

In situ Aerobisierung von Altdeponien – das Projekt Deponie Dorfweiher

M. Reiser¹, D. Laux² und M. Kranert¹

¹Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte - und Abfallwirtschaft (ISWA), Universität Stuttgart, Deutschland, ²Landkreis Konstanz, Deutschland

Zusammenfassung

Seit Juli 2005 ist es in Deutschland nicht mehr erlaubt, unbehandelten Hausmüll zu deponieren. Die Menge an Abfall, die seither auf Deponien verbracht wurde, sank enorm. Daher werden viele Deponien stillgelegt und in die Nachsorgephase überführt.

Zur Verkürzung der Nachsorgezeit wird auf einem Teilbereich der Deponie Dorfweiher in Konstanz eine neue In situ Behandlungstechnik angewandt. Die Deponie wird mit niedrigem Druck periodisch belüftet. Die Abluft wird passiv über ein offenes Biofilter behandelt, das die Deponiefläche bedeckt. Mittels 80 Belüftungslanzen wird die Deponie belüftet. Die Belüftungslanzen sind in einem Raster im Abstand von 10 Metern über die gesamte Fläche verteilt. Die benötigte Feuchtigkeit für den biologischen Abbau des Abfalls kann mit gesammeltem Sickerwasser aus dem Projektbereich über Verteilereinheiten zur Sickerwasserrückführung ausgeglichen werden. Der Belüftungszeitraum ist auf drei Jahre angesetzt. Danach werden die Auswirkungen der aeroben Behandlung auf die Deponie in einer zweijährigen Beobachtungsphase weiter ausgewertet. Die Ergebnisse des Projekts werden eine wichtige Rolle bei der Wahl der endgültigen Oberflächenabdichtung spielen.

Das Projektziel ist es, eine neue In situ Behandlungstechnik zu testen, die den aeroben Abbauprozess beschleunigt. Dadurch können Setzungen vorweggenommen und schädliche Deponiegasemissionen größtenteils reduziert werden. Weiterhin ist damit zu rechnen, dass sich die Qualität des Sickerwassers bedeutend verbessert. Im Pilotprojekt werden aufwendige Messmethoden angewandt und ständige Kontrollen verschiedenster Parameter durchgeführt. In den Bereichen Temperatur, Gaszusammensetzung und Gasemissionen, Sicker-

wasserqualität und Setzung des Deponiekörpers werden eine Vielzahl von Messwerten aufgenommen.

Seit Beginn der Intervallbelüftung im Januar 2010 haben sich im Deponiekörper bereits große Veränderungen ergeben. Ein wichtiger Indikator ist der Anstieg der Temperatur. Diese stieg von anfänglich 27°C auf eine mittlere Temperatur von ca. 50 °C an. In vielen Bereichen des Deponiekörpers konnte durch eine Aerobisierung auch die Methanproduktion stark reduziert werden. Nach einer längeren Belüftungspause war dieser Zustand jedoch teilweise auch wieder reversibel. Messungen im Biofilter haben bisher ergeben, dass nur noch sehr niedrige Methankonzentrationen von der Versuchsfläche emittiert werden. Die Setzungen im Deponiekörper seit Projektbeginn liegen in manchen Bereichen in einer Größenordnung von 70 Zentimetern. Die bisher ermittelten Daten erlauben interessante Rückschlüsse auf die Vorgänge während der Belüftung und ermöglichen eine Anpassung der Belüftungsstrategie an die sich ändernden Verhältnisse.

Abstract

Since July 2005, it has been no longer permitted to landfill untreated municipal solid waste in Germany. The amount of waste deposited on landfills shrunk enormously since then. Therefore, many landfills are being closed and converted into the aftercare period.

To reduce this aftercare period a new in situ treatment technique is utilized on a part of the Dorfweiher landfill in Konstanz. The landfill is aerated intermittently with low pressure. Out-going air is treated passively in an open biofilter, which is covering the landfill surface. By the means of 80 air injection wells, the landfill is aerated. Injection wells are arranged area-wide in a 10 m grid. In order to provide enough humidity to the biodegradation processes, collected leachate from the project site can be recycled and induced under the biofilter. Over a period of three years, the landfill will be aerated. Afterwards the effects of the aerobic stabilization onto the landfill will be evaluated in a two-year monitoring phase. The results of the project will provide a key factor in choosing the construction of the final surface sealing.

The goal is to test a new in situ treatment technique for accelerating the aerobic degradation process. The advantage would be that settlings can be forestalled and landfill gas emissions can be reduced. In addition, the quality of leachate could be improved. An elaborate measuring process and technological controls are being utilized in the pilot scheme.

In the field of temperature, gas quality and gas emissions, leachate quality and settlement of the landfill a huge number of data are recorded. Since beginning of the intermittent aeration in January 2010, the things have changed inside the landfill section in many ways. Temperature is one of the most important parameters. It increased from 27°C at the beginning up to a median value of about 50°C. In many zones of the landfill body, the aeration caused aerobic conditions with a decline of methane production. After a longer aeration stop, this process was reversible in a few zones by now. Gas measurements inside the biofilter revealed a very low methane emission up to now. The settlements of the landfill are up to 70 cm in some regions.

The collected data give interesting conclusions about the processes during aeration. It allows optimizing the aeration strategy depending on changes of the conditions in the landfill.

