die bestehende Gasabsaug- und Verdichteranlage eingebunden, so dass sie parallel zum BHKW sowie alternativ zu einer der beiden Fackeln laufen können.

Abbildung 11 zeigt die Mikrogasturbinenanlage mit ihrer Einbindung in die bestehende Anlage, Abbildungen 12 und 13 zeigen deren Aufstellung.

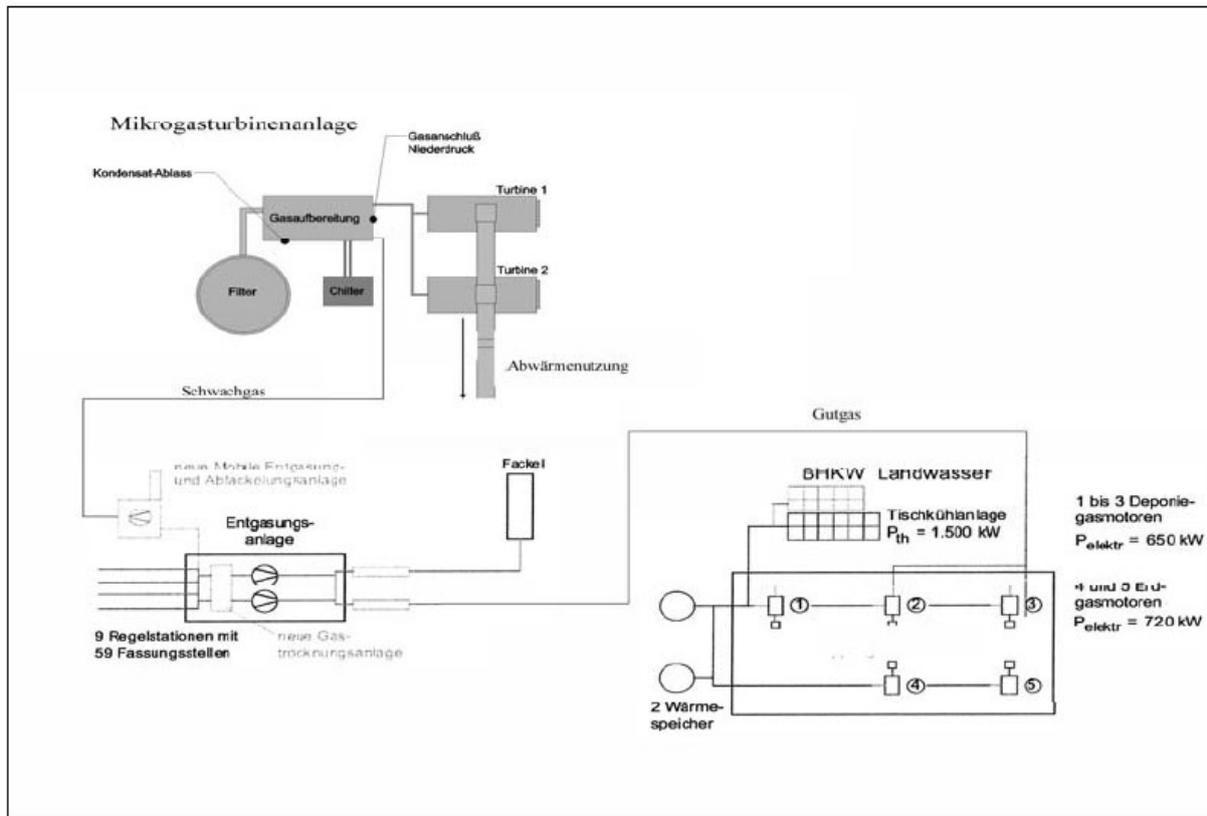


Abb. 11: Einbindung der Mikrogasturbinenanlage auf der Deponie Eichelbuck



Abb.12: Mikrogasturbinenanlage Deponie Eichelbuck

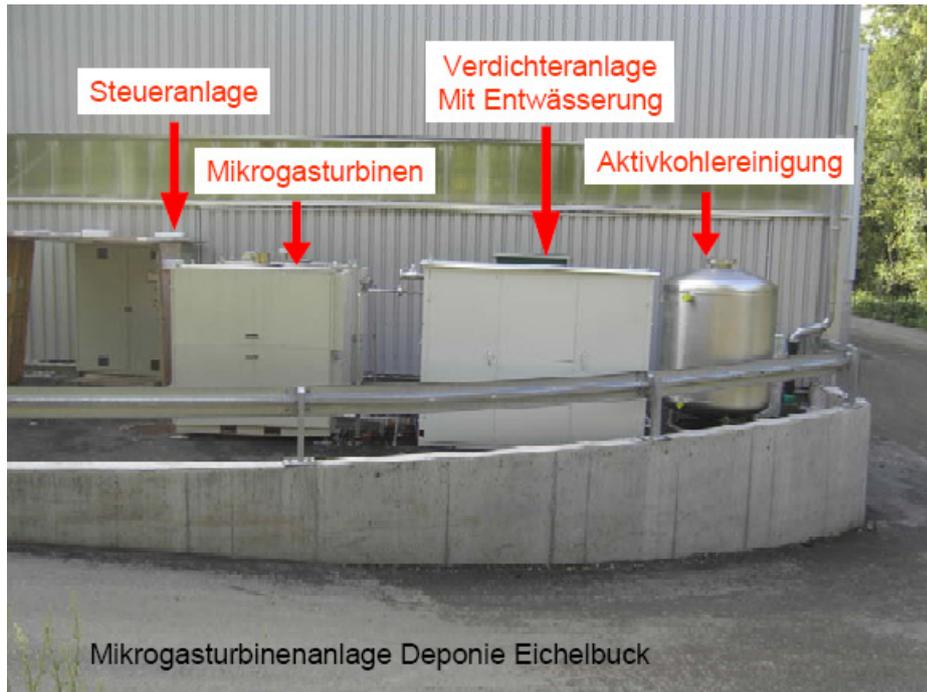


Abb. 13: Aufstellung der Anlage auf der Deponie Eichelbuck

Die Anlage ging Ende Oktober 2006 in den Versuchsbetrieb, ab Dezember 2006 in den einjährigen Probebetrieb.

Das Land Baden-Württemberg förderte mit Mitteln aus dem Kommunalen Investitionsfonds die Installation und den Betrieb der Anlage.

Betriebserfahrungen

Der Betrieb der Mikrogasturbine wurde im Oktober 2006 begonnen. Nach Einregulierungs- und Abstimmungsarbeiten mit den sonstigen Gasanlagen der Deponie wurden die Turbinen reibungslos mit einem Methanwert von ca. 40 Vol.-% seit November 2006 betrieben.

Seit Dezember 2006 erfolgt der Betrieb der Turbinen mit Methanwerten unter 37 Vol.-%.

Über einen Zeitraum von einem Betriebsjahr wurden nun die Turbinen hinsichtlich ihrer Betriebsdaten, Kosten, Emissionen und des Wartungsaufwandes erprobt. Hierbei wurde das Projekt durch ein umfangreiches Überwachungsprogramm begleitet.

Vor Inbetriebnahme der Anlage wurde diese von einem sicherheitstechnischen Gutachter abgenommen.

Im Bereich der Druckhalteventile und Überdrucksicherungen wurden separate Abblaseleitungen nachgerüstet.

Nach Aufnahme des Probebetriebes zum 01.12.2006 kam es immer wieder zu Anlagenausfällen auf Grund von Gaskondensat. Es wurde vor der Anlage ein Druckhalteventil nachrüstet und die Kondensatabscheidung optimiert.

Auch nach dem Kompressor kam es immer wieder zu Kondensatansammlungen, auch hier wurde eine Ablassmöglichkeit nachgerüstet.

Nach Beseitigung dieser Anfangsprobleme lief die Anlage ohne größere Ausfälle 24 h pro Tag durch und musste nur noch zu Wartungsarbeiten (Ölwechsel Kompressor, Aktivkohlewechsel, Reinigung Vorfilter) ausgeschaltet werden (ca. 3 Termine pro Jahr).

An den heißen Sommertagen war tagsüber eine Leistungsreduktion (jede Turbine ca. 10 kW_{el}) auf Grund der hohen Außentemperaturen festzustellen. Die Anlage wurde mit einer Überdachung versehen, um Witterungseinflüsse zu minimieren.

Seitens der Deponie wurden verschiedene Gaszustände (hoher CH₄-Gehalt, niedriger CH₄-Gehalt) realisiert. Dabei wurde festgestellt, dass sich bei einer definierten Turbineneinstellung zu starke und schnelle CH₄-Schwankungen in einer Verschlechterung des elektrischen Wirkungsgrades niederschlagen.

Bei einem Ausfall der Gutgasschiene der Deponie kam es gelegentlich zu Schwankungen bis 20 Vol.-% CH₄. Bis zu CH₄-gehalten von 30 Vol.-% lief die Turbine problemlos durch, ein Turbinenstart ist allerdings erst ab 35 Vol. % möglich.

Nach Durchbruch des Aktivkohlefilters nach 7 Monaten kam es zu spontanen Schwefelablagerungen in den nachfolgenden Anlagenteilen, was eine größere Wartung nach sich zog. Ein rechtzeitiger Wechsel der Aktivkohle ist empfehlenswert.

Die gesamten Wartungskosten incl. eines Aktivkohlewechsels betragen im Probetriebsjahr ca. 9.000 EUR.

Die Wärme aus dem Abgas der beiden Turbinen wurde mittels 2 Wärmetauschern in der Speiserestaufbereitung genutzt. Insgesamt werden ca. 190 kW thermische Energie dem Abgas entzogen und genutzt.

Die Mitverbrennung von Abluft aus der Speiseresteanlage hat sich als nicht durchführbar erwiesen, da diese Abluft zu feucht und zu warm ist.

An 4 Terminen wurden die folgenden Spurenstoffe im Abgas einer Turbine untersucht (an 2 Terminen zusätzlich die Parameter Dioxine / Furane und Formaldehyd).

Die in der nachfolgenden Tabelle angegebenen Werte sind auf einen Sauerstoffgehalt von 15 Vol.-% bezogen.

Parameter	Messtermine			
	①	②	③	④
CO [mg/m ³ N]	27,8	44,2	131,5	109,8
NO ₂ [mg/m ³ N]	10,1	13,3	10,2	6,2
HF [mg/m ³ N]	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4
HCl [mg/m ³ N]	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6
SO ₂ [mg/m ³ N]	< 26	< 14	< 14	< 16
C _{ges} [mg/m ³ N]	< 2	< 2	< 2	< 2
Staub _{ges} [mg/m ³ N]	0,4	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Formaldehyd [mg/m ³ N]	< 3,0	n. b.	n. b.	< 2,0
Dioxine / Furane [ng/m ³ N]	0,00097	n. b.	n. b.	0,00099

Abb. 14: Abgaswerte der Mikrogasturbinenanlage

Die Spurenstoffkonzentrationen im Abgas der Turbine liegen auf sehr niedrigem Niveau und deutlich unter den Grenzwerten nach TA-Luft und auch deutlich unter den Konzentrationen eines Gasottomotors.

Auffällig sind die geringen Schwankungen beim Parameter NO_2 und die stärkeren Schwankungen beim Parameter CO (diese sind abhängig vom Methangehalt des Deponiegases). Die Schwankungen waren auch während der Langzeitmessung der Parameter CO und NO_2 über mehrere Tage zu beobachten.

Die Erfahrungen aus dem einjährigen Probebetrieb können wie folgt zusammengefasst werden:

- die Mikrogasturbine verbrennt Deponiegas sehr emissionsarm
- eine vorgeschaltete Gasreinigung ist erforderlich, die Standzeit der Aktivkohle beträgt ca. ½ Jahr
- vor dem Kompressor muss ggf. ein Druckhalteventil eingebaut werden
- eine Kondensatabscheidung vor und nach dem Kompressor ist erforderlich
- eine Wärmenutzung aus dem Abgas der Turbinen ist ohne größeren Aufwand gut realisierbar
- die Anlage ist sehr wartungsarm (geringe Wartungskosten)
- die Anlage verarbeitet Schwachgase bis ca. 30 Vol.-% CH_4
- der elektrische Wirkungsgrad sinkt bei hohen Außentemperaturen ($> 240 \text{ C}$).
- bei zu starken schnellen Schwankungen im CH_4 -Gehalt schwankt der elektrische Wirkungsgrad ebenfalls

Nach Beseitigung der Anfangsprobleme läuft die Anlage nahezu ohne Störungen, so dass für die Zukunft von einer Verfügbarkeit von mindestens 8.500 Betriebsstunden pro Jahr ausgegangen werden kann.

Das erste Halbjahr 2008 bestätigte obige Erfahrungen.

5.2 Einsatzbeispiel Deponie Sinsheim

Auf der noch in Betrieb befindlichen Hausmülldeponie Sinsheim wurde im Jahr 2008 als Ersatz einer bis dahin betriebenen Niedertemperaturfackelanlage eine Mikrogasturbinenanlage, bestehend aus 2 CR65 Turbinen, in Betrieb genommen.

Es ist geplant und bereits in Ausführung, dieser Anlage eine ORC-Anlage mit einer elektrischen Leistung von 30 kW nachzuschalten. Dieser Anlagenteil soll im Herbst 2008 in Betrieb gehen.

Abbildung 15 zeigt das Verfahren zur Verwertung des Deponiegases auf der Deponie.

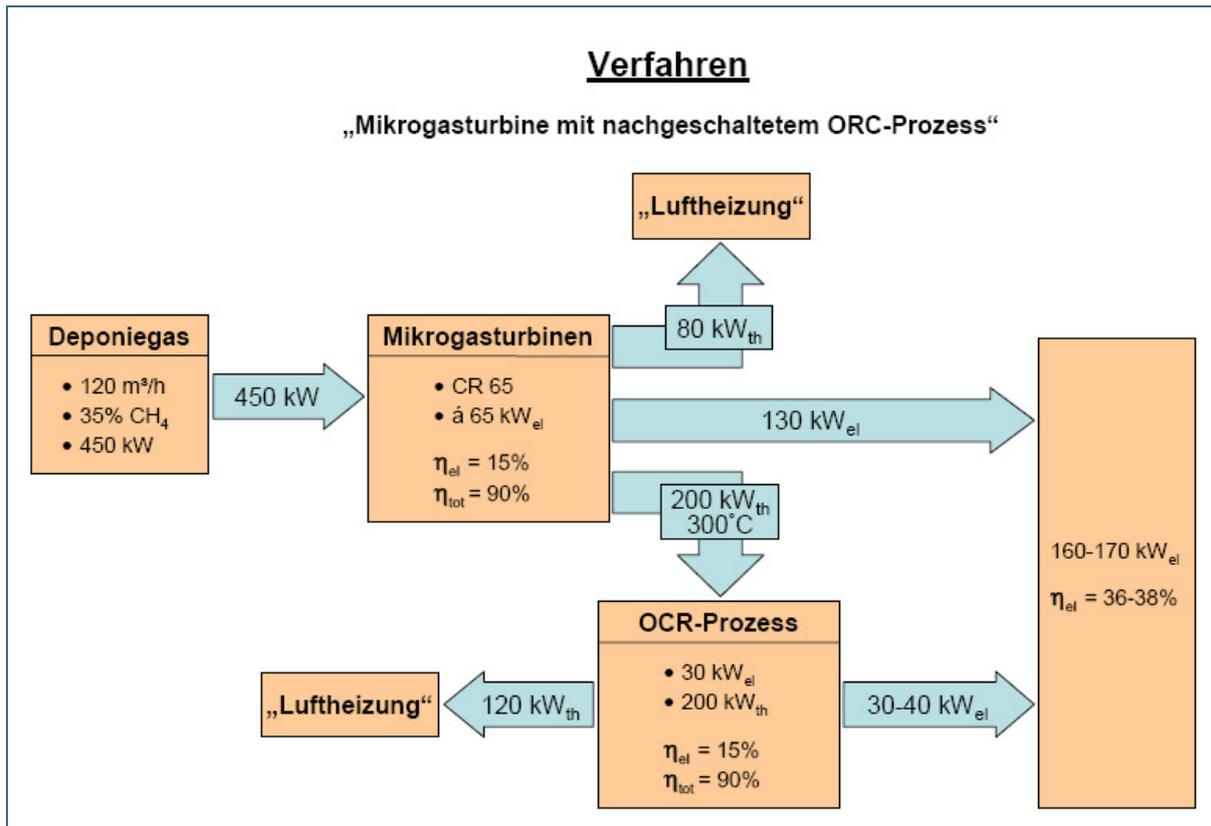


Abb. 15: Gasnutzungsverfahren auf der Deponie Sinsheim

Der Betrieb der Mikrogasanlage auf der Deponie Sinsheim bestätigt die auf der Deponie Eichelbuck gemachten Erfahrungen.

