

Einsatz von Rekultivierungsschichten zur Methanoxidation

Prof. M. Martienssen, Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Siemens-Halske-Ring 4, 03046 Cottbus

1. Einführung

Die in der Vergangenheit betriebene Entsorgung von Hausmüll durch Ablagerung auf Deponien kann auch nach deren Stilllegung zu erheblichen Beeinträchtigungen der Umwelt führen. Stoffausträge über den Sickerwasserpfad und Emissionen von Deponiegasen sind Hauptprobleme in der Nachsorgephase von Deponien.

Methan ist mit einem Anteil von ca. 60 % neben Kohlendioxid und Spurenstoffen (1 %) Hauptkomponente der Deponiegase. Mülldeponien bilden dadurch eine Quelle für die Klimabeeinflussung und tragen global gesehen mit ca. 6 bis 17 % an der anthropogen verursachten CH₄-Emission bei.

Im Hinblick auf die Minimierung von CH₄-Emissionen aus Deponien stellen biologisch aktivierte Oberflächenabdeckungssysteme eine mögliche Alternative zur technischen Fassung und Verbrennung des Deponiegases dar. Diese für die gezielte Förderung des aeroben Abbaus von Methan zu Kohlendioxid und Wasser durch Methanoxidanten (methanotrophe Mikroorganismen) optimierten Abdeckschichten können insbesondere auf kleinen Deponien als sinnvolle Alternative zur aktiven Entgasung dienen.

Nennenswerte Vorteile dieser Methode bestehen in einer deutlichen Kosteneinsparung beim Aufbau des Oberflächenabdeckungssystems und durch den Verzicht auf technische Anlagen zur Deponiegasfassung und -behandlung. Hinzu kommt, dass in kleinen Deponien die optimale Verwertung bzw. Beseitigung des Gases aufgrund geringer und stark schwankender CH₄-Gehalte nicht wirtschaftlich und z.T. kompliziert bzw. technisch aufwendig ist.

2. Versuchsaufbau und eingesetzte Methoden

Die Untersuchungen wurden auf drei Versuchsfeldern der Deponie Gunsleben durchgeführt. Die Deponie befindet sich ca. 1 km östlich des Ortes Gunsleben im Bördekreis (Sachsen-Anhalt) und weist eine Fläche von etwa 31.980 m² auf. Die Deponie wurde am 31.05.2005

stillgelegt. Die ehemalige Kiesgrube wurde überwiegend zur Ablagerung von Hausmüll genutzt und hat ein Ablagerungsvolumen von rund 300.000 m³ mit einer Einbaudichte von 1 t m⁻³. Durch active Gasfassung werden gegenwärtig ca. 50 Nm³ h⁻¹ mit einem mittleren CH₄-Gehalt von > 50 Vol. % abgesaugt.

Für die Untersuchungen wurden 3 Versuchsfelder mit einer Größe von 20 m * 20 m angelegt. Die Versuchsfelder liegen im Einzugsbereich (Radius 25 m) der bereits auf der Deponie installierten Gasbrunnen, so dass das Deponiegasbildungspotenzial in den jeweiligen Einzugsbereichen parallel zu den Untersuchungen bestimmt werden konnte. Versuchsfeld 1 weist eine hohe CH₄-Flächenbelastung auf. Versuchsfeld 2 liegt im mittleren und Versuchsfeld 3 im Schwachlastbereich.

An den Seitenrändern der Versuchsfelder wurde eine ca. 2 m breite und 1 m hohe Dichtungswand eingebaut, die eine Verfälschung der Messergebnisse durch Gasaustritte zwischen den Gasdrainageschichten der jeweiligen Versuchsfelder verhindern soll. Der schematische Aufbau der Versuchsfelder ist aus Abb. 1 ersichtlich. Die Materialanforderungen und Einbauparameter sind in den Tabellen 1 bis 3 zusammengefasst.

