

Zielgerichtete Strategie zur Entlassung aus der Nachsorge nach 30 Jahren – Abdichtung, Sickerwasser, Deponiegas

Dr. Ulrich Henken-Mellies

1 Einführung

Seit dem 1. Juni 2005 darf kein unbehandelter Hausmüll mehr auf Deponien abgelagert werden. Viele Deponien bzw. Deponieabschnitte stehen derzeit zur Stilllegung an. Von den jetzt zu ergreifenden Maßnahmen hängt es entscheidend ab, wie teuer die Nachsorgephase sein wird und wie lang sie andauern muss.

Bei der Standard-Vorgehensweise wird umgehend die Oberflächenabdichtung aufgebracht. Deponiegas und Sickerwasser werden gefasst und behandelt. Dieses Vorgehen ist teuer und führt vorhersehbar nicht zur Entlassung aus der Nachsorge nach 30 Jahren. Auf der Basis von Fortschreibungen der aktuellen Trends der Sickerwasser- und Deponiegasbildung werden Nachsorgezeiträume von über 100 Jahren prognostiziert. Dabei wird in der Regel von einem eher passiven Umgang mit den Hausmülldeponien in der Stilllegungs- und Nachsorgephase ausgegangen.

Die prognostizierten langen Nachsorgezeiträume sind aber keine naturgegebene Gesetzmäßigkeit. Mit einer entsprechend aktiven Betriebsführung lassen sich die Abbaureaktionen der organischen Substanz des Deponiekörpers erheblich beschleunigen. Das strategische Ziel sollte darin bestehen, die abbaubare Organik möglichst schnell und effektiv aus der Deponie auszutragen und den Deponiekörper weitestgehend zu inertisieren.

Auch aus der Deponieverordnung (DepV) lässt sich keinesfalls zwanghaft das „umgehende Abdichten“ als Dogma herauslesen. Dies mag für Reststoffdeponien ohne organische Anteile sinnvoll sein; für Deponien mit organischen Inhaltsstoffen gibt die DepV in § 14(7) (Hauptsetzungen), §14(8) (Infiltration von Wasser) und § 13(5) (Kriterien für den Abschluss der Nachsorge) deutlich zu erkennen, dass die Problematik des Abbaus der organischen Substanz Sonderlösungen notwendig macht, und dass das nachhaltige Minimieren der Emissionen im Vordergrund steht.

In der TAsi wird in Nr. 1.1 als Ziel definiert: „Die Ablagerung soll so erfolgen, dass die Entsorgungsprobleme von heute nicht auf künftige Generationen verlagert werden.“ Dieses Ziel der Generationenverantwortung in der Abfallwirtschaft wird in der DepV nicht explizit wiederholt. Implizit ist der Gedanke der Generationenverantwortung allerdings in § 19(3) (Sicherheitsleistungen für einen mindestens 30-jährigen Nachsorgezeitraum) enthalten.

Dass das Nachsorgeproblem nicht auf Dauer unseren Kindeskindern aufgebürdet werden soll, erscheint einleuchtend. Die Kriterien des §13(5) beschreiben eindeutig den anzustrebenden Endzustand der Deponie. Aber *wie* das Ziel der nachsorgefreien Deponie erreicht werden soll, geht nicht aus dem Verordnungstext hervor, sondern ist allenfalls zwischen den Zeilen zu lesen. Genehmigungsbehörden und Deponiebetreiber werden mit der Ausgestaltung der zielführenden Stilllegung und Nachsorge weitgehend alleingelassen.

Im nachfolgenden Beitrag wird ein Konzept vorgestellt, mit aktiv betriebener Deponienachsorge eine Entlassung aus der Nachsorge nach 30 Jahren zu ermöglichen.

2 Anforderungen an Stilllegung und Nachsorge gemäß DepV

In der Deponieverordnung wird an mehreren Stellen auf die Aufgaben in der Stilllegungs- und Nachsorgephase und auf die Ziele dieser Maßnahmen hingewiesen.

§ 12(3): „In der Stilllegungsphase hat der Betreiber einer Deponie (...) unverzüglich alle erforderlichen Maßnahmen durchzuführen, um zukünftige negative Auswirkungen der Deponie oder des Deponieabschnitts auf die in §10(4)KrW-/AbfG genannten Schutzgüter [Gesundheit der Menschen; Tiere und Pflanzen; Gewässer und Boden; etc.] zu verhindern. [hierzu]... zählt insbesondere die Einrichtung eines Oberflächenabdichtungssystems nach Anhang 1 Nr. 2.

§ 14(7): „Für Deponien, auf denen Hausmüll (...) oder andere Abfälle mit hohem organischem Anteil abgelagert wurden, kann die zuständige Behörde **bis zum Abklingen der Hauptsetzungen eine temporäre Abdeckung** zulassen, wenn große Setzungen erwartet werden. Diese temporäre Abdeckung soll Sickerwasserbildung minimieren und Deponiegasmigration verhindern. Unmittelbar nach Abklingen der Hauptsetzungen ist die endgültige Oberflächenabdichtung herzustellen.“

§ 14(8): „Für Deponien, auf denen Hausmüll (...) oder andere Abfälle mit hohem organischem Anteil abgelagert worden sind, kann die zuständige Behörde **zur Beschleunigung der organischen Abbauprozesse und zur Verbesserung des Langzeitverhaltens** der Deponie in der Betriebsphase eine gezielte **Befeuchtung des Abfallkörpers durch Infiltration von Wasser** oder deponieeigenem Sickerwasser zulassen, wenn geeignete Voraussetzungen vorhanden sind und mögliche nachteilige Auswirkungen auf den Deponiekörper und die Umwelt verhindert werden.“

§ 13(5): „Bei der Prüfung nach Absatz 4 [d.h. Feststellung des Abschlusses der Nachsorgephase] soll die Behörde in Abhängigkeit der jeweiligen Deponieklasse insbesondere die nachfolgenden Kriterien zugrunde legen: [stichwortartig]

1. Biologische Abbauprozesse, sonstige Umsetzungs- oder Reaktionsvorgänge sind weitgehend abgeklungen,
2. Gasbildung ist zum Erliegen gekommen,
3. Setzungen sind abgeklungen,
4. Oberflächenabdichtung und Rekultivierungsschicht sind in funktionstüchtigem und stabilem Zustand,
5. Oberflächenwasser wird von der Deponie sicher abgeleitet,
6. die Deponie ist insgesamt dauerhaft standsicher,
7. Unterhaltung baulicher und technischer Einrichtungen ist nicht mehr erforderlich,
8. ggf. anfallendes Sickerwasser kann entsprechend den wasserrechtlichen Vorschriften eingeleitet werden,
9. die Deponie verursacht keine Grundwasserbelastung, die eine weitere Beobachtung oder Sanierungsmaßnahmen erforderlich machen.

