

Optimierungsversuche zur Verbesserung der Entgasung bestehender Reaktordeponien mit dem Ziel der Inertisierung

Pamela Holweg, Klaus Cord-Landwehr, Myriam Müller

Fachhochschule Nordostniedersachsen,

FB Bauingenieurwesen (Wasserwirtschaft und Umwelttechnik)

1 Einleitung

Im Rahmen eines von der Arbeitsgruppe Innovative Projekte beim Ministerium für Wissenschaft und Kultur des Landes Niedersachsen geförderten Forschungsvorhabens wurden Optimierungsversuche zur Verbesserung der Entgasung bestehender Reaktordeponien mit dem Ziel der Inertisierung durchgeführt. Das Vorhaben wurde im Zeitraum vom 01.08.1999 bis 30.11.2001 gefördert. Seit 1.12.2001 wird es ohne externe Förderung betrieben. Die Veranlassung für die Untersuchung waren bereits erfolgte und bevorstehende Schließungen einer Vielzahl von Deponien, in die unbehandelte Siedlungsabfälle eingebaut wurden. Die Deponierung von Restmüll mit einem derartig hohen Anteil an Organik ist spätestens ab 2005 entsprechend der TA SIEDLUNGSABFALL (1993) und der DEPONIEVERORDNUNG (2002) unzulässig. Es stellt sich die Frage, wie mit diesen Deponien nach Betriebsschluss verfahren werden soll. Entsprechend der TA Siedlungsabfall ist nach Deponieabschluss eine Oberflächenabdichtung bzw. eine temporäre Abdeckung auf den Deponiekörper aufzubringen. Durch beide Maßnahmen wird der Eintritt von Niederschlagswasser in den Deponiekörper, mit dem Ziel der Sickerwasserminimierung verhindert. Gleichzeitig wird die Fließbewegung des Wassers stark eingeschränkt. Bedingt durch das fehlende Löse- und Transportmittel Wasser wird die biologische Aktivität ebenfalls eingeschränkt bzw. kommt ganz zum Erliegen. Da das biologische Potential in dem Deponiekörper erhalten bleibt, kommt es bei Schäden am Dichtungssystem und damit verbundenem Wassereintritt zur Aktivierung der biologischen Vorgänge und damit zu Gas- und Sickerwasserbildung. Gegenstand des Forschungsvorhabens ist die gezielte Befeuchtung des Deponiekörpers mit dem Ziel der Inertisierung. Dabei stehen folgende Ziele am Ende der Inertisierung im Vordergrund: Ein reaktionsarmer Deponiekörper, ein sackungs- und setzungsarmer Deponiekörper und eine verstärkte Deponiegasbildung und damit verbesserte Nutzung. Entsprechend den Empfehlungen der LAGA - ARBEITSGRUPPE INFILTRATION VON WASSER IN DEN DEPONIEKÖRPER UND OBERFLÄCHENABDICHTUNGEN UND –ABDECKUNGEN (1999) ist der Deponiekörper zur Aktivierung der biologischen Abbauvorgänge durch Zugabe von Wasser, gereinigtem oder ungereinigtem Sickerwasser zu befeuchten. Allerdings sind in der Empfehlung auch Randbedingungen genannt, die im Zusammenhang mit der Infiltration von

Wasser erfüllt werden müssen, z.B. das Vorhandensein einer Basisabdichtung entsprechend der TA Siedlungsabfall. Im Rahmen des Vorhabens wird untersucht, welche Infiltrationsrate für die Inertisierung des Deponiekörpers erforderlich ist. Schließlich soll eine möglichst geringe Sickerwassermenge produziert werden, da die Behandlung des Sickerwassers Kosten verursacht.

2 Testzellenversuche

2.1 Ziel

Es wird unter definierten Randbedingungen untersucht, welchen Einfluss die infiltrierte Wassermenge auf den anaeroben Umsetzungsprozess im Deponiekörper hat. Dabei stellt der Inhalt der Testzelle nur ein Element des Deponiekörpers dar. In diesem Vorhaben ist es ein Element aus den oberen Schichten der Deponie, wo sich junger Müll befindet. Dieser unterscheidet sich von dem älteren Material aus den unteren Schichten nicht nur durch den geringeren Abbaugrad, sondern auch durch die Zusammensetzung. Einen wesentlichen Einfluss auf die Müllzusammensetzung hat das System der Wertstoffsammlung und das Konsumverhalten der Bürger. In diesem Vorhaben wird das Abbauverhalten des jungen Mülls betrachtet, da in Kürze eine Vielzahl von Deponien den Betrieb einstellen, die sich zur Zeit noch in Betrieb befinden, in die also noch Restmüll eingebaut wird.

2.2 Durchführung der Versuche

2.2.1 Technische Einrichtungen zur Durchführung der Testzellenversuche

Die Versuchsreaktoren (hier Testzellen genannt) wurden bereits im Rahmen des BMFT-Forschungsprojektes „Stabilisierung von Mülldeponien durch eine Sickerwasserkreislauf-führung“ (CORD-LANDWEHR, 1986) eingesetzt. Es handelt sich um die in Abbildung 1 dargestellten 1,80m hohen Stahlzylinder mit einem Durchmesser von 1,50m. Von den 3,2m³ Volumen können nur 2,4m³ für den Einbau des Restmülls genutzt werden, da im oberen Teil der Testzelle noch Platz für die Installation des Bewässerungssystems benötigt wird. Das Bewässerungssystem besteht aus einer Unterwasserpumpe, einem Zuleitungsschlauch und dem Rundsprenger im oberen Teil des Reaktors. Der Boden der Testzelle hat zur besseren Ableitung des Sickerwassers ein Doppelgefälle von 4%. Zwischen Ablaufstutzen und Sickerwassersammeltank befindet sich ein Siphon, der einen Luftzutritt bzw. Gasaustritt verhindern soll. Die Testzellen wurden auf einem 60cm hohen Unterbau gesetzt. Diese Anordnung ermöglicht eine Sickerwasserableitung im Freigefälle.



Abbildung 1 Blick auf die Testzellen

Die Gasableitung erfolgt über einen Schlauch, der den gasdicht verschlossenen Deckel mit der Gasmengenmessung verbindet. Die Gasmessung wird mit Laborgasuhren durchgeführt. Da deren Messgenauigkeit durch Feuchtigkeit beeinträchtigt wird, ist eine Trocknung des zu 100% mit Wasser gesättigten Deponiegases über eine Kühlung auf ca. 6°C und anschließendem Durchströmen von mit Blaugel gefüllten Säulen erforderlich. Die Gassammelleitungen sind mit Dreiwegehähnen zur Beprobung des Gases ausgestattet. Zur optischen Unterscheidung wurden die Testzellen Blau, Gelb und Rot und gestrichen.

2.2.2 Einbau des zu untersuchenden Materials in die Testzellen

Der Restmüll wurde aus dem Sammelgebiet Suderburg mit einem zehn Tonnen fassenden Drehtrommelfahrzeug vor der Laborhalle entladen. Während des Transportes und anschließend für 10 Minuten vor dem Entladen wurde das Material in der Drehtrommel durchmischt. Das Material stammte aus einem dörflichen Gebiet mit überwiegender Einfamilienhausbebauung. Der Landkreis Uelzen als zuständige Abfallbeseitigungsbehörde fährt den Abfall in 14-tägigen Abständen ab. Parallel dazu wird mit einem gesonderten Fahrzeug Papier gesammelt. Im Wechsel dazu wird Bioabfall (grüne Tonne) vom Landkreis und DSD-Gut (gelber Sack) von einer Privatfirma eingesammelt. Für Altglas stehen im Bringsystem Glascontainer zur Verfügung. Damit verfügt der Land-

kreis über ein optimales Wertstoff- und Abfallsammelsystem mit hoher Sammelleistung. In die blaue, gelbe und rote Testzelle wurde der Restmüll wie folgt eingebaut: Das Material wurde in 240l fassende Mülltonnen eingewogen und in die Testzellen gefüllt. Die Verdichtung wurde schichtenweise mit einem Wackerstampfer vorgenommen. Zum Abschluss wurde der Abstand zwischen Oberkante der Testzelle und der Oberkante des eingebauten Restmülls gemessen. Die Ergebnisse des Befüllvorganges sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Tabelle 1 Füllergebnisse für die Testzellen mit Hausmüll

Testzelle	Füllmenge kg	Volumen m³	Verdichtung m³/t	Abstand OK Testzelle zu OK Restmüll m
Blau	1615,3	2,243	0,72	0,48
Gelb	1682,6	2,243	0,75	0,48
Rot	1565,1	2,349	0,67	0,42

Die erzielte Verdichtung ist durchaus mit der Verdichtung auf Betriebsdeponien vergleichbar.