1 Einleitung

In Deutschland wurden seit 2005 viele Deponien stillgelegt und in die Nachsorgezeit überführt. Die Nachsorge endet zu dem Zeitpunkt, an dem keine Auswirkungen auf die Umwelt mehr von der Deponie erwartet werden können. Wissenschaftliche Berechnungen und Voraussagen der Schadstoffemissionen der abgelagerten Abfälle zeigen, dass Mülldeponien noch lange Zeit beaufsichtigt werden müssen, nachdem sie stillgelegt wurden. Aufgrund der im Deponiekörper ablaufenden biologischen Ab- und Umbauprozesse treten über längere Zeiträume Emissionen über das Sickerwasser und Deponiegas aus der Deponie aus. Die Dauer der Nachsorgephase wird allerdings unter herkömmlichen anaeroben Milieubedingungen und bei Aufbringung einer Oberflächenabdichtung nicht verkürzt, sondern verlängert.

Zwei erprobte In situ Behandlungsmethoden sind allgemein bekannt, die die Dauer und das Ausmaß der Nachsorgemaßnahmen verringern können. Der eine Weg die Menge des biologisch abbaubaren Materials zu verringern ist die Bewässerungsmethode unter anaeroben Bedingungen. Die Belüftung der Deponie mit Behandlung der Abluft ist die andere Möglichkeit.

Der Landkreis Konstanz beabsichtigt die Nachsorgezeit seiner Deponie „Dorfweiher“ zu reduzieren. Bei dem von der Universität Stuttgart, Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft (ISWA) in Zusammenarbeit mit dem Ingenieurbüro Lhotzky & Partner, Braunschweig, entwickelten und ausgeführten In situ Behandlungsverfahren in einem Teilbereich der Deponie „Dorfweiher“ werden die bekannten Methoden kombiniert und verbessert. Das Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr Baden-Württemberg unterstützt das Projekt finanziell.

Der Zeitraum für die Belüftung ist auf drei Jahre angesetzt. Danach werden die Auswirkungen der aeroben Behandlung auf die Deponie in einer zweijährigen Beobachtungsphase ausgewertet. Die Ergebnisse des Projekts werden eine wichtige Rolle bei der Wahl der endgültigen Oberflächenabdichtung spielen.

2 Projektziele

Ziel des Pilotprojektes ist es, den Deponiekörper aerob zu stabilisieren und so eine Entlassung aus der Nachsorge innerhalb eines absehbaren Zeitraumes zu erreichen. Mithilfe des geplanten Verfahrens sollen die organischen Bestandteile im Deponiekörper beschleunigt um- und abgebaut werden. Dadurch können Setzungen vorweggenommen und schädliche Deponiegasemissionen größtenteils reduziert werden. Auch ist damit zu rechnen, dass sich die Qualität des Sickerwassers bedeutend verbessert. Parallel können im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung des Pilotprojekts weiterführende Erkenntnisse erarbeitet werden. In einem engen zeitlichen und örtlichen Raster wird eine Vielzahl von Messdaten erfasst. Beispielsweise können Informationen sowohl zu den erforderlichen Belüftungsraten und -drücken als auch zu den Gas-, Sickerwasser-, Temperatur- und Setzungsentwicklungen erworben werden, sodass die Belüftungsstrategie optimiert werden kann. Weiter interessieren, wie effektiv der Bioflächenfilter zur Abluftbehandlung arbeitet und welche Sickerwassermengen rückgeführt werden müssen, damit die biologischen Prozesse in der Ablagerung optimal ablaufen.

Die technischen Anlagen und Geräte sind in Modulbauweise aufgebaut. Nach Beendigung des Projekts wäre es möglich, einen Teil der technischen Bauteile zur Behandlung eines anderen Abschnitts der Deponie „Dorfweiher“ oder anderer Deponien zu nutzen. Eine Bilanzierung von Kohlenstoff, Stickstoff und Wasser wird ausgearbeitet. Für Kohlenstoff und Stickstoff wird dies hauptsächlich nur über die Gasanalyse möglich sein. Die Ergebnisse werden dahin gehend bewertet, ob diese Methode der In situ Behandlung auch auf andere Deponien übertragen werden kann. Eine weitere wichtige Frage ist, unter welchen Bedingungen die Nachsorgezeit darüber hinaus weiter verkürzt werden kann.

3 Technische Durchführung

Die Hausmülldeponie Konstanz-Dorfweiher des Landkreises Konstanz mit einer Gesamtfläche von 22 ha weist ein Abfallvolumen von 5,5 Mio. m³ auf. Durch eine 10 bis 30 m mächtige Geschiebemergelschicht verfügt die Deponie über eine wirkungsvolle, natürliche geologische Barriere sowie über eine technische, mineralische Basisdichtung. Das Sickerwassersystem fasst die einzelnen Deponieabschnitte über getrennte Sickerwasserleitungen. Von 1966 bis 2005 wurden hauptsächlich Hausmüll und Gewerbeabfall deponiert.

Das Projekt wird in einem Abschnitt der Deponie „Dorfweiher“ durchgeführt (Fläche 12.000 m², Füllvolumen 72.000 m³). Dieser Abschnitt verfügt über eine mineralische Basisabdichtung, jedoch keine Oberflächenabdichtung oder Gasfassung. Im Jahr 2003 endete die Deponierung von Abfall im Projektabschnitt. Im Jahr 2007 wurden vorbereitende Erkundungen des Abschnitts gemacht. Notwendig war dies, um Informationen über die Eigenschaften des Abfalls im Projektgebiet, die Dimensionierung des Belüftungssystems, des Biofilters und des Überwachungsprogramms zu gewinnen.

Die Universität Stuttgart entwickelte gemeinsam mit dem Büro Lhotzky und Partner, Braunschweig, ein neues Verfahren, um Deponiekörper aerob zu stabilisieren. Dieses Verfahren durch Verknüpfung von extensiver Intervallbelüftung und gleichzeitigem Ausgleich der für die biologischen Abbauvorgänge benötigten Feuchtigkeit durch Sickerwasserrückführung soll erstmalig erprobt werden. Im Gegensatz zu den bisher angewandten Verfahren wird die Abluft passiv über ein flächig aufgetragenes Biofilter gereinigt (siehe Abbildung 1).