Wie aus der Zusammenstellung dieser Textstellen aus der Deponieverordnung hervorgeht, besteht das grundsätzliche Ziel der Stilllegung und Nachsorge von Deponien darin, negative Auswirkungen auf die Schutzgüter Mensch und Umwelt nachhaltig zu verhindern. Der Zielzustand von Deponien wird in §13(5) in Form von 9 Kriterien beschrieben.

3 Interpretation der Deponieverordnung

Worin besteht der Weg, um das Nachsorgeziel zu erreichen, d.h. negative Auswirkungen der Deponie auf die Schutzgüter Mensch und Umwelt nachhaltig zu verhindern? Aus der DepV ergibt sich nicht ohne weiteres ein zusammenhängendes Bild, wie mit Hausmülldeponien in der Nachsorge zu verfahren ist. Das liegt daran, dass die real existierenden Deponien in den Verordnungen nur als Ausnahmen bzw. Fußnoten vorkommen.

Zu den erforderlichen Maßnahmen zählt nach §12(3) insbesondere die Einrichtung eines Oberflächenabdichtungssystems. §14(7) lässt aber für Hausmülldeponien erheblichen Spielraum für den Zeitpunkt des Aufbringens der endgültigen Oberflächenabdichtung.

Für Deponien mit hohem organischen Anteil erwähnt §14(8) ausdrücklich Maßnahmen zur Beschleunigung des organischen Abbaus und zur Verbesserung des Langzeitverhaltens. Zu diesen Maßnahmen zählt die Infiltration von Wasser in den Deponiekörper und nach dem heutigen, fortgeschrittenen Stand der Technik (vgl. „Leitfaden zur Deponiestilllegung“) auch die optimierte Deponieentgasung. Der erhöhte Austrag von organischer Substanz durch diese Maßnahmen trägt dazu bei, die Stilllegungs- und Nachsorgephase dieser Deponien zu beschleunigen.

Sichtbares äußeres Zeichen des erhöhten Austrags von organischer Substanz und des damit einhergehenden Masse-Entzugs aus der Deponie ist das Fortdauern der Hauptsetzungen. Früher oder später finden diese Setzungen (ebenso wie die organischen Abbauprozesse) ohnehin statt – wenn nicht nach Jahren, dann nach Jahrzehnten oder Jahrhunderten.

Im Sinne eines ehrlichen Umgangs mit den Siedlungsabfalldeponien ist es anzustreben, die Abbau- und Umsetzungsprozesse in einer überschaubaren Zeitspanne in der Stilllegungs- und Nachsorgephase, sozusagen „unter Aufsicht“ stattfinden zu lassen und sie nicht in die unbestimmte Zukunft zu verschieben und dem Zufall zu überlassen.

Wie die Textstellen der DepV zeigen, ist die Strategie des weitgehenden organischen Abbaus in der Stilllegungs- und Nachsorgephase vereinbar mit dem Verordnungstext. Ein Zwang, wie manchmal suggeriert, sofort nach Ablagerungsende endgültig abzudichten, besteht nicht. Dies wäre für Deponien mit organischem Material weder sinnvoll, noch lässt es sich aus der DepV herleiten. Vielmehr sind in der DepV für Deponien mit organischem Inhalt deutliche Hinweise dafür enthalten, dass der Ordnungsgeber die Problematik des Abbaus der organischen Substanz durchaus erkannt hat.

Es wird aber in der DepV kein eindeutiger Weg für die Nachsorgemaßnahmen aufgezeigt, da die Deponien mit reaktionsfähigem, organischen Inhalt (wie auch schon bei der TAsi) eine Randerscheinung sind, die der Vergangenheit angehören sollte. Das Dilemma des Umgangs mit diesen Altdeponien wird nicht gelöst: - Abdichten? Abbau der Organik statt abdichten? Abbau der Organik und später abdichten? Oder gar Rückbau? Was bedeutet das jeweils für die Zielerreichung des §13(5)? – Die Deponiebetreiber und die Fach- und Genehmigungsbehörden werden mit diesen Fragen konfrontiert, ohne dass es eine allgemein gültige Antwort gibt.

Wichtig erscheint mir die Feststellung, dass das „umgehende Abdichten“ keinesfalls der gemäß DepV und TAsi allein gültige Weg ist, sondern dass in der DepV das nachhaltige Minimieren der Emissionen im Vordergrund steht.

4 Leitbilder für die Deponienachsorge

Deponien und die dort abgelagerten Abfälle verbleiben „ewig“ an ihrem Standort, wenn sie nicht rückgebaut werden. (Angesichts der kontinuierlich steigenden Energiepreise erscheint es inzwischen nicht mehr ausgeschlossen, dass eines Tages die Hausmülldeponien als Energieträger rückgebaut werden.)

Die Maßnahmen der Stilllegung und Nachsorge sollten nicht Selbstzweck sein und nur deshalb angeordnet werden, weil es so aus den Verordnungstexten herausgelesen wird. Vielmehr sollten sich die Stilllegungs- und Nachsorgemaßnahmen in ein Gesamtkonzept einfügen, das für jede Deponie im Einzelfall aufgestellt wird und am Leitbild einer nachsorgefreien Deponie orientiert ist.

Eine Untertagedeponie in einer dichten geologischen Formation kann wohl als Idealfall einer auf geologische Zeiten nachsorgefreien Deponie gelten. Aber auch für Deponien an der Erdoberfläche lassen sich Leitbilder für nachsorgefreie Deponien formulieren.

4.1 Leitbild „mumifizierte Deponie“

An Trockenstandorten ohne Grundwasserneubildung ist ein nachhaltig stabiler Endzustand von Hausmülldeponien durch Austrocknung des Deponats möglich. Im Deponiekörper sind zwar noch organische Substanz und auslaugbare Stoffe enthalten; wegen der geringen Niederschläge und der negativen klimatischen Wasserbilanz geht aber die Sickerwasserneubildung gegen Null. Von der Deponie geht nach einer begrenzten Nachsorge- und Beobachtungszeit keine Gefahr aus. Bedingungen hierfür wären in Deutschland z.B. im Regenschatten der Mittelgebirge gegeben. In den USA wird dieses Leitbild in den semiariden Gebieten im Westen verfolgt.

