

Umsetzungsverhalten von organischen Deponieinhaltsstoffen in gefluteten Deponien

Bearbeitung: Technische Universität Dresden

Institut für Abfallwirtschaft und Altlasten

Dresden, am 4. November 1998

1 Veranlassung und Ziele des Forschungsvorhabens

Stillgelegte Tagebaurestflächen im Lausitzer Braunkohlerevier wurden in der Vergangenheit aufgrund ihrer geringen ökologischen Qualität zur Deponierung von Siedlungsabfällen genutzt. Es entstanden, meist in Siedlungsnähe, kleinere ungeordnete Deponien, die nur zum Teil mit mineralischen Basisabdichtungen ausgestattet wurden. Die besondere Gefährdung dieser Standorte (sandiger Untergrund, zukünftiger Grundwasseranstieg) wurde nicht berücksichtigt. Die Deponie Bergen im stillgelegten Tagebau Spreetal-Nordost ist mit einer über den Zeitraum von 26 Jahren abgelagerten Menge von ca. 1,1 Mio m³ die größte Deponie im ehemaligen Lausitzer Braunkohlerevier.

Der einsetzende Grundwasserwiederanstieg nach Außerbetriebnahme der Entwässerungseinrichtungen führt zur Flutung der Restlöcher und somit auch der Abfallablagerungen. Dabei kommt der Deponiekörper mit dem für die Gegend typischen Grundwasser in Kontakt. Dieses Grundwasser weist infolge der Pyritverwitterung geringe pH-Werte, eine hohe Acidität und hohe Konzentrationen an gelösten Eisen- und Schwefelverbindungen auf. Der entstehende Restsee Spreetal-Bluno wird wegen des hohen Anteils von Kippengrundwasser am Flutungswasser einen sehr niedrigen pH-Wert von < 3 und ein hohes Versauerungspotential aufweisen. Die Zeitdauer bis zur Erreichung einer guten Wasserqualität (pH-Wert > 6) kann grob mit > 50 Jahren abgeschätzt werden. Die Einstellung eines sauren Milieus im gefluteten Deponiekörper mit Konsequenzen für die Lösungsbedingungen von Deponieinhaltsstoffen und die Mobilisierung von Schadstoffen kann nicht ausgeschlossen werden.

Das **Ziel der Untersuchungen** im Rahmen des Forschungsvorhabens bestand darin, die (insbesondere organischen) **Stoff- und Schadstoffpotentiale** einer Siedlungsabfalldeponie und deren Veränderung über die Lagerzeit sowie die über den Gas- und Wasserpfad mobilisierbaren **Emissionspotentiale** zu untersuchen. Das daraus resultierende **Gefährdungspotential** einer gefluteten Deponie für Mensch, Grundwasser und Atmosphäre sollte beschrieben und mit dem einer ungesättigten, mit Regenwasser in Kontakt stehenden „Normaldeponie“ verglichen werden.

2 Versuchsmethodik

2.1 Feststoffuntersuchungen

Als Untersuchungsmaterial wurde Deponiematerial einer ostdeutschen Landkreisdeponie gewonnen, auf der DDR-Altabfälle und nach 1990 verbrachte Abfälle übereinanderlagern. Um das Stoffpotential zu bestimmen, erfolgte eine Klassierung und Sortierung des Deponiematerials.

Vor und nach den Deponiesimulationsversuchen wurden am Abfallfeststoff Elementaranalysen durchgeführt sowie die Parameter Glühverlust, TC, TOC, TIC und TKN bestimmt. Außerdem erfolgten Untersuchungen zur Säureneutralisationskapazität und zur Atmungsaktivität des Deponiematerials.

2.2 Elutionsuntersuchungen

Zur Bestimmung des Auslaugverhaltens und der über den Sickerwasserpfad maximal mobilisierbaren Emissionen erfolgten Elutionsuntersuchungen nach DIN 38 414 Teil 4 sowie daran angelehnte Mehrfachelutionen. Die Einfachelutionen wurden im Anschluß an die Deponiesimulationsversuche wiederholt.