Während der Befüllung der Testzellen wurden Feststoffproben genommen. Es wurde Wassergehalt, Glühverlust, AT₄ und GB₂₁ gemessen. Das Ergebnis der Untersuchung ist Tabelle 2 zu entnehmen.

Tabelle 2. Ergebnis der Feststoffuntersuchung des Restmülls

Parameter	Einheit	Messergebnis
Trockenrückstand	Gew.-%	57
Wassergehalt	Gew.-%	43
Glührückstand	Gew.-%	57
AT 4 (aus der Fraktion <10mm)	Norm l/ kg TS	156
GB 21 (aus der Fraktion <10mm)	Norm l/ kg TS	78,9

Zur Ermittlung des Einflusses der unterschiedlichen Infiltrationsraten auf den Feststoff, wird zum Versuche nach Ausbau des Restmülls eine weitere Feststoffuntersuchung durchgeführt.

Nach dem Einbau des Restmülls wurden die Testzellen verschlossen.

2.2.3 Versuchsdurchführung

Zur Bewässerung wurde gereinigtes Sickerwasser der Sickerwasserbehandlungsanlage in Borg verwendet. Dort wird das Rohsickerwasser zunächst in einer biologischen Reinigungsstufe (Nitrifikation mit vorgeschalteter Denitrifikation) und nach Passieren eines Sandfilters in Aktivkohleabsorbern behandelt.

Bis zum Erreichen der stabilen Methanphase wurden die mit Restmüll befüllten Testzellen mit 1,6l/ d bewässert. Während der Versuche zeigte es sich, dass sich die Testzellen nach 634 Versuchstagen noch in der Versäuerungsphase befanden. Zur Beschleunigung des biologischen Prozesses wurde dann mit der doppelten Wassermenge bewässert. Nach Erreichen der stabilen Methanphase wurde in der gelben Testzelle die Bewässerung eingestellt, in Testzelle Blau wurde die Bewässerungswassermenge auf 0,8l/ d und in der roten Testzelle auf 0,4l/ d reduziert. Während der gesamten Versuchsdauer erfolgte täglich die Messung der Parameter Gasmenge, Luftdruck, Raumtemperatur und Gastemperatur. Im Abstand von 2 bis 4 Wochen (je nach Sickerwassermenge) wurde die Sickerwassermenge in den Sammel tanks durch Wiegen gemessen, Proben entnommen und die Sickerwassersammel tanks entleert. Parallel dazu wurden auch Gasproben entnommen. Die Untersuchung der Proben umfasste folgenden Parameterumfang: pH-Wert, spezifische elektrische Leitfähigkeit, CSB, BSB₅, wasserdampf flüchtige organische Säuren, TKN und NH₄-N. Im Rahmen dieses Vortrages steht die Kohlenstoffentwicklung, hier der CSB, im Vordergrund. Die Gasuntersuchung konzentrierte sich auf CO₂, CH₄, N₂, H₂ und O₂.

2.3 Auswertung der Testzellenversuche mit Hausmüll

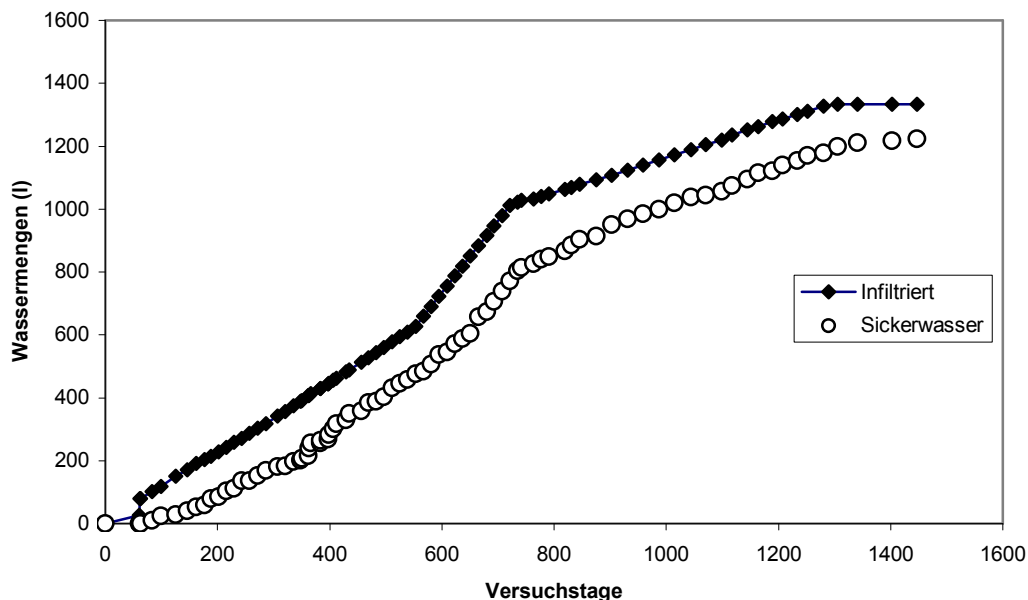
2.3.1 Sickerwasserentwicklung in Abhängigkeit von der infiltrierten Wassermenge

Es war zunächst geplant die Testzellen bis zum Erreichen der stabilen Methanphase mit 1,6l/ d (300mm/ a) gereinigtem Sickerwasser zu bewässern. Nachdem die Methanphase nach 634 Versuchstagen noch nicht eingetreten war, wurden die Infiltrationsraten zum verstärkten Austrag der organischen Säuren auf 3,2l/ d (600mm/ a) erhöht. Es wurde vermutet, dass die hohe Konzentration an organischen Säuren die Methanbakterien hemmte. Die Testzellen Blau und Rot wurden vom 807. bis 1384. Versuchstag mit reduzierten Wassermengen beschickt. Die tägliche Infiltrationsmenge für Testzelle Blau betrug 0,8l (150mm/ a) und Testzelle Rot mit 0,4l/ d (75mm/ a). Am 1385. Versuchstag wurde die Bewässerung der Testzellen Rot und Blau eingestellt. Testzelle Gelb erreichte die stabile Methanphase nach 867 Tagen. Am 930. Versuchstag wurde die Bewässerung eingestellt. Die während des gesamten Versuchszeitraumes von 1563 Tagen infiltrierten Wassermengen und Sickerwassermengen sind Tabelle 3 zu entnehmen.

Tabelle 3. Summen der Infiltrationswassermengen und Sickerwassermenge

Testzelle	Infiltrierte Wassermenge (l)	Sickerwassermenge (l)	Differenz (l)
Blau	1061	866	195
Gelb	1226	1100	116
Rot	1033	838	195

In Testzelle Gelb wurde insgesamt die größte Wassermenge infiltriert, da sich die stabile Methanphase 60 Tage später als in Testzelle Blau und Rot einstellte. Wie bereits erläutert, wurde in dieser Zeit die doppelte Wassermenge infiltriert. Betrachtet man die in Abbildungen 2 bis 4 dargestellten Summenlinien des infiltrierten Wassers und des Sickerwassers der Testzellen, so ist zu erkennen, dass die infiltrierte Wassermenge die Sickerwassermenge unmittelbar beeinflusst. Während der Bewässerung mit 1,6 l/d lagen die Sickerwassermengen der Testzellen bei 71% (Testzelle Blau) bzw. 77% (Testzelle Gelb und Rot) der infiltrierten Wassermenge.