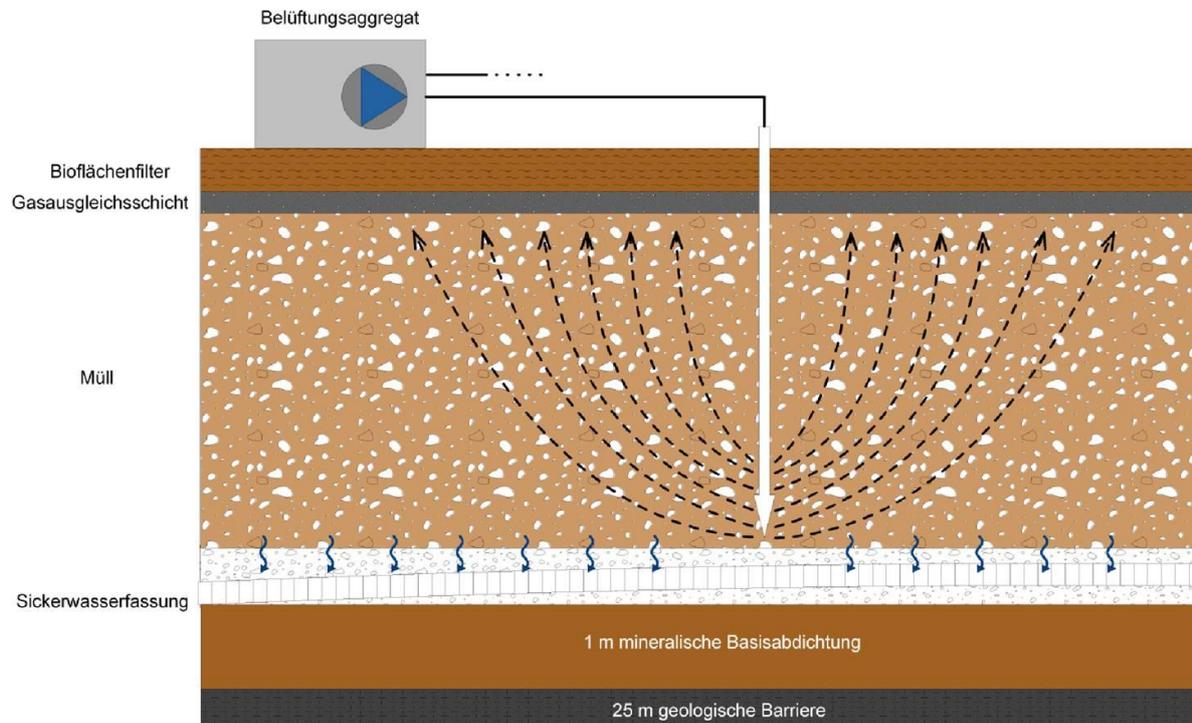


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Verfahrens zur Behandlung durch extensive Intervallbelüftung in Kombination mit einem Flächenbiofilter zur passiven Abgasreinigung

Der Belüftungszeitraum ist auf drei Jahre angesetzt. Anschließend werden in einer zweijährigen Überwachungsphase die Auswirkungen der Behandlung analysiert. Gegen Ende des Projekts muss eine Oberflächenabdichtung auf die Deponie aufgebracht werden. Die Ergebnisse des Projekts werden eine wichtige Rolle bei der Wahl der endgültigen Oberflächenabdichtung spielen. Die Bauphase des Projekts dauerte von August bis Dezember 2009, die dreijährige Belüftungsphase begann im Jahr 2010.

3.1 Aktive Belüftung des Deponiekörpers

Mittels 80 Belüftungsanlagen wird die Deponie in Intervallen mit niedrigem Druck belüftet. Die Belüftungsanlagen sind in einem Raster im Abstand von 10 Metern über die Versuchsfläche verteilt angeordnet. Diese Anlagen bestehen aus Stahlrohren mit einem 1 m langen Filter an der Spitze. Der unterschiedliche Luftbedarf der einzelnen Belüftungsanlagen kann von der Kontrolltechnik geregelt werden. Rückschlagventile am oberen Ende der Belüftungsanlagen verhindern, dass Gase aus der Deponie in die Belüftungsleitungen gelangen. Basierend auf den Erkenntnissen aus der Vorerkundung und unter der Annahme einer Belüftungsphase von drei Jahren wurde für die Startphase ein Bedarf an Luft zwischen 900 und 1200 m³/h angenommen.

3.2 Passivbehandlung der Deponiegase über ein Biofilter

Aufgrund der zu erwartenden niedrigen Methankonzentrationen und dem daraus folgenden niedrigen kalorischen Wert der Gasfreisetzung ist es möglich, das während der Belüftung aufsteigende Gas in einem Biofilter durch mikrobielle Methanoxidation zu behandeln (Gamperling et al., 2006). Bei diesem Projekt werden die austretenden Gase passiv durch einen offenen Biofilter behandelt, der die Versuchsfläche bedeckt. Für die Dimensionierung des Biofilters wurden neben Literaturdaten die Erkenntnisse aus der Vorerkundung herangezogen. Bei einer Belüftungsrate von maximal 1200 m³/h ergibt sich eine Flächenbelastung von ca. 75 bis 100 l/m² h Abluft aus dem Deponiekörper.