5.3 Zukünftige Anlagen

Zwischenzeitlich stehen auf Grund der gemachten positiven Erfahrungen weitere Anlagen vor der Realisation. So zum Beispiel:

- Kompaktanlage in Container einschließlich Sammel- und Absaugstation, Messanlage, Gasreinigung, Verdichterstation und bis zu 2 Mikrogasturbinen CR65. Einsatz für Schwachgasverwertung auf Deponie
- 2 x 200 kW-Anlage als Ersatz für bestehende Gasmotoranlage auf Deponie
- 200 kW-Anlage als Ersatz eines außer Betrieb genommenen Gasmotors, Verwertung des Schwachgasanteils auf einer Deponie. Abwärmenutzung für Betriebsgebäudeheizung und Warmwasser.
- Mikrogasturbinenanlage zur gemeinsamen Nutzung von Biogas aus einer Abfallvergärungsanlage und Deponieschwachgas

6 Betriebswirtschaftliche Betrachtung

Die betriebswirtschaftliche Betrachtung des Einsatzes einer Mikrogasturbinenanlage zur Nutzung von Deponiegas ist von einer hohen Zahl dieser beeinflussender Parameter abhängig und muss auf jeden spezifischen Einzelfall bezogen durchgeführt werden.

Hierbei werden neben den eher „harten Parametern“ wie Investition, EEG-Vergütung, Betriebsaufwand auch Parameter mit eher hoher Unsicherheit wie die nutzbare Gasmenge, der nutzbare Brennwert des Gases, die Schwankungen bei der Gaserfassung so wie die damit verbundene Auslastung der Nutzungsaggregate entscheidend in die Wirtschaftlichkeit der Anlage einwirken. Im Besonderen wird sich dies bei Deponien, welche sich in der Schwachgasphase befinden, auswirken.

Um einen Einblick in die betriebswirtschaftlichen Parameter einer Mikrogasturbinenanlage zur Deponiegasnutzung zu geben, werden im Folgenden die wichtigsten betriebswirtschaftlichen Faktoren einer Mikrogasturbinenanlage im Vergleich zu einer Gasmotoranlage dargestellt. Dieser Gegenüberstellung liegen folgende Annahmen zu Grunde, welche einen betriebswirtschaftlichen Vergleich mit dem Gasmotor möglich machen:

- Nutzbares Deponiegas zwischen 250 und 400 m³/h
- Brennwert des Deponiegases: 5 kWh/m³ (wegen Vergleichbarkeit zu Gasmotor erforderlich)
- Annahme einer gleichmäßigen Deponiegasverfügbarkeit
- Keine Vergütung für Wärmenutzung, jedoch Wärmeauskopplung und Wärmenutzung vorhanden
- Gasmotor ohne Gasreinigung, Mikrogasturbine mit Gasreinigung (jedoch ohne Betriebskosten)

Hiermit ergeben sich folgende überschlägigen betriebswirtschaftlichen Bewertungen der Mikrogasturbine im Vergleich zu einer Gasmotorenanlage:

- | | |
|--|---|
| • Spezifische Investition (pro kW _{elektr.} Installiert) | ca. doppelt so hoch als bei Gasmotor |
| • Spezifischer Betriebsaufwand (pro kW _{elektr.} erzeugt) | ca. 5 % niedriger als bei Gasmotor |
| • Elektrischer Wirkungsgrad | ca. 15 % schlechter als bei Gasmotor |
| • Betriebsstunden | ca. 5 % besser als bei Gasmotor |
| • Jahresstromleistung | ca. 10 % schlechter als bei Gasmotor |
| • Stromvergütung | ca. 20 % besser als bei Gasmotor (Technologiebonus) |

Hieraus ergibt sich, dass auch bei einer noch nicht der Schwachgasphase entsprechenden Gasverfügbarkeit die Mikrogasturbinenanlage nicht nur zum Gasmotor vergleichbare sondern leicht bessere betriebswirtschaftliche Ergebnisse erzielen kann.

Bei Berücksichtigung der weit aus höheren Flexibilität der Mikrogasturbinenanlage bei Brennwert (bis 3,5 kWh/m³), Teillastwirkungsgrad, Teillastbetrieb ergeben sich bei Betrachtung der Unsicherheiten hinsichtlich der reell nutzbaren Deponiegasenergie über den Jahresverlauf weitere betriebswirtschaftlichen Vorteile für die Mikrogasturbinenanlage.

Kann sogar eine lukrative Wärmenutzung mit dem Abgas der Turbine durchgeführt werden, werden die betriebswirtschaftlichen Vorteile der Mikrogasturbinenanlage gegenüber der Gasmotorenanlage meist deutlich sein.

Bei Brennwerten des Deponiegases im Schwachgasbereich spielt dieser obige Vergleich natürlich keine Rolle mehr, da hier unter den dann normalerweise vorliegenden Deponiegasbedingungen keine Nutzung mit Gasmotoren mehr möglich ist. Der obige Vergleich zeigt jedoch, dass bereits im Übergangszeitraum der Deponie zur Schwachgasphase eine Deponiegasnutzung mit einer Mikrogasturbinenanlage mit betriebswirtschaftlichen Vorteilen gegenüber einer Gasmotorenanlage betrieben werden kann.

Die Stärken der Mikrogasturbinenanlage kommen dann bei geringen Brennwerten des Deponiegases, geringen und schwankenden Deponiegasmengen deutlich zum Tragen.

7 Literaturverzeichnis

- AL-HALBOUNI, A.; GIESE, A.; SCHERER, V.; ROSENDAHL, B.; LEICHER, J.: Abschlussbericht zum AiF-Forschungsvorhaben: „Neue Brennersysteme zur dezentralen Nutzung von schwachkalorigen Gasen in Mikro-Gasturbinen (MGT)“, AiF-Fördernummer: 13216N, Gaswärme-Institut e. V. Essen, 2004
- AL-HALBOUNI, A.; GIESE, A.; SCHERER, V.; RAHMS, H.; GÖRNER, K.; SCHMITZ, I.; SCHULZKE, T.: Entwicklung flexibler Feuerungssysteme zur Verbrennung von Schwachgasen in Mikrogasturbinen-Brennkammern, 23. Deutscher Flammentag, Berlin, 12.-13. September 2007, VDI-Berichte 1988, S. 237-244
- AL-HALBOUNI, A.; RAHMS, H.: Brenntests auf der Deponie Dreieich Buchschlag, persönliche Information
- CONPOWER ENERGIEANLAGEN GMBH & CO KG: Firmeninformation zu ORC-Anlagen
- GIESE, A.; AL-HALBOUNI, A.; FLAMME, M.: Neue Brennersysteme mit hoher Brennstoffflexibilität für Gasturbinen, 22. Deutscher Flammentag, Braunschweig, 21.-22. September 2005, VDI-Berichte 1888, S. 153-158
- NÄF, B.; Verdesis Suisse AS: Persönliche Informationen zu Stand der Entwicklung von Mikrogasturbinen, FLOX und ORC.
- ROTH, J.: Gasverwertung mit Mikrogasturbinen am Beispiel der Deponie Freiburg, Trierer Berichte zur Abfallwirtschaft, Band 17(2007), Seite 165
- ROTH, J.: Umgang mit Schwachgas –Optimierung der Entgasung und Techniken zur Verwertung und Behandlung, LUBW, Januar 2008

Deponieschwachgasbehandlung mit dem Kohlenwasserstoff-Converter LAMBDA-CHC

Hans Eschey, LAMBDA Gesellschaft für Gastechnik mbH, Wuppertal

1 Einleitung

Im Zusammenhang mit den Fragestellungen der Deponienachsorge werden zurzeit zwei wesentlich voneinander abweichende Strategien diskutiert. Die eine Strategie verfolgt die Einkapselung der Ablagerung und damit die (möglicherweise nur mittelfristige) Unterbrechung der Emissionspfade für Gas und Wasser in die Umwelt. Die andere beinhaltet aktive Deponienachsorgemaßnahmen, die eine möglichst weitreichende Stabilisierung der Ablagerung und damit verbunden eine erhebliche Verringerung des langfristigen Gefährdungspotentials zur Folge haben sollen.

Unabhängig davon, welche Strategie auf dem einzelnen Standort im Rahmen der Deponienachsorge verfolgt wird, sind neue Lösungen zur Behandlung der Gasemissionen, aber auch der Deponiesickerwässer, gefordert.

Nach wie vor entwickeln sich die Deponiegasmengen auf deutschen Siedlungsabfalldeponien scheinbar rückläufig. In der Regel müssen Verwertungsstrategien aufgegeben und die vorhandenen Behandlungskonzepte und -anlagen verändert werden, da sie den Anforderungen nicht mehr genügen. Der Rückgang des Gasertrags innerhalb eines recht kurzen Zeitraums kann aber nur zum Teil auf ein geringes Gasbildungspotential im Deponiegut zurückgeführt werden. Der Rückgang ist meist vorrangig auf ungünstige Veränderungen der Randbedingungen für die biologische Umsetzung der Organik zurückzuführen. Hierzu zählen neben der Herstellung von wasserundurchlässigen Oberflächenabdichtungen (und der damit verbundenen Verringerung des Wassergehaltes im Deponiekörper) auch systembedingte Defizite, wie z.B. sanierungsbedürftige Gaserfassungssysteme oder die ungünstige Betriebsweisen von Entgasungsanlagen.

2 Anforderungen

Die beiden vorrangigen Merkmale von Deponiegasen für die Verwertung bzw. die Behandlung sind der Methangehalt und die aus dem Deponiekörper absaugbare Gasmenge. Beobachtungen an einer großen Anzahl Deponien lassen den Schluss zu, dass sich die beiden Merkmale gegenseitig beeinflussen. Der Grad der Beeinflussung hängt dabei unter anderem vom Zustand des Gaserfassungssystems und der Güte der Oberflächenabdeckung ab.

Veränderungen der Absaugmenge und des Methangehaltes treten unter anderem auf:

- bei oder nach einem Stillstand der Entgasungsanlage (z.B. bei diskontinuierlicher Betrieb der aktiven Entgasung)
- bei Baumaßnahmen auf der Deponie
- bei Änderungen von Einstellungen am Erfassungssystem
- bei Änderungen des Saugdrucks
- bei Luftdruckschwankungen
- im Tagesgang durch Sonneneinstrahlung
- langfristig durch Nachlassen der Gasproduktion

Mit der eingesetzten Technik zur Gasförderung und -behandlung muss der Betreiber in der Lage sein, sicher und einfach auf die veränderlichen Randbedingungen zu reagieren.

Werden nachhaltige Strategien im Rahmen der aktiven Deponienachsorge verfolgt, muss die eingesetzte Technik

- genügend Leistungsreserven aufweisen
- variable Saug- und Förderdrucke ermöglichen
- ein variables Sicherheitskonzept aufweisen
- den Anschluss verschiedener Behandlungs- und Verwertungstechniken bieten

Der beschleunigte Austrag von organisch verfügbarem Kohlenstoff aus der Deponie ist das zurzeit diskutierte Hauptziel von Maßnahmen der aktiven Deponienachsorge. Da ca. 95 % des gesamten austragbaren Kohlenstoffes über die Gasphase aus dem Deponiekörper entnommen werden und lediglich ein sehr kleiner Teil die Deponie über das Sickerwasser verlässt, kommt der Behandlung der Gasemissionen bei der beschleunigten Stabilisierung des Abfallkörpers eine besondere Bedeutung zu. Die einzelnen Phasen bei der Betriebsweise eines optimierten Gasfassungssystems könnten im Idealfall folgendermaßen aussehen:

- Erste Phase: anaerobe Entgasung mit optimalem Deponiegasertrag und maximalem Verwertungserfolg
- Zweite Phase: Übergangsphase zur Vorbereitung der Umstellung auf eine optimale Aerobisierung der Deponie
- Dritte Phase: Aerobisierung durch gezieltes Übersaugen mit optimalem Umsatz der anaerob nicht verfügbaren Kohlenstoffanteile im Deponiekörper

In der ersten Phase wird der Erlös aus der Verwertung des Deponiegases maximiert und gleichzeitig der Austrag von Kohlenstoff erhöht. In diesem Zeitraum können optimierte Gas-Otto-Motoren zum Einsatz kommen. Speziell für die Nutzung von Deponiegasmengen unter 150 m³/h bietet LAMBDA mit seinem Kooperationspartner TEDOM Gas-Otto-Motoren im Leistungsbereich von 80 kW bis 200 kW an. Durch eine optimierte Gasgemischaufbereitung und Gasgemischregelung können diese Aggregate bis zu einer Methankonzentration von 35 Vol.-% betrieben werden. Der Einsatz innovativer Werkstoffe und Schmieröle lässt Wartungsintervalle von 800 bis 1000 Betriebsstunden zu. Das Zusammenspiel von langen Wartungsintervallen und preiswerten Ersatz- und Verschleißteilen macht einen wirtschaftlichen Betrieb dieser Gas-Otto-Motoren auch bei geringen Leistungen möglich. Durch das standardmäßig integrierte Fernüberwachungs- und Fernkontrollsystem kann ein wirtschaftlicher Betrieb dieser Maschinen sogar über weite Entfernungen durch einen externen Betreiber oder Contractor realisiert werden. Durch die hervorragenden Starteigenschaften kann ein Taktbetrieb trotz unterschiedlicher Methankonzentrationen gefahren werden.

In der zweiten Phase kann das abgesaugte Deponiegas mit der Revisionseinrichtung der Verwertungsanlage behandelt werden. Sinnvollerweise wird dazu ein LAMBDA-CHC (LAMBDA-Kohlenwasserstoff-Converter) vorgesehen, mit dem die Behandlung in der zweiten Phase bis zu einem Methangehalt von rund 13 Vol.-% gewährleistet ist. Trotz rückläufiger Methangehalte muss nicht in eine neue Behandlungstechnik für Methangehalte < 25 Vol.-% investiert werden. Die Betriebsweise der Entgasung orientiert sich bereits daran, den Austrag an organisch verfügbarem Kohlenstoff über den aeroben Abbau deutlich zu erhöhen und gleichzeitig den Betrieb des LAMBDA-CHC so lange wie möglich mit Mischgas aus aeroben und anaeroben Bereichen der Deponie zu erhalten.

In der dritten Stufe kann das LAMBDA CHC kostengünstig mit einer Luftvorwärmung (Abgaswärmetauscher) nachgerüstet werden, um Deponieschwachgase mit einem Restmethangehalt von ca. 5 Vol.-% thermisch behandeln zu können. Im Anschluss stehen bei der LAMBDA Lösungen mit Biofil-

tern bereit, um die Restmethangehalte der aeroben Stabilisierung zu behandeln. Eine thermische Behandlung der Restgase mit Stützfeuerung mit dem Einsatz von fossilen Brennstoffen ist aus Gründen des Klimaschutzes abzulehnen. Die CO₂-Emissionen aus der Verbrennung von Stützgas (z.B. Propan) heben die Vorteile der Deponiegasbehandlung in der Regel auf.