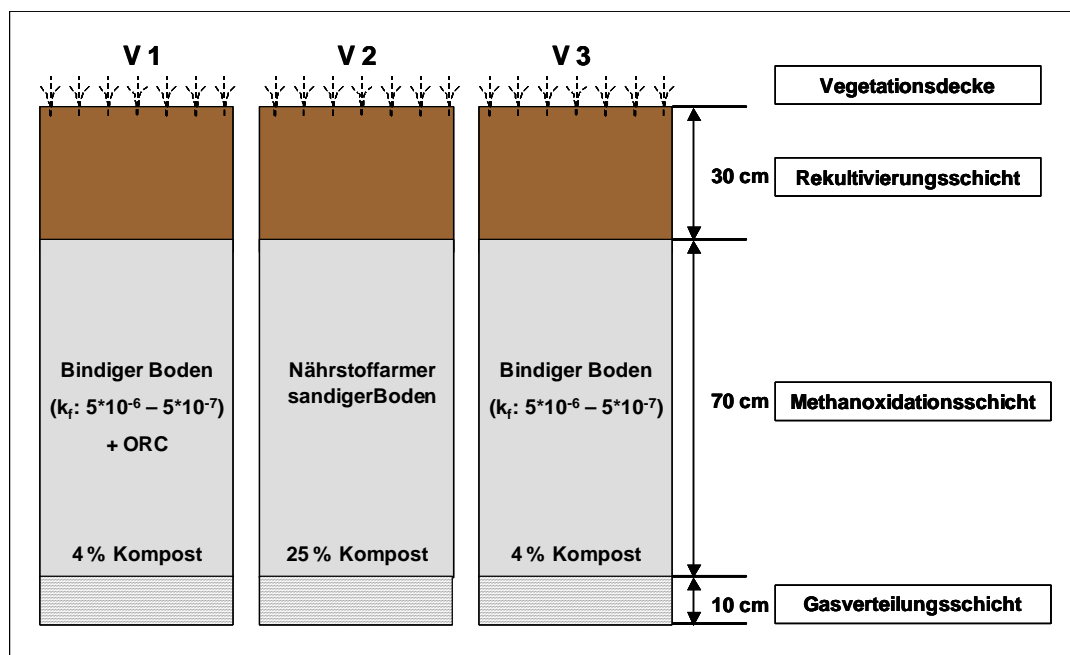


Abb. 1: Aufbau der Versuchsfelder (V) 1 bis 3

Tabelle 1: Materialanforderungen und Einbauparameter Versuchsfeld 1

Materialparameter	Soll-Wert
Gasverteilungsschicht	
Verdichtung	$D_{Pr} \geq 95\%$ bzw. $E_{V2}/E_{V1} \leq 3$ (ZTVE)
Durchlässigkeitsbeiwert	$k_r \geq 1 \cdot 10^{-4}$ m/s
pH-Wert	6,0 – 9,0
Wasseraufnahmevermögen	≥ 10 Vol.-%
Methanoxidationsschicht	
Feldkapazität	$FK \geq 45$ Vol.-%
Durchlässigkeitsbeiwert	$k_r = 1 \cdot 10^{-6}$ m/s bis $k_r = 1 \cdot 10^{-7}$ m/s
Gesamtstickstoff	0,1 – 0,3 Masse -%
Rekultivierungsschicht	
Durchlässigkeitsbeiwert	$k_r = 1 \cdot 10^{-6}$ m/s bis $k_r = 1 \cdot 10^{-7}$ m/s

Tabelle 2: Materialanforderungen und Einbauparameter Versuchsfeld 2

Materialparameter	Soll-Wert
Gasverteilungsschicht	
Verdichtung	$D_{Pr} \geq 95\%$ bzw. $E_{V2}/E_{V1} \leq 3$ (ZTVE)
Durchlässigkeitsbeiwert	$k_r \geq 1 \cdot 10^{-4}$ m/s
pH-Wert	6,0 – 9,0
Wasseraufnahmevermögen	≥ 10 Vol.-%
Methanoxidationsschicht	
Feldkapazität	$FK \geq 45$ Vol.-%
Durchlässigkeitsbeiwert	$k_r = 1 \cdot 10^{-6}$ m/s bis $k_r = 1 \cdot 10^{-7}$ m/s
Rottegrad Kompost	IV – V
Rekultivierungsschicht	
Durchlässigkeitsbeiwert	$k_r = 1 \cdot 10^{-6}$ m/s bis $k_r = 1 \cdot 10^{-7}$ m/s

