

Kontrollierte Infiltration unterschiedlich belasteter Sickerwässer in eine Hausmülldeponie

Gert Lautenschlager

Fachhochschule Weihenstephan, Triesdorf

Controlled infiltration of different concentrated landfill leachate into a municipal solid waste (MSW) landfill

Abstract

The department Umweltsicherung, Weihenstephan University of Applied Sciences, and the district Neustadt a.d. Aisch investigated impacts resulting from highly concentrated leachates being recirculated into a landfill. The studies run over a period of two years. The experiments were carried out as well in the laboratory with three columns as on a MSW landfill with two test fields. Different concentrated liquids were infiltrated into the columns and test fields. No enrichment of pollutants could be found in the generated leachates. There was also no influence of the concentrations of the liquids on the decomposition of the organic matter of waste.

Inhaltsangabe

Der Fachbereich Umweltsicherung der FH Weihenstephan hat zusammen mit dem Landratsamt Neustadt a.d. Aisch, über einen Zeitraum von zwei Jahren untersucht, welche Auswirkungen auftreten, wenn hoch belastete Sickerwässer zur Abfallbefeuchtung wieder in den Deponiekörper zurückgeführt werden. Die Untersuchungen wurden an 3 Versuchssäulen im Labor und zwei Testfeldern auf einer Hausmülldeponie mit unterschiedlich stark belasteten Flüssigkeiten durchgeführt. Es konnten keine Schadstoffaufkonzentrierungen im Sickerwasser festgestellt werden. Ebenso zeigten sich zwischen den infiltrierten Flüssigkeiten keine Unterschiede beim Abbau der organischen Abfallfraktion.

Keywords

Sickerwasser, Sickerwasserkonzentrat, Hausmülldeponien, Organikabbau

Landfills, leachates, infiltration, environmental effects, decomposition of organic matter

1 Einleitung

Die Befeuchtung von Müll auf Deponien ist eine gängige Methode, um den Abbau organischer Fraktionen im Abfall zu beschleunigen und die Deponiegasbildung zu intensivieren. Für die Müllbefeuchtung wird üblicherweise unbehandeltes Sickerwasser eingesetzt. Eine Reihe von Deponien verfügen über langjährige Erfahrungen mit der Sickerwasserinfiltration (KINDSMÜLLER, 2002, STIEF, 2006). Im Gegensatz zur TA Siedlungsabfall (Nr. 10.4.2) lassen die Deponieverordnung (§14, Abs. 8) und die Abfallablagerungsverordnung (§4, Abs. 3) die Infiltration von deponieeigenem Sickerwasser bei Abfällen mit hohem organischen Anteil zu, wenn geeignete Voraussetzungen vorhanden sind

und nachteilige Auswirkungen auf den Deponiekörper und die Umwelt verhindert werden.

Der Fachbereich Umweltsicherung der FH Weihenstephan hat zusammen mit dem Landratsamt Neustadt a.d. Aisch, dem Betreiber der Deponie Dettendorf, über einen Zeitraum von zwei Jahren untersucht, welche Auswirkungen auftreten, wenn hoch belastete Sickerwässer zur Abfallbefeuchtung wieder in den Deponiekörper zurückgeführt werden. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) hat die Untersuchungen mit 110.000 € gefördert.

In Dettendorf wird das anfallende Sickerwasser in einer Umkehrosmoseanlage behandelt. Dabei entsteht einerseits ein sauberes Permeat, das problemlos in einen Vorfluter geleitet werden kann und andererseits ein mit den zurückgehaltenen Schadstoffen belastetes Konzentrat, das teuer entsorgt werden muss.

Ziel des Vorhabens war es zu untersuchen, ob sich das belastete Konzentrat zur Abfallbefeuchtung in der Deponie eignet. Bei Infiltration von unbehandeltem Sickerwasser kann in der Regel aufgrund der großen Mengen nur ein Teil im Deponiekörper untergebracht werden. Die deutlich geringeren Mengen an Sickerwasserkonzentrat könnten dagegen vollständig infiltriert und beträchtliche Entsorgungskosten eingespart werden.

Erste Untersuchungen zur Infiltration von Sickerwasserkonzentrat wurden mit Frischmüll (HENIGIN, 1999), weitere mit unterschiedlichen Müllzusammensetzungen (ALBRECHT, 2002) durchgeführt. Bei beiden Versuchen konnten durch die Rückführung von Sickerwasserkonzentrat keine nachteiligen umwelttechnischen Effekte festgestellt werden.

Besonderes Augenmerk wurde bei den vorliegenden Untersuchungen darauf gerichtet, ob durch die Infiltration eine Anreicherung von Schadstoffen im Sickerwasser stattfindet und ob der Abbau der organischen Fraktion gehemmt wird. Die Untersuchungen wurden an drei Versuchssäulen im Labor der FH Weihenstephan und an zwei Testfeldern auf der Hausmülldeponie Dettendorf durchgeführt. Damit sollte die Übertragbarkeit von Laborergebnissen auf den großtechnischen Maßstab überprüft werden.

2 Versuchsanordnung

2.1 Testfelder auf der Deponie Dettendorf

In einem ausgewählten Deponieabschnitt wurden zwei Testfelder mit einem Fassungsvermögen von je 356 m³ errichtet. Querschnitt, Hauptabmessungen sowie der Aufbau der Testfelder sind Abbildung 1 zu entnehmen.

Etwa 1 bis 2 Jahre alter Abfall wurde in diesem Deponieabschnitt bis zu einer maximalen Tiefe von 3 Meter ausgehoben. Die Flanken und die Basis der Testfelder wurden mit einem Dichtungssystem, das aus einer Ausgleichsschicht ($d = 10 \text{ cm}$), einer Kunststoffdichtungsbahn ($d = 2,5 \text{ mm}$) und einem Schutzvlies (HDPE) besteht, abgedichtet. Die Basisfläche wurde zusätzlich mit einer Drainmatte und einer Sickerwasserdrainage ausgestattet. Anschließend wurde der vorhandene Abfall verdichtet wieder in die Testfelder eingebaut.

Ca. 1 Meter unterhalb der Oberfläche wurde ein Gaskollektor ($D_a = 200 \text{ mm}$) zur Fassung des Deponiegases errichtet. Die Verrieselung der Flüssigkeit in das Testfeld erfolgt über eine ca. 15 bis 20 cm dicke Kiesschicht (16/32), die auf dem Testfeld aufgebracht wurde. Die Flüssigkeit wird über eine gelochte Leitung ($D_a = 90 \text{ mm}$) schwallweise in die Kiesschicht eingespeist, wo sie sich flächig verteilt und den Abfallkörper gleichmäßig befeuchtet. Die Testfelder sind nach oben ebenfalls mit einer Kunststoffdichtungsbahn ($d = 2,5 \text{ mm}$) abgedichtet, um das Eindringen von Niederschlagswasser zu verhindern und eine definierte Befeuchtung vornehmen zu können.