2.3 Deponiesimulationsversuche

Um das Umsetzungsverhalten von Deponieinhaltsstoffen unter den Bedingungen der Flutung zu simulieren und mit dem bei ungesättigten Verhältnissen zu vergleichen, wurde eine Mischprobe des gewonnenen Deponiematerials über einen Zeitraum von 7,5 Monaten in Deponiesimulationsreaktoren (DSR) untersucht. In diesen Reaktoren (dargestellt in Abbildung 1) können anaerobe Verhältnisse eingestellt werden, Temperatur und Wassergehalt können variiert werden.

Es wurden folgende Betriebsregimes eingestellt:

- DSR GD 1, GD 2, GD 3: Schneller Einstau (damit Abkühlung auf 10 °C), später Wiedererwärmung auf 25 °C,
- DSR GD 4, GD 5, GD 6: Langsamer Einstau und Abkühlung auf 10 C, keine Wiedererwärmung,
- DSR GD 0: Simulation von ungesättigten, optimalen Deponiebedingungen (Temperatur: 35 °C, Wassergehalt: 35 %)

Die Deponiesimulationsreaktoren GD 1-6 wurden mit Grundwasser vom Anstrom der Deponie Bergen, DSR GD 0 wurde mit Regenwasser betrieben. Es erfolgte ein Wasseraustausch von 5 Litern pro Woche.

2.4 Übertragung der Versuchsergebnisse auf reale Verhältnisse

Anhand der im Sickerwasser der DSR bestimmten Konzentrationen und der durchgesetzten Wassermengen wurden Stofffrachten ermittelt und auf ihrer Grundlage Emissionspotentiale für ausgewählte Parameter berechnet.

Anhand der für die Deponie Bergen und den anstehenden Grundwasserleiter bekannten bzw. geschätzten Randbedingungen wurde ein der Versuchszeit im DSR entsprechender realer Zeitraum auf der Deponie abgeschätzt. Daraufhin werden Aussagen zum Gefährdungspotential einer gefluteten Deponie getroffen.

3 Zusammenfassung der Ergebnisse

3.1 Feststoffuntersuchungen

- Das Deponiealtmaterial kann in seiner Zusammensetzung und Korngrößenverteilung als typisch für ostdeutsche Altdeponien charakterisiert werden, auf denen nach 1990 weiter Abfall abgelagert wurde.
- Die Werte der Feststoffparameter Gesamt-Kohlenstoff, Gesamt-Stickstoff, TKN, Glühverlust und TOC sind denen von ostdeutschen reinen Altdeponien vergleichbar und liegen deutlich unter denen westdeutscher Altdeponien. Durch die DSR-Versuche war eine Verringerung der Werte in Abhängigkeit von der Temperatur und der damit verbundenen Intensität der Umsetzungs- und Lösungsprozesse bedingt.
- Der Gehalt des Deponiematerials an Gesamt-Schwefel erhöhte sich durch die DSR-Versuche wegen der Fixierung von Metallsulfiden (v.a. FeS).
- Die Belastung des Deponiematerials mit organischen Schadstoffen war gering, es wurden lediglich relevante Konzentrationen an Mineralölkohlenwasserstoffen gefunden.
- Die Säureneutralisationskapazität des Deponiematerials erwies sich als sehr hoch. Unter den für die Übertragung auf reale Verhältnisse angenommenen Bedingungen kann abgeschätzt werden, daß sich im Deponiekörper bis zur Erreichung eines moderaten pH-Wertes im umgebenden Restsee kein saures pH-Milieu einstellen wird.
- Die Atmungsaktivität (aerobe biologische Aktivität) des Deponiematerials erhöhte sich durch die DSR-Versuche. Die Wassersättigung führte zum Aufschluß schwer abbaubarer Inhaltsstoffe, die einem aeroben Abbau dann zur Verfügung standen.