Tabelle 3: Materialanforderungen und Einbauparameter Versuchsfeld 3

Materialparameter	Soll-Wert
Gasverteilungsschicht	
Verdichtung	$D_{Pr} \geq 95\%$ bzw. $E_{V2}/E_{V1} \leq 3$ (ZTVE)
Durchlässigkeitsbeiwert	$k_r \geq 1 \cdot 10^{-4}$ m/s
pH-Wert	6,0 – 9,0
Wasseraufnahmevermögen	≥ 10 Vol.-%
Methanoxidationsschicht	
Feldkapazität	$FK \geq 45$ Vol.-%
Durchlässigkeitsbeiwert	$k_r = 1 \cdot 10^{-6}$ m/s bis $k_r = 1 \cdot 10^{-7}$ m/s
Gesamtstickstoff	0,1 – 0,3 Masse -%
Rekultivierungsschicht	
Durchlässigkeitsbeiwert	$k_r = 1 \cdot 10^{-6}$ m/s bis $k_r = 1 \cdot 10^{-7}$ m/s

Alle Versuchsfelder sind aus Gasverteilungs-, Methanoxidations- und Rekultivierungsschicht aufgebaut. Während Gasverteilungs- und Rekultivierungsschicht bei allen Versuchsfeldern gleich sind, unterscheiden sich die jeweiligen Methanoxidationsschichten. Als Gasverteilungsschicht wurde grober Kies mit einer Wasserhaltekapazität von ca. 20 % verwendet, der gleichzeitig als Aufwuchsfläche für methanotrophe Bakterien dient. Die Rekultivierungsschicht ist als Voraussetzung für die Etablierung eines Pflanzenbestandes

vorgesehen. Hierfür wurde ein humushaltiger Mutterboden verwendet. Die Bepflanzung der Rekultivierungsschicht erfolgt mit einer Gras-Mischung, welche mit der Begrünung des restlichen Deponiekörpers identisch ist.

Die Bodensubstrate für den Aufbau der Methanoxidationsschicht wurden nach den Kriterien einer Optimierung der CH₄-Oxidation und der am Standort gegebenen Verfügbarkeit ausgewählt. Für die Versuchsfelder 1 und 3 wurde ein bindiger Boden, das heißt ein schluffiger Sandboden aus der Umgebung der Deponie verwendet. Um eine ausreichende Nährstoffversorgung der methanotrophen Bakterien und des Bewuchses zu gewährleisten, musste das verwendete Bodensubstrat mit 4% Kompostbeimischung zusätzlich aufgewertet werden. Im Versuchsfeld 2 wurde ein nährstoffarmer Sandboden eingesetzt, welcher für die Gewährleistung einer hinreichenden Wasserhaltekapazität und für die Sicherung der Nährstoffversorgung mit 25% Kompost versetzt wurde. Im Versuchsfeld 1 wurde zusätzlich eine Menge von 5 kg m⁻² ORC in Form einer Magnesium-Peroxidformulierung auf die Oberfläche der Gasverteilungsschicht ausgebracht, um die O₂-Verfügbarkeit auch in tieferen Schichten zu erhöhen.

3. Ergebnisse

Die durchgeführten Feldversuche belegen, dass eine effektive Methanoxidation bei biologisch aktivierten Oberflächenabdeckungen sehr gut möglich ist. Die Verwendung von optimierten Oberflächenabdeckungen, bei denen biologische Prozesse gezielt gefördert werden, stellt bei kleineren Deponien eine echte Alternative zur technischen Gasfassung und Verbrennung dar. Bei Anströmmengen von maximal ca. 4,5 L Methan/m²*h wurden unter realen Feldbedingungen und ganzjährig Methanoxidationsraten von durchgängig > 90% erzielt. Dabei wurden auch im Winterbetrieb gute bis sehr gute Abbauleistungen erzielt. Langfristig kann so das Gefährdungspotential von kleineren Deponien gesenkt und diese in den natürlichen Stoffkreislauf eingebunden werden.

Über den Versuchszeitraum wurde auf allen Versuchsfeldern eine zunehmende Stabilisierung der Methanoxidationskapazität beobachtet, so dass vor allem im Versuchsfeld 2 ein praktisch vollständiger Methanabbau erreicht wurde. Lediglich im Versuchsfeld 3, wo teils starke Inhomogenitäten festgestellt wurden, wurde die Methanoxidationskapazität an einigen Messpunkten fast vollständig ausgeschöpft. Als Ursachen dafür kommen punktuell starke Methanbildungspotentiale in Betracht.