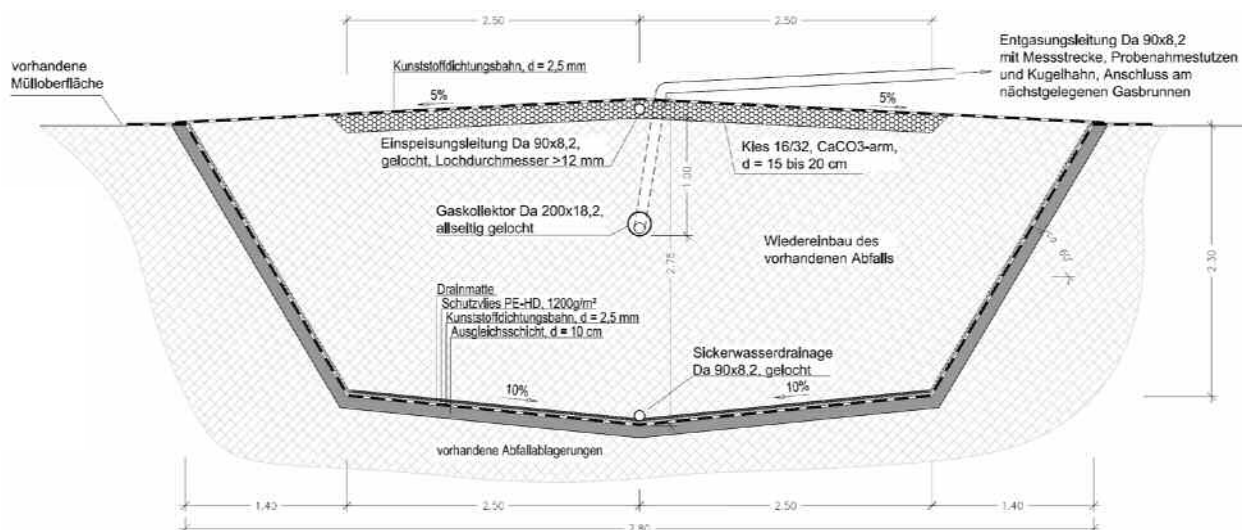


Abbildung 1 Querschnitt und Hauptabmessungen der Testfelder

2.2 Versuchsstand im Labor der FH Weihenstephan

Im Labor der FH Weihenstephan wurde ein Versuchsstand, bestehend aus drei baugleichen Versuchssäulen, errichtet. Der Aufbau einer Messeinrichtung ist in Abbildung 2 dargestellt. Die Versuchssäule besitzt ein 3,1 m hohes Acrylglasrohr ($\varnothing 300 \times 6 \text{ mm}$) mit Flanschanschlüssen an beiden Enden. Das Säulenvolumen beträgt $0,21 \text{ m}^3$.

Im oberen Flanschdeckel ist eine Druckmessung und je ein Anschluss für die Zuführung der Infiltrationsflüssigkeit und die Ableitung des sich bildenden Gases vorgesehen. Die Säulen sind mit einer selbst regulierenden Begleitheizung und einer 30 mm starken Isolierung ausgestattet, die eine konstante Mülltemperatur von ca. $30 \text{ }^\circ\text{C}$ ermöglichen. Die

Mülltemperatur wird über einen Thermofühler (PT 100) gemessen. Das sich am Säulenboden ansammelnde Sickerwasser kann durch eine Lochplatte in einen Sumpf abfließen, wo es über einen Hahn abgelassen werden kann.

Das Volumen des sich in der Säule bildenden Gases wird in einer Messvorrichtung (Gasometer), die aus zwei zylindrischen Rohrschüssen mit Boden besteht und mit angesäuertem Wasser gefüllt ist, bestimmt. Wird Gas in den „inneren Topf“ geleitet, hebt sich dieser an. Die Verfahrhöhe ist ein Maß für das produzierte Gasvolumen. Für die Messung der Gaskonzentrationen (CH_4 , O_2 , CO_2 , H_2S) wird eine bestimmte Gasmenge aus dem oben beschriebenen Gasometer abgesaugt.