**Abbildung 2** Infiltrationsmenge und Sickerwassermenge Testzelle Blau

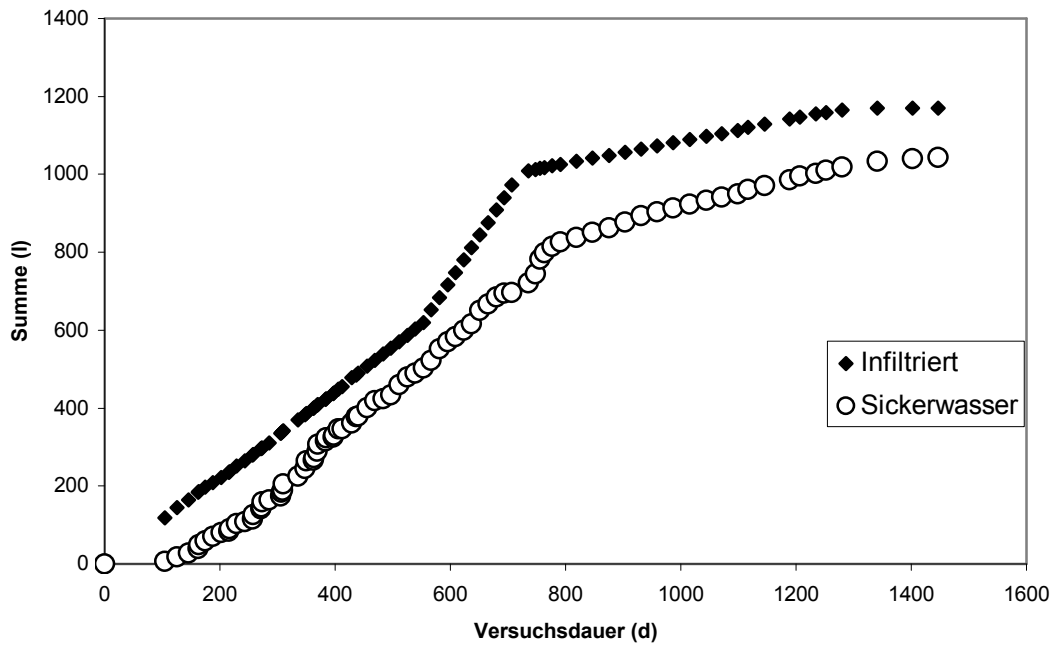


Abbildung 3 Infiltrationsmenge und Sickerwassermenge Testzelle Rot

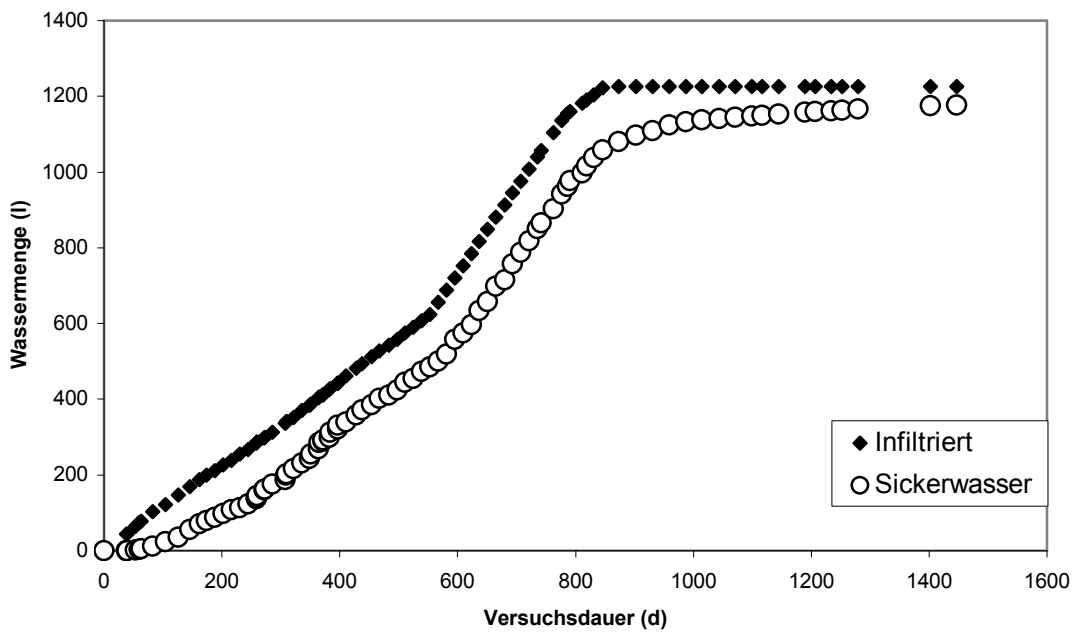


Abbildung 4 Infiltrationsmenge und Sickerwassermenge Testzelle Gelb

Während der Infiltration mit 3,2 l/ d wurde besonders in Testzelle Rot eine größere Wassermenge gespeichert. Aus diesem Grunde war die Sickerwassermenge in diesem Zeitraum mit 56% der infiltrierten Wassermenge verhältnismäßig gering. Die während der Versuchsphase mit reduzierten Infiltrationsmengen gebildeten Sickerwassermengen sind Tabelle 4 zu entnehmen.

Tabelle 4 Einfluss der reduzierten Infiltrationsraten auf die Sickerwassermengen

Testzelle	Infiltrationsmenge (l/ kg TS * d)	Sickerwassermenge (l/ kg TS * d)
Blau	0,0006	0,00066
Gelb	0	0,0001
Rot	0,0003	0,00039

In der Versuchsphase mit reduzierten Infiltrationsmengen wurde folgendes beobachtet: Testzelle Gelb, die in der letzten Versuchsphase nicht bewässert wurde, produzierte noch 79l Sickerwasser in 633 Tagen. Das entspricht 25mm/ a. bzw. 0,7m³/ ha*d.

Obwohl Testzelle Blau im Vergleich zu Testzelle Rot mit der doppelten Wassermenge beaufschlagt wurde, entstand nur die 1,85-fache Sickerwassermenge. Außerdem kann man Tabelle 4 entnehmen, dass die Sickerwassermenge in dieser Versuchsphase größer als die Infiltrationsmenge war.

2.3.2 Gasbildung

Die Entwicklung der Gaszusammensetzung über die gesamte Versuchsdauer wird hier am Beispiel der Testzelle Blau in Abbildung 5 dargestellt. In den Testzellen Gelb und Rot entwickelte sich die Gaszusammensetzung ähnlich.

In der ersten Hälfte des Versuchszeitraumes zeigte der Konzentrationsverlauf der Gase CO₂, CH₄, N₂ und H₂ die typischen Charakteristika der sauren Gärung und der anschließenden acetogenen Phase. Bis zum Versuche war die Gaszusammensetzung typisch für die stabile Methanphase. Anhand der Gaszusammensetzung kann man den Einfluss der reduzierten Infiltrationsraten nicht erkennen. Zum Ende des Versuches wurden noch ca.50 Vol % CH₄ in dem Gas der drei Testzellen gemessen.

