© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

umweltbundesamt

Deponiegaserfassung auf österreichischen Deponien

Zeitreihe 2002 bis 2007

lebensministerium.at

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

umweltbundesamt

ERFASSTE DEPONIEGASMENGEN AUF ÖSTERREICHISCHEN DEPONIEN – ZEITREIHE FÜR DIE JAHRE 2002 BIS 2007

Elisabeth Schachermayer
Christoph Lampert

REPORT
REP-0100

Wien, 2008

lebensministerium.at

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Projektleitung
Elisabeth Schachermayer

AutorInnen
Christoph Lampert
Elisabeth Schachermayer

Übersetzung
Brigitte Read

Lektorat
Maria Deweis

Satz/Layout
Ute Kutschera

Umschlagbild
Gassammelstation (Elisabeth Schachermayer/Umweltbundesamt)

Diese Publikation wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung VI/3 Abfallbehandlung und Altlastensanierung, erstellt.

Weitere Informationen zu Umweltbundesamt-Publikationen unter: http://www.umweltbundesamt.at/

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH
Spittelauer Lände 5, 1090 Wien/Österreich

Eigenvervielfältigung

Gedruckt auf Recyclingpapier.

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2008
Alle Rechte vorbehalten
ISBN 3-85457-898-9

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

INHALTSVERZEICHNIS

ZUSAMMENFASSUNG 5

SUMMARY 7

1 EINLEITUNG 9

2 PROJEKTZIEL 10

3 RECHTLICHE SITUATION 11

3.1 Abfallwirtschaftsgesetz 2002 (AWG 2002) 11

3.2 RL 1999/31/EG des Rates über Abfalldeponien 11

3.3 Deponieverordnung 2004 12

3.3.1 Deponiegas 12

3.3.2 Oberflächenabdeckung 12

3.4 Deponieverordnung 2008 12

4 DEPONIEGASBILDUNG 15

4.1 Gasbildungsprozesse 15

4.1.1 Aerober Abbau 15

4.1.2 Anaerober Abbau 15

4.2 Einflussfaktoren auf die Gasbildung 20

4.2.1 Abfallzusammensetzung und Milieu 20

4.2.2 Einfluss von Deponietechnik und -betrieb 21

4.2.3 Standorteinflüsse 22

5 DEPONIEGASERFASSUNGSSYSTEME 23

5.1 Gaserfassungsgrad 25

5.2 Gasbildungspotenziale 26

5.3 Deponiegasbehandlung und -nutzung 28

5.4 Schwachgasbehandlung 28

6 METHODISCHES VORGEHEN 30

6.1 Deponieauswahl 30

7 ERGEBNISSE 31

7.1 Gaserfassung 31

7.2 Erfasste Deponiegasmengen 31

7.3 Gasverwertung und -behandlung 34

7.4 Gaskonzentrationen 35

7.5 Methanfracht und Kohlendioxid-Äquivalente 37

7.6 Vergleich der erfassten Kohlendioxid-Äquivalente mit der Emissionsabschätzung 41

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

8 PROBLEME/ERFAHRUNGEN 43
8.1 Probleme mit Fackeln 43
8.2 Probleme bei der Gasverwertung in Motoren 44
8.3 Probleme mit Transportleitungen 45

9 SCHLUSSFOLGERUNGEN 46

10 LITERATURVERZEICHNIS 48

11 VERZEICHNISSE 50
11.1 Abbildungsverzeichnis 50
11.2 Tabellenverzeichnis 51

12 ANHANG 52
12.1 Grundlagen und Ergebnisse der Fragebogenaktion 52
12.2 Rechtliche Vorgaben 58
12.2.1 Abfallwirtschaftsgesetz 2002 (AWG 2002; BGBl. I Nr. 102) 58
12.2.2 Richtlinie 1999/31/EG des Rates über Abfalldeponien 58
12.2.3 Deponieverordnung 2004 (BGBl II Nr. 2004/49) 59
12.2.4 Deponieverordnung 2008 (BGBl. II Nr. 2008/39) 60

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

ZUSAMMENFASSUNG

Letztmalig wurden bis zum Jahr 2002 die erfassten und behandelten Deponiegasmengen erhoben (UMWELTBUNDESAMT 2004). Hauptziel dieser Studie war es daher, die von 2002 bis 2007 erfassten Deponiegasmengen zu erheben und die jeweilige Verwertung bzw. Behandlung darzustellen.