Die unterste Schicht des dreistufigen Biofilters besteht aus Schotter (30cm), der die Funktion hat, das austretende Gas zu verteilen. Die mittlere Schicht mit einer Mächtigkeit von 90 cm besteht aus Grünschnittkompost. Eine Abdeckschicht aus 30 cm Heidekraut sorgt unter anderem dafür, dass die Feuchtigkeit im Biofilter gehalten werden kann. Ein optimaler Feuchtegehalt ist für die effiziente Behandlung der Abgase notwendig. Wasserdampf, der durch die Belüftung aus der Deponie ausgetragen wird, sorgt durch Kondensation für eine Rückbefeuchtung des Biofiltermaterials (siehe Abbildung 2). Sollte dies nicht ausreichen, kann das Biofilter mittels einer mobilen Berieselungsanlage bewässert werden.



Abbildung 2: Austretende feuchte Luft oberhalb des Flächenbiofilters

3.3 Befeuchtung des Deponiekörpers

Es wurde erwartet, dass der Feuchtegehalt im Deponiekörper während der In situ Belüftung sinkt, da Wasser an die ausströmende Luft abgegeben wird. Für eine Rückbefeuchtung des Deponiekörpers, um die für den biologischen Abbau benötigte Feuchte zu erhalten, wurden Sickerwasserverteiler bei jeder Belüftungsanlage angebracht. Gesammeltes Sickerwasser aus dem Projektgebiet kann damit, wenn notwendig, so wieder zugeführt werden. Das rückgeführte Sickerwasser wird zur Vermeidung von Geruchsemissionen unterhalb des Biofilters verteilt. Nach ca. 8 Monaten Intervallbelüftung konnte bisher jedoch keine Austrocknung des Abfalls festgestellt werden.

4 Forschungskonzept

Im Pilotprojekt werden aufwendige Messmethoden angewandt und regelmäßige technische Kontrollen durchgeführt. Um das Belüftungssystem zu kontrollieren und zu verbessern und um den Behandlungsprozess im Detail zu dokumentieren werden viele Parameter kontinuierlich aufgenommen. Dazu wurden 64 Messsensoren installiert, um die Temperatur in der Deponie und im Biofilter fortlaufend aufzuzeichnen. Die Deponiegase werden in bestimmten Intervallen an 18 Messstellen innerhalb des Deponiekörpers und an 8 Messstellen im bzw. auf dem Biofilter gemessen.

Anhand der ermittelten Daten kann die Belüftungsstrategie verifiziert und gegebenenfalls den sich ändernden Bedingungen angepasst werden. Weiterhin werden monatlich Kontrollen der Methangaskonzentration auf der Oberfläche des Biofilters mittels Flammen-Ionisations-Detektor (FID-Begehung) durchgeführt. Gleichzeitig wird eine neue Methode mit einem einstellbaren Dioden-Laser-Absorptions-Spektrometer (TDLAS) angewandt und im Projekt weiterentwickelt. Anstatt punktueller Messungen misst das TDLAS mittlere Methankonzentrationen auf einer optischen Strecke zwischen 50 und 500 m (lineare Messung). Das Gas wird hier, ohne gestört zu werden, durch einen unsichtbaren Laser gemessen. Dagegen analysiert das FID die Konzentration eines eingesaugten Gasstroms, wobei die natürliche Gasausströmung gestört wird. Das TDLAS liefert gut reproduzierbare und aussagekräftige Messwerte (Reiser et al., 2008).

Um die Auswirkung der Belüftung auf den Deponiekörper zu bestimmen, wird halbjährlich die Setzung mittels eines hydrostatischen Messsystems gemessen.

Durch die weitgehende Abtrennung der Pilotfläche vom Rest der Deponie ist es auch möglich, die Auswirkungen der Belüftung auf die Qualität und Quantität des Sickerwassers zu untersuchen. Die Sickerwassermenge und verschiedene Leitparameter werden über den gesamten Versuchszeitraum kontinuierlich erfasst.

Vor Projektstart wurden die Charakteristiken des Abfalls durch Bohrungen und Stichproben untersucht [Kranert et al., 2008]. Am Ende des Projekts wird diese Untersuchung wiederholt, um den Fortschritt der Stabilisierung und die Änderung der Eigenschaften des Mülls zu ermitteln.

5 Erste Resultate und Ausblick

Seit Beginn der Intervallbelüftung im Januar 2010 haben sich im Deponiekörper bereits große Veränderungen ergeben. Ein wichtiger Indikator ist der Anstieg der Temperatur in den Bereichen, in denen durch Sauerstoff ein aerober Abbau induziert wurde. Die an 64 Stellen im Deponiekörper gemessenen Temperaturen belegen eine Erwärmung im gesamten Deponiekörper. Den Vergleich der Temperaturverteilung zu Beginn des Projekts und nach ca. 8 Monaten Intervallbelüftung zeigen die Abbildungen 3 und 4:

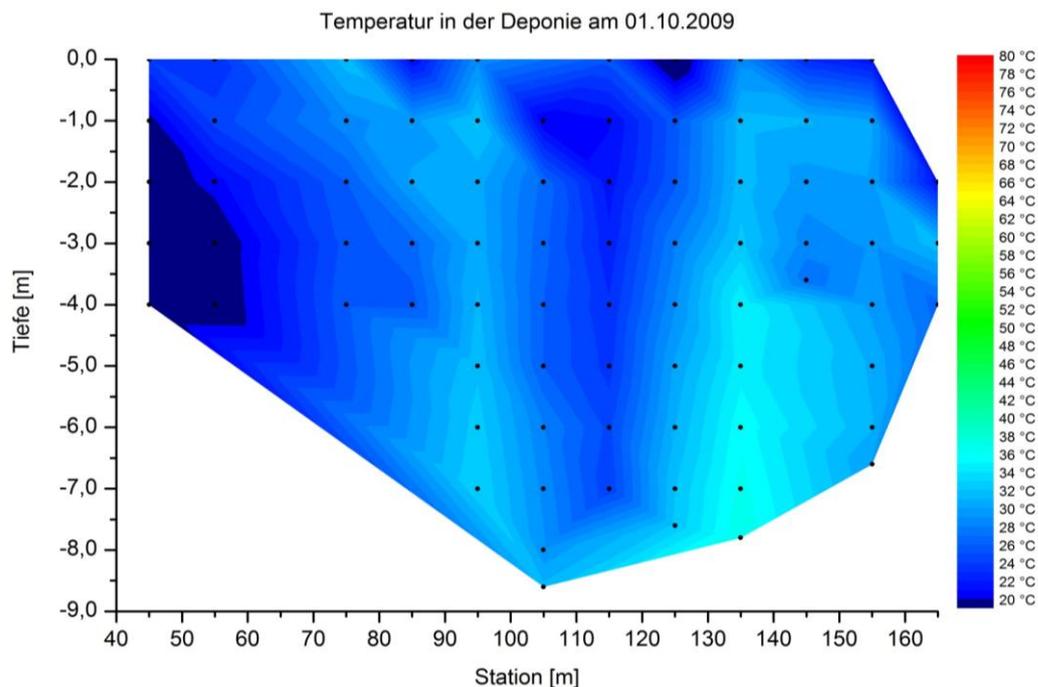


Abbildung 3: Temperaturverteilung im Deponiekörper bei Projektbeginn

Zu Beginn des Projektes lag die mittlere Temperatur im Deponiekörper bei etwa 27 °C. Nachdem der Biofilter aufgebracht wurde, verschob sich die wärmste Zone in der Deponie nach oben in Richtung Biofilter. Die durchschnittliche Temperatur erhöhte sich auf 39 °C in der Deponie, ohne dass die Deponie aktiv belüftet wurde. Aus den vorliegenden Daten lässt sich ableiten, dass das Biofilter auf dem Deponiekörper Wärme infolge der Selbsterhitzung des Grünschnittkomposts nach unten ausstrahlt und so die Deponie aufwärmte. Darüber hinaus wirkt diese Filterschicht wie eine Wärmedämmung für den Deponiekörper. Nachdem der Abfall belüftet wurde, stieg die Temperatur im Mittel um weitere 11 K auf ca. 50 °C nach 8monatiger Intervallbelüftung an (siehe Abbildung 4).

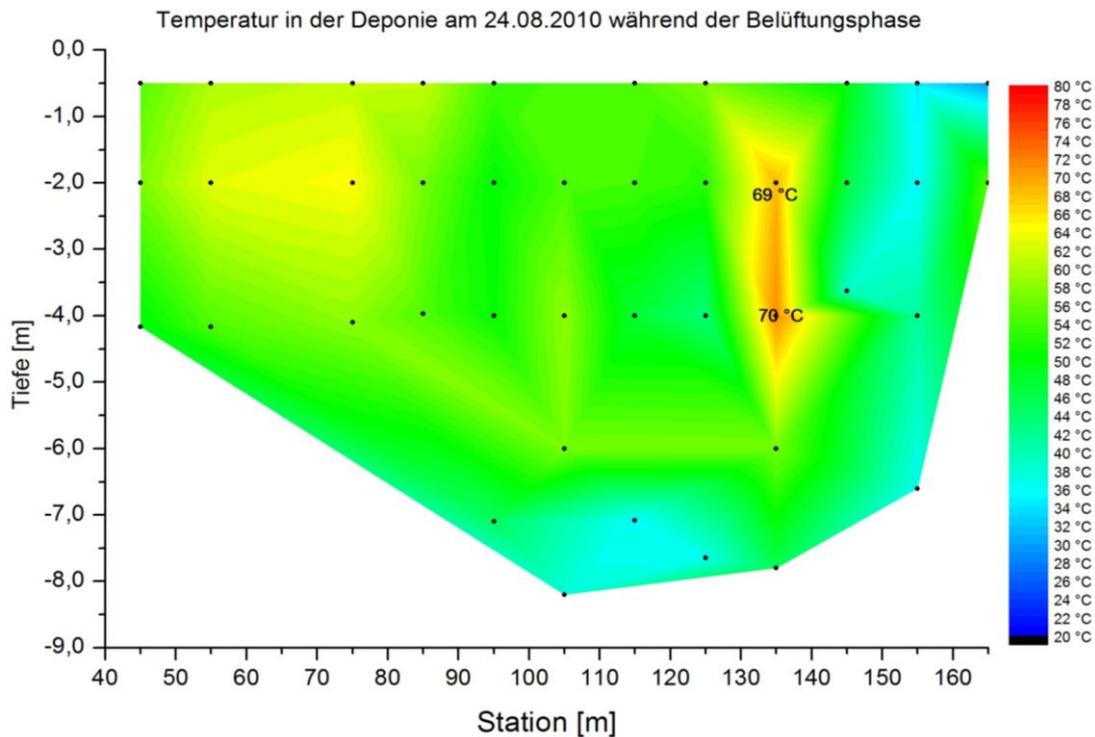


Abbildung 4: Temperaturverteilung im Deponiekörper nach ca. 8monatiger Intervallbelüftung

Auch die Zusammensetzung des Deponiegas an den 18 gleichmäßig im Deponiekörper verteilten Messstellen hat sich seit Beginn der Belüftung stark verändert. Die Messung der Hauptkomponenten Methan, Kohlendioxid, Sauerstoff und Schwefelwasserstoff hat bereits gezeigt, dass an einigen Stellen aerobe Verhältnisse erzeugt werden konnten, sodass die Methan-Produktion stark abgenommen hat.

Die in den Abbildungen 5 und 6 dargestellte Verteilung von Methan und Kohlendioxid zeigt allerdings auch, dass es noch Bereiche gibt, die bisher nur unzureichend belüftet werden konnten.