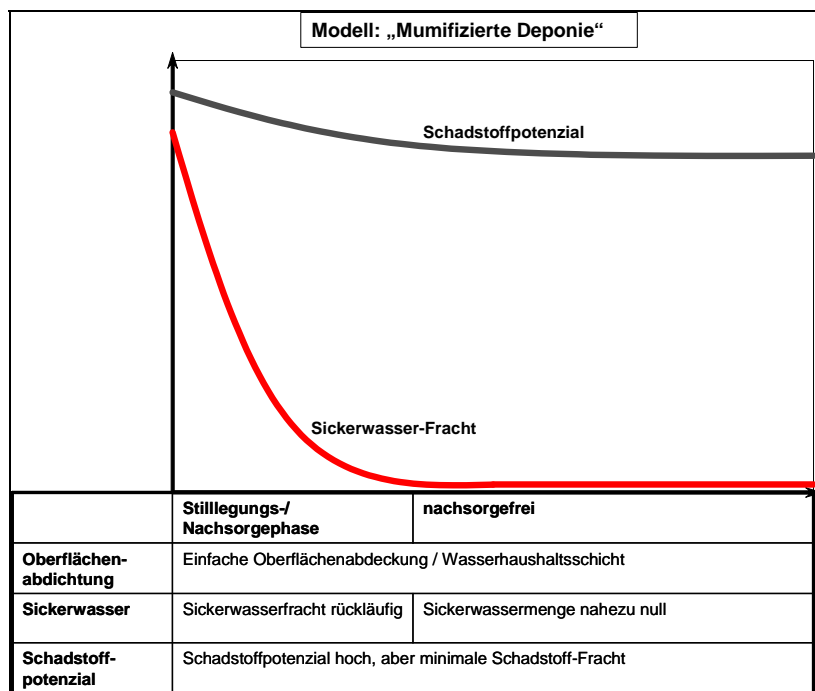


Abbildung 1: Zeitliche Entwicklung des Schadstoffpotenzials und der Sickerwasserfracht bei „mumifizierten“ Hausmülldeponien an Trockenstandorten.

4.2 Leitbild „inertisierte Reaktordeponie“

Entsprechend diesem Leitbild wird die Hausmülldeponie in der Stilllegungs- und Nachsorgephase gezielt als Bioreaktor „gefahren“, um die abbaubare Organik so weit wie möglich aus der Deponie auszutragen und so das Emissionspotenzial der Deponie zu minimieren. Anschließend wird die inertisierte Reaktordeponie mit einer an das Rest-Emissionspotenzial angepassten Oberflächenabdichtung versehen und kann nach einer Beobachtungsphase aus der Nachsorge entlassen werden.

Maßnahmen zur Erreichung dieses Leitbildes werden in den folgenden Kapiteln beschrieben.

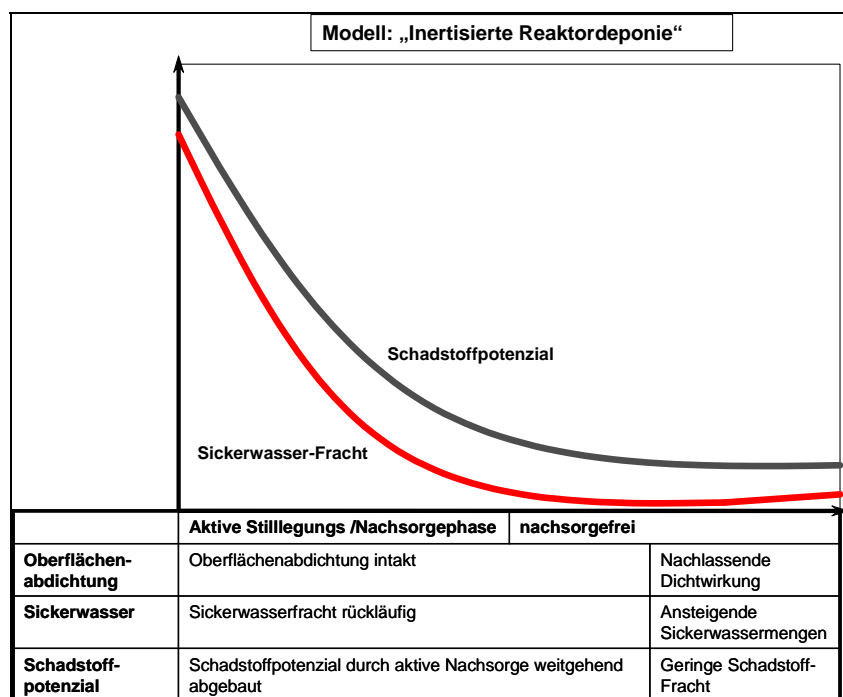


Abbildung 2: Zeitliche Entwicklung des Schadstoffpotenzials und der Sickerwasserfracht bei Hausmülldeponien mit aktiver Stoffentfrachtung in der Stilllegungs-/Nachsorgephase .

4.3 Leitbild „abgedichtete Reaktordeponie“

Hausmülldeponien mit hohem organischen Anteil sind Bioreaktoren. Wenn sie nach der Verfüllung umgehend abgedichtet werden, trocknen sie aus; Deponiegas- und Sickerwasserbildung kommen zum Erliegen; die Deponie kann prinzipiell nach einer begrenzten Nachsorge- und Beobachtungszeit aus der Nachsorge entlassen werden. Das Emissionspotenzial bleibt allerdings im Deponiekörper konserviert. Somit verbleibt das Restrisiko, dass bei nachlassender Wirkung der Oberflächenabdichtung der Bioreaktor erneut aktiv wird und Emissionen produziert. – Die „abgedichtete Reaktordeponie“ ist langfristig *nicht* nachsorgefrei.