3.2 Elutionsuntersuchungen am Deponiealtmaterial

- Die Ergebnisse der DEV S4-Einfachelution charakterisierten das Deponiealtmaterial als gering belastet. Die Eluatkonzentrationen überschritten bis auf wenige Parameter nicht die Grenzwerte der TA Siedlungsabfall für Deponieklasse I, die Grenzwerte für Deponieklasse II wurden nicht erreicht.
- Auf der Grundlage von Mehrfachauslaugungen wurden maximal auslaugbare Stoffpotentiale für CSB, TOC und TKN ermittelt. Diese lagen geringfügig höher als die für eine ostdeutsche reine Altdeponie ermittelten, aber sehr deutlich unter denen westdeutscher Altdeponien.
- Der Vergleich der Eluate an Einbau- und Ausbaumaterial der DSR verdeutlichte die Auslaugung (Leitfähigkeit, Ionen, TKN) bzw. die sehr langfristige Umsetzung (CSB, DOC) von Deponieinhaltsstoffen.
- Der Einfluß des Betriebsregimes der DSR spiegelte sich in den Eluatkonzentrationen wider. Höhere Temperaturen in Verbindung mit Wassersättigung in den DSR führten zu einem stärkeren „Aufschluß“ des Deponiematerials und zu höheren Eluatkonzentrationen des Ausbaumaterials. Fand ein solcher „Aufschluß“ wegen geringer Temperatur nicht statt, war der im Ausbaumaterial verbliebene Pool an C, N und TOC der Elution nicht zugänglich.

3.3 Langzeitversuche in Deponiesimulationsreaktoren

- Als wesentliche Einflußfaktoren auf die Umsetzungs- und Auslaugungsprozesse und somit auf die Emissionen der Deponie wurden Temperatur, Wassergehalt des Depo-

niematerials sowie Eintrag von gelösten Stoffen und Acidität durch das Grundwasser deutlich.

- Die anaerobe Umsetzung abbaubarer organischer Substanz zu Methan und Kohlendioxid wird hauptsächlich durch die Temperatur im DSR beeinflusst, bei einer Temperatur von 10 °C kam die Bildung von Deponiegas praktisch zum Erliegen. Die Wassersättigung stellt keine Behinderung der Gasproduktion dar. Die abbaubare organische Substanz wird „konserviert“ und bei wieder erhöhten Temperaturen von 20 °C von Mikroorganismen weiter umgesetzt.
- Die Sickerwasserkonzentrationen lagen insgesamt im Bereich von DSR-Versuchen mit Deponiematerial ostdeutscher Altdeponien und deutlich unter denen, die bei DSR-Versuchen mit westdeutschem Deponiealtmaterial erreicht wurden.
- Die Belastung des Sickerwassers mit Schwermetallen und organischen Schadstoffen (lipophile Stoffe, leichtflüchtige organische Stoffe, Tetrachlorethen, Dichlormethan, BTX, PAH, PCB) war entsprechend der Belastung des Abfallfeststoffs sehr gering. Die Mineralölkohlenwasserstoffe wurden aus den DSR nicht ausgetragen.
- Die Konzentrationen der über Summenparameter erfaßten organischen und anorganischen löslichen Deponieinhaltsstoffe (CSB, TOC, DOC, Leitfähigkeit, TKN) im Sickerwasser waren von Temperatur und Wassergehalt abhängig. Höhere Temperaturen bedingten eine höhere Löslichkeit, der Wassereinstau optimale Lösungsbedingungen. Eine Verbindung beider Effekte führt zu den höchsten Konzentrationen im Sickerwasser.
- Die Zugabe von Grundwasser beeinflusste die Leitfähigkeit des Sickerwassers sowie die Konzentrationen an Chlorid, Sulfat, Natrium, Kalzium und Magnesium.
- Das mit dem Grundwasser eingetragene Sulfat wurde in Abhängigkeit von der Temperatur mikrobiell reduziert. Es wurde zum größten Teil als Eisenmonosulfid fixiert bzw. als H₂S emittiert.
- Die Säurekapazität 4,3 des Sickerwassers wurde überwiegend durch die Lösung von Karbonaten aus dem Deponiematerial gebildet, ein geringerer Anteil des gebildeten Hydrogenkarbonats entstand durch biologische Umsetzung organischen Materials.