Bei Belüftungspausen ist beim derzeitigen Stand der Aerobisierung noch zu erkennen, dass dieser Prozess in manchen Bereichen reversibel ist, weshalb sich nach kurzer Zeit wieder höhere Methankonzentrationen einstellen. Der Verlauf der Gaszusammensetzung am Messpunkt G115/-10, der in Abbildung 7 dargestellt ist, zeigt diese verschiedenen Zustände.

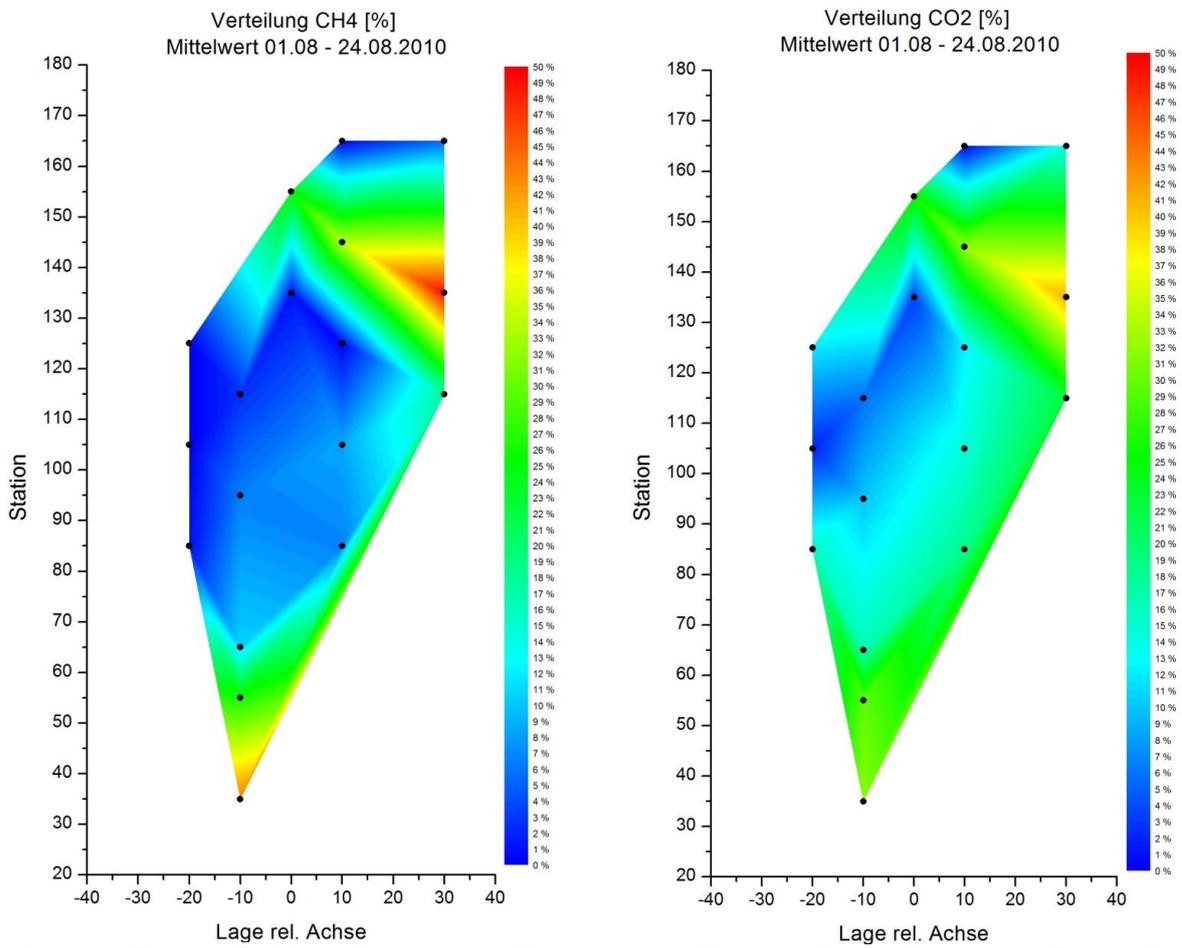


Abbildung 5 und 6: Verteilung von Methan und Kohlendioxid über den Deponiekörper nach ca. 8monatiger Intervallbelüftung