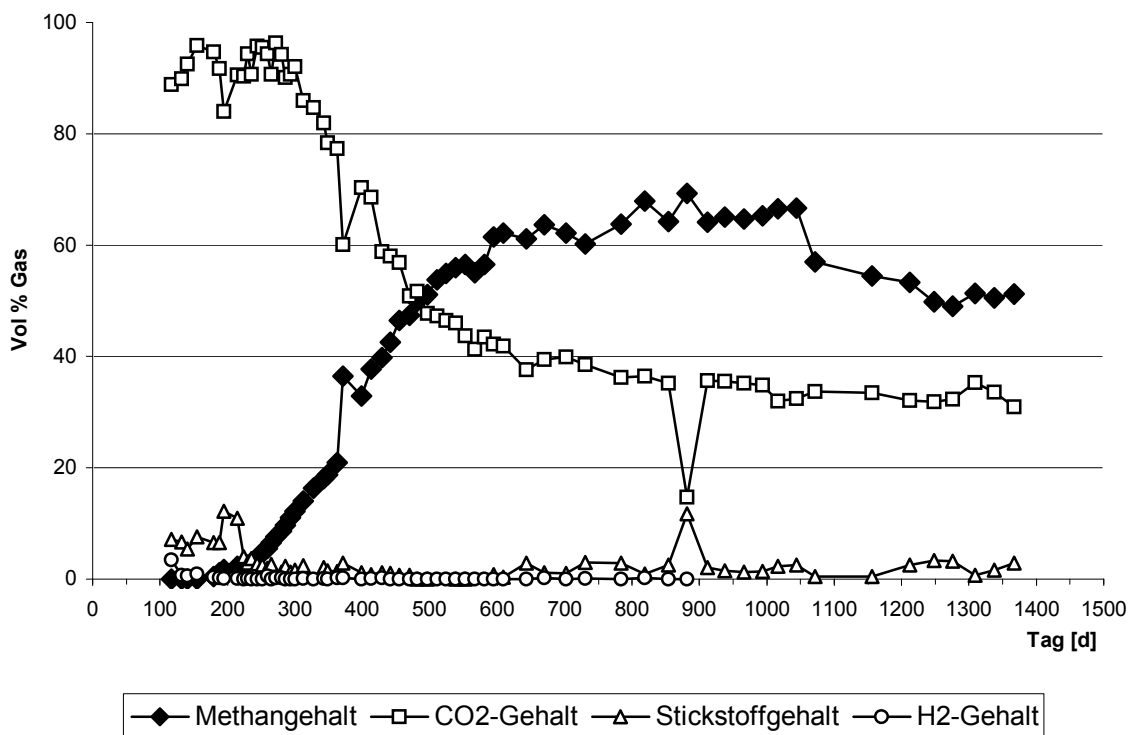


Abbildung 5 Entwicklung der Gaszusammensetzung

Die Gassummenlinien für den gesamten Versuchszeitraum sind in Abbildung 6 dargestellt.

Gassumme, Testzellen

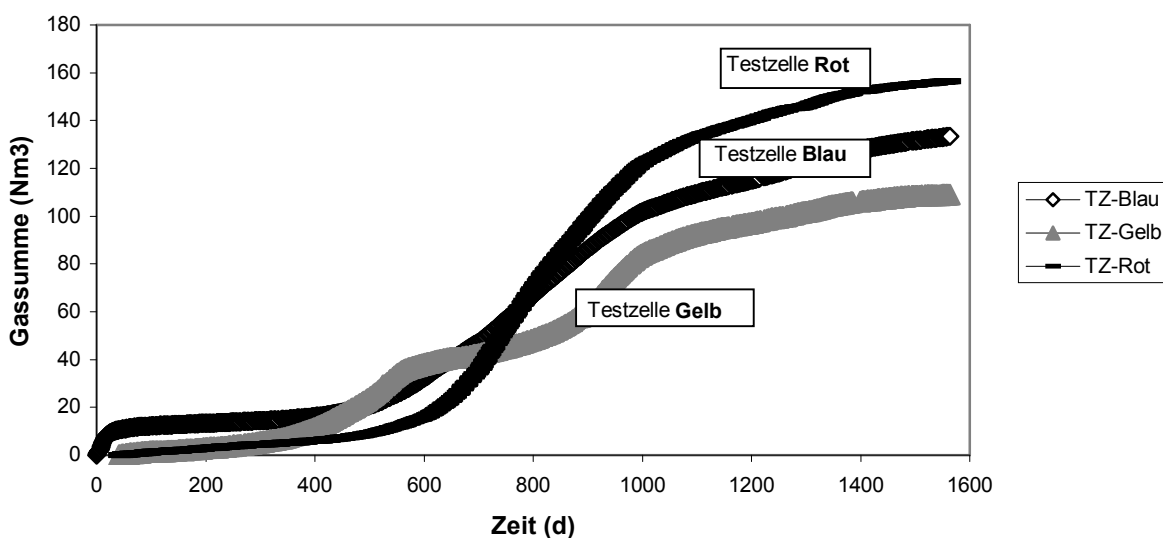


Abbildung 6 Entwicklung der Gasmenge während des gesamten Versuchszeitraumes

Im Gegensatz zur Gaszusammensetzung zeigten die Testzellen doch sehr unterschiedliche Gasmengenentwicklungen. Bis zum 600. Versuchstag verlaufen die Summenlinien der Testzellen Blau und Rot parallel. In den ersten Versuchstagen liegt die Gassummenlinie der Testzelle Blau über der Summenlinie der Testzelle Rot, da in Testzelle Blau in den ersten Versuchstagen größere Gasmengen produziert wurden. Bedingt durch eine wesentlich stärkere Gasentwicklung im Zeitraum vom 700. bis 1000. Versuchstag stieg die Gassumme der Testzelle Rot deutlich über die Gassumme der Testzelle Blau. Bis zum Versuchende verliefen die Summenlinien wieder nahezu parallel. Obwohl beide Testzellen bis zum 807. Versuchstag mit den gleichen Wassermengen beaufschlagt wurden, war die Gasbildung zeitweise sehr unterschiedlich. Auch die reduzierten Infiltrationsraten ab dem 807. Versuchstag wirkten sich nicht auf die Gasbildung aus. Die Testzelle Blau hatte in der Zeit vom 807. zum 1384. Versuchstag mit 0,11 Norm l / kg TS * d weniger Gas als die Testzelle Rot (0,15 Norm l/kg TS * d) produziert, obwohl die Testzelle Blau mit einer Infiltrationsrate von 0,8 l / d und Testzelle Rot nur mit 0,4 l / d beaufschlagt wurde. Der Verlauf der Gassummenlinie der Testzelle Gelb zeigt eine verstärkte Gasentwicklung zwischen dem 400. und 550. Versuchstag und dem 850. und 1000. Versuchstag. Ansonsten verläuft die Gassummenlinie flacher als die Summenlinien der Testzellen Blau und Rot. In der letzten Versuchsphase, d.h. ab dem 930. Versuchstag, führte die Einstellung der Bewässerung zum Rückgang der Gasentwicklung auf 0,06 Norm l / kg TS * d.

Tabelle 5 sind die spezifischen Gasmengen zu entnehmen, die während der Versuchsphase ohne Bewässerung produziert wurden.

Ab dem 1384. Versuchstag wurde die Infiltration auch in den Testzellen Blau und Rot eingestellt. Vergleicht man die Gasmengen dieses Zeitraumes, so stellt man fest, dass die Gasmenge der Testzelle Gelb, die in der Versuchsphase davor nicht bewässert wurde, die geringste Steigung hat. Testzelle Blau, die in der Versuchsphase davor mit der höchsten Wassermenge beaufschlagt wurde, hatte die größte Gasmenge produziert.

Tabelle 5 Gasproduktion nach Einstellung der Infiltration

Testzelle	Gasbildung (Normliter / kg TS*d)
Blau	0,036
Gelb	0,013
Rot	0,029

Der Kohlenstoffaustrag über den Gaspfad ist in Tabelle 6 aufgeführt. Der Berechnung des Kohlenstoffaustrages liegt zugrunde, dass mit 1,868 Normkubikmeter Gas 1kg Kohlenstoff ausgetragen wird.