Zu diesem Zweck wurden mittels Fragebögen deponiegasrelevante Angaben von 49 Deponiebetreibern abgefragt. Bei den kontaktierten Standorten handelte es sich um in Betrieb stehende Massenabfalldeponien bzw. um Standorte, die in größeren Mengen Hausmüll (Restmüll) abgelagert hatten und Ende 2007 nicht mehr in Betrieb waren. Die Rücklaufquote an Fragebögen betrug 90 % (wobei nicht jeder Fragebogen vollständig ausgefüllt wurde).

Die allermeisten Anlagen verfügen über eine aktive Entgasung (40 von 41 Rückmeldungen). 31 von 41 Standorten haben nur vertikale Brunnen, drei nur horizontale, sieben haben sowohl horizontale als auch vertikale Brunnen.

Die erfasste Gasmenge sank seit 2002 von 61,2 Mio. m³ um rund 30 % auf 43,3 Mio. m³; 80 % der erfassten Gasmenge stammten aus den in Betrieb befindlichen Deponien. In sechs Deponien wurden in Summe rund 50 % der gesamten erfassten Gasmenge, in 19 Deponien in Summe nur 5 % erfasst.

Die Methankonzentrationen im erfassten Deponiegas nahmen gemäß den übermittelten Daten von 2002 bis 2007 durchschnittlich um 9 % von 47,4 % auf 43 % ab.

Zahlreiche Deponien werden „übersaugt“ – das heißt, es werden größere Mengen an Außenluft angesaugt, was sowohl die Deponiegasmenge als auch die Methankonzentration beeinflusst.

Im Jahr 2002 wurden ca. 19.700 t Methangas, davon 80 % in den in Betrieb befindlichen Deponien, erfasst und behandelt. Von 2002 bis 2007 fiel die erfasste Methanfracht um 35 % auf rd. 12.700 t.

2002 betrug die gesammelte Menge an CO_2-Äquivalenten 15,5 % der berechneten emittierten Gasmenge, im Jahr 2006 noch etwa 13 %.

24 Standorte verfügten ausschließlich über eine Hochtemperaturfackel (HTF), zwölf verstromten das erfasste Deponiegas, neun erzeugten sowohl Strom als auch Wärme, an zwei Standorten wurde nur Wärme produziert. An einem Standort fand keine Behandlung statt, von drei Standorten lagen keine Informationen vor.

Von den insgesamt erfassten Gasmengen wurden an 24 Standorten rund 17 % ohne energetische Nutzung abgefackelt. Der Anteil der verstromten Menge stieg von 51 % 2002 auf 58 % 2007 an. In absoluten Zahlen nahm jedoch die Menge die verstromt wurde, um ca. 6 Mio. m³ ab. Die zur Verstromung und zur thermischen Nutzung verwendete Gasmenge sank im selben Zeitraum von 27 % auf 22 %, der Rest (weniger als 4 %) wurde nur thermisch verwertet. Dabei wurden 2002 66,5 Mio. kWh (2002) und 2007 47,9 Mio. kWh Strom erzeugt. (Rückgang um mehr als 25 %). Etwa 90 % der erzeugten kWh wurden aus Deponiegas von in Betrieb befindlichen Standorten erzeugt.

Bei etwas mehr als 20 % der insgesamt kontaktierten Anlagen bzw. rund 50 % der Standorte, die nur über eine Hochtemperaturfackel verfügen, findet keine oder nur eine diskontinuierliche Behandlung über eine Deponiegasfackel statt.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Durch die zu erwartende weitere Abnahme der Deponiegasmenge und damit der Methanfracht werden zunehmend Behandlungs- und Verwertungsanlagen zu groß dimensioniert sein, so dass eine kontinuierliche Behandlung nicht mehr möglich sein bzw. eine Verwertung nicht mehr wirtschaftlich sein wird.