3.4 Ermittlung von Stofffrachten und Emissionspotentialen

- Die Berechnung der Stofffrachten und die Bestimmung von Emissionspotentialen erfolgt anhand der in den DSR durchgesetzten Wassermengen. Eine zeitliche Raffung der Vorgänge in der Deponie (Verhältnis Wasserdurchsatz im DSR – Wasserdurchsatz in der Deponie) ist für leicht lösliche Inhaltsstoffe, die vorrangig ausgelaugt werden, ohne weiteres möglich. Biologische Abbauprozesse lassen sich durch Einstellung optimaler Bedingungen hinsichtlich Temperatur und Wassergehalt im DSR um das 3- bis 5fache beschleunigen.
- Die Abschätzung des realen Zeitraums auf der Deponie, der mit dem DSR-Versuch simuliert wurde, erfolgte auf der Grundlage des Wissenstandes über Grundwasserströmungsverhältnisse und hydraulische Randbedingungen der Deponie und des Grundwasserleiters. Es wurde ein Zeitraum von ca. 70 Jahren bestimmt.

4 Beschreibung des Gefährdungspotentials einer gefluteten Deponie

Aus den Ergebnissen der Feststoff- und Elutionsuntersuchungen sowie aus den prognostizierten vergleichsweise geringen Emissionspotentialen von Sickerwasser und Deponiegas läßt sich insgesamt ein geringes Gefährdungspotential der gefluteten Deponie ableiten, das dem einer ostdeutschen „Normaldeponie“ im ungesättigten Bereich vergleichbar ist.

Unterschiede zwischen gefluteter Deponie und Normaldeponie ergeben sich in den Emissionspfaden für organische Deponieinhaltsstoffe. Während der Austrag abbaubarer organischer Substanz in einer „Normaldeponie“ zu über 90 % über den Gaspfad erfolgt, kann organische Substanz in einer gefluteten Deponie bei Grundwassertemperatur fast ausschließlich über den Wasserpfad ausgetragen werden.

Da die Wasserlöslichkeit ebenfalls temperaturabhängig ist, kommt es zu einer Konservierung der organischen Deponieinhaltsstoffe, sie werden langsamer ausgetragen als aus einer Normaldeponie. Die Alterungsprozesse organischer Stoffe (bekannt z.B. für PAK) bzw. die Bildung von Residualfraktionen führt zur Fixierung eines Teils der organischen Inhaltsstoffe am Deponiematerial, so daß der Austrag durch das Grundwasser geringer sein wird als in den DSR-Versuchen ermittelt.

Die Erwärmung einer gefluteten Deponie durch die Erwärmung des umgebenden Restsees (es wurde nicht untersucht, inwieweit dies in der Realität möglich ist) würde zu verstärkten Gas- und Sickerwasseremissionen führen, die denen einer Normaldeponie nahe kommen.

Das Gefährdungspotential gefluteter Deponien wird wesentlich von der Säureneutralisationskapazität des Deponiematerials beeinflusst. Ist diese nicht groß genug, um bis zur Erreichung moderater pH-Werte im Restsee das saure Grund- bzw. Restseewasser zu puffern, so kann sich im Deponiekörper ein saures Milieu einstellen. Dies würde Lösungs- und Mobilisierungsprozesse von Deponieinhaltsstoffen beeinflussen. Nach den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchungen ist eine Erschöpfung der Säureneutralisationskapazität des Deponiematerials in ca. 70 Jahren nicht zu erwarten.