Tabelle 6 Summe der über den Gaspfad ausgetragenen Kohlenstofffrachten

Testzelle	Gas (Norm m³)	Kohlenstoff (kg C)	Kohlenstoff (kg C/ kg TS)
Blau	133	71	0,077
Gelb	109	58	0,06
Rot	156	83	0,093

Die Summe des produzierten Gases und damit des ausgetragenen Kohlenstoffs über den Gaspfad während des gesamten Versuchszeitraumes steht in keinem Zusammenhang mit der infiltrierten Wassermenge. In Testzelle Gelb wurde die höchste Wassermenge (1100l) infiltriert und die geringste Gasbildung gemessen. In Testzelle Rot wurde eine geringere Wassermenge (838l) als in Testzelle Blau (866l) infiltriert. Trotzdem lag die Gasmenge der Testzelle Rot deutlich über der Gasmenge der Testzelle Blau.

2.3.3 Sickerwasserqualität

In den Testzellen Blau und Rot zeigte die Sickerwasserqualität bis zum 800. Versuchstag und in Testzelle Gelb bis 867. Versuchstag die typischen Merkmale der sauren Gärung. Die pH-Werte lagen in den ersten 500 Versuchstagen zwischen 4,5 und 6 und der CSB zwischen 70000 und 120000 mgO₂/ l. Die Entwicklung der CSB-Konzentration während des gesamten Versuchszeitraumes ist Abbildung 7 zu entnehmen.

Auffallend ist, dass sich der Verlauf der CSB-Konzentration der Testzelle Gelb im Zeitraum zwischen dem 600.Versuchstag und 900.Versuchstag deutlich von Testzelle Blau und Rot unterschied. Der CSB liegt über den Konzentrationen der Testzellen Blau und Rot.

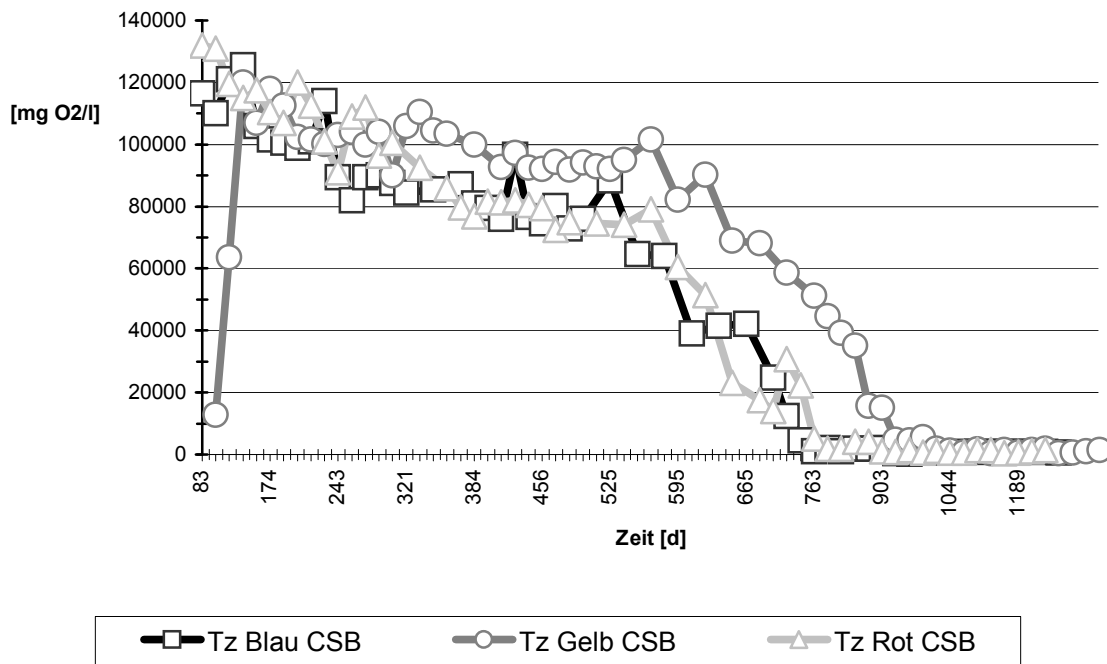


Abbildung 7 Entwicklung der CSB-Konzentration

Wie bereits in Kapitel 2.2.3 erwähnt, wurde zur Erfassung von Kohlenstoffverbindungen in der wässrigen Phase in dem Vorhaben der Parameter CSB herangezogen. In Abbildung 8 sind die Summenlinien der CSB Frachten der drei Testzellen dargestellt.

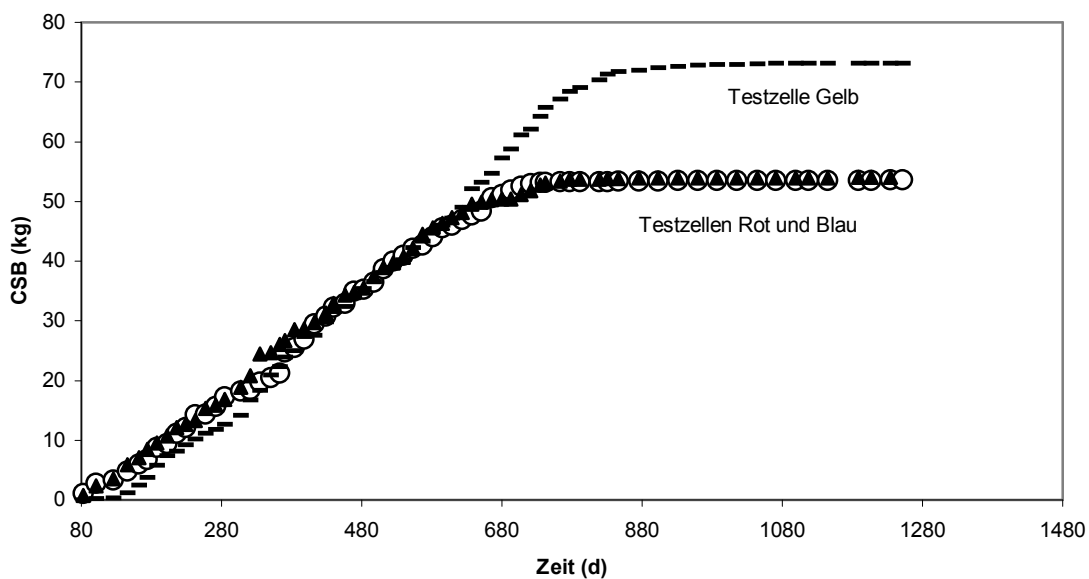


Abbildung 8 Summenlinien der CSB - Frachten

Bis zum 600. Versuchstag ist der Verlauf der Summenlinien für die drei Testzellen nahezu identisch. Bedingt durch die steigende CSB-Konzentration der Testzelle Gelb ab dem 600. Versuchstag, kam es zu einem entsprechenden Anstieg der CSB-Fracht. Ab dem 860. Versuchstag verlaufen die Frachtsummenlinien fast parallel zueinander, obwohl die drei Testzellen mit unterschiedlichen Infiltrationsraten bewässert wurden.

In Tabelle 7 wurden die Summen der CSB-Frachten zusammengestellt und aus der CSB-Fracht rechnerisch die TOC-Fracht ermittelt. Es wurde ein CSB/ TOC-Verhältnis von 3,33 zugrunde gelegt.

Tabelle 7 Summe der Kohlenstofffrachten über den gesamten Versuchszeitraum

Testzelle	CSB-Fracht (kgO₂)	TOC-Fracht (kgC)	TOC-Fracht (kgC/ kgTS)
Blau	53,59	16,09	0,017
Gelb	73,15	22,17	0,023
Rot	54,02	16,37	0,018

In der folgenden Tabelle 8 wird der Kohlenstoffaustrag während des Zeitraumes mit reduzierten Infiltrationsraten betrachtet.