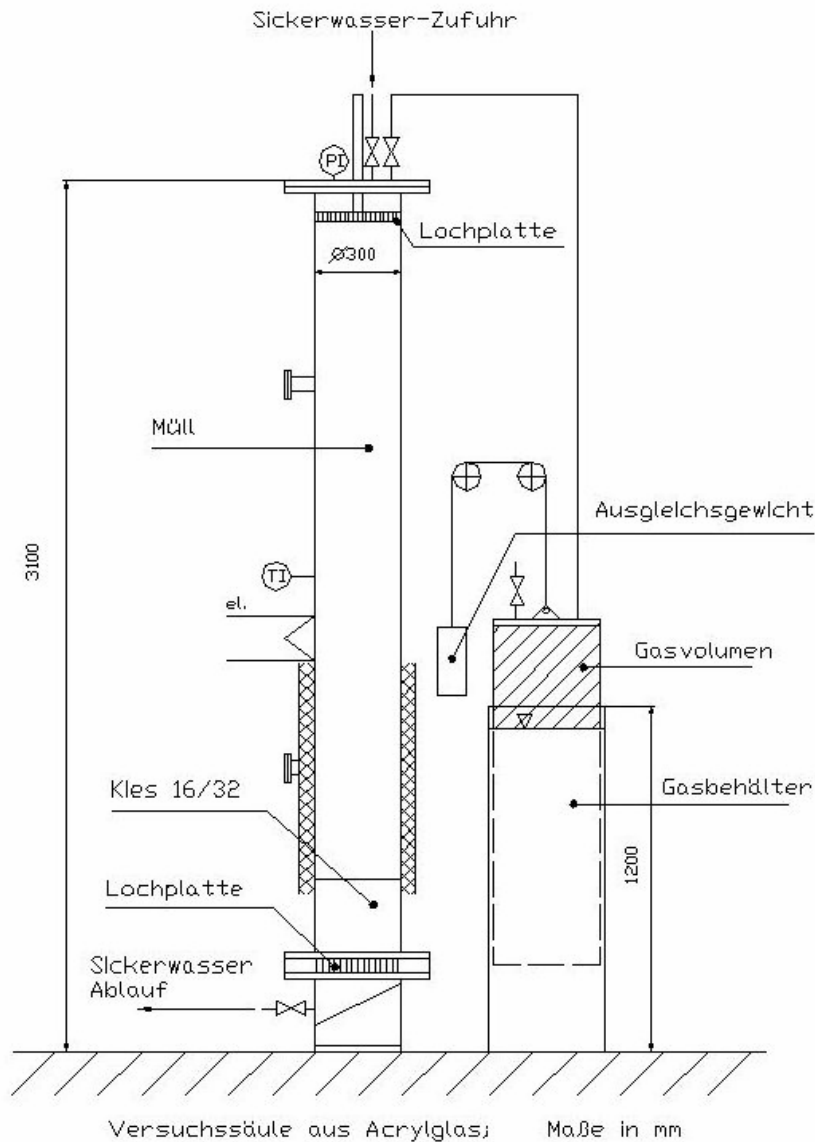


Abbildung 2 Aufbau und Hauptabmessungen der Versuchssäulen

3 Versuchsprogramm

Die Versuche in den Testfeldern und im Labor wurden mit dem gleichen Müll aus Dettendorf durchgeführt. Der Müll für die Versuchssäulen musste aufgrund der Säulenabmessungen lediglich geschreddert und auf < 40 mm abgeseibt werden. Es wurde 1 bis 2 Jahre alter Müll, bei dem ein Abbau der organischen Fraktion bereits eingesetzt hat, ausgewählt. Der Vorteil gegenüber Frischmüll wurde vor allem darin gesehen, dass die saure Abbauphase hier weit vorangeschritten oder bereits abgeschlossen war und eine stabile Methanphase vorherrschte, so dass mit einer raschen Methanbildung zu rechnen war. Die Zusammensetzung des Abfalls wurde durch Sortierung genau bestimmt und der Glühverlust und Wassergehalt im Labor ermittelt.

3.1 Flüssigkeitsmengen und -zusammensetzungen

Die Säulen und Testfelder wurden mit unterschiedlichen Flüssigkeiten beschickt. Folgende Mischungsverhältnisse wurden gewählt:

Säule 1: 40 % Umkehrosmosekonzentrat + 60 % Niederschlagswasser

Säule 2: 40 % Sickerwasser + 60 % Niederschlagswasser

Säule 3: 100 % Niederschlagswasser

Testfeld 1: 40 % Umkehrosmosekonzentrat + 60 % Niederschlagswasser

Testfeld 2: 40 % Sickerwasser + 60 % Niederschlagswasser

Einmal pro Monat wurden die Säulen jeweils mit 3 Liter Flüssigkeit beschickt. 14 Tage nach der Aufgabe erfolgte die Entnahme der Sickerwasserproben und anschließend die Zugabe von einem weiteren Liter Flüssigkeit zur Feuchthaltung des Mülls. Insgesamt wurden also jeder Säule 4 Liter Flüssigkeit pro Monat zugeführt. Die Testfelder wurden mit maximal 1000 Liter pro Tag beschickt. Mit dieser Menge ergab sich noch eine gute Verrieselung.

Die 60 % Niederschlagswasser sollten die Infiltration durch Regenwasser, die restlichen 40 % das rückgeführte Sickerwasser bzw. Konzentrat simulieren. Aufgegebenes Sickerwasser und Konzentrat wurden jeweils von der Deponie Dettendorf bzw. der Umkehrosmose-Anlage besorgt. Für Testfelder und Säulen wurden identische Zusammensetzungen verwendet.

3.2 Flüssigkeitsuntersuchungen

Über den gesamten Versuchszeitraum wurden die infiltrierten Flüssigkeiten und die anfallenden Sickerwässer mengenmäßig erfasst und nach den in Tabelle 1 dargestellten Parametern analysiert. Die Auswahl der Parameter erfolgte gemäß der Abwasser-

verordnung AbwV und des LfW-Merkblattes Nr. 3.6/2. Die Parameter Eisen-II und Mangan-II wurden ebenfalls untersucht, da diese auf Abbauprozesse hindeuten.

Tabelle 1 Untersuchungsparameter

Parameter	
Temperatur (°C)	Chlorid (mg/L)
pH-Wert	TOC (mg/L)
LF (µS/cm)	Stickstoff, gesamt
Sauerstoff (mg/L)	Natrium (mg/L)
Redoxpotential (mV)	Kalium (mg/L)
Gesamt trockenrückstand (mg/L)	Calcium (mg/L)
Filtrat-Trockenrückstand (mg/L)	Magnesium (mg/L)
Glührückstand	Eisen ges. (mg/L)
Abfiltrierbare Stoffe	Mangan ges. (mg/L)
Hydrogencarbonat (mg/L)	Barium (mg/L)
CSB (mg/L)	Blei (mg/L)
BSB ₅ (mg/L)	Cadmium (mg/L)
Ammonium (mg/L)	Chrom (mg/L)
Eisen-II (mg/L)	Kupfer (mg/L)
Mangan-II (mg/L)	Nickel (mg/L)
Sulfid (mg/L)	Zink (mg/L)
Nitrat (mg/L)	Arsen (mg/L)
Sulfat (mg/L)	Quecksilber (mg/L)
o-Phosphat (mg/L)	AOX (mg/L)

3.3 Gasmessung

Bei den Säulen wurde die produzierte Gasmenge mittels Gasometer und die Gaszusammensetzung (Methan CH₄, Kohlendioxid CO₂, Sauerstoff O₂, Schwefelwasserstoff H₂S) mittels Gasmesssystem AirTOX (Firma Fresenius Umwelttechnik GmbH) erfasst. Kontrollmessungen der Gaskonzentration wurden durch ein externes Analytiklabor durchgeführt. Die Probenahme für die Kontrollmessungen wurden mit Linde-Gasbeuteln durchgeführt, die Gasmessung erfolgte mittels Gaschromatographie. Bei den Testfeldern wurde nur die Gaszusammensetzung gemessen mittels Deponiegasmonitor GA 2000 (Ansyco GmbH Karlsruhe).

3.4 Versuchsdauer

Die gesamte Versuchsdauer erstreckte sich über einen Zeitraum von 383 Tagen.

4 Darstellung der Versuchsergebnisse

4.1 Sickerwassermenge

Die gemessenen Sickerwassermengen waren in allen 3 Säulen ähnlich groß. Die im Müll gespeicherte Wassermenge ist demnach in allen Säulen vergleichbar und ebenso die Müllfeuchte. Analoges gilt für die Testfelder.