3 Lösungen

LAMBDA bietet im Bereich der Deponienachsorge alle Lösungen aus einer Hand. Dazu zählen unter anderem:

- Lieferung und Umbau von Anlagen zur Förderung, Aufbereitung, Verwertung und Behandlung von Deponiegas
- Durchführung und Auswertung von Absaugversuchen
- Betreuung, Wartung und Betriebsführung von Deponiegasverwertungs- und -behandlungsanlagen
- Lieferung und Montage von Ersatzteilen
- Umbau von Schaltanlagen und Steuerungen
- Optimierung, Betrieb und Wartung von Sickerwasserreinigungsanlagen
- Durchführung von FID-Begehungen
- Durchführung von Wartungs-, Reinigungs- und Servicearbeiten auf aktiven und stillgelegten Deponien

Im Folgenden sollen einige Lösungen für ausgewählte Fragestellungen erläutert werden.

Austausch der Behandlungstechnik – LAMBDA-CHC

Im Bereich der Schwachgasbehandlung wurde Anfang 2007 das LAMBDA-CHC als neue Technik vorgestellt. Mittlerweile sind in Deutschland acht Anlagen regelkonform in Betrieb genommen worden. Ein Teil dieser Anlagen wird als Mietanlage geführt und entweder von örtlichem Betriebspersonal oder von der LAMBDA im Rahmen der Betriebsführung betreut. Die Anderen wurden vom Deponiebetreiber käuflich erworben. Bei allen Anlagen führt die LAMBDA den Service und die Wartung der Anlagen mit eigenem Personal durch.

Bei der Einführung des LAMBDA-CHC war die Genehmigungsfähigkeit der neuartigen Behandlungstechnik von besonderem Interesse. Da es sich bei dieser Anlage nicht um eine herkömmliche HT-Fackel handelt, wurden erfolgreich neue Wege für die Genehmigung nach TA Luft bzw. BImSchG beschritten.

Die Regelungen der TA Luft zum Thema Deponiegasfackeln unter den Nummern 5.4.8.1a und 5.4.8.1a2.1 beziehen sich im Wesentlichen auf die Bedingungen einer Deponie in der stabilen Methanphase, in der der Methangehalt deutlich oberhalb von 25 Vol.-% (in der Regel sogar oberhalb von 45 Vol.-%) liegt. Bei nachlassender Deponiegasproduktion können Anforderungen der TA Luft nur noch sehr eingeschränkt zur Anwendung kommen. Insbesondere die auf HT-Fackeln abzielenden Regelungen können durch die niedrigen Methangehalte nicht mehr ohne weiteres erfüllt werden.

Das LAMBDA-CHC wird im Hinblick auf die veränderten Betriebsbedingungen als thermische Nachverbrennungseinrichtung nach Nr. 5.2.4 der TA Luft eingeordnet. Im Sinne dieser Einordnung müssen dann die Grenzwerte für Stickoxid von 200 mg/m³ und für Kohlenmonoxid von 100 mg/m³ eingehalten werden. Auf Grund der neuartigen Bauart des Brenners mit Vormischkammer für Luft und Gas und dem dadurch bedingten hohen Ausbrand der Kohlenwasserstoffe von über 99,9 % hält das LAMBDA-CHC die Vorgaben problemlos ein. Mittlerweise sind in Rheinland-Pfalz, Nordrhein-Westfalen und

Bayern Anlagen vollständig gemäß TA Luft bzw. BImSchG genehmigt.

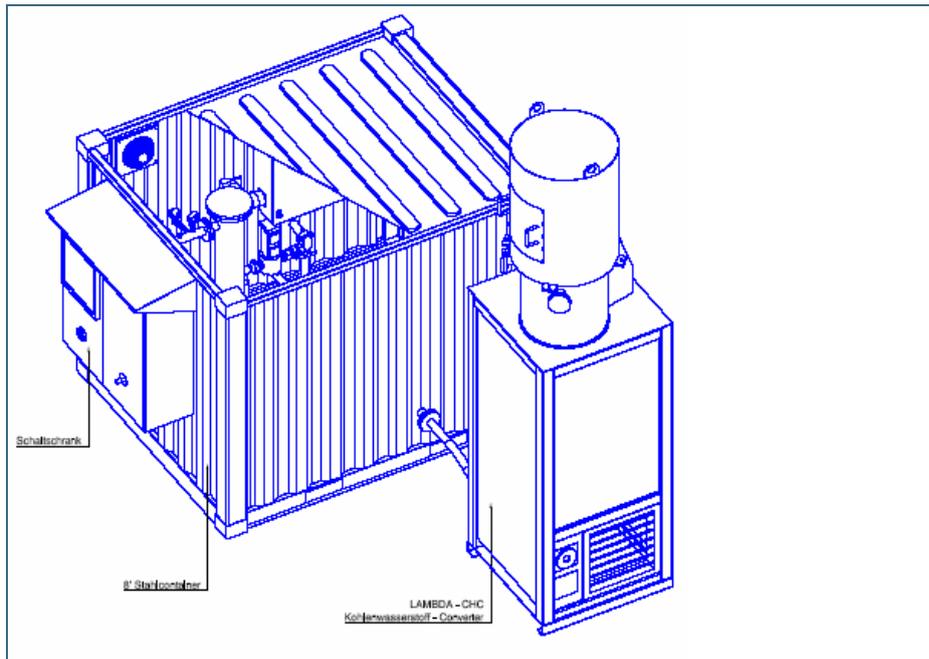


Abb. 1: Gasförderstation mit LAMBDA-CHC

Austausch der Behandlungstechnik – LAMBDA OCHC

Neben dem LAMBDA-CHC bietet LAMBDA auch aktive, teil-aktive und passive Lösungen für die biologische Deponieschwachgasbehandlung an. Während passive Lösungen Methanabbauraten von ca. 50 - 60 % im Jahresmittel aufweisen, können mit aktiv belüfteten Biofiltern Abbauraten von etwa 90 % im Jahresmittel erzielt werden. Diese Techniken kommen jedoch erst dann zur Anwendung, wenn zum einen der Gasertrag stark zurückgegangen ist und die Nachbarbereiche der Deponie durch die nicht gefassten Emissionen bei passiver Entgasung nicht gefährdet werden. Die Module zur biologischen Behandlung können an einer zentralen Stelle auf der Deponie, aber auch an einzelnen Gasaustrittspunkten (z.B. Gasbrunnen) über den Deponiestandort verteilt errichtet werden.

Der Vorteil von höheren Abbauraten bei aktiv belüfteten Biofiltern wird nur zu einem sehr geringen Teil durch den Eigenverbrauch der Anlage kompensiert. Die elektrische Anschlussleistung für die Luftversorgung liegt unter 1 kW. Bei optimaler Einstellung werden in einem aktiv belüfteten biologischen Behandlungsmodul über 55 g CH₄/(h und m³ Filtersubstrat) abgebaut.

Die Lösungen von LAMBDA für die biologische Behandlung werden individuell erarbeitet und reichen von hochwirksamen Filtermodulen in Abrollcontainern bis hin zu Varianten in PEHD-Behältern einfachster Bauart.

Überprüfung des Gaserfassungssystems mit dem LAMBDA-GFCS (Gas-Fassung-Check-System)

Auf aktiv entgasten Deponien treten, bedingt durch Setzungsprozesse im Müllkörper, Problemstellungen bei der Gaserfassung auf. Quetschungen, Wassersäcke oder auch Verkrustungen an den perforierten Gasleitungen der Gasbrunnen bzw. Gasdrainagen lassen den Saugdruck im Deponieentgasungssystem ansteigen. Im Extremfall kann sogar ein Kompletverschluss, ein Leitungsabriss oder eine Kompletverkrustung die Absaugung von einzelnen Gasbrunnen und Deponiebereichen unmöglich machen.

Zur Untersuchung genau dieser Problematik hat LAMBDA das GFCS entwickelt. Das GFCS, als kompakte und mobil aufgebaute Anlage, ermöglicht es, Gasfassungssysteme auf ihre Schwachstellen hin zu untersuchen. Die eingesetzte Technik unter Verwendung einer Venturi-Düse erlaubt die Besaugung von einzelnen Gasbrunnen und Gasdrainagen, gleichgültig ob das erfasste Gasgemisch unterhalb, oberhalb oder im explosiven Bereich liegt. Gasmengen bis 70 m³/h, bei Saugdrücken bis zu 100 mbar, ermöglichen auch die Absaugung von Wassersäcken aus Verbindungsrohrleitungen bis zu einer Sackungstiefe von etwa einem Meter. Die intelligente Steuerung mit zehn unterschiedlichen Besaugungsprogrammen bietet jede sinnvolle Testmöglichkeit, gleichgültig ob der Untersuchungsschwerpunkt in Richtung Verschluss, Ergiebigkeit oder Qualität geht.

Die vorhandene Messtechnik erlaubt eine Datenerfassung und Visualisierung von allen relevanten Parametern, angefangen von Methan, Kohlenstoffdioxid, Sauerstoff und Gasmenge über die Lufttemperatur und Luftdruck bis hin zu einer parallelen Erfassung des Saugdrucks an der Gasunterstation und dem Gasbrunnen. Ein integriertes Fernkontrollsystem speichert ständig alle erfassten Daten ab und übermittelt diese über das Mobilfunknetz zur Auswertung an die Firmenzentrale der LAMBDA, ein begleitendes Ingenieur-Büro oder den Deponiebetreiber.

Das GFCS arbeitet vollkommen autark; von Seiten des Deponiebetreibers brauchen keine Versorgungsanschlüsse für die Stromversorgung, Kondensatentsorgung und Telekommunikation bereitgestellt zu werden. Der gaseitige Anschluss erfolgt mit einer flexiblen Saugschlauchleitung, die in der Regel an den Messstutzen der einzelnen Gasbrunnenleitungen in den Gasregelstationen angeschlossen wird.

Die Dokumentation und Interpretation der gewonnenen Messergebnisse sowie die Ausarbeitung von Lösungsvorschlägen und Sanierungsempfehlungen sind neben dem technischen Know-how eine Dienstleistung, die mit der Bereitstellung des GFCS von LAMBDA erbracht wird. Selbstverständlich kann die fachtechnische Begleitung der Besaugungstests auch direkt vom Deponiebetreiber oder einem begleitenden Ingenieur-Büro durchgeführt werden. Die erforderliche Technik und die Software zur Datenerfassung und -auswertung werden auf Mietbasis zur Verfügung gestellt. Mit dem GFCS von LAMBDA steht ein System zur Verfügung, mit dem das „Verschleißteil“ Gasfassungssystem verbindlich und ohne Einschränkungen auf Funktionsfähigkeit überprüft werden kann.

4 Stellenwert der Lösungen

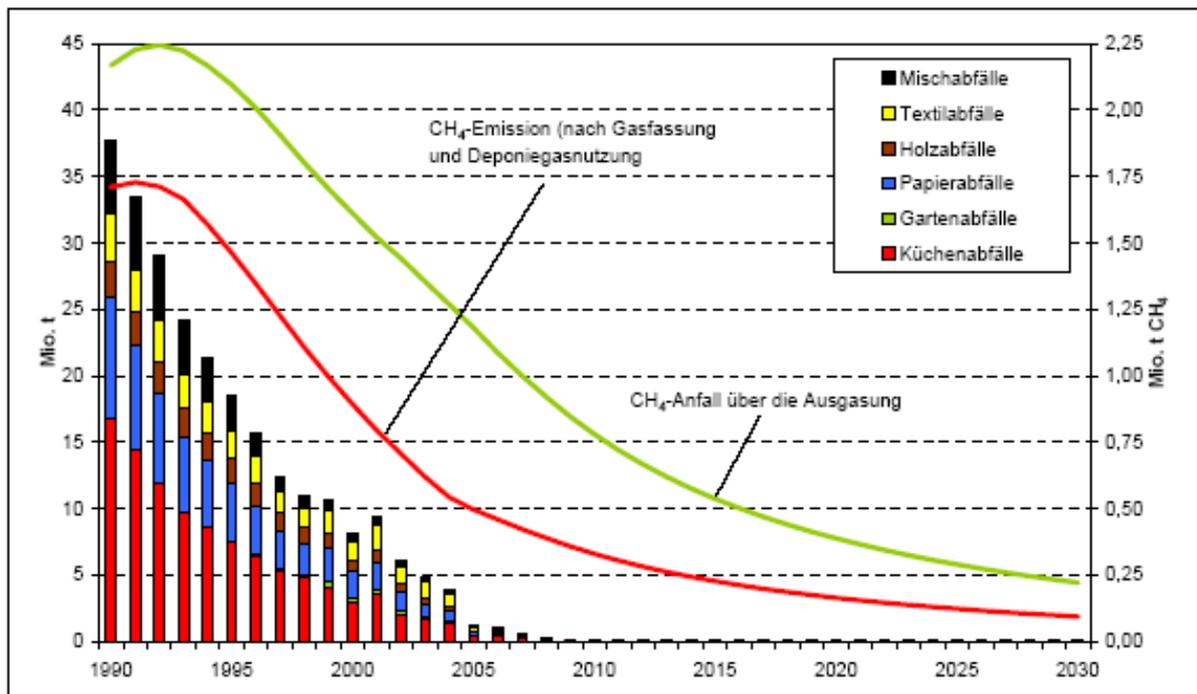
Bei kleinen Mengen und rückläufigen Methangehalten stellt sich die Frage, ob eine Deponiegasbehandlung aus der Sicht des Klimaschutzes noch Sinn macht. Bei ungünstigen technischen Lösungen zur Deponieschwachgasbehandlung ist es durchaus möglich, dass der Eigenverbrauch der Anlage höhere klimawirksame Emissionen bewirkt, als durch die Behandlung des Deponiegases verhindert werden. Hier sind vorrangig Lösungen mit Stützgasfeuerung zu nennen.

Um den Beitrag der Schwachgasbehandlung auf Deponien genauer zu betrachten, wird auf Unterlagen des Umweltbundesamtes (UBA) verwiesen. Im Forschungsbericht „Politiksznarien für den Klimaschutz IV - Szenarien bis 2030“ (Januar 2008) werden zu CH₄-Emissionen aus Deponien folgende Feststellungen getroffen:

- *„Die signifikante Reduktion des auf Deponien verbrachten organischen Materials führt erst mit einer Verzögerung von 10 bis 15 Jahren zu den entsprechenden Emissionsreduktionen.“ (Seite 239)*
- *„Die Ergebnisse der Modellrechnungen ... zeigen, dass die signifikante Rückführung der CH₄-Emissionen aus den Deponien die gesamte Emissionsentwicklung des Sektors dominiert. Das Treibhausgaspotenzial der CH₄- und N₂O-Emissionen aus der Abfallwirtschaft geht im Zeitraum 2000 bis 2030 um ca. 16 Mt CO₂-Äqu. zurück.“ (Seite 240 ff.)*

Dies bedeutet zum einen, dass ab der Beendigung der Ablagerung von unbehandeltem Siedlungsabfall zum Stichtag 01.06.2005 noch bis ins Jahr 2015-2020 mit nur wenig veränderten Deponiegasemissionen zu rechnen ist. Erst dann wird eine durch das Vorbehandlungsgebot ausgelöste deutliche Reduzierung der Emissionen stattfinden.

Zum anderen wird bei den Betrachtungen des UBA davon ausgegangen, dass der Erfassungs- und Behandlungsgrad von Deponiegasen auf dem heutigen Stand – d.h. wie bei Deponien in der stabilen Methanphase – verbleibt. Die Verwertung von Deponiegas spielt dabei zukünftig auf Grund der rückläufigen Methangehalte sicherlich eine untergeordnete Rolle. Dies bedeutet, dass zukünftig den Techniken zur Deponieschwachgasbehandlung eine besondere Rolle zukommt, wenn der bisherige Erfolg bei der Minimierung von Deponiegasemissionen fortgeführt werden soll.