Tabelle 8 Summe der Kohlenstofffrachten während des Zeitraumes mit reduzierten Infiltrationsraten

Testzelle	CSB-Fracht (gO₂/ kg TS * d)	TOC-Fracht (gC/ kgTS * d)
Blau	0,0014	0,0004
Gelb	0,0007	0,0002
Rot	0,0055	0,0016

Auch während der Versuchsphase mit reduzierten Infiltrationsraten steht der Kohlenstoffaustrag über den Sickerwasserpfad in keinem Verhältnis zur infiltrierten Wassermenge. Der Kohlenstoffaustrag aus Testzelle Gelb ist am geringsten. Da in dieser Testzelle auch keine Infiltration mehr stattfand, waren Lösung und Transport von Kohlenstoffverbindungen eingeschränkt. Die aus Testzelle Rot ausgetragene Kohlenstofffracht

lag um den Faktor 4 höher als die Kohlenstofffracht aus Testzelle Blau, obwohl Testzelle Blau mit der doppelten Infiltrationsrate beaufschlagt wurde.

2.3.4 Schlussfolgerung

Durch die Ergebnisse der Testzellenversuche kann die Vermutung bestätigt werden, dass nach Einstellung der Bewässerung die Gasproduktion zurückgeht, obwohl der Wassergehalt im Restmüll mit 43Gew.-% für den anaeroben Abbauprozess ausreichend hoch ist. Allerdings bestätigen die Ergebnisse der Testzellen Rot und Blau die These nicht, dass mit steigender Infiltrationsrate die Gasbildung größer wird.

Zu vergleichbaren Ergebnissen kam es hinsichtlich der mit dem Sickerwasser ausgetragenen Kohlenstofffrachten. Bedingt durch die fehlende Wasserbewegung im Restmüll wird aus Testzelle Gelb nach Einstellung der Bewässerung eine geringere Kohlenstoffmenge ausgetragen, als aus den Testzellen Blau und Rot. Die mit Abstand größte Kohlenstoffmenge wird aus Testzelle Rot ausgetragen, obwohl Testzelle Blau mit der doppelten Infiltrationsrate beaufschlagt wurde. Nach Ausbau des Restmülls muss geprüft werden, inwieweit eine ungleichmäßige Durchströmung des Restmülls in Testzelle Blau für dieses unplausible Ergebnis verantwortlich ist. Die Versuchsergebnisse, die in der ersten Versuchsphase mit gleichen Infiltrationsraten ermittelt wurden, machen schon deutlich, dass auch unter diesen günstigen Randbedingungen Versuche mit unzerkleinertem Restmüll nicht zu reproduzierbaren Ergebnissen führen.

3 Durchführung von Großversuchen auf Betriebsdeponien

3.1 Ziel

Im Gegensatz zu den Testzellenversuchen, die unter definierten Laborbedingungen ablaufen, wird untersucht inwieweit die Erkenntnisse aus diesen Versuchen auf großtechnische Deponien übertragen werden können. Zur Auswirkung der Infiltration auf die Gasbildung großtechnischer Deponien wurden im Rahmen einer Diplomarbeit (MEYER, 2000) fünf Großprojekte ausgewertet. In diesen Projekten wurde untersucht, inwieweit durch die Infiltration von Wasser die Gasproduktion in abgedeckten bzw. mit Oberflächenabdichtungen versehenen Deponien gesteigert werden kann. Die Infiltration einer möglichst geringen Wassermenge war in diesen Projekten nicht das Ziel. Es wurden mit 800 mm/a bis zu 1750 mm/a erheblich höhere Wassermengen als in den Testzellenversuchen infiltriert. Insbesondere auf Deponien mit Wassergehalten unter 30Gew.-% führte die Infiltration zur Steigerung der zuvor stark rückläufigen Gasbildung. Hinsichtlich des Zusammenhanges zwischen Gasbildungsrate und Infiltrationsrate wurde festgestellt, dass auf der Deponie Horm ab einer Infiltrationsrate von 2,6mm/d (949mm/a) die Gasbildung wieder zurückging (DREES, 1999, zitiert in MEYER, 2000).

Für das Forschungsprojekt wurde auf Grund der Kontakte, die sich aus der Leitung der Kläranlagennachbarschaften für Deponiesickerwasser der ATV-DVWK-Landesgruppe Nord ergaben folgende drei Deponiestandorte ausgesucht: Deponie Stedum (Landkreis Peine), Deponie Wesuwe (Landkreis Emsland) und Deponie Borg (Landkreis Uelzen). Da auf der Deponie Stedum während des Vorhabens aus finanziellen Gründen keine Maßnahmen zur Infiltration durchgeführt wurden, stehen keine entsprechenden Daten zur Verfügung. Aus diesem Grunde wird im Folgenden nur auf die Deponien Wesuwe und Borg eingegangen.

3.2 Versuche auf der Betriebsdeponie Wesuwe (Landkreis Emsland)

Auf dieser Deponie wurde die Bewässerung im Rahmen eines Demonstrationsvorhabens, das durch LIFE-Umwelt der Europäischen Union gefördert wurde, installiert. Die nicht mehr in Betrieb befindliche Deponie besteht aus drei Deponieabschnitten, in die im Zeitraum von 1977 bis 1994 mit 1100000m³ Abfall eingebaut wurden (BÖKERS, 2000). Der 4,5ha große Bauabschnitt I besitzt keine Basisabdichtung. Die Abfallablagerung erfolgte hier von 1977 bis 1984. Da es wegen der fehlenden Basisabdichtung bereits zu Grundwasserbelastungen gekommen ist, wurde auch keine Bewässerung vorgenommen. Die Bauabschnitte II und III sind mit 2mm Kunststoffdichtungsbahnen und einem funktionstüchtigen Sickerwassersammelsystem ausgestattet. Die Funktionstüchtigkeit der Kunststoffdichtungsbahnen wird über ein Leckerkennungssystem überprüft. Seit Juli 2000 ist die Oberflächenabdichtung fertiggestellt. Ende März 2001 wurde das Bewässerungssystem in Betrieb genommen.

Bei dem Bewässerungssystem handelt es sich um eine Tröpfchenbewässerung, die auf der Abfalloberfläche verlegt wurde. Im oberen Bereich des Deponiekörpers zwischen 38 und 44m NN wurden die Bewässerungsstränge ringförmig verlegt und ein weiterer Ring von Bewässerungssträngen wurde im Bereich von 26 bis 34m NN verlegt. Die Stränge dieses Ringes befinden sich schon in unmittelbarer Nähe des Böschungsrandes. Die einzelnen Stränge sind mit Wasseruhren und Schiebern ausgestattet, die sich in sogenannten Bewässerungsschächten befinden. In dem oberen und unteren Bewässerungsring befinden sich jeweils 6 Bewässerungsschächte. Über das Bewässerungssystem wurden im Jahr 2001 insgesamt 121mm Wasser infiltriert.

Anhand der eingelagerten Abfallmengen und deren Zusammensetzung wurde nach (WEBER, 1990) eine Gasprognose bis zum Jahr 2040 aufgestellt. Diese führte für die Bauabschnitte II und III zu dem Ergebnis, dass zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme der Bewässerung mit der maximalen Gasproduktion zu rechnen war. Damit wurde ausgeschlossen, dass ein zu geringes Gasbildungspotential für eine entsprechend geringe Gasproduktion verantwortlich ist. Während des Versuches waren die Messungen der Gasmenge und Gaszusammensetzung in den einzelnen Gasbrunnen sehr lückenhaft.

Nur an der Verdichterstation wurde die Gasmenge fast täglich gemessen. Die Auswertung der Daten führte zu dem Ergebnis, dass durch die Infiltration von Wasser in den Deponiekörper die Deponiegasmenge nicht anstieg. Aber der Methangehalt in den Gasbrunnen in der Nähe der Bewässerungsleitungen zeigte eine steigende Tendenz. In Abbildung 9 wird beispielhaft die Entwicklung des Methangehaltes eines Brunnens in der Nähe der Bewässerungsleitungen dargestellt.