4.2 Sickerwasserqualität

Die Inhaltsstoffe der aufgegebenen und abgeflossenen Flüssigkeiten wurden bei jedem Versuch bestimmt. In den Abbildungen 3 bis 5 sind drei Analysenbeispiele für die Versuchssäulen dargestellt. Aufgetragen sind die Konzentrationen der Aufgabe und des Abflusses jeder einzelnen Säule über dem Versuchszeitraum. Anzumerken ist noch, dass bei Säule 1 nur bis September 2004 Konzentrat aufgegeben wurde, erkennbar an den niedrigeren Konzentrationen in der Nachfolgezeit.

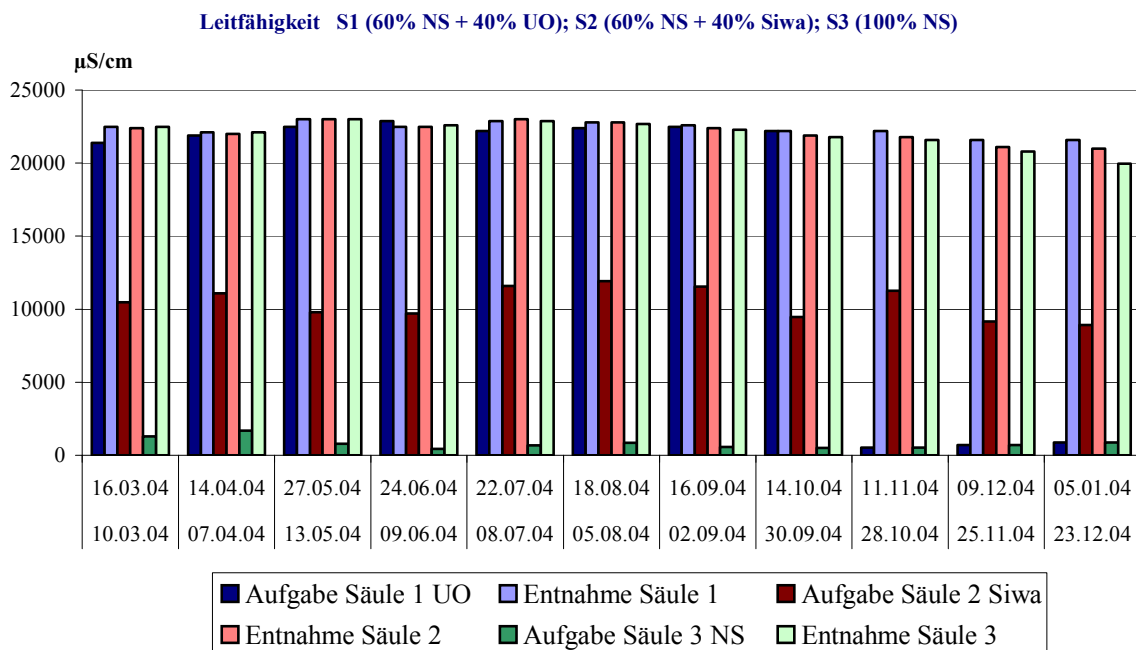


Abbildung 3 Leitfähigkeit: Vergleich Aufgabe und Entnahme, Säulen 1, 2 und 3

Die Sickerwasserkonzentrationen sind weitgehend unabhängig von der Schadstoffbelastung der infiltrierten Flüssigkeiten. Während die Leitfähigkeit bei der Mischung aus Niederschlagswasser und Konzentrat (Säule 1) 20 bis 40-fach höhere Werte als reines Niederschlagswasser (Säule 3) aufweist, treten bei allen Sickerwässern nahezu gleiche Leitfähigkeitswerte auf (Abb. 3). Abbildungen 4 und 5 zeigen für Cl und Mg eine Annäherung an eine bestimmte Ablaufkonzentration, unabhängig davon, ob die Aufgabekonzentration oberhalb oder unterhalb dieses Wertes liegt. Dieses Verhalten wurde auch

bei anderen Parametern wie Ammonium, Kalium, Natrium oder Calcium, die hier nicht dargestellt sind, beobachtet. Ein ähnliches Verhalten wurde auch bei den Testfeldern festgestellt.