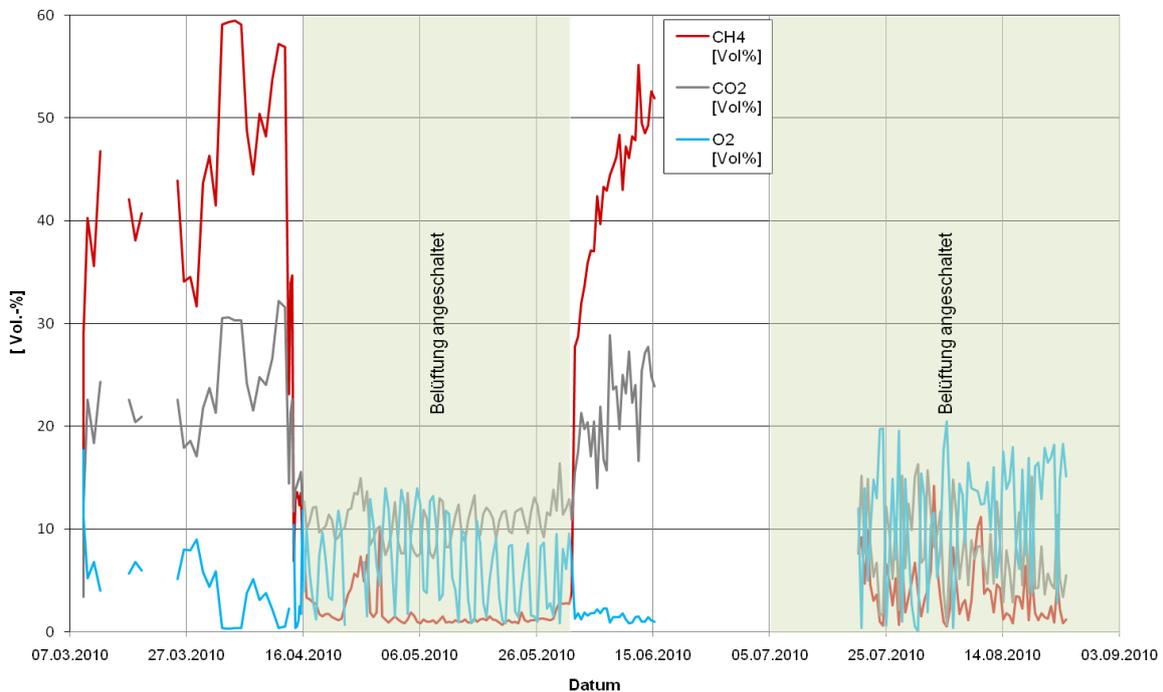


Abbildung 7: Gaszusammensetzung im Deponiekörper am Messpunkt G 115/-10 bei laufender und abgeschalteter Belüftung

Aus dem Deponiekörper austretendes Deponiegas wird über die Gasverteilungsschicht auf das Biofilter verteilt. Messungen im Biofilter haben bisher gezeigt, dass nur noch minimale Methanemissionen in die Umgebung abgegeben werden. Bereits in der Mitte der Schicht aus Grünschnittkompost liegt die Methankonzentration in der Regel unter 1 Vol%, wie Abbildung 8 zeigt:

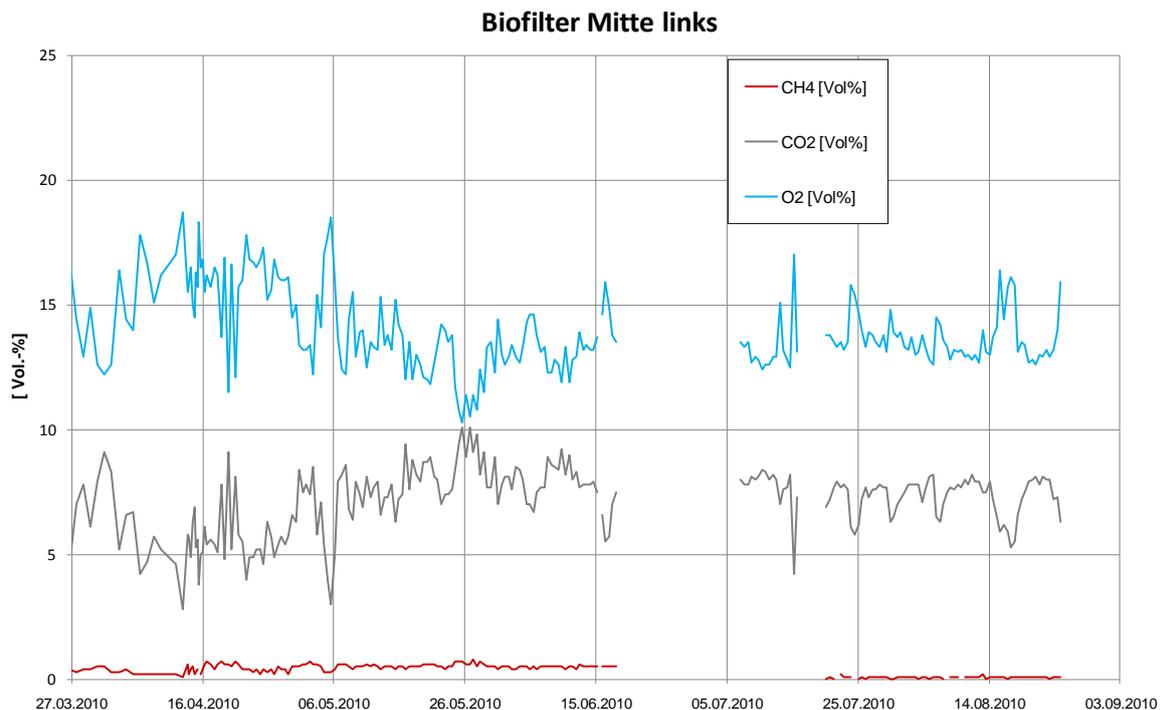


Abbildung 8: Verteilung von Methan und Kohlendioxid innerhalb des Biofilters nach ca. 8monatiger Intervallbelüftung

Setzungen werden halbjährlich mithilfe eines hydrostatischen Messsystems gemessen. Mittels des angewandten Linienmessverfahrens ist es möglich, horizontale Profile und ihre Änderung über die Zeit zu untersuchen. Aufgrund der hohen Messpunktdichte können auch durch außergewöhnliche Randbedingungen entstandene, ungleichförmige lokale Setzungen gemessen werden. Setzungsänderungen seit Dezember 2009 werden in Abbildung 9 gezeigt.