Quellen: UBA (ZSE, NIR), Statistisches Bundesamt (Fachserie 19 Reihe 1), Öko-Institut/ifeu (2005), Berechnungen des Öko-Instituts.

Abb. 2: Abfallverbringung mit organischen Bestandteilen, CH₄-Entstehung und CH₄-Emissionen aus Abfalldeponien, 1990-2030

Am Beispiel des LAMBDA-CHC soll im Folgenden vereinfacht dargestellt werden, dass die Deponieschwachgasbehandlung mit dieser Technik unter Klimaschutz Gesichtspunkten mehr als sinnvoll ist.

Folgende Annahmen werden für die Berechnung zu Grunde gelegt:

- Betriebsstunden pro Jahr 8.400 Bh
- Energieverbrauch der Anlage 5 kWh_{el}/h
- CO₂-Emissionen von el. Strom 683 g CO₂-Äq./kWh_{el}
- Methangehalt im Deponiegas 15 Vol.-%
- Volumenstrom 20 m³/h
- GWP Methan 23
- Dichte Methan 0,72 kg/Nm³

Daraus ergeben sich folgende Werte:

Emissionen durch den Stromverbrauch der Anlage in CO₂-Äquivalenten:

$$Em = 8400 \cdot 5 \cdot 0,683 = 28.686 \text{ kg CO}_2 - \ddot{A}q.$$

Einsparungen durch die Behandlung des abgesaugten Deponiegases in CO₂-Äquivalenten:

$$E = 8400 \cdot 20 \cdot 0,20 \cdot 0,72 \cdot 23 = 556.416 \text{ kg CO}_2 - \ddot{A}q.$$

Selbst unter der Annahme, dass bei Verzicht auf eine aktive Entgasung der Deponie rund 30 % der Methanemissionen biologisch in der (dann aber zwingend gas- und wasserdurchlässigen) Deponieabdeckschicht behandelt werden, bleibt eine Menge von etwa 361.000 kg CO₂-Äquivalenten, die durch die fehlende Erfassung und Behandlung klimawirksam werden.

Folgendes ist hierbei zu beachten:

- Zusätzliche neben dem Methan klimawirksame Deponiegasinhaltstoffe sind nicht berücksichtigt. Ebenfalls nicht berücksichtigt sind weitere Wirkungskategorien.
- Dieser Wert gilt für eine Beispieldeponie und für eine feste Kombination von Methangehalt und -menge. In Deutschland existiert eine vierstellige Zahl von Altdeponien und bereits stillgelegten Siedlungsabfalldeponien, die mindestens Deponiegaspotentiale in dieser Größenordnung aufweisen und bei denen keine aktive Deponieentgasung mehr durchgeführt wird.
- In der Regel kann davon ausgegangen werden, dass eine Anlage wie das LAMBDA CHC mehrere Jahre betrieben wird und in diesem Zeitraum die erfassten Deponiegasmengen vollständig behandelt werden.
- Bei höheren Methangehalten und/oder größeren Volumenströmen ergibt sich entsprechend eine größere Einsparung an CO₂-Äquivalenten.

Insgesamt kann man erkennen, dass selbst bei vereinfachter Betrachtung der ökologische Nutzen der Schwachgaserfassung und -behandlung vorhanden ist.

5 Zusammenfassung

Immer mehr Deponien zeigen rückläufige Absaugmengen und Methangehalte im Deponiegas. Um zukünftig die Behandlung des anfallenden Deponieschwachgases zu gewährleisten sind bei LAMBDA funktionsfähige Lösungen und verlässliche Techniken vorhanden. LAMBDA liefert mit den Dienstleistungen zur Anpassung von konventionellen HT-Fackelanlagen und Gasförderstationen, dem LAMBDA-CHC und aktiven, teil-aktiven und passiven biologischen Behandlungsverfahren die jeweils passende Lösung für alle Methanbereiche. Für alle Bereiche der Deponienachsorge stehen bei LAMBDA funktionsfähige Lösungen zur Verfügung.

Die Behandlung von Deponieschwachgas mit Stützfeuerung unter Verwendung von fossilen Brennstoffen ist nicht zielführend. Dem positiven Effekt der thermischen Behandlung des Methans stehen die klimawirksamen CO₂-Emissionen des eingesetzten fossilen Brennstoffs entgegen.

Neben der reinen Entsorgung der Deponieschwachgase kann mit der Pflanzenöl-Zündstrahltechnik die Deponiegasverwertungsphase einer Deponie deutlich verlängert werden. Eine Deponiegasnutzung ist damit bis zu geringsten Methankonzentrationen möglich. Vor allem auf Deponiestandorten,

wo die Wärmeenergie sinnvoll genutzt werden kann oder wo sich durch die langfristige Verfügbarkeit von Wärmeenergie eine Nachfolgenutzung des Deponiestandortes ergibt, ist die Pflanzenöl-Zündstrahltechnik eine Alternative zu den anderen Verwertungs- oder Entsorgungsmethoden.

Für die Ursachenkontrolle an Gasfassungssystemen steht mit dem LAMBDA-GFCS allen Betreibern eine geeignete Technik zur Verfügung. Bestehende Defizite können durch einen Absaug- und Belastungstest von Einzelbrunnen und kompletten Entgasungssystemen ermittelt und bewertet werden. Auf der Basis der Ergebnisse können dann Strategien zur sicheren Erfassung und Behandlung des Deponiegases entwickelt werden.

Sprechen Sie uns an:

LAMBDA
Gesellschaft für Gastechnik mbH
Ludwig-Richter-Straße 6
45329 Wuppertal
Tel.: +49 202 9739-0
Fax: +49 202 9739-222
E-Mail: info@LAMBDA.de



Marketing und Vertrieb:
Bereichsleiter:
Dirk Parragi, ppa.
Tel.: +49 202 9739-121
Mobil: +49 171 8211 258
Fax: +49 202 9739 222
E-Mail: dparragi@LAMBDA.de

Service Gas:
Bereichsleiter:
Hans Eschey, ppa.
Tel.: +49 8238 7411
Mobil: +49 171 6142 376
Fax: +49 8238 7485
E-Mail: augsburg@LAMBDA.de

Technik:
Bereichsleiter:
Dr.-Ing. Roland Haubrichs
Tel.: +49 202 9739-117
Mobil: +49 171 2352 819
Fax: +49 202 9739-222
E-Mail: rhaubrichs@LAMBDA.de

Service Sickerwasser:
Bereichsleiter:
Volker Rekers
Tel.: +49 209 9705-787
Mobil: +49 171 8050 719
Fax: +49 202 9739-222
E-Mail: vrekers@LAMBDA.de

FID-Begehungen auf Deponien

– Anforderungen nach der VDI-Richtlinie 3860 Bl. 3E –

Wolfgang Schreier, Umweltüberwachung RUK, Longuich

1 Problemstellung und Zielsetzung

Deponiebegehungen mit einem tragbaren Flammenionisationsdetektor(FID) werden bereits seit vielen Jahren zum Nachweis von Gasaustritten an der Deponieoberfläche durchgeführt. Bisher gibt es bei diesen üblicherweise als „FID- Messung“ oder „FID- Begehung“ bezeichneten Untersuchungen keine einheitliche Vorgehensweise zur Messdurchführung. Dies führte in der Vergangenheit dazu, dass Messungen auf sehr unterschiedlichen Qualitätsniveaus erfolgten. Eine Vergleichbarkeit der Messergebnisse unterschiedlicher Institute an gleichen Deponien sowie von Messungen an verschiedenen Deponien war daher kaum möglich.

Da auch zukünftig auf die Ermittlung von Restemissionen aus Deponien nicht verzichtet werden kann und diesen zukünftig evtl. eine deutliche höhere Bedeutung zukommt, wurde im Rahmen der VDI-Richtlinienreihe 3860 „Messen von Deponiegas“ das derzeit im Gründruck vorliegende Blatt 3 „Messungen von Oberflächenemissionen“ erarbeitet.

Die wesentlichen Inhalte, Anforderungen und Neuheiten dieser Richtlinie werden im Rahmen dieses Beitrages dargestellt.

2 Beschreibung der FID- Methode, Darstellung verschiedener Einflussgrößen und Anforderungen an die Qualitätssicherung

Begehungen mittels Flammenionisationsdetektor (sog. FID-Begehungen) erfolgen zum Nachweis von Gasaustritten an der Geländeoberfläche. Hierbei soll sowohl die räumliche Lage der Gasaustritte als auch deren Intensität ermittelt werden. Die Erfassung und Quantifizierung der Oberflächenemissionen sind stark von verschiedenen äußeren Faktoren abhängig. Allein die diversen Eigenschaften des Probenahmeortes können in kleinsten Bereichen beträchtlich variieren. Zu nennen sind hier die Bodenbeschaffenheit, das Porenvolumen und die Bodenfeuchte. Daraus ergibt sich die Forderung, die Deponieoberfläche möglichst flächendeckend auf Emissionen zu untersuchen. Um dieser Anforderung zu entsprechen, wurde bisher in den meisten Fällen ein quadratisches Messraster über den Deponiekörper gelegt. Die Kantenlänge variierte hierbei im Bereich zwischen 10 bis 50 m. Teilweise wurden in der Vergangenheit auch Begehungen durchgeführt, bei denen immer an den Rastereckpunkten bzw. fest vorgegebenen Punkten eine Aufnahme der Konzentrationswerte erfolgte. Da die Emissionsstellen erfahrungsgemäß große örtliche Schwankungen aufweisen können, erscheint eine Messung an starr vorgegebenen Punkten bzw. auf festen Trassen wenig repräsentativ.

Zur Erzielung einer einheitlichen Messmethodik werden daher in der VDI Richtlinie 3860 die Messrastergröße und die Anzahl der aufzunehmenden Messpunkte konkretisiert. Die Untersuchungsfläche ist in quadratische Teilflächen mit einer maximalen Rasterlänge von 25 m zu unterteilen. In jede der so erhaltenen Rasterteilflächen werden vor Ort mindestens zwei zufällig ausgewählte Messpunkte (Mindestabstand 9 m) gelegt. Auffällige Messpunkte der vorangegangenen Begehung (z. B. hohe Konzentrationen) sind in die Auswahl der Messpunkte jedoch wieder einzubeziehen. Die Platzierung der Messpunkte richtet sich auch nach visuellen Eindrücken (z. B. Setzungen oder Vegetationsschäden,

Geländeverhältnisse) und olfaktorischen Wahrnehmungen (Deponiegasgeruch). Mit dieser Strategie zur Festlegung der Messpunkte wird sichergestellt, dass bei den regelmäßig durchzuführenden FID-Begehungen nicht die gleichen Messpunkte beprobt werden und somit über einen längeren Zeitraum eine höhere Flächenverteilung der Messpunkte erfolgt.

Aufgrund der Verdichtung der Abfälle und den zur Abdeckung eingebrachten Zwischenschichten ist die horizontale Gasdurchlässigkeit im Ablagerungskörper in der Regel größer als die vertikale Gasdurchlässigkeit. Damit ist die Wahrscheinlichkeit von Gasaustritten an den Böschungen höher als in flachen Deponiebereichen.

Im Böschungsbereich (ab Hangneigung 1 : 3, entsprechend einem Neigungswinkel von 18°) empfiehlt es sich deshalb, die Anzahl der Messpunkte je Rasterfeld zu verdoppeln.

Messpunkte im Rahmen der FID-Begehung dürfen nicht direkt an Durchdringungen der Deponieoberfläche (z. B. Gasbrunnen oder Schächte) liegen (Mindestabstand 2 m); derartige Einbauten im Deponiekörper sind separat zu beproben und bei der Auswertung gesondert darzustellen.

Werden an einzelnen Messpunkten Konzentrationswerte > 100 ppm ermittelt, so ist in jeder Hauptrichtung um diesen Messpunkt in einer Entfernung von max. 3 m ein weiterer Messpunkt zu setzen (Messpunktverdichtung).

Bei der eigentlichen Messdurchführung wird die Ansaugglocke der Entnahmesonde am jeweiligen Messpunkt mit leichtem Druck vollständig auf den Untergrund aufgesetzt (vgl. Abb. 1), so dass keine Abdichtung gegenüber der atmosphärischen Luft vorhanden ist.

Der Konzentrationswert wird dann bei hinreichend konstanter Messwertanzeige dokumentiert. Dabei darf an jedem Messpunkt eine Messdauer von 30 s zusätzlich zur gerätespezifischen T90-Einstellzeit (siehe VDI 4203 Blatt 2) nicht unterschritten werden.



Abb. 1: FID- Messung an der Deponieoberfläche

Die während des Messvorgangs auftretenden Volumenströme sind in nachfolgender Skizze schematisch dargestellt. Wäre der mit dem Gasspürgerät abgesaugte Volumenstrom gleich groß wie der durch die Deponiegasemission an der Saugglocke des Messsystems verursachte Deponiegasvolu-

menstrom, so wäre die Methankonzentration am FID gleich der Methankonzentration im Deponiegas, d.h. es würde keine zusätzliche Luft beim Messvorgang angesaugt werden.

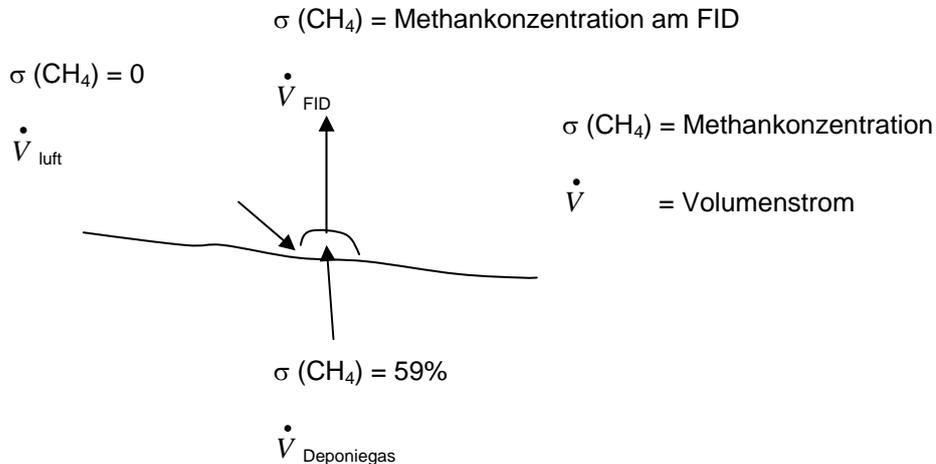


Abb. 2: Messprinzip bei der FID- Messung

Betrachtet man die an Deponien herrschenden realen Verhältnisse und die messgerätespezifischen Eigenschaften, so wird deutlich, dass dieser Fall nicht vorkommen kann. Die tatsächlich vorhandenen durchschnittlichen flächigen spezifischen Restemissionen liegen in der Größenordnung von $4 \text{ l}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ bis zu $40 \text{ l}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$. Bei punktuell auftretenden Emissionen konnten in Ausnahmefällen Spitzenwerte bis $1.200 \text{ l}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ermittelt werden. Gerätetechnisch bedingt benötigt der Flammenionisationsdetektor zur Messung jedoch einen konstanten Messgasvolumenstrom, welcher je nach Fabrikat zwischen $45 - 120 \text{ l}/\text{h}$ liegt. Rechnet man den über die Saugglocke entnommenen Volumenstrom auf die Fläche von 1 m^2 um, ergibt sich bei den handelsüblichen Messgeräten eine spezifische Absaugrate im Bereich von 5.700 bis ca. $42.000 \text{ l}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$. Hieraus wird ersichtlich, dass die gerätespezifische Messgasmenge deutlich über den auftretenden spezifischen Restemissionen liegt. Daher wird beim Ansaugen des Gases an der Oberfläche bei der Durchführung der Messungen stets Umgebungsluft mit angesaugt, was zu einer entsprechenden Verdünnung führt. Um eine Vergleichbarkeit der Messergebnisse zu ermöglichen, muss daher der Probenahmestrom des Gesamtsystems konstant und definiert sein. Gemäß VDI 3860 Blatt 3 soll dieser $60 \text{ l}/\text{h} \pm 10 \text{ l}/\text{h}$ betragen. Der Messgasdurchfluss des Gesamtsystems ist zumindest zu Beginn und am Ende eines jeden Arbeitstages zu überprüfen. Je nach Typ und Alter der Akkus, die zum Betrieb des Messgerätes eingesetzt werden, sind kürzere Zeitintervalle für diese Kontrollmessungen empfehlenswert. Abweichungen vom anfänglichen Volumenstrom um mehr als 10% sind nicht zulässig und im Messprotokoll gesondert zu vermerken.