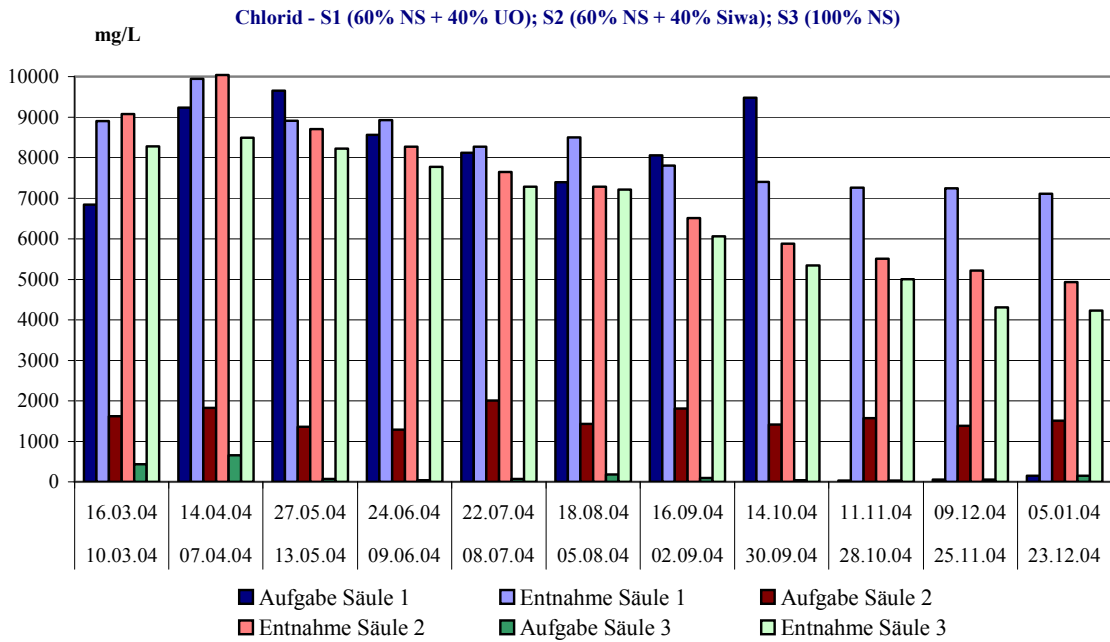


Abbildung 4 Chlorid: Vergleich Aufgabe und Entnahme, Säulen 1, 2 und 3

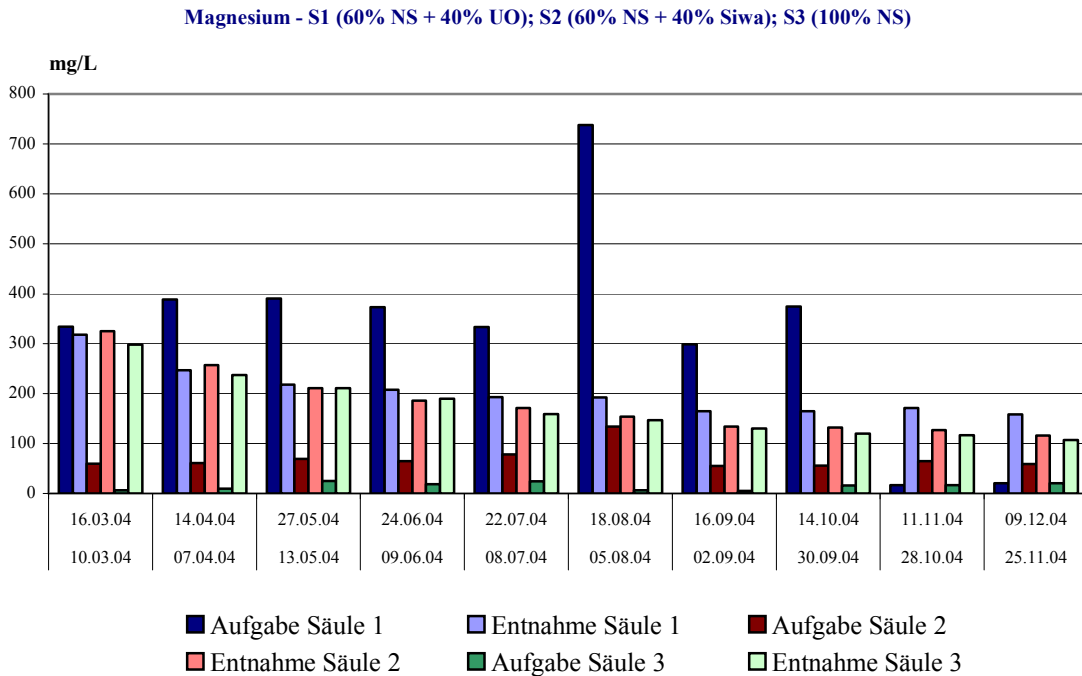


Abbildung 5 Magnesium: Vergleich Aufgabe und Entnahme, Säulen 1, 2 und 3

Die Schwermetallkonzentrationen sind nicht dargestellt. Sie bewegen sich auf sehr niedrigem Niveau und stellen kein umweltrelevantes Problem dar. Sie liegen im Sickerwasser fast immer unterhalb der Anforderungen von Anhang 51 Abwasserverordnung.

4.3 Gasmenge

Die in den Versuchssäulen produzierten Gasmengen sind ein Maß für den biologischen Abbau der organischen Abfallfraktion. In Abbildung 6 sind die Summenkurven der in den drei Säulen gebildeten Gasmengen dargestellt. Obwohl an einzelnen Tagen Unterschiede zwischen den Säulen auftraten, ergaben sich über einen längeren Zeitraum betrachtet für alle drei Versuchssäulen nahezu gleiche produzierte Gasmengen.

Zu Beginn der Versuche lag die Gasbildungsrate mit ca. 25 Liter pro Tag und Säule sehr hoch. Sie nahm über den Versuchszeitraum kontinuierlich ab und betrug nach 8 Monaten nur noch etwa 1 Liter pro Tag und Säule und weniger.

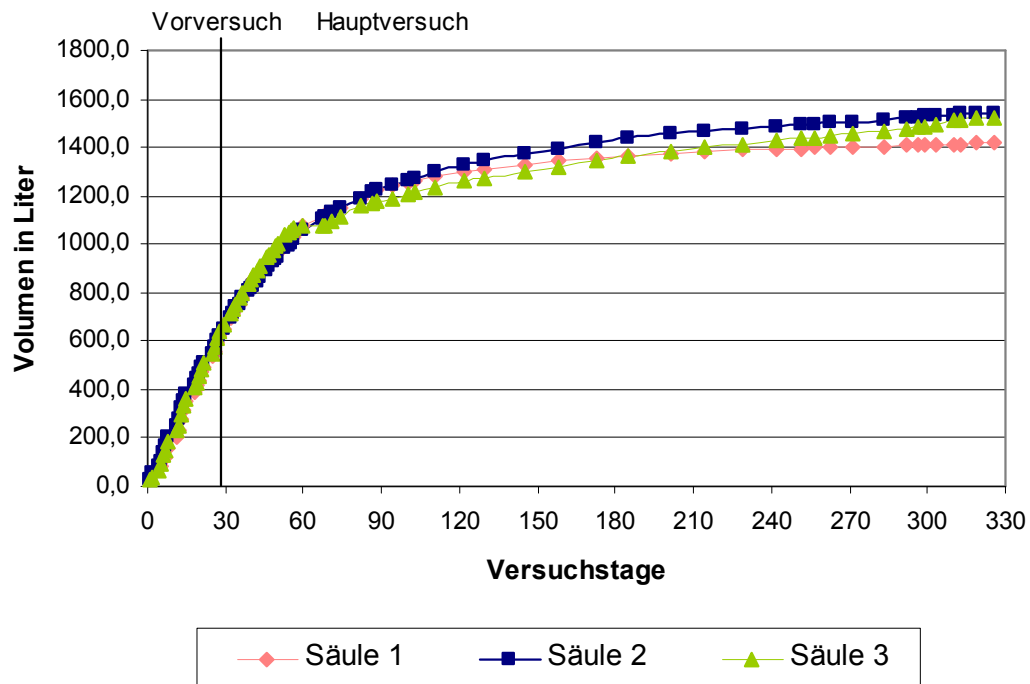


Abbildung 6 Summenkurven der in den Versuchssäulen gebildeten Gasmengen

4.4 Gaszusammensetzung

In Abbildung 7 ist die Entwicklung der Methan- und Kohlendioxidkonzentrationen in den drei Versuchssäulen dargestellt. Die Methangehalte steigen in den ersten 30 Versuchstagen steil an, halten sich weitere etwa 60 Tage auf hohem Niveau und fallen dann kontinuierlich ab. Während in den ersten drei Monaten die Methankonzentrationen aller drei Säulen nahezu parallel verlaufen, sinkt die CH_4 -Konzentration von Säule 1 nach ca. 90 Tagen deutlicher ab als die der anderen beiden Säulen.

In den beiden Testfeldern wurde stichprobenartig die Gaskonzentrationen CH_4 , CO_2 und O_2 gemessen. Die Ergebnisse sind am Beispiel des Testfeldes 1 in Abbildung 8 dargestellt.