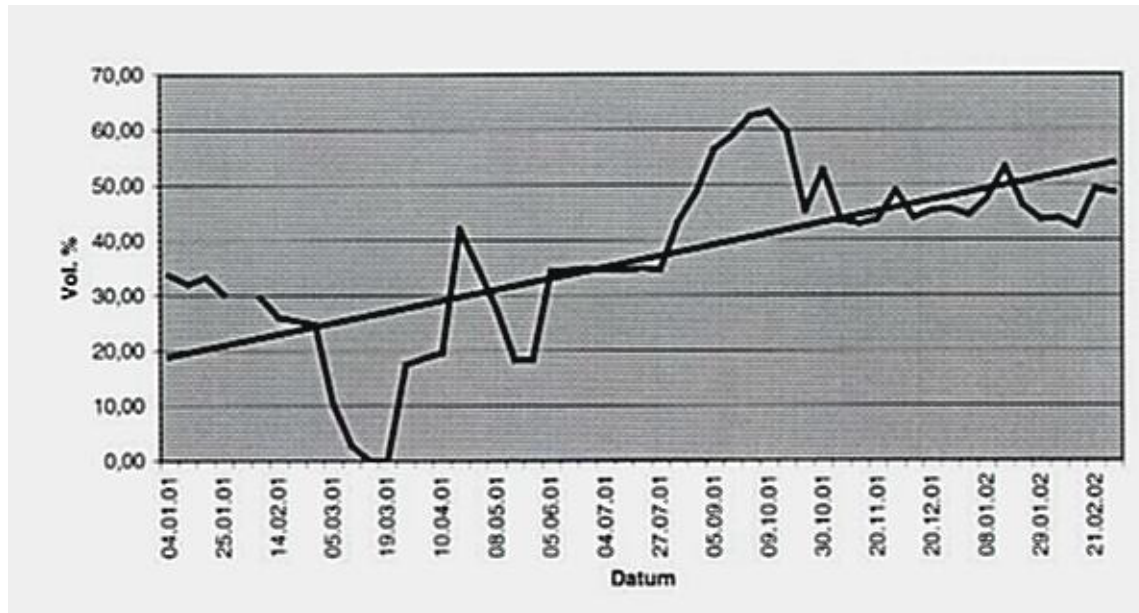


Abbildung 9 Entwicklung des Methananteils in Brunnen 11 (RIEBESEHL, 2002)

Es wird deutlich, dass nach Inbetriebnahme der Bewässerung der Methangehalt von Werten < 30Vol.-% auf Methangehalte zwischen 40Vol.-% bis 50Vol.-% gestiegen ist. Dagegen wurde in Gasbrunnen außerhalb des Einflussbereiches der Bewässerung keine Veränderung des Methangehaltes beobachtet.

Bei der Untersuchung des Sickerwassers wurde folgendes festgestellt: Nach Inbetriebnahme der Bewässerung in dem unteren Ring, war ein deutlicher Rückgang der CSB-Konzentration zu beobachten. Da der untere Bewässerungsring wesentlich dichter an der Böschung liegt als der obere Ring, kommt es dort auch schneller zu Kurzschlussströmungen. Das Wasser wird in diesem Falle wesentlich geringer mit eluierbaren Stoffen beladen, da es nur kurzen Kontakt mit dem Müll hat. Zur Minimierung dieses Effektes ist es empfehlenswert einen Großteil des Wassers über den oberen Bewässerungsring zu infiltrieren.

3.3 Versuche auf der Betriebsdeponie Borg (Landkreis Uelzen)

Die Zentraldeponie Borg hat eine Gesamtdeponiefläche von 24ha. Der in das Forschungsprojekt integrierte erste Bauabschnitt umfasst 4 ha. Von 1988 bis 1994 wurden

328900t mit einer Lagerungsdichte von 1,28t/ m³ eingebaut. Dieser Bauabschnitt hat eine mineralische Basisabdichtung (3 *30 cm) und eine Sickerwasserfassung.

Zur besseren Gasnutzung im vorhandenen BHKW wurde 1996 eine Teilfläche von ca. 50% mit einer 1,5mm starken PEHD-Folie abgedeckt. Diese Maßnahme hatte einen Rückgang der Gasmenge von im Jahr 1995 im Mittel gemessenen 2102256 m³/ a auf im Jahr 1996 gemessene 1110946m³/ a zur Folge. Aus diesem Grunde wurde eine Infiltrationsanlage zur Rückbefeuchtung des zweiten Bauabschnittes auf dem höchsten Punkt des abgedeckten Deponiekörpers installiert. Es handelt sich um drei flächige Infiltrationsrigolen, die in Form eines Fächers angeordnet sind. Eine Rigole besteht aus einer Dränageleitung, die in einem 16/32 Kiesfilter liegt. Jede einzelne Rigole verfügt über eine C-Storz-Kupplung, an die ein Feuerwehrschauch zur Bewässerung angeschlossen werden kann. Die Infiltrationsanlage wurde im April 2003 in Betrieb genommen. Bis zum Jahresende wurden 4200m³, entsprechend 243mm/ a infiltriert.

Zur Gasmengenmessung muss angemerkt werden, dass hier das abgesaugte Gas gemessen wurde. Bei der Absaugung des Gases durch die Stromversorgung Osthannover (SVO) wird wie folgt verfahren: Es wird an den einzelnen Gassammelbalken so lange abgesaugt, bis der Methangehalt infolge einer Übersaugung sinkt. Das Absaugen wird dann vorübergehend eingestellt und an anderen Gassammelbalken aufgenommen. Außerdem gibt es nur eine zentrale Gasmessung an der Verdichterstation. Dort werden auch die Gasmengen des Bauabschnittes II erfasst. Dadurch ist es nicht möglich die Auswirkungen der Infiltrationsanlage auf die Gasbildung zu erfassen. Zwei Drittel des Deponiegases kommen aus dem Bauabschnitt II und ein Drittel aus dem hier betrachteten Bauabschnitt I. Veränderungen der Gasmenge aus Bauabschnitt I werden von der höheren Gasmenge aus Bauabschnitt II überlagert.

Die Gaszusammensetzung wurde an der Verdichterstation kontinuierlich gemessen. In den Gasbrunnen wird die Messung von CH₄, CO₂, O₂ und Druck mit einem tragbaren Messgerät durchgeführt. Die Messungen erfolgten einmal wöchentlich. Der Mittelwert der Methangehalte vor der Infiltration (April 2002 bis Januar 2003) und der Mittelwert der Methangehalte nach der Inbetriebnahme der Infiltration (April 2003 bis Januar 2004) wurde in Abbildung 10 gegenübergestellt. Es ist zu sehen, dass der Methananteil im Gas in 15 Gaskollektoren nach der Infiltration angestiegen ist und in 3 Gaskollektoren zurückging. Diese drei Gaskollektoren liegen oberhalb der Infiltrationsrigolen und werden deshalb von der Infiltrationsmaßnahme nicht beeinflusst.