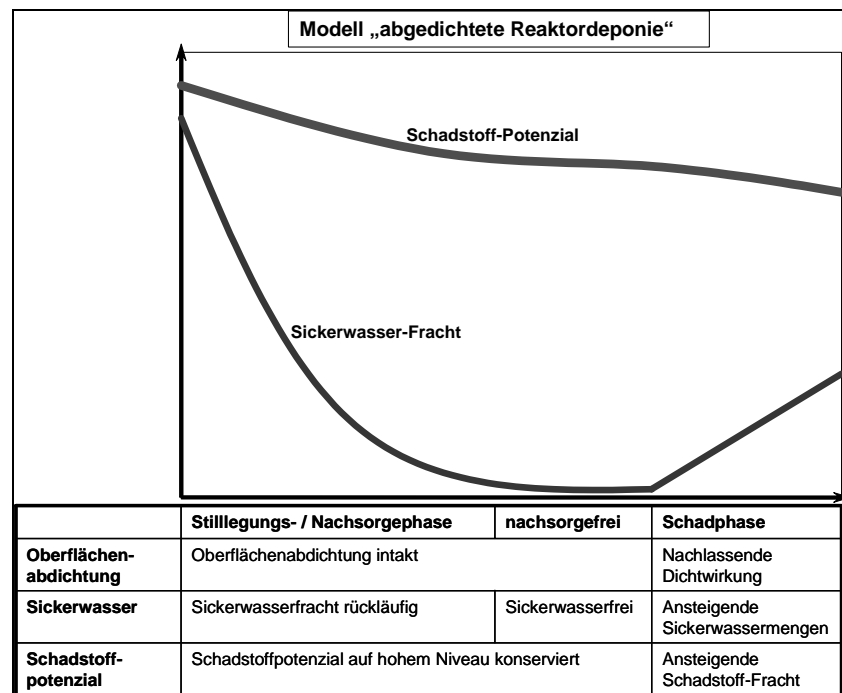


Abbildung 3: Zeitliche Entwicklung des Schadstoffpotenzials und der Sickerwasserfracht bei Hausmülldeponien mit konventioneller Nachsorge.

4.4 Leitbild „ewige Nachsorge“

Deponien mit einem sehr hohen Gefährdungspotenzial oder Deponien, die mit Dichtwänden umschlossen sind und kontinuierliche hydraulische Maßnahmen erfordern, bedürfen wahrscheinlich einer „ewigen“ Nachsorge. In der Diskussion um Abdichtung und Nachsorge von Deponien wird dieses Szenario meistens verdrängt. In der Abgrenzung der unterschiedlichen Nachsorgestrategien und Leitbilder sollte aber meiner Meinung nach ehrlich mit diesem Thema umgegangen werden und herausgearbeitet werden dass es Deponien gibt, für die eine Entlassung aus der Nachsorge nicht in Frage kommt – zumindest dann, wenn keine Maßnahmen zur Verringerung des Emissionspotenzials oder Maßnahmen zur nachhaltigen Sicherung getroffen werden.

5 Maßnahmen der aktiven Stilllegung und Nachsorge

5.1 Oberflächenabdeckung / Oberflächenabdichtung

Zur Reduktion des Sickerwasseranfalls und der damit verbundenen Kosten wird möglichst bald nach Verfüllung eines Deponieabschnitts eine (temporäre) Oberflächenabdeckung / Abdichtung aufgebracht. Diese temporäre Abdichtung sollte mit möglichst geringen Investitionskosten eine angemessene Wirksamkeit für die veranschlagte Lebensdauer aufweisen.

Erst nach der weitgehenden Inertisierung des Deponiekörpers, d.h. ca. 15 – 20 Jahre nach Ablagerungsende (nach dem Ende der Bioreaktor-Phasen; s.u.) sollte die endgültige Oberflächenabdichtung aufgebracht werden. Ein früheres Aufbringen könnte wegen der noch erheblichen Setzungen, als Folge des erheblichen Entzugs an organischer Substanz

während der Bioreaktor-Phasen, zu Schädigungen der endgültigen Oberflächenabdichtung führen.

Das Hinauszögern der Investitionskosten für die endgültige Oberflächenabdichtung führt zu finanziellen Spielräumen, die für die Maßnahmen im Rahmen der aktiven Nachsorgephasen genutzt werden sollten.

Das Hinauszögern der endgültigen Oberflächenabdichtung hat darüber hinaus den Vorteil, dass teure Fehlinvestitionen in Form von vorzeitig unwirksam werdenden Abdichtungen vermieden werden: So setzt sich in Fachkreisen aktuell die Auffassung durch, dass die nach dem Regelsystem errichteten Oberflächenabdichtungen nur so lange wirksam sind, wie die Kunststoffdichtungsbahn intakt ist. Die mineralische Dichtungsschicht (gemäß TA Abfall, Anhang E) kann im Oberflächenabdichtungssystem keinesfalls als „Ewigkeitskomponente“ angesehen werden.

5.2 Sickerwasser

Bei den Überlegungen zur Stilllegung und Nachsorge stehen hinsichtlich des Sickerwassers folgende Aspekte im Vordergrund:

- Minimierung der Sickerwasserneubildung (durch geeignete Oberflächenabdichtung) zur Reduzierung der Sickerwasser-Behandlungskosten.
- Sickerwasser-Rückführung zur Befeuchtung des Deponiekörpers, um die Gasbildungsprozesse zu beschleunigen,
- Prognose der langfristigen Sickerwasser-Beschaffenheit und die Frage, ob die Direkteinleiter-Grenzwerte des Anhangs 51 erreichbar sind.

Die Sickerwasser-Rückführung wird auf zahlreichen Deponien betrieben, mit dem vorrangigen Ziel, den Deponiekörper zu befeuchten und so die Milieubedingungen für die biologischen Umsetzungsprozesse (vor allem: Deponiegasbildung) zu verbessern. Hierzu gibt es gut dokumentierte Forschungsvorhaben, die den Erfolg der Maßnahmen belegen (Bauer & Meisinger, 1999; Drees, 2001). In Bayern ist die Sickerwasser-Rückführung zur Steigerung der Deponiegasbildung in der Nachsorgephase inzwischen Routine und wird auf zahlreichen Deponien mit Erfolg durchgeführt.

Bei der Konkretisierung der Kriterien des § 13(5) DepV aus Sicht des Gewässerschutzes geht es um die Fragen:

- Welche Stoffkonzentrationen und –frachten im Sickerwasser sind tolerierbar für eine Ableitung in eine Vorflut ohne weitergehende Behandlung?
- Welche Stoffkonzentrationen und –frachten sind tolerierbar für das Einsickern durch die vorhandenen Barrieren in das Grundwasser?

Aus Sicht der Deponiebewirtschaftung in der Stilllegungs- und Nachsorgephase geht es um die Frage:

- Welche Reduzierung der Stoffkonzentrationen und –frachten ist mit den Möglichkeiten nach dem Stand der Wissenschaft und Technik und unter Berücksichtigung der vorhandenen Rücklagen erreichbar?

Im UFOPLAN-Forschungsvorhaben „Deponienachsorge – Handlungsoptionen, Dauer, Kosten und quantitative Kriterien für die Entlassung aus der Nachsorge“ (Stegmann et al, 2006) werden hierzu detailliertere Betrachtungen vorgenommen.