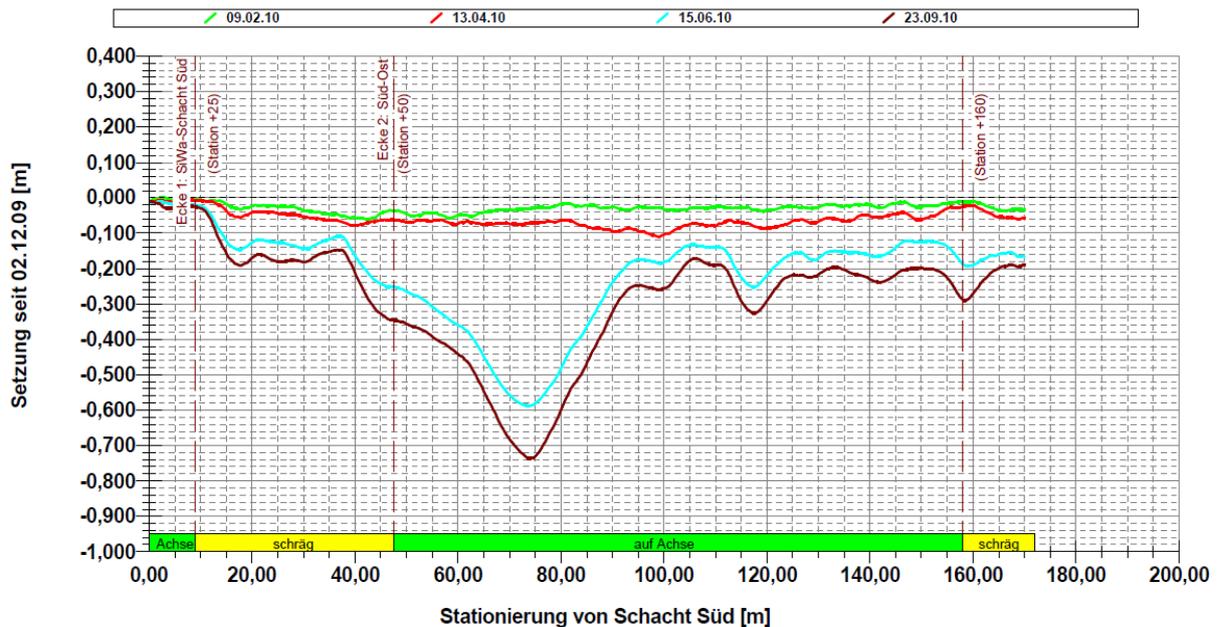


Abbildung 9: Setzungen der Deponieoberfläche seit Dezember 2009 an der Messlinie MQ-4

6 Bisheriges Fazit

Das Projekt zur Untersuchung einer neuen Technik zur In situ Behandlung von Abfalldeponien durch extensive Intervallbelüftung auf der Deponie Dorfweiher ist im ersten Drittel der geplanten Belüftungsphase. Die Temperatur im Deponiekörper hat sich durch die Belüftung deutlich erhöht, die Konzentration von Methan ist in einigen Abschnitten im Deponiekörper auf unter ein Prozent gesunken. Es konnten bereits einige Zusammenhänge zwischen verschiedenen Parametern ermittelt werden. Die nachhaltige Aerobisierung des kompletten Versuchsabschnitts ist erwartungsgemäß zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht erreicht.

7 Danksagung

Das Projekt wird vom Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr Baden-Württemberg (UVM) unterstützt.

Quellenangaben

- Gamperling, O.; Lechner, P. (2006). *Methanoxidation zur Verminderung der Gasemissionen bei aerober In-Situ Stabilisierung von Altdeponien*. In: Praxistagung Deponie 2006, wasteconsult international, pp. 246-258. Göttingen: Cuvillier Verlag.
- Kranert M., Reiser M., Lhotzky K. (2008). *Vorerkundung des BA IV der Deponie Dorfweiher*. Not published.
- Kranert, M.; Reiser, M.; Kusch, S.; Lhotzky, K. (2009). Planungsgrundlagen für Baumaßnahmen Deponieabschnitt IV der Hausmülldeponie Konstanz-Dorfweiher im Rahmen des Pilotprojekts "TANIA". Universität Stuttgart. Not published.
- Laux, D.; Reiser, M.; Kranert, M. (2009). *Pilotprojekt zur Verkürzung der Nachsorgezeit auf der Deponie Konstanz-Dorfweiher*. In: Zeitgemäße Deponietechnik 2009, Stuttgarter Berichte zur Abfallwirtschaft, Band 92 (S. 107-119). München: Oldenbourg Industrieverlag GmbH.
- Laux, D.; Reiser, M.; Kranert, M. (2010). Pilot scheme to reduce the aftercare period on the Dorfweiher landfill by in-situ stabilization. Proceedings of the 7th International Conference ORBIT 2010, Organic Resources in the Carbon Economy, Heraklion Crete, Greece; June 29 to July 3, 2010
- Lhotzky, K. (2008). *Wie können Setzungen an Deponien sicher gemessen werden?* In: Zeitgemäße Deponietechnik 2008, Stuttgarter Berichte zur Abfallwirtschaft, Band 92 (S. 91-106). München: Oldenbourg Industrieverlag GmbH.
- Reiser, M.; Zhu, H.; Kranert, M. (2008). *Ermittlung von Methankonzentrationen an Deponieoberflächen durch IR-Laser-Adsorptionsspektrometrie*. In: Zeitgemäße Deponietechnik 2008, Stuttgarter Berichte zur Abfallwirtschaft, Band 92 (S. 107-119). München: Oldenbourg Industrieverlag GmbH.
- Ritzkowski, M. (2005). *Beschleunigte aerobe In-Situ Stabilisierung von Altdeponien*. In: Hamburger Berichte 26, Technische Universität Hamburg-Harburg, Verlag Abfall aktuell.
- Stegmann, R.; Heyer, K.-U.; Hupe, K.; Siederer, H.; Wieland, A. (2006). *Deponienachsorge – Handlungsoptionen, Dauer, Kosten und quantitative Kriterien für die Entlassung aus der Nachsorge*. In: Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Förderkennzeichen (UFOPLAN) 204 34 327, im Auftrag des Umweltbundesamtes.