Neben den bisher beschriebenen Einflussfaktoren auf das Messergebnis sind noch messgerätespezifische Fehlerquellen/Unsicherheitsfaktoren zu nennen. Dies sind im Wesentlichen:

- Nullpunktdrift des Messgeräts durch gerätespezifische Bauart oder unabsichtliches Verstellen des Nullpunkts
- Linearität des Messsignals
- Veränderung des Messgasvolumenstroms
- Instabilitäten des Messsignals durch mechanische Erschütterung des Messgeräts
- Undichtigkeiten im Probenahmesystem

Messgerätespezifische Fehler können durch regelmäßige Funktionsprüfung und Kalibrierung ausgeschlossen werden. Für die verwendeten FID- Geräte ist hierbei eine arbeitstägige Überprüfung mit unterschiedlichen Prüfgaskonzentrationen erforderlich. Aufgrund der zu überprüfenden Konzentrationsbereiche sollten hierbei Prüfgase mit Methankonzentrationen von 100 ppm und 1.000 ppm verwendet werden. Die ermittelten Daten sind fortlaufend zu dokumentieren und die jeweils letzten 30 Kalibrierungen/Prüfungen des FID gemeinsam auszuwerten. Anlage 1 dieses Beitrags zeigt ein Formblatt einer solchen Auswertung. Übersteigt die relative Standardunsicherheit des Messgerätes in einem der beiden zu überprüfenden Bereiche einen Wert von 10 % ist das Gerät für die Messung nicht einsetzbar und sollte durch eine Servicefachkraft gewartet werden.

Als weitere Unsicherheitsfaktoren sind methodische Fehler zu beachten. Im Wesentlichen handelt es sich hierbei um:

- Messdatenaufnahme vor Erreichen der gerätespezifischen T90-Einstellzeit
- Aufsetzen der Messglocke auf die Oberfläche mit unterschiedlichem Druck oder in unterschiedlicher Höhe

Zur Vermeidung solcher Durchführungsfehler sollte bei jeder Begehung die Messunsicherheit z. B. durch die Auswertung von Doppelbestimmungen in Anlehnung an Richtlinie VDI 4219 bestimmt werden. Auf Grund der weiten Messspanne soll die Standardunsicherheit für die Emissionsklassen 10-100 ppm, 101-1.000 ppm und 1.001-10.000 ppm getrennt ermittelt werden. Durch diese Vorgehensweise kann die Standardunsicherheit des eigentlichen Messvorgangs qualitativ ermittelt werden. Übersteigt sie einen Wert von 10 %, sollte die Messeinrichtung und deren Handhabung überprüft werden. Standardunsicherheiten größer 15 % entsprechen erfahrungsgemäß nicht den Anforderungen an eine qualitativ abgesicherte Messdurchführung. Anlage 2 dieses Beitrags zeigt ein Beispiel für die Bestimmung der Messunsicherheit in den Messbereichen 0 ppm bis 100 ppm und 101 ppm bis 1.000 ppm. Es wurden jeweils 20 Doppelbestimmungen mit zwei verschiedenen, baugleichen FID und zwei verschiedenen Bedienern durchgeführt. Die Durchführung der Doppelbestimmungen liefert ein Qualitätsmerkmal der eigentlichen Messdurchführung. Das Auffinden der Gasaustrittsstellen kann durch diese Methode nicht überprüft und abgesichert werden. Dies kann lediglich durch den Einsatz von qualifiziertem und erfahrenem Personal sichergestellt oder durch annähernd zeitgleiche Vergleichsmessungen dokumentiert werden.

3 Zusammenfassung der wesentlichen Anforderungen der VDI 3860 Blatt 3

Gemäß der VDI-Richtlinie 3860 sollte bei der Durchführung von FID- Begehungen wie folgt vorgegangen werden:

Vorbereitung der Messungen

- Erstellung eines Lageplans mit Eintragung des Messrasters. Die Rasterfelder sollen hierbei eine maximale Kantenlänge von 25 m aufweisen. Im Böschungsbereich ab Hangneigung 1:3 ist die Anzahl der Messpunkte zu verdoppeln.
- Funktionsprüfung des FID und aller eingesetzten Messgeräte

Durchführung der FID- Messung

- Zu Beginn und Ende eines jeden Messtages ist eine Empfindlichkeitsprüfung mit Methanprüfgasen von 100 ppm und 1.000 ppm durchzuführen. Die maximale relative Standardabweichung der Ergebnisse der letzten 30 Prüfungen darf in jedem geprüften Bereich 10 % nicht überschreiten.

- Zu Beginn und Ende eines jeden Messtages ist der Volumenstrom des FID zu überprüfen. Treten bei der Prüfung des Messgasdurchflusses Abweichungen von > 10 % des Anfangswertes auf, ist dies im Messprotokoll zu vermerken. Die Messung ist dann nur noch eingeschränkt verwertbar.
- In jeder Teilfläche sind an mindestens 2 zufällig gewählten Punkten Gaskonzentrationsmessungen durchzuführen. Tritt hierbei an einem Messpunkt ein Konzentrationswert > 100 ppm auf, sind in einem maximalen Abstand von 3 m in jede Hauptrichtung weitere Messpunkte aufzunehmen.
- Je Hektar Begehungsfläche sind mindestens 45 Messpunkte aufzunehmen.
- Gasbrunnen und Schachtbauwerke sind separat zu überprüfen / zu dokumentieren.
- Durchführung von Doppelbestimmungen für jeden Auswertebereich zur Bestimmung der Messunsicherheit. Zur Durchführung einer Doppelbestimmung ist eine zweite komplette Messkette bestehend aus Personal, FID und Absaugglocke erforderlich.
- Am Ende der Begehung sollten zumindest 20 % der Gasaustrittsstellen mit Konzentrationswerten > 1.000 ppm nochmals überprüft werden.

Aufzunehmende Randbedingungen und einzuhaltende Kriterien

- Temperatur, Luftdruck, Windrichtung und Windstärke während des Messzeitraums
- In Messstellennähe sind Windstärkenmessungen in 1,5 - 2 m Höhe durchzuführen, bei Windstärken > 4 m/s ist die Messung zu unterbrechen bzw. abubrechen
- Vegetationsverhältnisse und Zustand des Oberbodens
- Messabbruch bei einsetzenden Niederschlägen mit starker Vernässung des Bodens
- Bei der Durchführung von FID- Begehungen ist auf das Auffinden punktueller Gasaustritte in den Rasterfeldern besonders zu achten. Das hierzu erforderliche visuelle Erkennen von Stellen mit erhöhten Konzentrationen ist nur mit geschultem und erfahrenem Messpersonal möglich. Daher darf zur Messung nur sachkundiges Personal eingesetzt werden.

Auswertung und Dokumentation

- Messbericht mit allen Randbedingungen und den ermittelten Werten. Aus Gründen der Qualitätssicherung sind hierbei insbesondere die eingesetzten Geräte, deren Kalibrierdaten und das eingesetzte Messpersonal zu benennen.
- Die an den einzelnen Messpunkten ermittelten Methankonzentrationen sind tabellarisch darzustellen, fortlaufend zu nummerieren und tageweise zusammenzufassen. Hierbei ist jeweils die Start- und Endzeit der Begehung anzugeben.
- Die Lage der Messpunkte ist in einen Lageplan der Deponie einzutragen. Für die Bewertung der Ergebnisse ist es zweckmäßig die ermittelten Konzentrationen einer Emissionsklasse zuzuordnen und diese eindeutig zu kennzeichnen.

Anforderungen an die Qualifikation des Personals bzw. Fremdprüfers

- Der Leiter der Messungen sollte auf dem einschlägigen Gebiet Deponiegas sachverständig sein. Er ist zuständig für die Ausarbeitung des Messplanes, der Angaben zur Durchführung sowie zur Auswertung und Ergebnisdarstellung.
- Die Mitarbeiter vor Ort sollten sachkundig sein und Kenntnisse im Umgang mit Deponiegas aufweisen.

Quellenverzeichnis:

- Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: Handlungsempfehlung Durchführung von Deponiegasmessungen bei Altablagerungen, Altlasten und Grundwasserschadensfällen 34, 2001
- Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen: Arbeitshilfe Deponiegas – Konkretisierung der Deponiegasüberwachung gemäß DepSüVO einschließlich Darstellung der eingesetzten Mess- und Auswertverfahren incl. der Fehler- und Grenzwertbetrachtungen. Materialien Band 65, 2004
- Schreier, W.: Untersuchung zur Weiterentwicklung der FID-Methode in Baden-Württemberg. In: Trierer Berichte zur Abfallwirtschaft, Band 17: Stilllegung und Nachsorge von Deponien – Schwerpunkt Deponiegas 2007. Stuttgart: Verlag Abfall aktuell
- VDI 3860 Blatt 1:2006-05 Messen von Deponiegas; Grundlagen (Measurement of landfill gas; Principles). Berlin: Beuth Verlag
- VDI 3860 Blatt 2:2008-01 Messen von Deponiegas; Messungen im Gaserfassungssystem (Measurement of landfill gas; Measurements in the gas collection system). Berlin: Beuth Verlag
- VDI 4219:2005-10 (Entwurf) Ermittlung der Messunsicherheit von Emissionsmessungen mit diskontinuierlichen Messverfahren. Berlin: Beuth Verlag

Anlage 1: Ermittlung der Standardunsicherheit eines FID- Gerätes

Sollkonzentration Prüfgas Methan	m_{Ref}	100,0	ppm
Ist-Konzentration Prüfgas Methan	$m_{Ref, zert}$	97,4	ppm
Messunsicherheit Prüfgas		1,9	ppm
zugeh. Messunsicherheit (Standardabw.):	$u(m_{Ref, zert})$	1,9	%

Ergebnisse der Kalibrierung FID Nr. 027 11 0001

Messung Nr.	Messergebnis m(i) %	Differenz m(i)-m(ref) %
1	100	-1,8
2	107	5,2
3	91	-10,8
4	108	6,2
5	89	-12,8
6	110	8,2
7	100	-1,8
8	101	-0,8
9	110	8,2
10	103	1,2
11	101	-0,8
12	98	-3,8
13	120	18,2
14	102	0,2
15	106	4,2
16	103	1,2
17	110	8,2
18	94	-7,8
19	101	-0,8
20	100	-1,8
21	100	-1,8
22	100	-1,8
23	100	-1,8
24	98	-3,8
25	100	-1,8
26	108	6,2
27	98	-3,8
28	94	-7,8
29	101	-0,8
30	101	-0,8

Mittelwert:	$\bar{m} = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n m_i$	101,8	ppm
Varianz:	$s^2(m) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (m_i - \bar{m})^2$	38,9	[ppm ²]
Standardabweichung:	$s(m)$	6,2389212	ppm
Anzahl Messwerte:		30	
Differenz Mittelwert und Referenzwert:	$u_B = \bar{m} - m_{Ref, zert}$	4,4	ppm
	$u_B^2 = (\bar{m} - m_{Ref, zert})^2$	1,936E+01	[ppm ²]

Varianz der Methan-FID-Messung

$u^2(m) = s^2(m) \cdot \left(1 - \frac{1}{n}\right) + u_B^2 + u^2(m_{Ref})$	60,41	[ppm ²]
---	-------	---------------------

Standardunsicherheit $u(m) = \sqrt{s^2(m) \cdot \left(1 - \frac{1}{n}\right) + u_B^2 + u^2(m_{Ref})}$

	7,77	ppm
--	------	-----

relative Standardunsicherheit

	8,0	%
--	-----	---

Erweiterte Messunsicherheit $U_{0,95} = u(m) \cdot k(v_{eff})$

	16,3	% rel. erweiterte MU
--	------	----------------------

Anlage 2: Auswertung der Doppelbestimmungen für die Messbereiche 10 ppm bis 100 ppm und 100 ppm bis 1.000 ppm

Nr.	Messbereich 10 ppm bis 100 ppm				Messbereich 100 ppm bis 1.000 ppm			
	FID 1	FID 2	Differenz	Quadrat der Differenz	FID 1	FID 2	Differenz	Quadrat der Differenz
j	$y_{1,j}$ in ppm	$y_{2,j}$ in ppm	$y_{2,j} - y_{1,j}$ In ppm	$(y_{2,j} - y_{1,j})^2$	$y_{1,j}$ in ppm	$y_{2,j}$ in ppm	$y_{2,j} - y_{1,j}$ in ppm	$(y_{2,j} - y_{1,j})^2$
1	10	17	-7	49	120	130	-10	100
2	15	9	6	36	120	180	-60	3.600
3	15	6	9	81	180	130	50	2.500
4	17	22	-5	25	230	180	50	2.500
5	18	21	-3	9	250	280	-30	900
6	24	29	-5	25	250	210	40	1.600
7	25	20	5	25	310	390	-80	6.400
8	27	41	-14	196	320	420	-100	10.000
9	33	43	-10	100	350	300	50	2.500
10	39	31	8	64	350	290	60	3.600
11	39	31	8	64	490	550	-60	3.600
12	43	52	-9	81	580	550	30	900
13	59	47	12	144	660	750	-90	8.100
14	63	71	-8	64	680	530	150	22.500
15	63	58	5	25	820	990	-170	28.900
16	65	56	9	81	860	800	60	3.600
17	79	80	-1	1	880	820	60	3.600
18	84	75	9	81	940	980	-40	1.600
19	89	95	-6	36	970	820	150	22.500
20	91	100	-9	81	980	870	110	12.100
Summe			-6	1.268			170	141.100
u_B			0				9	
var(y)				32				3.528
Untere Grenze des Messbereichs y_{\min}				6 ppm				120 ppm
Obere Grenze des Messbereichs y_{\max}				100 ppm				990 ppm
Messwertepaare (Freiheitsgrade) N				20				20
Standardunsicherheit $u_c(y)$				6 ppm				59 ppm
Relative Standardunsicherheit $u_c(y)_{\text{rel}}$				5,6 %				6,0 %
Erweiterungsfaktor k für 95 % Sicherheit				2,086				2,086
Erweiterte Messunsicherheit $U_{0,95} = k \cdot u_c(y)$				12 ppm				124 ppm

Beurteilung von Grundwasserbelastungen im Umfeld von Deponien – Fallbeispiele aus der Gutachterpraxis

Dr. Ulrich Henken-Mellies, LGA-Grundbauinstitut, Nürnberg

Einführung

Deponien sollen so geplant, errichtet und betrieben werden, dass durch die Wirkung mehrerer unabhängiger Barrieren die Freisetzung und Ausbreitung von Schadstoffen nach dem Stand der Technik verhindert wird (TASi Nr. 10.1).

Dennoch kommt es immer wieder vor, dass im Umfeld von Deponien – und insbesondere im Umfeld von Altablagerungen – Grundwasserbelastungen festgestellt werden.

Je nach dem rechtlichen Status der Deponie bzw. Altablagerung greifen die Grundsätze des Vorsorgeprinzips oder der Gefahrenabwehr.

Als Reaktion auf festgestellte (Schad-)Stoffe im Grundwasser werden aus Sicht des Grundwasserschutzes häufig Sicherungsmaßnahmen in Form des Baus oder der Ertüchtigung von Barrieren gefordert.