Ich plädiere dafür, das Ziel für die Sickerwasserbeschaffenheit so abzustecken, dass es nach 30 Jahren intensiver Nachsorgebemühungen realistisch erreichbar ist. Hierfür ist ein offener und konstruktiver Dialog zwischen Deponiebetreibern, Wasserwirtschaftsbehörden und Forschung und Entwicklung notwendig.

Die stillzulegenden Deponien in den neuen Bundesländern verfügen meist nicht über eine ausreichend qualifizierte Basisabdichtung, um eine Sickerwasserrückführung gemäß § 14(8) DepV zu ermöglichen. Meiner Meinung nach sollte aber auch bei diesen Deponien die Frage der ausreichenden Feuchtigkeit zur Aufrechterhaltung der Abbaureaktionen nicht einfach ausgeblendet werden. Hier kommen z.B. temporäre Oberflächenabdeckungen mit einer beabsichtigten Rest-Durchlässigkeit oder die Reinfiltration von (belastetem) Grundwasser in Frage.

5.3 Deponiegas

Ein großes, bisher unzureichend genutztes Potenzial zur Beschleunigung der organischen Abbaureaktionen im Deponiekörper liegt beim Deponiegas. Die Erfassung und Verwertung von Deponiegas ist Stand der Technik auf den üblichen Hausmülldeponien. Bisher stand beim Thema Deponiegas der Aspekt der Emissionsminimierung (Gerüche, klimarelevante Gase) im Vordergrund. Der Aspekt der Stoff-Entfrachtung der Deponie über den Gaspfad ist neu und soll daher hier etwas ausführlicher behandelt werden.

Die mit herkömmlicher Technik erfassbaren Deponiegasmengen brechen häufig wenige Jahre nach Ende der Abfallablagerungen auf Werte $< 1 \text{ [m}^3 / (\text{Mg TS} \cdot \text{a})]$ ein. Vielerorts stehen überdimensionierte oder abgeschaltete Deponiegas-Motoren. Die erfassten Gasmengen liegen häufig am unteren Rand des Wertebereiches, der von Krümpelbeck & Ehrig (1999) für Altdeponien ermittelt wurde. Der Rückgang der erfassten Deponiegasmengen liegt jedoch in den wenigsten Fällen tatsächlich daran, dass das Gasbildungspotenzial erschöpft ist, sondern eher daran, dass die Deponie zu trocken ist, und vor allem auch daran, dass die herkömmlichen Gasbrunnen oft nur einen geringen Erfassungsgrad haben.

Im Brunnenbau ist es Allgemeinwissen, dass die Filterstrecke und der Brunnenausbau an den Zweck des Brunnens und an die örtlichen Untergrundverhältnisse angepasst sein müssen. Auch aus der Altlastensanierung ist bekannt, dass der Erfolg von Bodenluft-Sanierungen maßgeblich davon abhängt, dass die Absaugbrunnen richtig verfiltert sind. Dieser Grundsatz gilt sinngemäß auch für die Deponiegas-Erfassung:

- Die herkömmlichen großkalibrigen Gasbrunnen mit weit nach oben reichender Filterstrecke sind sinnvoll für den Einsatzzweck der Emissionsminimierung bei stark ausgasenden Deponien. Zur Gasabsaugung bei nachlassender Deponiegasproduktion sind diese Brunnen weniger gut geeignet, da es leicht zu Luftzutritten infolge von Umläufigkeiten kommt (Stickstoffgehalte von $> 20\%$ sind hier keine Seltenheit).
- Bei Gasbrunnen, die nachträglich gebohrt und gezielt nur selektiv in tieferen Bereichen verfiltert werden (vgl. Abbildung 4) ist die Gefahr von Luftzutritten durch Umläufigkeiten wesentlich geringer. An diese Brunnen kann daher ein höherer Unterdruck angelegt werden und es lassen sich dementsprechend größere Volumenströme absaugen, ohne dass es zu einem wesentlichen Rückgang der Deponiegaskonzentration kommt.

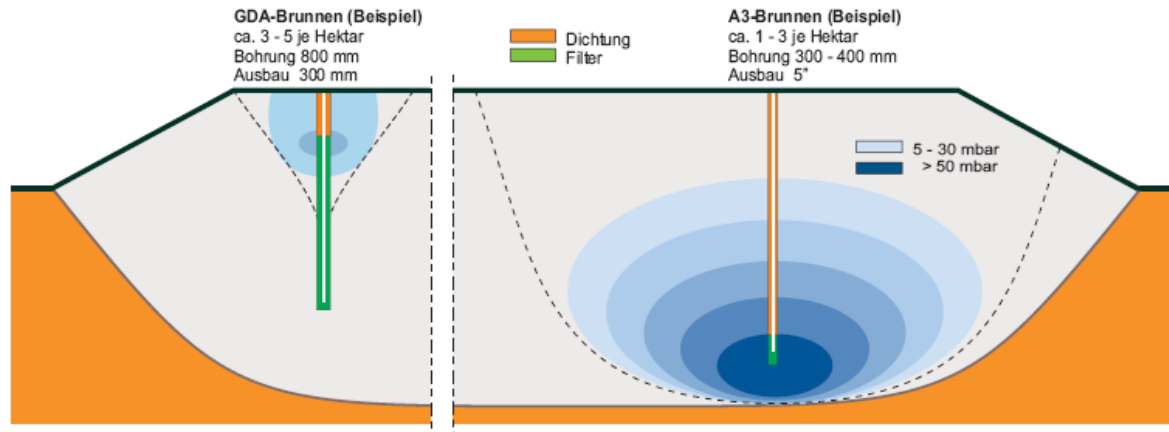


Abbildung 4: Schemazeichnung des Ausbaus der Tiefbrunnen „A3 – Brunnen“ und der herkömmlichen Gasbrunnen „GDA – Brunnen“ (aus Kanitz, 2005)

Mit der optimierten Gaserfassung mittels Tiefbrunnen bzw. selektiv verfilterter Gasbrunnen kann der Methangehalt und der Deponiegas-Volumenstrom auf hohem Niveau gehalten werden (Kanitz, 2004). Die Neufassung der GDA-Empfehlung E 2-18 („Geotechnische Belange der Deponieentgasung“, 2005) nimmt das Gaserfassungskonzept der Tiefenabsaugung ausdrücklich als Alternative zu den üblichen Deponiegasbrunnen mit auf. Die Tiefenabsaugung ist damit als Stand der Technik zu bezeichnen und sollte verstärkt als Gaserfassungskonzept für die Stilllegungs- und Nachsorgephase Berücksichtigung finden.