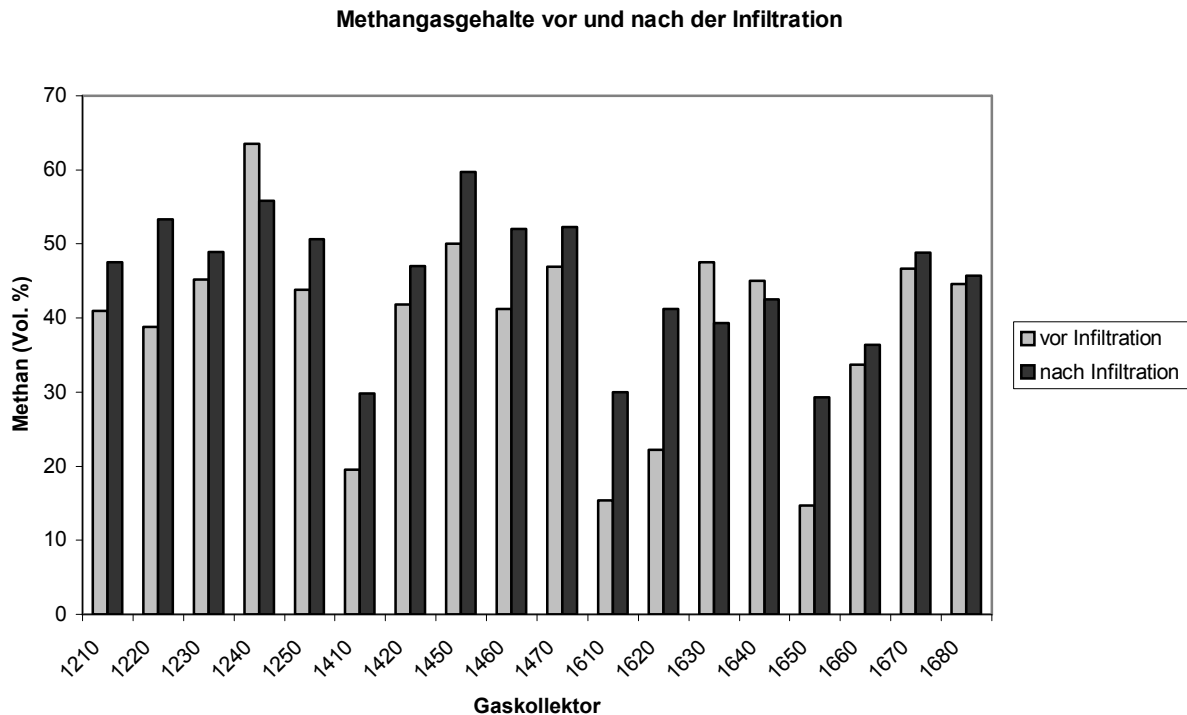


Abbildung 10 Entwicklung des Methananteils in den Gaskollektoren des Bauabschnittes I (BENECKE, 2004)

3.4 Schlussfolgerung

Die Ergebnisse aus den Versuchen auf den großtechnischen Deponien lassen, wegen der kurzen Beobachtungszeit und fehlender Gasmengenmessungen an den einzelnen Gassammelbalken, keine umfassende Beurteilung der Infiltrationsmaßnahme zu. Es bleibt nur festzustellen, dass infolge der Bewässerung auf beiden Deponien ein Anstieg der Methankonzentration beobachtet wurde. Im Gegensatz dazu führten die Testzellenversuche zu dem Ergebnis, dass die Methankonzentrationen sich in Abhängigkeit von der Infiltrationsrate nicht veränderten. Hier führte die Bewässerung, unabhängig von der Infiltrationsrate, zu höheren Gasmengen.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Ziel des Projektes war es, durch eine möglichst geringe Wasserinfiltrationsrate den Bioprozess in einer anaeroben Reaktordeponie – Deponie mit hohem organischen Anteil – zu optimieren. Dazu wurden Testzellenversuche unter definierten Laborbedingungen und Infiltrationsversuche auf großtechnischen Deponien durchgeführt. Für die Testzellenversuche wurde frischer Restmüll aus der Samtgemeinde Suderburg, einem ländlich strukturierten Gebiet verwendet. In den Testzellen werden die anaeroben Vorgänge in einem Element des Deponiekörpers simuliert. Nach Eintritt der stabilen Methanphase wurde in einer Testzelle die Bewässerung eingestellt und die beiden anderen Testzellen

mit verschiedenen Infiltrationsraten bewässert. Die Einstellung der Bewässerung führte in der entsprechenden Versuchsphase im Vergleich zu den anderen Testzellen zu einer deutlich geringeren Gasproduktion. Außerdem wurde noch eine Sickerwasserbildung von 0,7 m³/ ha registriert. In den beiden anderen Testzellen wurde nur ein Zusammenhang zwischen reduzierter Infiltrationsrate und Sickerwassermenge beobachtet. In Bezug auf die Gasmenge und den Kohlenstoffaustrag über den Sickerwasserpfad war der Einfluss der Infiltrationsmenge nicht feststellbar. Hier wurde aus der Testzelle mit der geringeren Infiltrationsrate die größere Kohlenstofffracht ausgetragen und in dieser Testzelle eine größere Gasmenge produziert. In diesem Zusammenhang muss beim Ausbau des Restmülls aus den Testzellen geprüft werden, inwieweit eine gleichmäßige Durchströmung des Restmülls stattgefunden hat.

Die Infiltrationsversuche auf großtechnischen Deponien lassen keine Aussagen zur Entwicklung der Gasmengen zu, da diese nur in Summe an einem Messpunkt gemessen wurde. Aber ein Anstieg der Methankonzentration wurde gemessen.

Die Testzellenversuche und die Versuche auf den großtechnischen Deponien führten doch zu unterschiedlichen Ergebnissen. In den Testzellenversuchen war keine Veränderung der Methankonzentration messbar.

Die Ergebnisse aller Versuchen zeigen doch, dass die Erarbeitung von Infiltrationsempfehlungen kaum möglich ist. Das inhomogene Material Restmüll führte bereits unter definierten gleichen Laborbedingungen in der erste Phase zu sehr unterschiedlichen Entwicklungen in den Testzellen. Des Weiteren ist für die Untersuchungen auf großtechnischen Deponien ein relativ hoher Messaufwand notwendig, der vom Deponiebetreiber nicht geleistet werden kann. Die entsprechenden Mittel werden von den Entscheidungsträgern nur zur Verfügung gestellt, wenn spätere finanzielle Vorteile garantiert werden.

5 Literatur (Überschrift 1. Ebene)

- | | | |
|-------------------|------|--|
| Benecke, H. | 2004 | Entwicklung eines Bewässerungssystems für die Infiltration von vorbehandeltem Sickerwasser in einen Deponiekörper, FH Nordostniedersachsen, Diplomarbeit, Suderburg |
| Bökers, H. | 2000 | Sicherung und Rekultivierung der Zentraldeponie Wesuwe durch innovative Abdichtungssysteme, Wasser und Abfall, H. 12 |
| Cord-Landwehr, K. | 1986 | Stabilisierung von Mülldeponien durch eine Sickerwasserkreislaufführung, Veröffentlichung des Institutes für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik der Universität Hannover, H. 66 |

- | | | |
|---------------|------|--|
| Drees, K.-T. | 2000 | Beschleunigter Stoffaustrag aus Reaktordeponien, Veröffentlichung des Institutes für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen, Bd. 23 |
| LAGA | 1999 | Infiltration von Wasser in den Deponiekörper und Oberflächenabdichtungen und -abdeckungen |
| Meyer, U. | 2000 | Literaturrecherche zur Infiltration von Sickerwasser und Umkehrosmosekonzentraten in den Abfallkörper, FH Nordostniedersachsen, Diplomarbeit, Suderburg |
| N.N. | 1993 | Dritte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Siedlungsabfall), Bundesanzeiger Nr. 99a |
| N.N. | 2002 | Verordnung über Deponien und Langzeitlager, BGBl I 2002, 2807 |
| Riebesehl, F. | 2002 | Wasserrückführung in eine abgedichtete Deponie mit dem Ziel der Reanimierung der biologischen Prozesse, FH Nordostniedersachsen, Diplomarbeit, Suderburg |
| Weber, B. | 1990 | Minimierung von Emissionen der Deponie, Veröffentlichung des Institutes für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik der Universität Hannover, H. 74 |

Anschrift der VerfasserIn(en)

Prof. Dr.-Ing. Klaus Cord –Landwehr
Dipl. Ing. Pamela Holweg
Dipl. Ing. Myriam Müller
FH Nordostniedersachsen
Herbert – Meyer – Str. 7
D-29556 Suderburg
Telefon +49 5826 988311
Email : holweg@fhnon.de
Website: www.fbbwu.fhnon.de