In der Deponieverordnung 2008 werden Maßnahmen zur Intensivierung der biologischen Abbauprozesse im Deponiekörper (z. B. Steuerung der Bewässerung damit ausreichende Wassergehalte gewährleistet sind, temporäre Oberflächenabdeckung) gefordert. Diese Maßnahmen werden sich auf die Deponiegasproduktion auswirken, wobei diese jedoch nicht quantifizierbar sind.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

SUMMARY

The last time when volumes of landfill gas captured and treated were recorded was in 2002 (UMWELTBUNDESAMT 2004). The main objective of this study has thus been to record the volumes of landfill gas captured between 2002 and 2007 and to describe the relevant treatment or recovery.

For this purpose, data relevant for landfill gas were requested via questionnaire from 49 landfill operators. The landfill sites that were contacted were landfills in operation for mass waste and sites to which larger volumes of household waste (residual waste) had been consigned and which were no longer in operation by the end of 2007. 90% of the questionnaires were returned (although not all of these had been fully completed).

Most of the sites are equipped with active de-gassing devices (40 out of 41 of the questionnaires returned). Of 41 sites, 31 have only vertical gas wells, three only horizontal ones and seven have both horizontal and vertical gas wells.

After 2002, the gas volumes captured decreased from 61.2 million m³ – by around 30% – to 43.3 million m³; 80% of the gas volume captured came from the landfills still in operation. Six landfills accounted for altogether 50% of the gas volume captured overall, 19 landfills for altogether only 5%.

According to the data delivered, methane concentrations in the landfill gas captured decreased in the period between 2002 and 2007 by an average of 9% from 47.4% to 43%.

A large number of landfills are “over-sucked”, which means that larger volumes of outside air are sucked up, which has an influence on both landfill gas volume and methane concentration.

In 2002 around 19,700 t of methane gas were captured and treated, 80% of which in the landfills in operation. Between 2002 and 2007 the methane load captured decreased by 35% to around 12,700 t.

In 2002 the collective volume of CO_2 equivalents was 15.5% of the calculated volume of gas emitted, whereas it was only 13% in 2006.

24 landfill sites were only equipped with a high temperature flare, whereas at twelve sites the landfill gas was converted into electricity after it was captured and nine sites produced both electricity and heat. At two sites only heat was produced. At one site there was no treatment and from three sites no information was available.

Of the volumes of gas captured overall, around 17% was flared without energetic use. The percentage of gas converted into electricity increased from 51% in 2002 to 58% in 2007. In absolute numbers, the volumes converted into electricity decreased by around 6 million m³. The gas volume used for electricity and thermal production decreased from 27% to 22% within the same period, while the remainder (less than 4%) was used only for thermal recovery. Here 66.5 million kWh (2002) of electricity were produced in 2002 and 47.9 million kWh in 2007. (A decrease by more than 25%). Around 90% of the kWh produced came from landfill gas from the sites in operation.

At somewhat more than 20% of all of the sites that were contacted and at around 50% of those sites equipped with a high temperature flare only, there is no treatment or only discontinuous treatment with a landfill gas flare.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

As landfill gas volumes, and thus methane loads, are expected to decrease further, the sites available for gas treatment and recovery will increasingly prove to be designed for capacities too large so that continuous treatment will no longer be possible, or recovery no longer profitable.

The Landfill Ordinance 2008 requires the implementation of measures to intensify biological degradation processes in the landfill body (e.g. by controlling irrigation so that sufficient water supply is ensured or temporary capping). These measures will have an impact on landfill gas production, although this cannot be quantified.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

1 EINLEITUNG

Durch das Kyoto-Protokoll wurden erstmals verbindliche Treibhausgas-Reduktionsziele für die Industriestaaten festgelegt. Die Europäische Union verpflichtete sich dabei, ihre Treibhausgasemissionen (CO_2, CH_4, N_2O, F-Gase) im Mittel der Periode 2008–2012 um 8 % gegenüber 1990 zu reduzieren. Gemäß Ratsentscheidung vom 25. April 2002 (2002/358/CE) hat Österreich sich verpflichtet, im Mittel desselben Zeitraums seine Treibhausgasemissionen um 13 % gegenüber den Emissionen im Jahr 1990 zu reduzieren.