In den nachfolgenden Abbildungen wird das Konzept der optimierten Deponiegaserfassung illustriert:

Das gängige Gaserfassungskonzept sieht durchgehend verfilterte Deponiegasbrunnen vor, die mit sehr geringen Unterdrücken von wenigen hPa abgesaugt werden. Dieses Konzept ist angemessen für die Phase der intensivsten Gasbildung, in der das Gas mit Überdruck aus der Deponie entweicht. Bei nachlassender Gasbildungsrate bricht die Gaserfassung häufig stark ein, da die Absaugung nur noch den Nahbereich der Gasbrunnen erfasst (Abbildung 5a). Die erfassbare Gasmenge lässt sich zeitweilig dadurch erhöhen, dass zusätzliche Gasbrunnen gebohrt werden, die das Deponiegas im Nahbereich ziehen (Abbildung 5b).

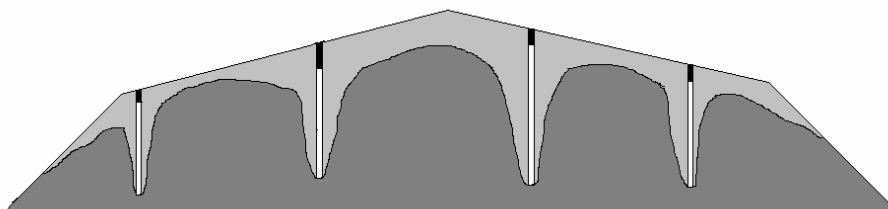


Abbildung 5a: Schematischer Deponieprofilschnitt: Reichweite der Gaserfassung im Deponiekörper bei herkömmlicher Entgasung (durchgehend verfilterte Gasbrunnen; Absaugung mit geringem Unterdruck): hellgrau = aktiv entgaste Bereiche; dunkelgrau = von der Absaugung nicht erfasste Zonen.

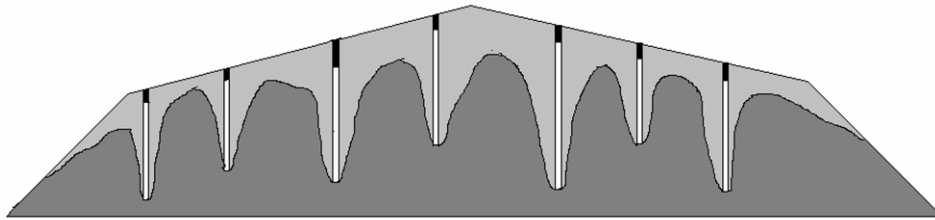


Abbildung 5b: Schematischer Deponieprofilschnitt: Reichweite der Gaserfassung im Deponiekörper bei herkömmlicher Entgasung, nach Bohrung zusätzlicher Gasbrunnen (durchgehend verfilterte Gasbrunnen; Absaugung mit geringem Unterdruck): hellgrau = aktiv entgaste Bereiche; dunkelgrau = von der Absaugung nicht erfasste Zonen.

Bei der üblichen Gaserfassung werden die tieferen Bereiche der Deponie nur unzureichend erfasst: Um die Zonen zwischen den Gasbrunnen wirksam abzusaugen (in denen, wie Bohrungen in Deponien zeigen, meistens noch erhebliche Mengen an abbaubarer Organik vorhanden sind), müsste der angelegte Unterdruck erhöht werden. Dies ist aber nicht möglich, da es zuvor über Umläufigkeiten im oberen Bereich der Gasbrunnen zu verstärkten Atmosphärenluft-Zutritten kommt (Feststellbar am Stickstoff-Gehalt bzw. am Absinken der Summe von $\text{CH}_4 + \text{CO}_2$).

Diese Umläufigkeiten an den Gasbrunnen werden minimiert, wenn die Brunnen gezielt nur in tieferen Bereichen, bzw. selektiv über und unter durchgehenden Sperrschichten, verfiltert werden (vgl. Abbildung 5c). Dann lässt sich ein erhöhter Unterdruck anlegen, was zu einer weiträumigen Erfassung auch der tiefen Bereiche der Deponie führt. In gut dokumentierten Absaugversuchen wurde mehrfach nachgewiesen, dass sich die Menge an verwertbarem Deponiegas mit diesem alternativen Gaserfassungssystem erheblich erhöhen lässt (z.B. Kanitz, 2005).

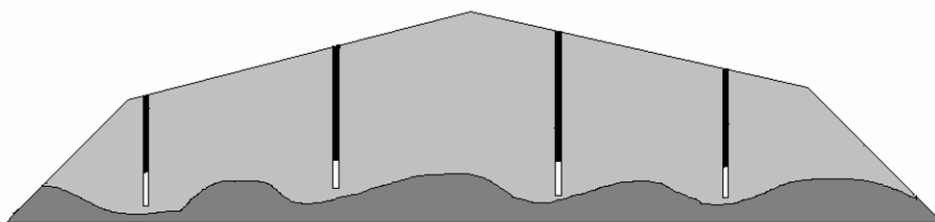


Abbildung 5c: Schematischer Deponieprofilschnitt: Reichweite der Gaserfassung im Deponiekörper bei optimierter Entgasung (selektiv verfilterte Gasbrunnen; Absaugung mit erhöhtem Unterdruck): hellgrau = aktiv entgaste Bereiche; dunkelgrau = von der Absaugung nicht erfasste Zonen.

Bei nachlassender Methanproduktion kann die Gasabsaugung mit veränderter Zielsetzung weiterbetrieben werden: Untersuchungen an einigen Deponien zeigen, dass mittels einer Aerobisierung durch Saugbelüftung der Deponie (Kanitz & Forsting, 2003) bzw. durch

Niederdruckbelüftung (Heyer et al., 2005) die verbleibende abbaubare organische Substanz im Deponiekörper beschleunigt oxidiert wird. Kleinere Altdeponien wurden mit diesen Maßnahmen innerhalb weniger Jahre erfolgreich inertisiert.

Ein wichtiger Aspekt dieser Schwachgasabsaugung besteht darin, dass der Kohlenstoffaustrag aus der Deponie über die Gasphase (als CH₄ und CO₂) aktiv fortgesetzt wird – im Gegensatz zur derzeit üblichen Passiventgasung, bei der nur minimale Austragsraten erzielt werden. Zur Verwertung bzw. Entsorgung des Methans in der Schwachgasphase gibt es inzwischen geeignete Technologien (Zündstrahlmotoren, Wirbelschicht-Verbrennung, Katalysatoren, ggf. Biofilter).