In Bezug auf die Nährstoffbereitstellung haben sich die angenommenen Mengenprognosen auch unter Feldbedingungen bestätigt. Signifikante Nährstoffverluste konnten bisher nicht

festgestellt werden. Insgesamt wurden auch in Bezug auf die Nährstoffversorgung der methanotrophen Bakterien bisher keine signifikanten Änderungen festgestellt, so dass zum jetzigen Zeitpunkt die Nährstoffversorgung noch als ausreichend bezeichnet werden kann. Aussagen über die langfristige Entwicklung der Nährstoffbilanz sind jedoch noch nicht möglich. Eventuell wird zu späteren Zeitpunkten eine Nachdüngung erforderlich.

In Bezug auf den Wasserhaushalt wurde die für eine optimale Aktivität der Mikroorganismen erforderliche Durchfeuchtungen der Oberflächenabdeckung von mindestens 13 vol.% nach der Aufbringung der Abdeckung im Nov. 06 im darauffolgenden Frühjahr erreicht. Im Versuchszeitraum erfolgte danach eine geringe Aufsättigung ohne bisher die Wasserhaltekapazität auszuschöpfen. Da während des Versuchszeitraumes für den Standort eher hohe Niederschlagsmengen aufgetreten sind, ist auch in den Folgejahren mit nur geringer Durchsickerung der Oberflächenabdeckung zu rechnen. Die in den Deponiekörper eindringenden sehr geringen Sickerwassermengen können den Wasserverlust über den Gasaustrag nicht ausgleichen. Deshalb ist in den Folgejahren mit einer zunehmenden Austrocknung des Deponiekörpers und verlangsamer Gasbildung zu rechnen.

Eine wesentliche Unsicherheit besteht nach wie vor in der Abschätzung der tatsächlich anströmenden Methanmengen, welche von der methanoxidierenden Schicht zu bewältigen sind. Bisherige Abschätzungen mit Hilfe von Absaugmengen und Modellrechnungen sind unter Feldbedingungen noch mit großen Unsicherheiten behaftet und nur in begrenzten Bereichen möglich. Um die Aussagefähigkeit in Bezug auf die Bilanzierung der Methanabbauleistung unter Feldbedingungen weiter abzusichern, wären zusätzliche Untersuchungen erforderlich.

4. Schlussfolgerungen

In den durchgeführten Feldversuchen wurden vorangegangene Resultate aus kleintechnischen Versuchen bestätigt, wonach mit Hilfe von optimierten methanoxidierenden Oberflächenabdeckungen Methanmengen bis mindestens 4,5 l Methan/m³h praktisch vollständig oxidiert werden. Um eine ausreichende Winterstabilität zu gewährleisten ist eine Mindesthöhe der methanoxidierenden Schicht von 1 m erforderlich. Auf den Versuchsfeldern wurden mit 0,7 m Methanoxidationsschicht und 0,3 m Rekultivierungsschicht sehr gute Resultate erzielt.

Bei entsprechender Abstimmung von Stickstoffangebot und N-Verwertung finden kaum Austräge von Stickstoff statt. Ob längerfristig zusätzliche N-Gaben durch Düngung erforderlich werden, muss in einem längerfristigen Monitoring ermittelt werden.

Die eingesetzten optimierten Oberflächenabdeckungen zeigen bisher eine optimale Wasserhaushaltsfunktion. Die Bodenfeuchte variiert zwischen 10 und 16 % in einem für die mikrobiellen Prozesse optimalen Bereich. Damit ist nur mit sehr geringen Durchsickerungen der Abdeckungen zu rechnen, die den Wasserverlust aus dem Deponiekörper nicht ausgleichen.

Anschrift der Verfasser

Prof. Dr. rer. nat. habil. Marion Martienssen

Brandenburgische Technische Universität Cottbus

LS Biotechnologie der Wasseraufbereitung

D-03046 Cottbus

Telefon +49 355 694304

email: marion.martienssen@tu-cottbus.de

Website: <http://www-1.tu-cottbus.de/abw-tech>