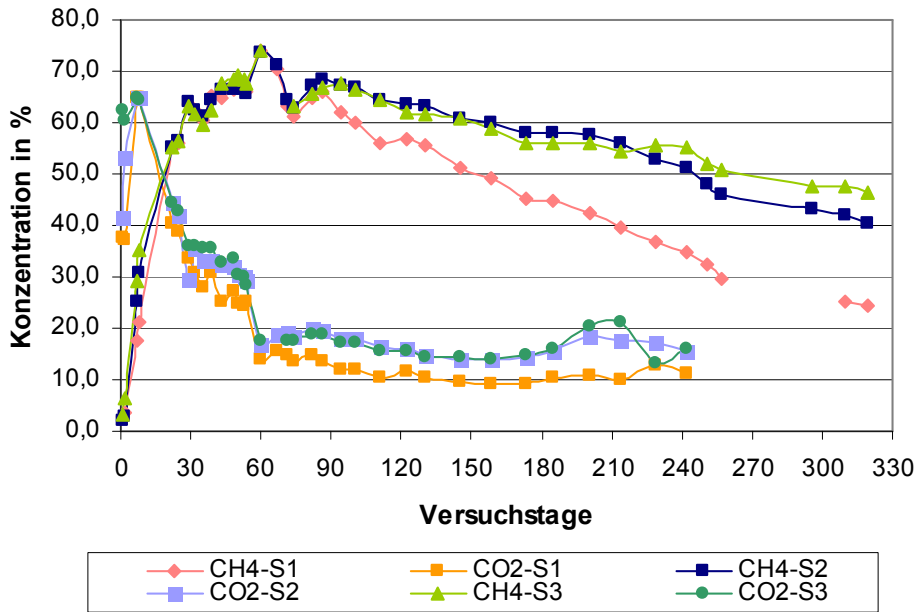


Abbildung 7 Entwicklung der Methan- und Kohlendioxidkonzentrationen in den Säulen

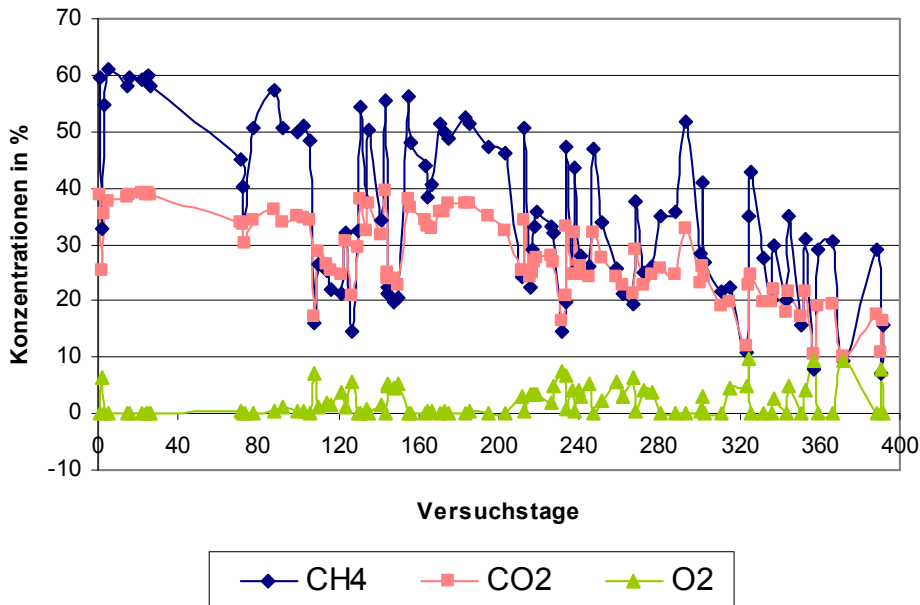


Abbildung 8 Entwicklung der Methan- und Kohlendioxidkonzentrationen in Testfeld 1

Die Methangehalte bewegen sich bereits bei Beginn der Messungen zwischen 50 und 60 %. Erst nach etwa 300 Versuchstagen ist ein kontinuierlicher Rückgang der CH₄-Konzentrationen feststellbar, der bei Testfeld 1 stärker ausfällt als bei Testfeld 2. Die CO₂-Gehalte schwanken zwischen 30 und 40%. Die Fluktuationen bei den Gasmessungen sind teilweise sehr groß. Sehr oft liegt dies an einer Übersaugung der Testfelder, die an den erhöhten O₂-Gehalten gut erkennbar sind.

5 Diskussion der Versuchsergebnisse

5.1 Schadstoffanreicherung

Wie die drei Beispiele aus Abbildung 3 bis 5 zeigen, konnte keine Aufkonzentrierung im abfließenden Sickerwasser festgestellt werden. Während sich die Konzentrationen der aufgegebenen Flüssigkeiten teilweise um den Faktor von mehr als 100 unterscheiden, weisen die abfließenden Sickerwässer Unterschiede von weniger als 20% auf.

Schematisch ist dieses Verhalten in Abbildung 9 dargestellt. Zwei Aufgabekonzentrationen (a und b) liegen beispielsweise unter, eine (c) über der Ablaufkonzentration, die in Abbildung 9 als Mischgrenzwert bezeichnet ist. Alle noch so unterschiedlichen Aufgabekonzentrationen nähern sich diesem Wert an. Wie lässt sich dieses Verhalten erklären?

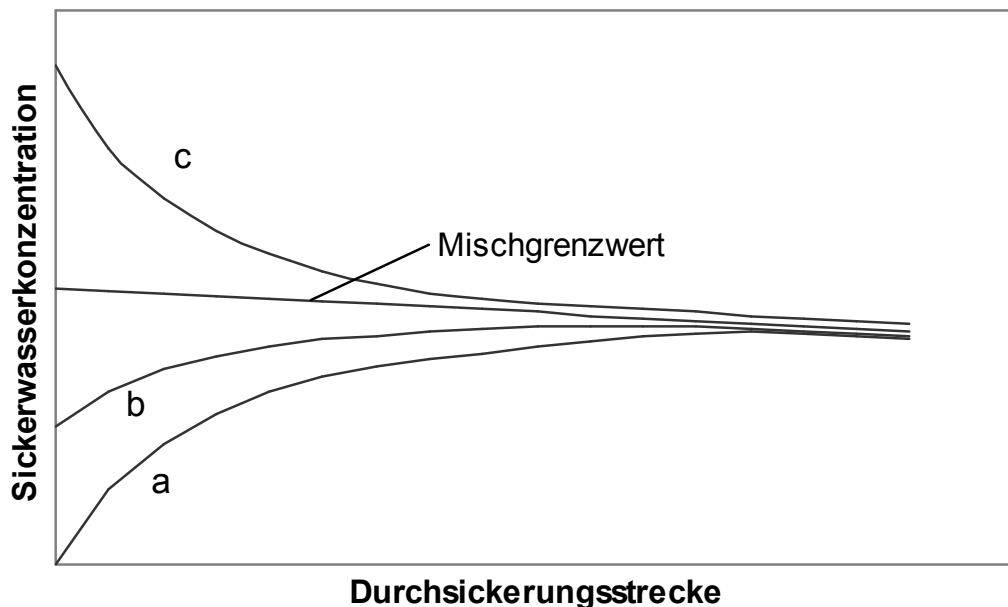


Abbildung 9 Entwicklung der Ablaufkonzentrationen bei unterschiedlichen Aufgabekonzentrationen