Ein relativ kleiner Teil der Treibhausgasemissionen stammt aus dem Sektor Abfallwirtschaft, der Abfalldeponien, Abwasserbehandlung sowie Abfallverbrennung ohne gleichzeitige Energiegewinnung umfasst. Insgesamt war die Abfallwirtschaft im Jahr 2006 durch die Emissionen von 2,2 Mio. t CO_2-Äqivalenten mit 2,4 % an den gesamten Treibhausgasemissionen Österreichs beteiligt (UMWELTBUNDESAMT 2008a).

Die **Methanemissionen** aus Abfalldeponien betrugen 2005 80 % aller Treibhausgasemissionen aus der Abfallwirtschaft und somit knapp 2 % der gesamten THG-Emissionen Österreichs. Seit 1990 sind die Methangasemissionen aus Abfalldeponien um 48 % gesunken (UMWELTBUNDESAMT 2008a). Wesentliche Ursachen für die Abnahme der Emissionen waren ein Rückgang der abgelagerten Abfallmengen sowie die Verringerung des Gehaltes an abbaubarer organischer Substanz (getrennte Erfassung von Bioabfall und Papier, Ablagerung von Abfällen nur nach Vorbehandlung).

Methan ist ein wesentlicher Bestandteil von Deponiegas. Wird Deponiegas erfasst und behandelt, so kann das enthaltene Methan in CO_2 umgewandelt werden. Da das Methan durch den anaeroben Abbau von organischen Verbindungen entsteht, kann das aus der Umwandlung von Methan entstehende Kohlendioxid als treibhausneutral betrachtet werden. Die Menge des erfassten bzw. behandelten Deponiegases ist ein wichtiger Parameter für die Erstellung der Treibhausgasbilanz von Deponien. Sie wird von den berechneten THG-Emissionen aus Deponien abgezogen und vermindert dadurch die berechnete Gesamtemission an treibhauswirksamen Gasen.

In einer Studie (UMWELTBUNDESAMT 2004) wurde eine Zeitreihe der Menge an erfasstem und behandeltem Deponiegas in Österreich erstellt. Der betrachtete Zeitraum erstreckte sich über die Jahre 1990 bis 2002. Die Daten wurden mittels einer Fragebogenaktion gewonnen.

Seit dem Jahr 2002 liegen keine neuen Daten über die erfassten Mengen an Deponiegas mehr vor; für die Berechnung der Treibhausgasemissionen seit 2002 wurde die im Jahr 2002 ermittelte Menge in den folgenden Jahren fortgeschrieben. Mit der vorliegenden Studie wird diese Datenlücke geschlossen.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

2 PROJEKTZIEL

Ziel des Projektes ist es, die Bestandsaufnahme von in Betrieb befindlichen Deponien, welche über eine Gaserfassung verfügen, zu aktualisieren. Diese Aktualisierung beinhaltet eine Zeitreihe der erfassten und behandelten Deponiegasmengen für die Jahre 2002 bis 2007 auf österreichischen Deponien und die jeweilige Art der Gasverwertung/-behandlung. Des Weiteren wird die Relevanz bereits geschlossener Deponien auf die gesamte emittierte Deponiegasmenge untersucht.

Zusätzlich soll dokumentiert werden, welche Arten der Zwischenspeicherung von Deponiegas und der Oberflächenabdeckung von Deponien verwendet werden, wie seitens der Deponiebetreiber mit abnehmender Gasproduktion umgegangen wird sowie welche Probleme beim Abfackeln oder Verwerten des Gases auftreten.

Die Ergebnisse verbessern und aktualisieren die österreichische Luftschadstoffinventur (Austria's National Inventory Report).