Beim Bau von Barrieren für Deponien oder Altablagerungen (Basisabdichtungen, aber auch Dichtwände und Oberflächenabdichtungen) wird in der Regel als selbstverständlich vorausgesetzt, dass deren Wirkung nachhaltig und hundertprozentig ist. – Aus unterschiedlichen Forschungsprojekten zu Oberflächenabdichtungen ist andererseits bekannt, dass Abdichtungen keineswegs immer ihre anfängliche Dichtigkeit behalten.

Im Gegenteil: Insbesondere Oberflächenabdichtungen sind vielfältigen Einwirkungen ausgesetzt. Austrocknung und Durchwurzelung können die Wirksamkeit mineralischer Dichtungen schon nach wenigen Jahren beeinträchtigen; aber auch Kunststoffdichtungsbahnen haben nur eine endliche Lebensdauer.

Bei der Auswahl von Sanierungs-/Sicherungsmaßnahmen und bei der Bewertung von deren Erfordernis ist es notwendig, nicht nur den aktuellen Zustand zu betrachten, sondern auch die künftigen Veränderungen des Stoffpotenzials und des Transmissionspotenzials in die Beurteilung mit einzubeziehen. Hierbei gibt es einige grundlegende Unterschiede zwischen (Alt-)Deponien und industriellen Altlasten.

Als Gutachter der LGA sind wir sowohl an Maßnahmen des Deponiebaues beteiligt als auch an Fragen der Untersuchung und Beurteilung des Grundwassers im Deponieumfeld.

Anlässlich der heutigen Deponieseminarveranstaltung möchte ich die Gelegenheit nutzen, einige Beispiele von Grundwasserbelastungen im Umfeld von Deponien vorzustellen und kritisch zu beleuchten – hinsichtlich der Beurteilung, hinsichtlich der Gefährdungsabschätzung und hinsichtlich der im Einzelfall sinnvollen Maßnahmen.

Anmerkungen hinsichtlich des grundsätzlichen Grundwasserschutzes und der Frage der Notwendigkeit von Deponieabdichtungen

Als fachliche Vorbemerkung und um Missverständnissen vorzubeugen sei vorausgeschickt, dass ich einen strengen und wirksamen Grundwasserschutz für eine wichtige Errungenschaft und für ein hohes Gut halte. Keinesfalls sollten wir zurück in die 1960/70er Jahre, als man die natürliche Selbstreinigungskraft des Untergrundes ohne kritisches Hinterfragen für ausreichend hielt, den Abstrom von Deponien zu reinigen.

Andererseits ist aber auch zu bedenken, dass Basis- oder Oberflächenabdichtungen technische Bauwerke sind, die – im Rahmen der jeweiligen Gegebenheiten – eine begrenzte Funktionsdauer haben. Bei Gebäuden und Ingenieurbauwerken entspricht es dem technischen Allgemeinwissen, dass man von einer begrenzten Lebensdauer ausgeht, die durch Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen gesteigert werden kann. Bei Abfalldeponien dagegen wird in der Regel stillschweigend angenommen, dass eine einmalige Baumaßnahme für alle Zeit wirksam und ausreichend ist. Andererseits wird in letzter Zeit sogar bei Untertage-Deponien für radioaktive Abfälle diskutiert, ob man sich auf die Sicherheit der Barrieren verlassen soll, oder ob nicht eine Rückholung der Abfallgebilde auf Dauer möglich sein sollte.

Unterschiede zwischen Altablagerungen und industriellen Altlasten

In Tabelle 1 sind die grundsätzlichen Unterschiede zwischen Altablagerungen und industriellen/ gewerblichen Altlasten stichwortartig zusammengefasst. Diese prinzipiellen Unterschiede erfordern auch bei der Gefährdungsabschätzung und bei der Entscheidung über eine etwaige Sanierungsnotwendigkeit eine differenzierte Herangehensweise.

Tab. 1: Grundsätzliche Unterschiede von (Alt-)Deponien und industriellen Altlasten

Charakteristikum	Deponie / Altablagerung	industrielle Altlast
Stoffspektrum	weites, unspezifisches Stoffspektrum	begrenzttes Spektrum von charakteristischen Schadstoffen
Stoffgefährlichkeit	eher geringe Stoffgefährlichkeit; Ausnahme: Ablagerungen von Sondermüll	zumeist hohe Stoffgefährlichkeit
Menge	sehr große Menge	zumeist vergleichsweise begrenzte Menge
Grundwasserbelastung	GW-Abstromfahne meistens nur von begrenzter Ausdehnung	teilweise lange Abstromfahnen (z.B. bei LHKW)
charakteristische Stoffe im GW	CSB, Ammonium, Leitfähigkeit, gelöste Salze, teilweise Arsen, Bor, LHKW	industriespezifisch: LHKW, BTEX, Mineralöl-KW, einzelne Schwermetalle
Sanierungsmöglichkeit	prinzipielle Sanierungsmöglichkeit nur durch Rückbau, bzw. Sicherung durch Bau von Abdichtungen	meistens Sanierungsmöglichkeiten durch gezielte, begrenzte Reinigung von Boden und/oder Grundwasser
Sanierungszeitraum / Betrachtungszeitraum bei Sicherungsmaßnahmen	Stoffpotenzial der Deponien bleibt auch bei Sicherungsmaßnahme +/- unvermindert erhalten; Betrachtungszeitraum: Jahrhunderte; einschließlich der Frage eines Unwirksamwerdens der Sicherung	Sanierungszeitraum häufig ca. 10 Jahre; bei sehr großen Altlasten auch länger

Fallbeispiel 1: Gemeindliche Altdeponie

Deponiekörper:

Die Altdeponie umfasst eine Fläche von ca. 25.000 m². Die in den Rammkernbohrungen festgestellte Ablagerungsmächtigkeit beträgt ca. 2 - 5 m. Die Auffüllung besteht aus Bodenmaterial mit Bauschuttanteilen, örtlich auch Asphalt und Schlacke. Zahlreiche Bodenproben wurden auf altlastenspezifische Parameter untersucht. Außer einem Einzelbefund an Mineralölkohlenwasserstoffen (Überschreitung des Stufe-1-Wertes) und zwei Proben mit erhöhtem Bariumgehalt wurden keine Auffälligkeiten festgestellt.

Grundwasser:

Die Deponie befindet sich an einem flachen Hang. Im Unterhang am Fuß der Deponie (= vermuteter Abstrom) und im Oberhang (= vermuteter Anstrom) wurde je eine Grundwassermessstelle errichtet.

Die Bohrung der Abstrom-Grundwassermessstelle schließt zunächst Gipsgestein und Tonsteine auf und ist darunter in Sandsteinen ausgebaut. Bei zwei Beprobungskampagnen wurde jeweils ein 8-stündiger Pumpversuch mit dreimaliger Probenahme und umfangreicher Analytik durchgeführt. Die Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen zeigten für alle organischen Schadstoffgruppen unauffällige Befunde. Das Grundwasser zeigt allerdings eine allgemein sehr hohe Mineralisierung, teilweise leicht erhöhte Schwermetallgehalte (Blei, Nickel, Zink beim ersten Pumpversuch über dem Stufe-1-Wert) und sehr hohe Bor-Konzentrationen (ca. 3 mg/l).

Die Oberstrom-Grundwassermessstelle wurde in Gipsschichten und den darüber befindlichen Tonsteinen ausgebaut und erwies sich als trocken. Daher konnte die Grundwasserbeschaffenheit im Anstrom nicht ermittelt werden.

Tab. 2: Ausgewählte Ergebnisse der Grundwasseranalyse der Abstrom-Grundwassermessstelle

Parameter	Dimension	GW-Analyse Abstrom	„Stufe-1-Werte“ bzw. „Differenzwerte“
Elektr. Leitfähigkeit	µS/cm	6750	+ 200
Natrium (Na)	mg/l	1100	+ 20
Kalium (K)	mg/l	90	+ 10
Magnesium (Mg)	mg/l	160	+ 10
Calcium (Ca)	mg/l	730	+ 20
Sulfat SO ₄	mg/l	1900	+ 30
Chlorid (Cl)	mg/l	1700	+ 30
Bor (B)	mg/l	3,0	+ 0,1
Eisen (Fe)	mg/l	2,8	
Schwermetalle	mg/l	Pb, Ni, Zn: ca. Stufe 1	

Erste Interpretation eines Altlasten-Büros:

- Überschreitung vieler Basisparameter; hohe Mineralisation = erhebliche GW-Belastung durch Bauschutt-typische Parameter.
- Hoher Bor-Gehalt = Hinweis auf Hausmüll-Auslaugungen.

Zweite Interpretation (LGA):

- Das Grundwasser enthält keine relevanten anthropogenen Verunreinigungen.
- Das Grundwasser enthält eine sehr hohe geogene Mineralisation, die daraus resultiert, dass das Grundwasser im Gipsgestein zirkuliert.
- Auch der außergewöhnlich hohe **Bor-Gehalt** ist durch die hohe **geogene Mineralisation** bedingt. Es handelt sich hier mit Sicherheit *nicht um einen anthropogenen Bor-Eintrag* (durch Waschmittel etc.) sondern um geogen erhöhte Gehalte.

Zusammenfassend lässt sich folgendes feststellen:

- **Das Schadstoffpotenzial der Altdeponie ist sehr gering.** Es handelt sich um eine kleine Gemeindedeponie, die mit Bodenaushub und Bauschutt verfüllt wurde.
- **Das Transmissionspotenzial ist sehr gering.** Die Oberfläche der Altdeponie besteht aus bindigem, sehr schwach durchlässigem Material (Erdaushub). Unter der Deponiebasis folgt eine 5 m dicke geologische Barriere aus Ton und Tonstein.
- **Das Grundwasser unterhalb der Deponie ist nicht verunreinigt.** Der deutlich erhöhte Gehalt an Bor, das andernorts als Indikator für anthropogene Stoffeinträge herangezogen wird, ist hier eindeutig geogen bedingt, da es sich bei dem Grundwasser um ein von gipshaltigem Gestein beeinflusstes „Mineralwasser“ handelt.

Aus dieser Beurteilung haben wir den Schluss gezogen, dass keine weitere Maßnahme hinsichtlich Abdichtung der Altablagerung erforderlich ist. Die aktuell vorhandene, inzwischen üppig begrünte Profilierung aus Erdaushub ist als Oberflächensicherung ausreichend.

Fallbeispiel 2: ehemalige städtische Hausmülldeponie

Die Altdeponie wurde in den Jahren 1965 bis 1980 als Hausmülldeponie der Stadt XY betrieben. Auf einer Fläche von ca. 3 ha wurden ca. 150.000 m³ Abfälle (Hausmüll, Sperrmüll, Straßenkehrschutt, Gewerbemüll) abgelagert.

Die zu klärende Frage bestand hier darin, ob die derzeitige Situation der Altdeponie toleriert werden kann, oder ob an Stelle der derzeitigen unqualifizierten Abdeckung eine nachträgliche Oberflächenabdichtung aufgebracht werden müsste.

Abdichtungen: Die Deponie besitzt keine Basisabdichtung. Der Untergrund besteht aus Keuper-sandstein, der oberflächennah lehmig verwittert ist. Die geologische Karte verzeichnet am Deponie-standort einen ehemaligen Weiher; ein Hinweis auf gering durchlässigen Untergrund und auf einen eventuellen Quellhorizont. Zur Fassung und Ableitung von oberstromigem Schichtenwasser wurde zwischenzeitlich am Westrand der Deponie eine Tiefendränage gebaut. Derzeit ist die Deponie mit bindigem Boden abgedeckt.

Sickerwasser: Mit einer Dränageleitung wird Deponiesickerwasser erfasst. Das Sickerwasser wird derzeit in die Kanalisation eingeleitet. Die Schadstoffbelastung des Sickerwassers ist vergleichsweise gering (vgl. Tabelle 3). Die Grenzwerte des Anhang 51 der Rahmen-Abwasser Verwaltungsvorschrift werden von fast allen Parametern eingehalten; eine Ausnahme stellt der Parameter Ammonium bzw. Stickstoff (gesamt) dar: Hier liegen die gemessenen Werte des Sickerwassers der Deponie um den Faktor 3-4 über dem Grenzwert.

Tab. 3: Ergebnisse von Sickerwasseruntersuchungen der Deponie; zum Vergleich: übliche Konzentrationen von Hausmülldeponien (nach Ehrig) und Einleit-Grenzwerte des Anhang 51 der Rahmen-AbwasserVVV.

Parameter	Sickerwasser Deponie		Durchschnitt Hausmülldeponien	Anhang 51
	10/2004	10/2003		
el. Leitfähigkeit	3.170	3.790	14.000	
CSB (mg O ₂ /l)	150	160	3000	200
BSB ₅ (mg/l)	16	6	180	20
Stickstoff-gesamt (mg/l)	201	270	740	70
Phosphor-gesamt (mg/l)	0,42	0,41	5	3
Kohlenwasserstoffe (mg/l)	< 0,1	< 0,1	1	10
AOX (mg/l)	0,32	0,3		0,5
Cadmium (mg/l)	< 0,0001	< 0,0001	0,005	0,1
Chrom (mg/l)	< 0,005	0,007	0,27	0,5
Nickel (mg/l)	0,016	0,011	0,16	1
Blei (mg/l)	< 0,001	< 0,001	0,087	0,5
Kupfer (mg/l)	0,005	< 0,005	0,065	0,5
Zink (mg/l)	0,01	0,02		2

Grundwasser: Das Grundwasser im Umfeld der Deponie wird mittels 4 Grundwassermessstellen überwacht. Die Schadstoffgehalte des Grundwassers sind im Abstrom jeweils gegenüber dem Anstrom erhöht. Im Vergleich mit den Stufenwerten des LfW-Merkblatts 3.8/1 überschreitet die Grundwasserbelastung im Abstrom lediglich für die Basisparameter „Leitfähigkeit“ und „Bor“ die entsprechenden „Stufe-1-Werte“. Die untersuchten organischen Schadstoffparameter liegen im Abstrom deutlich unter den betreffenden „Stufe-1-Werten“; für die Schwermetalle gilt, dass sogar die Gehalte im Sickerwasser (s.o.) unter den Stufe-1-Werten liegen. Wenn die Stoffkonzentrationen im unmittelbaren Abstrom unter dem Stufe-1-Wert liegen, liegt gemäß LfW-Merkblatt Nr. 3.8/1 allenfalls eine geringfügige Grundwasserbelastung vor. Maßnahmen bezüglich des Grundwassers sind dann in der Regel nicht erforderlich.

Parameter	GW-Abstrom	Stufe-1-Werte	Stufe-2-Werte
Leitfähigkeit (µS/cm)	1270	+ 200	
Ammonium (mg/l)	< 0,02	+ 0,3	
Bor (mg/l)	0,13	+ 0,1	
Summe PAK (µg/l)	0,07	0,2	2
Kohlenwasserstoffe (mg/l)	< 0,1	0,2	1
Phenolindex (mg/l)	< 0,01	0,02	0,1
AOX (mg/l)	0,04	+ 0,08	

Tab. 4: Ergebnisse von Grundwasseruntersuchungen der Abstrom-Grundwassermessstelle der Deponie; zum Vergleich: Stufenwerte des Bayer. LfW-Merkblatts Nr. 3.8/1

Deponiegas: Die Deponiegasproduktion der 25 - 40 Jahre alten Abfälle ist den durchgeführten Messungen zufolge stark rückläufig. An 5 von 12 Gasbrunnen liegen die Methankonzentrationen unter 5 Vol.-%; an den übrigen 7 Gasbrunnen beträgt sie ca. 15 - 40 Vol.-%. Es ist geplant, diese 7 Gasbrunnen zu passiv entgasenden Brunnen mit Biofilter umzurüsten.