Der Müll in den Säulen besitzt während der Versuche einen Wassergehalt zwischen 35 und 40 %. Das Wasser ist in engen Kanälen, Spalten und Poren als immobiles Porenwasser gebunden, haftet aber auch als Tröpfchen an freien Oberflächen. Durch Kapillar- und Adhäsionskräfte, die der Schwerkraft entgegen wirken, wird es am Abfließen gehindert. Zwischen Feststoffpartikeln und Flüssigkeit kann ein Stoffaustausch durch Diffusion stattfinden.

Wird Wasser in die Versuchssäulen eingespeist, füllen sich Kanäle und Poren mit Flüssigkeit auf und die Tröpfchengröße an den freien Oberflächen wachsen an, bis die Schwerkräfte die Haltekräfte übersteigen und es zum Abfluss kommt. Die abfließende

Flüssigkeit ist eine Mischung aus zuströmendem Wasser und mitgerissenem Poren- bzw. Oberflächenwasser.

Sickert Wasser durch eine Müllschicht, kommt es also nicht nur zu einem konvektiven Stoffaustausch mit dem Feststoff, sondern auch zu einer Vermischung mit dem im Müll gespeicherten Wasser. Bei einer Müllfeuchte von 35 % sind in einer Versuchssäule etwa 61 Liter Wasser gespeichert. Das ist mehr als das 20-fache dessen, was bei einer Versuchsreihe infiltriert wird. Bei den Testfeldern liegt das Verhältnis zwischen im Müll gebundenen und pro Monat infiltriertem Wasser bei etwa 50, in realen Deponien nochmals um einige Faktoren höher.

Die Konzentrationen von Inhaltsstoffen im abfließenden Sickerwasser werden – wie auch die Versuche zeigen – weniger von den Konzentrationen der infiltrierten Flüssigkeit, sondern vielmehr von den mittleren Konzentrationen, die sich im gebundenen Wasser einstellen, beeinflusst. Niederschlagswasser, das mit Schwermetallen, Salzen und organischen Parametern wenig belastet ist, wird durch die stärker belastete Müllfeuchte mit Schadstoffen angereichert und es kommt im Sickerwasserabfluss zu erhöhten Konzentrationen. Bei der Mischung Niederschlagswasser und Umkehrosmose-Konzentrat, welche offensichtlich eine höhere Schadstoffbelastung als die Müllfeuchte aufweist, kommt es zu einer Abreicherung und niedrigeren Konzentrationen im Abfluss.

Eine Aufkonzentrierung des Sickerwassers durch Konzentratrückführung ist daher unwahrscheinlich. Dieser Fall könnte nur eintreten, wenn das hoch belastete Konzentrat in einer Kurzschlussströmung, ohne Mischung mit dem im Müll gebundenen Wasser, durch die Müllschichten sickert.

5.2 Schadstofffrachten

Aus den zu- und abgeführten Flüssigkeitsmengen und den zugehörigen Konzentrationen wurden die Schadstofffrachten berechnet, die in die Versuchssäulen und Testfelder infiltriert bzw. aus ihnen abgeführt wurden (Tabelle 2, 3). Die Bilanz erstreckt sich über eine Dauer von 10 Monaten. Die Differenz zwischen Aufgabe und Entnahme gibt an, welche Schadstoffmassen (in Gramm bzw. Kilogramm) innerhalb dieser Versuchsdauer in den Säulen bzw. Testfeldern eingelagert oder abgeführt wurden.

Die Bilanzierung von Schadstofffrachten zeigt, dass bei hohen Inputkonzentrationen der Abfallkörper sogar als Schadstoffsенke dienen kann, d.h. weniger Schadstoffe abgibt als er aufnimmt. An dieser Stelle sei vermerkt, dass dieser Fall in der Praxis nicht auftritt, da bei einer Konzentratrückführung in den Deponiekörper nur die Schadstofffracht zurückgeführt wird, die über das Sickerwasser ausgetragen wird und nicht mehr.

Mit den Frachten lassen sich manche zeitlichen Konzentrationsverläufe besser erklären. Betrachtet man beispielsweise die Chloridkonzentrationen im Ablauf der Säulen 2 und Praxistagung Deponie 2006 www.wasteconsult.de

3, so erkennt man einen deutlichen Rückgang über der Versuchsdauer, während die Konzentrationen bei Säule 1 nur schwach sinken (vergleiche Abbildung 4). Betrachtet man die Chloridfrachten in Tabelle 2, so sieht man, dass die Differenz zwischen In- und Output bei Säule 3 244,3 g, bei Säule 2 198,4 g, dagegen bei Säule 1 nur 27,1 g beträgt. Der Müll in Säule 1 wurde wesentlich weniger von Chloriden entfrachtet, was letztlich zu einem Verharren auf höheren Ablaufkonzentrationen führte. Dieses Verhalten konnte auch bei anderen Parametern beobachtet werden.