Wie weit sich große Hausmülldeponien über die Gasabsaugung zur Aerobisierung inertisieren lassen, kann beim heutigen Kenntnisstand nicht zuverlässig beantwortet werden. Sicher ist jedoch, dass mit der Weiterführung der Gasabsaugung ein erheblicher Kohlenstoffaustrag (in der Größenordnung von bis zu einigen Masse-% des Deponiekörpers) möglich ist.

Mit dem Abbau und Austrag von organischer Substanz geht die Entfrachtung von Stoffen einher, die zu „CSB“ und Ammonium im Sickerwasser beitragen (die kritischen Parameter für die Entlassung aus der Nachsorge, bezogen auf die Erfordernis der Sickerwasserbehandlung): Ammonium stammt aus dem Abbau stickstoffhaltiger organischer Verbindungen (vor allem: Proteine). Der raschere Abbau der organischen Substanz durch optimierte Deponieentgasung führt entsprechend zu einem schnelleren Austrag von Ammonium. CSB ist ein Summenparameter für organische Substanz im Sickerwasser, dessen Aussagekraft begrenzt ist (auch in natürlichen Wässern kann der CSB z.B. durch Huminstoffe erhöht sein). Die organischen Substanzen, die zur CSB-Fracht beitragen, ändern sich im Laufe der Zeit zu eher reaktionsträgen Stoffen, die nur eine geringere Sauerstoffzehrung verursachen.

6 Konzept für eine zielführende Nachsorgestrategie

Aus den oben genannten Überlegungen lässt sich ein Konzept für eine zielführende Nachsorgestrategie entwickeln (vgl. Abbildung 6):

Bezeichnung der Phase	Betriebsphase		Nachsorgephase		Entlassung aus der Nachsorge
	Ablagerungsphase	Stilllegungsphase	Aktive Nachsorgephase		
		<i>Bioreaktor-Phase I</i>	<i>Bioreaktor-Phase II</i>	<i>Monitoring-Phase</i>	
Ziel der Maßnahmen		Aktivierung der anaeroben Abbaureaktionen	Aktivierung des aeroben Abbaus	Monitoring	
Maßnahmen: Deponiegas		Optimierte Gaserfassung; Tiefenabsaugung	Aerobisierung; Aktiv-Entgasung	Passiv-Entgasung	
Maßnahmen: Sickerwasser		Sickerwasser-Reinfiltration			
Maßnahmen: Abdichtung		Temporäre Oberflächenabdichtung		Endgültige Oberflächenabdichtung	

Abbildung 6: Schematisches Konzept der Phasen zur aktiven Deponiestilllegung und Nachsorge.

6.1 Bioreaktor-Phase I (anaerob)

Am Ende der Ablagerungsphase, in der Stilllegungsphase und in der frühen Nachsorgephase sollte die Deponie gezielt als anaerober Bioreaktor gefahren werden. Eine Deponie ist natürlich nur sehr begrenzt steuerbar, aber es gibt doch Möglichkeiten der positiven Beeinflussung des organischen Abbaus:

- Erhöhung des Feuchtegehalts des Deponiekörpers über Sickerwasser-Reinfiltration bzw. über eine bewusste Restdurchlässigkeit der temporären Oberflächenabdichtung,
- Erzielung eines Optimums an Gasaustrag mittels gezielt errichteter, selektiv verfilterten Gasbrunnen.

Das Ziel in dieser Phase besteht darin, den Austrag an Kohlenstoff aus der Deponie in Form von verwertbarem Deponiegas zu maximieren (= Aktivierung der anaeroben Abbaureaktionen). Als Zeitraum für die anaerobe Bioreaktor-Phase I können ca. 10 – 15 Jahre (gerechnet ab dem Ende der Ablagerung organischer Abfälle) veranschlagt werden.

6.2 Bioreaktor-Phase II (aerob)

Wenn die Deponie trotz optimierter Bedingungen (s.o.) nur noch Schwachgas liefert, sollte nicht schon auf Passiv-Entgasung umgestellt werden, sondern die Aktiv-Entgasung sollte mit geänderter Zielrichtung weiterbetrieben werden: Die Deponie sollte gezielt belüftet (aerobisiert) werden, damit die verbliebene organische Substanz durch den angesaugten Sauerstoff zu Kohlendioxid umgesetzt wird. Entscheidend hierfür ist eine im gesamten Deponiekörper wirksame Aktiv-Entgasung mit hohen Volumenströmen. Diese Phase sollte so lange aktiv geführt werden, bis der Deponiekörper im wesentlichen aerobisiert ist.

Das Ziel in dieser Phase besteht darin, über aerobe Abbauprozesse den Austrag an Kohlenstoff aus der Deponie auf hohem Niveau zu halten. Als Zeitraum für die aerobe Bioreaktor-Phase II können ca. 5 – 10 Jahre angesetzt werden.

6.3 Monitoring-Phase

Diese Phase entspricht der konventionellen Vorstellung der Nachsorgephase: Die endgültige Oberflächenabdichtung wird aufgebracht (in Abhängigkeit vom verbliebenen Rest-Gefährdungspotenzial des Deponiekörpers). Die Entgasung wird auf passiv umgestellt. Die erforderlichen Maßnahmen beschränken sich auf die Überwachung der Systeme. In Analogie zum Nachsorgezeitraum für Inertdeponien kann für die Monitoring-Phase ein Zeitraum von 10 Jahren angesetzt werden.

7 Schlussbemerkung

Wenn der Anspruch verwirklicht werden soll, die Umweltprobleme von heute nicht auf die nächste Generation zu verschieben, dann muss die Nachsorge von Altdeponien (Reaktordeponien) entsprechend zielstrebig angegangen werden. Die prognostizierten, langen Nachsorgezeiträume sind kein Naturgesetz, sondern entspringen der (änderungsbedürftigen) Auffassung, dass man die Siedlungsabfalldeponien in der Stilllegungsphase still liegen lässt.

Wichtigster Aspekt der aktiven Nachsorge ist die Entfrachtung der Deponien von reaktiver organischer Substanz. Das größte Potenzial liegt hier in einer Kombination von gezielter Befeuchtung mit konsequent betriebenen Gasabsaugung, die weit über den bisherigen Ansatz der Absaugung des „anfallenden“ Deponiegases hinausgeht: Die Deponie wird als Bioreaktor verstanden, der aktiv „gefahren“ wird.