Frage: Ist im Fall dieser Deponie das Aufbringen eines mineralischen Oberflächenabdichtungssystems in Anlehnung an DK I sinnvoll?

Die vorgestellten Untersuchungsergebnisse zeigen, dass die verbleibende Sickerwasser- und Grundwasserbelastung sehr gering ist. Der Hauptteil der eluierbaren Stoffe ist vermutlich inzwischen bereits aus der Altablagerung ausgeschwemmt worden. In Anbetracht der aktuell geringen (in Zukunft vermutlich noch weiter zurückgehenden) Emissionen reicht die vorhandene bindige Bodenabdeckung mit zwischenzeitlich erfolgtem wilden Bewuchs als Sicherungsmaßnahme vollständig aus.

Fallbeispiel 3:

Aktuell betriebene Erdaushub- und Bauschuttdeponie (DK 0); Seitlich angrenzend an (rekultiviertes) Altdeponie-Areal.

Die Bauschuttdeponie umfasst eine Fläche von ca. 6 ha. Der Betrieb wird zwischenzeitlich in Anpassung an das Bayerische Bauschuttdeponiemerkblatt bzw. seit 2003 an die AbfAbIV und die DepV durchgeführt. Derzeit wird die Deponie als Deponie der Klasse 0 befristet bis zum 15.07.2009 betrieben.

Gemäß der „Anordnung nachträglicher Auflagen im Rahmen der Umsetzung der Anpassung der Bauschuttdeponie an den Stand der TASI, AbfAbIV, DepV“ gelten im wesentlichen die Anforderungen des Bauschuttmerkblatts weiter. Aufgrund vorhandener Grundwasserbelastung war gemäß Wasserwirtschaftsamt ein Sanierungs- und Sicherungskonzept auszuarbeiten.

Der Grundwasserabstrom der derzeit betriebenen DK-0 – Deponie wird vom vorhandenen Messstellennetz eindeutig erfasst. Im Grundwasser ist die für den Abstrom von Bauschuttdeponien typische und unvermeidliche erhöhte Mineralisation festzustellen. Relevante Schadstoffe sind im Grundwasser nicht vorhanden.

Eine Nutzung des Grundwassers erfolgt im Abstrom nicht.

Tab. 5: Ergebnisse der Grundwasseruntersuchung in Gegenüberstellung mit den entsprechenden LfW – Stufenwerten

Basisparameter	Einheit	Abstrom-Messstellen		Oberstrom-Messstelle	Stufe-1-Wert
Leitfähigkeit	µS/cm	2260	1375	1720	+ 200
Sauerstoff, gelöst	mg/l	1,9	6,8	3,3	- 3
Calcium	mg/l	220	160	380	+ 20
Magnesium	mg/l	150	120	80	+ 10
Natrium	mg/l	120	25	5,2	+ 20
Kalium	mg/l	8,4	6,6	8,7	+ 10
Mangan	mg/l	0,0078	< BG	< BG	*) s.u.

Basisparameter	Einheit	Abstrom-Messstellen		Oberstrom-Messstelle	Stufe-1-Wert
Eisen	mg/l	0,21	0,22	0,13	*) s.u.
Ammonium	mg/l	< BG	< BG	< BG	+ 0,3
Chlorid	mg/l	170	84	14	+ 30
Sulfat	mg/l	630	380	900	+/- 30
Nitrat	mg/l	5,4	50	2,0	+/- 10
Org. Kohlenstoff	mg/l	< BG	20	< BG	+ 4
AOX	mg/l	0,04	0,02	< BG	+ 0,08
Bor	mg/l	0,74	0,064	0,24	+ 0,1
Schwermetalle	mg/l	< BG	< BG	< BG	

< BG = Analysenwert unterhalb der Bestimmungsgrenze.

Beurteilung dieser DK 0 – Deponie:

Im oberflächennahen gering ergebnigen oberen Grundwasserstockwerk zeigt sich eine Beeinflussung durch die Inhaltsstoffe der Erdaushub- und Bauschuttdeponie, jedoch nur im Bereich der Haupt-Anionen und Kationen: Insbesondere Zunahme von Chlorid und Natrium; Abnahme von Calcium und Sulfat. Gemäß LfW-Merkblatt 3.8/1 zeigen die Überschreitungen des Stufe-1-Wertes einiger Parameter bereits eine „erhebliche Grundwasserverunreinigung“ an.

Bei DK 0 – Deponien, die planmäßig keine Basisabdichtung haben, ist eine Beeinflussung des GW-Abstroms durch leicht lösliche Mineralanteile fast unvermeidlich. Dies muss bereits bei der Standortwahl berücksichtigt werden. Über die Routinemaßnahmen (Grundwasserüberwachung und das Aufbringen der DK 0 – Oberflächenabdeckung nach Ende der Verfüllung) hinaus sind hier keine Maßnahmen erforderlich – auch wenn einzelne „Stufe-1-Werte“ überschritten werden.

Fallbeispiel 4:

Verfüllte Kreismülldeponie mit belastetem Grundwasserabstrom.

Der Deponiestandort befindet sich im Bereich einer ehemaligen Sandgrube, wenige 100 m von einem Fluss entfernt.

Die Deponie wurde von ca. 1978 bis 2000 in mehreren, nach dem jeweiligen Stand der Technik errichteten Bauabschnitten als Landkreis-Hausmülldeponie genutzt und mit ca. 500.000 m³ Abfällen verfüllt. Zwischenzeitlich ist eine (temporäre) Oberflächenabdichtung aufgebracht worden. Der Bau der endgültigen Oberflächenabdichtung steht in den nächsten Jahren bevor.

Der Grundwasserabstrom ist hinsichtlich der Basisparameter (CSB, Ammonium, Leitfähigkeit etc.) erheblich belastet (= die „Stufe 1 – Differenzwerte“ werden weit überschritten). Daneben treten Eisen und Mangan, sowie stellenweise Arsen auf. Weitere spezifische Schadstoffe sind im Abstrom nur punktuell in geringer Konzentration nachweisbar.

Der Grundwasserabstrombereich wird wasserwirtschaftlich nicht genutzt. Aufgrund der hydrogeologischen Gegebenheiten tritt das Grundwasser nach kurzer Fließstrecke in den Fluss über.

Vergleichbar diesem (aus mehreren realen Deponien zusammengefassten fiktiven Fall) gibt es eine Anzahl von ehemaligen Hausmülldeponien ohne bzw. mit nicht ausreichender geologischer Barriere.

Frage: Sind über den geplanten Bau der Oberflächenabdichtung (die bei dieser der DepV unterliegenden Deponie obligatorisch ist) hinaus weitere Maßnahmen erforderlich?

Bei strenger Auslegung der wasserwirtschaftlichen Leitfäden (Bay. LfW) ist hier eine „erhebliche Grundwasserbelastung“ zu konstatieren, die entsprechende Grundwassersanierungsmaßnahmen nach sich ziehen müsste.

Und wenn es sich um eine Altablagerung nach Bodenschutzrecht handelt? – Sind dann Maßnahmen erforderlich?

Schlussbemerkungen

Prinzipiell muss dafür Sorge getragen werden, dass das Grundwasser bestmöglich geschützt wird. Die EU-Wasserrahmenrichtlinie verfolgt das Ziel, dass ein „guter Zustand“ der Gewässer gesichert bzw. erreicht werden soll.

Der sinnvollste Weg ist der vorbeugende Umweltschutz, der auch vom Wasserhaushaltsgesetz gestützt wird; Schadstoffe sollten gar nicht erst entstehen oder in die Umweltmedien gelangen. – Bezogen auf die Abfallwirtschaft ist die Behandlung der Siedlungsabfälle seit 2005 ein Quantensprung in die richtige Richtung.

Als Erbschaft aus einem halben Jahrhundert nicht nachhaltiger Abfallwirtschaft haben wir in Deutschland und Bayern Hinterlassenschaften in Form von Hunderten von großen Siedlungsabfall-Altdeponien, die dem Deponierecht unterliegen, sowie Tausenden von mittelgroße, und Zigtausenden von kleinen Altablagerungen, die überwiegend dem Bodenschutzrecht unterliegen.

Es handelt sich hier um Abfallkubaturen von insgesamt mehreren hundert Mio. m³. Was tun?

- **Beseitigung des Schadstoffpotenzials?** In der Altlastensanierung wird zum Schutz von Boden und Grundwasser die Sanierung im engeren Sinne (= die Beseitigung des Schadstoffpotenzials) als Maßnahme bevorzugt. Dies ist bei industriellen und gewerblichen Altlasten (z.B. alte Tankstelle; chemische Reinigung etc.) i. d. R. möglich und sinnvoll. Im Fall der genannten Abfallkubaturen ist eine „Sanierung“ von Altablagerungen in Form eines Rückbaus mit Sortierung und Behandlung nicht realistisch, bzw. auf wenige sehr akute Einzelfälle beschränkt.
- **Unterbrechung des Transmissionspotenzials?** Die moderne Deponietechnik zielt darauf ab, die Ausbreitungswege der im Abfall enthaltenen Schadstoffe über eine Kombination von Barrieren zu unterbrechen. – Soll man also nach und nach alle Altablagerungen mit Oberflächenabdichtungen in Anlehnung an die DepV überziehen?

Eine Reihe von Altablagerungen ohne Basisabdichtung wurde im Laufe der vergangenen 20 Jahre mit aufwändigen Oberflächenabdichtungen gesichert. Wie hat sich das langfristig auf die Grundwasserbeschaffenheit des Abstroms ausgewirkt? – Haben sich die Investitionskosten bezahlt gemacht in Form eines deutlichen Rückgangs der Umwelt- und Grundwasserbelastungen? – Wie viele der (mineralischen) Oberflächenabdichtungen lassen inzwischen wieder eine erhebliche Sickerwasserneubildung zu?

Antworten auf diese Fragen und verlässliche Untersuchungen gibt es nach meiner Kenntnis nur in ersten Ansätzen. Aus meiner langjährigen Beschäftigung mit Deponieabdichtungen möchte ich aber davor warnen, zu glauben, dass die Probleme mit Altdeponien gelöst sind, wenn sie alle mit Abdichtungen oder ggf. auch Dichtwänden gesichert sind. Das sind befristete Maßnahmen, auch wenn sie vielleicht Jahrzehnte oder bestenfalls 100 Jahre halten. Mit diesen Maßnahmen wird Zeit gewonnen, aber das Stoffpotenzial ist nach wie vor vorhanden.

Damit kein Zweifel aufkommt: Wenn eine konkrete Gefährdung (Schutzgut: Mensch, Trinkwasser, bedeutender Grundwasserleiter) von einer Altablagerung ausgeht, ist eine zielführende Sanierung erforderlich. Doch auch in diesen Fällen ist der grundsätzliche Unterschied zwischen Altablagerungen und industriellen Altlasten in Bezug auf die Möglichkeit der quellenorientierten, stofflichen Sanierung zu berücksichtigen.

Wenn aber keine konkrete Gefahr vorhanden ist, dann sollten die folgenden Gesichtspunkte in die Abwägung einbezogen werden:

- **Berücksichtigung von Natural Attenuation:** Wie lang ist die Abstromfahne? Bauen sich die unspezifischen hausmülltypischen Kontaminanten im Abstrom ab? –
Hierzu gibt es als Beurteilungshilfe das LfW-Merkblatt 3.8/3. Im Rahmen des BMBF-Forschungsprojekts „KORA“ wird die Wirkung des natürlichen Schadstoffabbaus im Abstrom von Altdeponien untersucht.
- **Berücksichtigung des schon eingetretenen Schadstoffaustrags** aus der Altablagerung: Wie viel Wasser ist schon durch die Altablagerung hindurchgesickert? Ist das Maximum des Stoffaustrags schon überschritten? –
In einer Studie des LfU (Kohl, 2005) wurden Sickerwasser- und Grundwasserkonzentrationen zahlreicher Altdeponien ausgewertet. Es wurde festgestellt, dass das Maximum des Stoffaustrags aus ungedichteten Deponien in das Grundwasser meistens wenige Jahre nach der Stilllegung überschritten ist. Anschließend ist der Stoffaustrag rückläufig. Damit verringert sich das verbleibende Schadstoffpotenzial. Ähnliche Ergebnisse lieferte die österreichisch-deutsche Studie EVA-PASSOLD.
Vielleicht würde ja eine Oberflächenabdichtung nur noch ein Phantom abdichten.
- **Berücksichtigung des geogenen Umfeldes:** Es gibt Grundwasserleiter oder Gesteine mit natürlichen Anreicherungen von Arsen, Bor, DOC, Salzgehalt usw. Dies ist bei einer qualifizierten Beurteilung angemessen zu berücksichtigen.

Es sollte nicht eine Abdichtung nach Kassenlage durchgeführt werden nach dem Motto: „Weil noch Geld im Budget vorhanden ist, oder weil man eine Finanzierung aus dem Unterstützungsfonds erhalten kann, wird die Altablagerung halt abgedichtet.“ Sondern es sollte eine langfristige Wirksamkeitsbeurteilung erfolgen und die wirklich erforderlichen Maßnahmen durchgeführt werden.

Literatur

BMBF-Förderschwerpunkt KORA („Kontrollierter natürlicher Rückhalt und Abbau von Schadstoffen bei der Sanierung kontaminierter Grundwässer und Böden“), Themenverbund TV4 „Deponien, Altablagerungen“ (www.dgfs.de/Inhalt_der_Seiten/kora/download_kora)

EVAPASSOLD (2005): Evaluierung und Erstabschätzung von Altablagerungen; Grund- und Erweiterungsprojekt; Zusammenfassender Abschlussbericht Phasen I – III. - Niederösterreichische Landesakademie. (www.evapassold.at)

KOHL, J. (2005): Beurteilung kommunaler Altdeponien – Möglichkeiten zur Entlassung aus der Nachsorge aus Sicht des LfU. in: Henken-Mellies (Hrsg.): Tagungsband 16. Nürnberger Deponieseminar, S. 111 – 125.

LfU / LfW – Merkblatt Nr. 3.8/1: Untersuchung und Bewertung von Altlasten, schädlichen Bodenveränderungen und Gewässerverunreinigungen – Wirkungspfad Boden-Gewässer.

LfU / LfW – Merkblatt Nr. 3.8/3: Natürliche Schadstoffminderung bei Grundwasserverunreinigungen durch Altlasten und schädliche Bodenveränderungen – Natural Attenuation.

LUCKNER, T. (2007): Umgang mit deponiebedingten Grundwasserschäden am Beispiel von Referenzstandorten des BMBF-Förderschwerpunkts KORA-TV4 „Deponien, Altablagerungen“ - in: Henken-Mellies (Hrsg.): Tagungsband 17. Nürnberger Deponieseminar, S. 205 – 218.

Deponie „An der Haldenstraße“, Marktredwitz; Detailerkundung und Sanierungskonzept

Dr. Gerdt Pedall, Ing. Büro Dr. G. Pedall GmbH, Haag/Bayreuth

1 Gegebenheiten

Die Stadt Marktredwitz, Lkr. Wunsiedel i. Fichtelgeb. betrieb zwischen 1962 und Mitte 1977 die Hausmülldeponie „An der Haldenstraße“ am Nordrand der Stadt. Abgelagert wurden in diesem Zeitraum überwiegend gemischte Siedlungsabfälle der Stadt und des Landkreises Wunsiedel, Gewerbe- und Industrieabfälle, Sperrmüll und erhebliche Mengenanteile von Bauschutt und Erdreich als Zwischenabdeckungen.

Industriemüll aus der Stadt, in welcher auch heute noch zahlreiche Betriebe unterschiedlicher Sparten ansässig sind, wurde neben mineralischen Abfällen aus der Feuerfest- und z. T. Porzellanherstellung durch solche aus dem Maschinenbau, der Schleifkörperfertigung, der Textilindustrie und der Chemie aufgebaut.