Tabelle 2 Zu- und abgeführte Frachten in Gramm bei den Versuchssäulen 1, 2, 3

Parameter	Säule 1		Säule 2		Säule 3	
	Aufgabe	Entnahme	Aufgabe	Entnahme	Aufgabe	Entnahme
Gesamt-TR	1,3	0,6	0,2	0,5	0,0	0,5
Glührückstand	0,8	0,5	0,1	0,5	0,0	0,5
BSB ₅	63,4	13,5	13,5	10,2	0,2	9,2
CSB	400,3	115,5	128,5	95,1	2,2	83,2
Hydrogencarbonat	135,6	272,5	178,0	269,7	7,3	259,8
Ammonium-N	108,1	26,7	25,1	26,3	0,0	24,6
Chlorid	270,4	297,5	69,0	267,4	7,5	251,8
Kalium	88,9	39,7	19,7	37,0	0,3	36,1
Natrium	262,3	185,5	54,5	173,3	3,4	164,9
Calcium	12,1	3,8	2,7	3,6	1,9	4,3
Magnesium	13,1	6,5	2,8	5,9	0,6	5,7

Tabelle 3 Zu- und abgeführte Frachten in Kilogramm bei den Testfeldern 1 und 2

Parameter	Testfeld 1		Testfeld 2	
	Aufgabe	Entnahme	Aufgabe	Entnahme
Gesamt-TR	0,786	0,451	0,099	0,286
Glührückstand	0,486	0,295	0,062	0,217
BSB ₅	35,837	10,138	5,81	5,012
CSB	238,221	155,314	58,173	78,478
Hydrogencarbonat	82,566	241,538	79,234	151,02
Ammonium-N	64,19	41,355	8,96	15,39
Chlorid	163,08	163,4	30,976	119,274
Kalium	51,468	31,67	9,576	21,364
Natrium	152,262	107,072	26,97	82,466
Calcium	6,928	2,272	1,252	1,961
Magnesium	7,539	3,006	1,336	3,302

5.3 Abbau der organischen Abfallfraktion

Die unterschiedlichen Schadstoffbelastungen der infiltrierten Flüssigkeiten wirkten sich auch beim Abbau der organischen Abfallfraktion nicht nennenswert aus. Die produzierten Gasmengen, als Maß für den biologischen Abbau, gleichen sich bis auf wenige Pro-

zent (Abbildung 6). Die Unterschiede liegen innerhalb des Bereiches der Messgenauigkeit.

Der etwas stärkere Rückgang der Methankonzentration bei Säule 1 (Abbildung 7) ist nicht etwa auf eine Beeinträchtigung bzw. Schädigung der Mikroorganismen zurückzuführen, sondern offensichtlich auf einen Mangel an biologisch leicht abbaubaren Abfallfraktionen. Um diese Hypothese zu überprüfen, wurden alle drei Säulen mit einer leicht abbaubaren Glukoselösung beschickt. 1,5 Tage nach Aufgabe der Nährlösung konnte bei allen drei Säulen ein sprunghafter Anstieg der Gasproduktion verzeichnet und damit die Vitalität der Mikroorganismen nachgewiesen werden.

Zwei Jahre nach Versuchsbeginn (November 2005) wurden die Versuchssäulen entleert und repräsentative Müllproben entnommen. Die Glühverluste der Proben bestätigten einen weit vorangeschrittenen und annähernd gleichen Abbau der organischen Fraktion in allen Versuchssäulen (Tabelle 4).

Tabelle 4 Glühverlust von Müllproben

Glühverlust	Säule 1	Säule 2	Säule 3
Nov. 2003	51,3 %	51,3 %	51,3 %
Nov. 2005	22,2 %	23,4 %	24,2 %

Der Organikabbau in den Testfeldern kann nur anhand der Methankonzentrationen abgeschätzt werden. Abbildung 8 zeigt nach etwa 300 Tagen ein Absinken des Methangehaltes. Dieser Verlauf deutet ebenfalls auf einen weit vorangeschrittenen Abbau der organischen Fraktion hin. Dass der Rückgang später als in den Versuchssäulen erfolgt ist nicht verwunderlich, liegen in den Testfeldern doch bei weitem nicht so ideale Abbaubedingungen wie in den Versuchssäulen vor.

6 Zusammenfassung

Wesentliches Ziel des Vorhabens war die Überprüfung, ob durch die Infiltration von Sickerwasserkonzentrat eine Anreicherung von Schadstoffen im Sickerwasser stattfindet und ob der Abbau der organischen Fraktion gehemmt wird.

Weder in den Säulenversuchen, noch in den Testfeldern konnte eine Aufkonzentrierung im abfließenden Sickerwasser festgestellt werden. Die Sickerwasserkonzentrationen sind weitgehend unabhängig von der Schadstoffbeladung der infiltrierten Flüssigkeiten. Die Bilanzierung von Schadstofffrachten zeigt, dass bei hohen Inputkonzentrationen der Abfallkörper als Schadstoffsene dienen kann. Zurückgeführt wird dieses Verhalten auf Mischungsvorgänge der relativ geringen Infiltrationsmengen mit bedeutend größeren Flüssigkeitsmengen im Abfall.

Die unterschiedliche Schadstoffbelastung der infiltrierten Flüssigkeiten wirkt sich beim Abbau der organischen Abfallfraktion nicht nennenswert aus. Die produzierten Gasmen- gen, als Maß für den biologischen Abbau, gleichen sich bis auf wenige Prozent. Abbau- raten beim Glühverlust liegen bei allen drei Säulen in der gleichen Größenordnung.

Die im Labor gewonnenen Ergebnisse resultieren aus idealisierten Versuchs- bedingungen, die chemische, physikalische und mikrobiologische Prozesse beschleuni- gen. Tendenziell stimmen sie jedoch mit den Resultaten der wesentlich größeren Test- felder überein, so dass eine Übertragbarkeit auf reale Verhältnisse möglich ist.

7 Literatur

- Albrecht, B. 2002 Großlysimeter-Langzeit-Untersuchungen zur Rückführung von Umkehrosiose-Sickerwasserkonzentrat auf den Deponiekörper von Hausmülldeponien unter „Flushing-Bedingungen“ rechtfertigen die Aufhebung des Verbots der Sickerwasserrückführung in der DepV; Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis, Band 125, Erich Schmidt Verlag
- Henigin, P. 1999 Auswirkungen der Konzentratrückführung nach der Membranfilt- ration auf die Sickerwasserneubildung von Hausmülldeponien (Diss.). In: Bilitewski, B., Weltin D., Werner, P. (Hrsg.): Beiträge zur Abfallwirtschaft, Band 11, TU Dresden
- Kindsmüller 2002 Stand der Sickerwasserinfiltration/ Berichte aus der LAGA; Fachtagung der ia GmbH – Auswirkungen der geänderten Rah- menbedingungen und der Optimierungsmöglichkeiten für den Betrieb und die Nachsorge von Deponien; 14., 15. März 2002, Herrieden
- Stief, K. 2006 <http://www.deponie-stief.de/deponie/siwa/infiltration/praxis.htm>

Anschrift des Verfassers

Prof. Dr.-Ing. Gert Lautenschlager
Fachhochschule Weihenstephan
Steingruberstraße 2
D-91746 Weidenbach
Telefon +49 9826 654 225
Email: gert.lautenschlager@fh-weihenstephan.de
Website: www.fh-weihenstephan.de