Natürlich kann hier und heute keine Garantie dafür abgegeben werden, dass bei konsequenter Umsetzung der hier skizzierten Bioreaktor-Phasen tatsächlich nach 30 Jahren eine Entlassung aus der Nachsorge erfolgen kann. – Es lässt sich allerdings ziemlich sicher voraussagen, dass die heute noch überwiegend praktizierte, eher passive Art der Stilllegung und Nachsorge nicht zum gewünschten Ziel führen wird.

Ich stelle mir vor, dass die Stilllegung und Nachsorge von Deponien ähnlich angegangen wird wie die Sanierung von Altlasten über einen Sanierungsvertrag:

- Zunächst wird eine Bestandsaufnahme des jeweiligen Einzelfalles durchgeführt. Dabei werden die naturwissenschaftlichen Grundlagen (geologische, hydrologische und chemische Gegebenheiten), die vorhandenen technischen Einrichtungen (Abdichtungen, Sickerwasser- und Deponiegassysteme) und die ökonomischen Randbedingungen (Höhe der Rücklagen etc.) zusammengefasst und bewertet.
- Anschließend wird, ähnlich wie ein Sanierungsziel für eine Altlast, eine Zielbeschreibung für die Entlassung aus der Nachsorge (in Konkretisierung der Kriterien des §13(5) DepV) formuliert, die in einem Zeitraum von 30 Jahren realistisch erreichbar ist.
- Der wichtigste Schritt besteht anschließend darin, konkrete Schritte zur stufenweisen Erreichung dieses Zieles zu vereinbaren und so eine klare Perspektive für die Nachsorgephase zu entwickeln.

Entscheidend für den Erfolg wird sein, dass die Beteiligten (Deponiebetreiber, Fach- und Genehmigungsbehörden) sich ihrer gemeinsamen Verantwortung für die Zukunft bewusst werden, hergebrachte Denkstrukturen überwinden und bereit sind, von bisherigen Maximalpositionen zugunsten einer nachhaltigen Gesamtlösung abzurücken.

Die Deponiebetreiber und die Öffentlichkeit brauchen eine klare Perspektive für den Umgang mit Altdeponien in der Nachsorgephase. Die Kriterien des §13 (5) DepV für die Entlassung aus der Nachsorge stellen einen Anhaltspunkt dar, sie bedürfen aber der Konkretisierung und der Umsetzung in die Praxis und in den Vollzug.

Die technischen Möglichkeiten zur Beschleunigung des organischen Abbaus in Hausmülldeponien sind im Grundsatz bekannt (Sickerwasser-Rückführung; optimierte Gasabsaugung; Aerobisierung) und werden mit zunehmender Tendenz eingesetzt. Es kommt nun darauf an, diese Verfahren verstärkt in die Genehmigungspraxis einzubeziehen, großmaßstäblich einzusetzen und zielgerichtet weiterzuentwickeln, damit das Deponiezeitalter nach 30 Jahren tatsächlich seinem Ende zugehen wird.

8 Literatur

Bachofner, A. & J. Kanitz (2005): Deponien – Aerobe Stabilisierung mit dem A3-Verfahren. – Tagungsband, VBSA-Tagung (Schweiz), 2005.

- Bauer, P. & S. Meisinger (1999): Infiltration von Deponiesickerwasser. Ein Verfahren zur Optimierung von biologischen Umsetzungsvorgängen in abgedichteten Deponien. – Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis, Bd. 114. Berlin (E. Schmidt).
- Bauer, P. & S. Meisinger (2006): Erfahrungen aus dem Betrieb von Sickerwasser-Infiltrationsanlagen. – in: Henken-Mellies (Hrsg.): Tagungsband 17. Nürnberger Deponieseminar, Veröffentlichungen des LGA-Grundbauinstituts, Heft 85, S. 193 – 207.
- Drees, K. (2001): Deponiebewässerung – Ergebnisse und Konsequenzen. – Müll und Abfall 4/2001, S. 216 – 220.
- Finsterwalder, K. (2001): Kriterien für die Beendigung der Nachsorge von Deponien nach TA-Siedlungsabfall – Berechnungen mit dem System DESi. – in: Bay. LfU-Fachtagung „Deponien im Wandel der aktuellen Gesetzgebung“, Augsburg.
- GDA-Empfehlung E 2-18 (überarbeitete Version 2005): Geotechnische Belange der Deponieentgasung. – Bautechnik Bd. 82 (2005), S. 576 – 581.
- Henken-Mellies, W.U. (2006): Kombinationsabdichtungen in Oberflächenabdichtungssystemen. – Tagungsband, DGGT-Status-Workshop „Anforderungen an Oberflächenabdichtungssysteme“, Höxter, 12/2006.
- Henken-Mellies, W.U. & W.P. Bauer (2005): Siedlungsabfalldeponien: Entlassung aus der Nachsorge nach 30 Jahren? – Müll und Abfall 8/05, S. 388 – 391.
- Heyer, K.-U., K. Hupe, A. Koop & R. Stegmann (2005): In situ Stabilisierung von Deponien durch Belüftung und Übersaugung. – Bayerische Abfall- und Deponietage 2005, Tagungsband.
- Kanitz, J. & J. Forsting (2003): Aerobisierung von Siedlungsabfalldeponien - Maximaler Austrag organischen Kohlenstoffs durch optimale Umsetzung des eingetragenen Luftsauerstoffes - Einsatz des A3-Verfahrens zur in-situ-Stabilisierung. – in: Tagungsband 14. Nürnberger Deponieseminar; Veröffentlichungen des LGA-Grundbauinstituts, Heft 81, S. 207 – 220.
- Kanitz, J. (2004): Innovative Deponie-Entgasungskonzepte – energetische Nutzung und Aerobisierung. - in: Tagungsband 15. Nürnberger Deponieseminar; Veröffentlichungen des LGA-Grundbauinstituts, Heft 82, S. 131 – 146.
- Krümpelbeck, I. & Ehrig, H.-J. (1999): Abschätzung der Restemissionen von Deponien in der Betriebs- und Nachsorgephase auf der Basis realer Überwachungsdaten. - Abschlussbericht BMBF-Förderkennzeichen 1471067, Wuppertal.
- Stegmann, R. et al. (2006): UFOPLAN-Förderkennzeichen 204 34 327: „Deponienachsorge – Handlungsoptionen, Dauer, Kosten und quantitative Kriterien für die Entlassung aus der Nachsorge“

Anschrift des Autors:

Dr. sc. nat. Ulrich Henken-Mellies
LGA Bautechnik GmbH – Grundbauinstitut
Tillystraße 2
90431 Nürnberg
wolf-ulrich.henken-mellies@lga.de
(0911) 655 55 87