Während des gesamten Ablagerungszeitraums der Deponie war auch die später aus der Altlastensanierung bekannte Chemische Fabrik Marktredwitz „CFM“ in Betrieb. Diese hatte neben der Herstellung anorganischer und organischer Erzeugnisse der Quecksilber- und Antimonchemie auch Formulierung und Vertrieb von anderswo hergestellten Pflanzenschutzmitteln sowie die Annahme und nach Möglichkeit Aufarbeitung aller Arten von Quecksilberabfällen als Tätigkeitsschwerpunkt.

In einer nach Norden zum Vorfluter Röslau und deren Aue hin offenen Eintalung wurden bis zum höhengleichen Anschluss an den Straßendamm der B303, welcher das Tal in West-Ost-Richtung quert, auf ca. 55.000 m² etwa 400.000m³ Abfälle in einer mittleren Mächtigkeit von 10m abgelagert.

Beim Abschluss der Deponie wurde die Oberfläche mit einheitlichem Längsgefälle nach Norden hin bis zur Oberkante der grob 6-8m hohen Schüttböschung hin profiliert. Quergefälle wurden nicht eingestellt. Die Oberflächen wurden mit gemischtkörnig-bindigem Erdaushub wechselnder Mächtigkeit abgedeckt, welcher entlang der Böschung schüttungsbedingt hohe Dicken aufweist.

Südlich der Bundesstraße liegen zwei nicht verfüllte Senken als Abschluss der Eintalung, in welcher die Deponie betrieben wurde. Zur Drainage dieser kleinen Talköpfe von Niederschlagswässern sowie Quellaustritten wurde durch den Straßendamm und weiter nach Norden im jeweils Taltiefsten ein Grunddurchlass aus Betonfertigteiltröhen DN 800 verrohrt. Dieser führte zunächst als Auslass am Böschungsfuß der Deponie zu einem offenen Graben, über welchen die Wässer zur Röslau hin Weideflächen querten.

Anfang der Neunziger Jahre war von den Eigentümern dieser Weiden mehrfach Rindstod beklagt worden, zurückgeführt auf das Trinken von Grabenwasser durch das Vieh. Von der Stadt Marktredwitz wurden daraufhin mehrfach Untersuchungen an Oberflächenwasser, Bachsedimenten und Böden in Auftrag gegeben. Aufgrund der Ergebnisse sahen die zuständigen Fachbehörden jedoch keinen Zusammenhang zwischen möglicherweise aus dem Deponiekörper ausgetragenen Schadstoffinventar und -frachten und dem Viehtod.

Der Grunddurchlass führt nicht nur Anstromwasser durch die Deponie. Auflastbedingt zeigt die Verrohrung Scheitel- und Wangenrisse und defekte Muffen. Über diese Schäden sickert im Südteil der Deponie Sickerwasser aus dem Deponiekörper zu. Im Nordteil waren diese Schäden bei einer Kame-rabefahrung trocken.

Hieraus folgt, dass im Südteil der Deponie im Liegendabschnitt der Abfälle Sickerwasser eingestaut ist, nicht jedoch in deren nördlichen Teil. Erst hinter der bindigen Böschungsabdeckung bildet sich wieder ein Sickerwasser-Einstau. Dieser wird teilweise unkontrolliert abgeführt im Schotterbett des Grunddurchlasses und versickert vor dem Böschungsfuß im Untergrund.

Das innerhalb des Grunddurchlasses geführte Wasser wird schon seit den Neunziger Jahren vollständig in einem Pumpenschacht gesammelt und in die städt. Kanalisation abgepumpt.

Schon früh wurden in dicht vor dem Böschungsfuß der Deponie als Zwillingspegel niedergebrachten Grundwasser-Messstellen, welche sowohl das oberflächennahe Schichtgrundwasser der Talsedimente als auch das tiefere Kluftgrundwasser im Granit aufschlossen, schwerwiegende Verunreinigungen festgestellt.

Maßgeblicher Parameter ist nahezu ausschließlich das Pflanzenschutzmittel Mecoprop als Einzelsubstanz mit einem um eine Größenordnung über den zuzuordnenden Stufe-2-Werten des Bayer. LfW-MBI. liegenden Belastungswert. Von eher untergeordneter Bedeutung sind PAK-Gehalte im Wasser, vereinzelt sind Metallgehalte sowie LHKW- und BTEX-Gehalte auffällig.

Mecoprop war in ihren letzten Betriebsjahren ein Hauptprodukt der auf die Herstellung von Agrochemikalien spezialisierten CFM.

Besonders hohe Gehalte fanden sich im Fehlwasser der Bettung unter dem Grunddurchlass; das Wasser der Rohrdurchführung selbst führte dagegen zu keiner Zeit nennenswerte Herbizidgehalte.

2 Detailerkundung

Schon vor 2006 waren im Auftrag der Stadt Marktredwitz sowie von Bauwilligen auf Teilen der Deponie verschiedene und teils umfangreiche Untersuchungen auch zur Abschätzung des Gefährdungspotentials ausgeführt worden. Ablagerungshistorie und das Abfall- sowie das Belastungsinventar waren aus orientierenden Untersuchungen in groben Zügen bekannt.

Durch die schwerwiegenden und sich im Ablauf der Zeit eher noch verstärkenden Herbizidbelastungen wurde erkennbar, daß von der Deponie Gefahren ausgehen, welche aktive Sanierungsmaßnahmen zur Gefahrenabwehr besonders für das Schutzgut Grundwasser notwendig machen.

Nach Inkrafttreten des Förderprogramms der Gesellschaft zur Altlastensanierung in Bayern (GAB) mbH zur Gewährung von Zuschüssen für Maßnahmen zur Erkundung und Sanierung von gemeinde-eigenen Hausmülldeponien wurden 2008 nach Antrag auf Förderung durch die Stadt Marktredwitz und unter Begleitung durch die zuständige Regierung v. Oberfranken, Bayreuth, zunächst die umfangreichen Arbeiten zur Detailerkundung an der Deponie und ihrem Umfeld durchgeführt.

In Abstimmung mit den zuständigen Fach- und Verwaltungsbehörden wurden auf Grundlage eines Vorgehenskonzeptes vom Dezember 2006 folgende Untersuchungen an Deponat und Boden, Sicker- und Grundwasser sowie am Deponiegas durchgeführt:

- Errichtung von 9 Sickerwasser-Messstellen innerhalb der Deponie, nur wenig eingetieft in das Unterlager, zur Erfassung von Menge und Belastung des Sickerwassers.

Das in Teilflächen im Deponiekörper eingestaute Sickerwasser („nasser Fuß“) steht in direktem Kontakt mit dem oberflächennahen Schichtwasser in den quartär-holozänen Talsedimenten und dieses ist nicht durch eine wirksame geologische Barriere getrennt vom unterlagernden Kluftgrundwasser im Granit.

Somit sind für die Sickerwasserprognose die am Ort der Beprobung festgestellten, teils massiven Mecoprop-Belastungen (max. 220 µg/l) auch die für den Ort der Beurteilung maßgeblichen Belastungen.

- Niederbringen von 7 Grundwasser-Messstellen (in Ergänzung zu 5 bereits vorhandenen) zur Ermittlung von geologischen, hydraulischen und chemischer Grundlageninformation sowie zur weiteren Erfassung/Eingrenzung der Belastungen im Grundwasser-Abstrom.
Die neuen Grundwasseraufschlüsse ermöglichen jedoch eine differenziertere Bewertung insbesondere im Deponieabstrom: Höchste Belastungen mit Herbizid-Gehalten weit über den Stufe-2-Werten des LfW-MBI. 3.8/1 treten in den Messstellen vor dem Auslass des Grunddurchlasses auf, aus dessen Rohrbettung der hoch durch Mecoprop belastete Deponiewasseraustrag im Untergrund versickert.
Jedoch auch im weiteren Abstrom und in Richtung auf einen möglicherweise wieder zur Viehtränkung vorgesehenen Hausbrunnen zu werden noch Belastungswerte im Grundwasser oberhalb des Stufe-1-Werts bzw. der TVO festgestellt.
- Anlegen von 4 Baggerschürfen und 5 Sondierungen zur Abgrenzung der Hausmülldeponie von einer vorgeschütteten Erdstoffdeponie sowie zur Ermittlung deren Ablagerungsinventars.
- Durchführung eines engständig rasterartig angeordneten Bohrstock-Sondierungsprogramms zur Ermittlung der Abdeckmächtigkeit der Deponie.
Die mittlere Abdeckmächtigkeit durch gemischtkörnig-bindigen Bodenaushub ist gering und liegt im Mittel (ohne Böschung) bei nur 0,4m über einer Ausgleichsschicht überwiegend aus Inertmaterial. Den Gasmessungen zufolge befindet sich die Deponie in der Kohlendioxidphase (Phase V)
- Entnahme und Untersuchung von Sicker-, Grund- und Oberflächenwasserproben
- Nochmalige Untersuchung möglichen Schadstoffeintrags aus der Deponie auf abstromig in der Röslauaue gelegene Weideflächen.

Zusammenfassend haben die Ergebnisse der Detailerkundung eine erhebliche Grundwasserverunreinigung nachgewiesen und z. T. eingegrenzt, welche weitere Maßnahmen zum Schutz des Grundwassers unabdingbar macht. Für eine Gefährdung des Wirkungspfad Boden-Mensch sowie für weitere Wirkungspfade bestehen – soweit aus den durchgeführten Untersuchungen ableitbar – keine Gefährdungen.

Bei der im nächsten Vorgehensschritt erforderlichen und für 2009 vorgesehenen Sanierungsuntersuchung wird der Übergangsbereich zwischen Erdstoff- und Hausmülldeponie weiter eingegrenzt. Der weitere Deponie-Abstrom hin zu möglichen Entnahmestellen wird mit zusätzlichen Grundwasser-Messstellen untersucht, mit zielgerichtet im Bereich bereits vorhandener Gewerbenutzung auf Teilen der Deponie-Oberfläche niedergebrachten Sondierungen wird die Deponiegas-Situation noch geklärt.

3 Überlegungen für ein Sanierungskonzept

Die im Grundwasser festgestellten, schwerwiegenden und andauernden Belastungen durch das Pflanzenschutzmittel Mecoprop machen aktive Sanierungsmaßnahmen zum Grundwasserschutz unabdingbar. Überlegungen zur Folgenutzung bzw. zum Schutz im Hinblick auf den Ausschluss von Gefahren durch möglicherweise vorhandene Deponiegase sind anzustellen.

Eine Umlagerung der Deponie ist aufgrund eines Ablagerungsvolumens von > 400.000 m³ ausgeschlossen.

Von erstrangiger Bedeutung ist jedoch eine weitestmögliche Minimierung der Sickerwasser-Neubildung durch Fassen und Ableiten von der Deponie zuziehenden Oberflächenwässern aus den nicht verfüllten Talköpfen südlich der Bundesstraße sowie auch aus dem hangseitigen Zustrom.

Ebenfalls weitestmöglich auszuschließen ist das Absickern von Niederschlagswasser in den Deponiekörper.

Letztlich ist das hinter der Böschungsabdeckung eingestaute Sickerwasser vollständig zu fassen und gezielt zu einem tiefstmöglich herzustellenden Pumpenschacht abzuleiten, von wo aus es der städt. Kläranlage zugeführt werden kann.

Hierzu gibt es beim derzeitigen (Vor-) Planungsstand folgende Vorgehensansätze:

- *Erfassung und Ableitung des Talwasseranstroms*: Aufseitig am Böschungsfuß des Straßendamms wird ein Dichtelement eingebaut, welches bis hin in den anstehenden Granitzersatz eingetieft wird. In Frage kommen ein qualifiziert verdichtetes, sehr gering durchlässiges Erdbauwerk ggf. mit synthetischen Dichtbestandteilen oder aber eine wasserdichte Spundwand. Dahinter sich sammelndes Anstromwasser wird – wie bisher – gesammelt und abgepumpt.
- *Erfassung und Ableitung des seitlichen Abstoms*: Herstellen von Zustromsammlern als Kiesrigolen mit Teilfilterrohr entlang des westlichen Deponierands zusammen mit einer Oberflächenwasserfassung als Randgraben. Abführung hin im natürlichen Gefälle hin zur Röslauaue.
- *Herstellen einer wirksamen Oberflächenabdichtung in Verbindung mit vorangehender Oberflächenprofilierung*: Einstellen eines abgeminderten Längsprofils durch interne Mengenumlagerung sowie von ausreichenden Quergefällen bis zu des Deponierändern bzw. bis zur bereits vorhandenen Überbauung.
Herstellen einer randbündigen Oberflächendichtung in einer Ausbildung oder Kombination, welche die infrage kommenden Szenarien der Folgenutzung berücksichtigt. Neben andauernder landwirtschaftlicher Nutzung (konventioneller Aufbau als mineralische Dichtung mit Flächenfilter und mächtiger Wasserhaushalts- bzw. Vegetationsschicht) kommt auch eine Nutzung als LKW-Parkplatz u.a. an der stark frequentierten B303 in Betracht (mächtige und tragfähige Ausgleichsschicht unter einer Oberflächenversiegelung als Schwarzdecke).
- *Sickerwasserfassung und -ableitung*: Entlang des Böschungsfußes und besonders tiefgreifend entlang der Rohrbettung des Grunddurchlasses ist eine Kiesrigole mit PE-HD-Teilfilterrohren herzustellen. Die Ableitung erfolgt über Vollrohre hin zu einem neu herzustellenden Fertigteilschacht mit tiefstmöglichem Einlauf.
- *Gasfassung, Gasbrunnen*: In Abhängigkeit von noch zu ermittelnden Grundlagendaten und der vorgesehenen Folgenutzung sind auf dem unprofilierten Deponieplanum eine gaswegsame Ausgleichsschicht sowie Ableitungsbrunnen herzustellen.

Tagungsleitung / Referenten

Karl Drexler
Bayer. Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: (08 21) 90 71–53 62
E-Mail: KarlJohann.Drexler@lfu.bayern.de

Jürgen Kohl
Bayer. Landesamt für Umwelt
Dienststelle Hof
Hans-Högn-Str. 12
95030 Hof
Tel.: (0 92 81) 18 00–46 60
E-Mail: Juergen.Kohl@lfu.bayern.de

Hans Eschey
LAMBDA
Gesellschaft für Gastechnik mbH
Ludwig-Richter-Straße 6
45329 Wuppertal
Tel.: (02 02) 97 39–0
E-Mail: info@LAMBDA.de

Dr. sc. nat. Ulrich Henken-Mellies
LGA Bautechnik GmbH – Grundbauinstitut
Tillystraße 2
90431 Nürnberg
Tel.: (09 11) 6 55 55 87
E-Mail: Wolf-Ulrich.Henken-Mellies@lga.de

Dr. Gerdt Pedall
Ing. Büro Dr. G. Pedall GmbH
Flurstraße 24
95473 Haag
Tel.: (0 v92 01) 9 97–0
E-Mail: info@ibpedall.de

Dipl.-Ing. Christian Posch
Crystal Geotechnik Beratende Ingenieure und
Geologen GmbH
Schustergasse 14
83512 Wasserburg
Tel.: (0 80 71) 9 22 78–0
E-Mail: wbg@crystal-geotechnik.de

Johann Roth
Ingenieurbüro Roth & Partner GmbH
Hans-Sachs-Straße 9
76133 Karlsruhe
Tel.: (0721) 9 84 53–0
E-Mail: Roth@ib-roth.com

Wolfgang Schreier
Umweltüberwachung RUK
Im Paesch 1 a
54340 Longuich
Tel.: (06502) 93 39–0
E-Mail: RUK@umweltueberwachung.de

Kirsten Selder
Zweckverband Abfallwirtschaft in der Stadt
Erlangen und im Landkreis Erlangen-Höchstadt
Karl-Zucker-Str. 2
91052 Erlangen
Tel.: (0 91 31) 71 57–12
E-Mail: Kirsten.Selder@zva-erlangen.de