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

3 RECHTLICHE SITUATION

Deponiegas ist eine Materie im Abfallwirtschaftsgesetz, vor allem aber in der Deponieverordnung. Neben diesen rechtlichen Vorgaben ist es Thema des ÖWAV-Regelblattes 502 „Entgasung von Deponiekörpern“.

In diesem Kapitel wird ein Überblick über Gesetze bzw. Verordnungen gegeben, die im Zusammenhang mit Deponiegas wesentlich sind. Dies umfasst die Pflichten zur Erfassung und zur Behandlung/Verwertung von Deponiegas, das Daten- und Messprogramm, die Meldepflichten der Betreiber sowie die Oberflächenabdichtung als wesentliche Einflussgröße für die Deponiegasbildung.

Die Deponieverordnung wurde 2008 novelliert. Im Folgenden wird deshalb sowohl der Stand vor der letzten Novellierung als auch der aktuelle kurz wiedergegeben.

Der genaue Wortlaut der entsprechenden Gesetzes-/Verordnungspassagen ist im Anhang (siehe Kapitel 12.2) wiedergegeben.

3.1 Abfallwirtschaftsgesetz 2002 (AWG 2002)

Gemäß § 21 (4) haben die Inhaber der Deponie die Messergebnisse des Mess- und Überwachungsverfahrens (§ 47 Abs. 2 Z 2) der im vorangegangenen Kalenderjahr vorgenommenen Messungen bis spätestens 10. April jeden Jahres der für die Überwachung zuständigen Behörde zu melden.

In § 47 (2) wird festgelegt, dass Genehmigungsbescheide Maßnahmen betreffend Mess- und Überwachungsverfahren (Mess-, Überwachungs- und Notfallplan im Sinne der RL 1999/31/EG über Abfalldeponien) beinhalten müssen.

3.2 RL 1999/31/EG des Rates über Abfalldeponien

Nach Artikel 12 treffen die Mitgliedstaaten Maßnahmen, damit die Betreiber in der Betriebsphase mindestens ein Mess- und Überwachungsprogramm gemäß Anhang III durchführen.

Gemäß Anhang III müssen Gasmessungen für jeden Abschnitt der Deponie repräsentativ sein. Die Messungen (CH_4, CO_2, O_2 regelmäßig, H_2S, H_2, usw. nach Bedarf und entsprechend der Zusammensetzung der abgelagerten Abfälle) sind monatlich durchzuführen, außer die Auswertung der Daten ergibt, dass längere Zeitabstände ebenso angemessen sind.

Entsprechend Anhang I ist Deponiegas von allen Deponien, auf denen biologisch abbaubare Abfälle abgelagert werden, zu sammeln, zu behandeln und zu nutzen. Wenn das gesammelte Gas nicht für die Energiegewinnung genutzt werden kann, muss es abgefackelt werden.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

3.3 Deponieverordnung 2004

3.3.1 Deponiegas

Nach § 22 sind Massenabfalldeponien, sofern aufgrund der abzulagernden Abfälle eine Gasbildung zu erwarten ist, mit Einrichtungen auszustatten, die eine ausreichende Erfassung und Ableitung entstehender Deponiegase ermöglichen. Massenabfalldeponien mit der Möglichkeit zur Ablagerung von Abfällen aus mechanisch-biologischer Vorbehandlung sind jedenfalls mit einer aktiven Entgasung auszustatten. Das Deponiegas ist einer Verwertung oder einer Behandlung zuzuführen.

Gemäß Deponieverordnung § 27 „Emissions- und Immissionskontrolle“ (6) sind monatliche Messungen der Gaszusammensetzung, insbesondere der Parameter Methan, Kohlendioxid und Sauerstoff durchzuführen.

Zum Nachweis eines ordnungsgemäßen Betriebes hat der Deponiebetreiber über Daten der Emissions- und Immissionskontrolle fortlaufende Aufzeichnungen zu führen und diese der für die Aufsicht zuständigen Behörde auf Verlangen sowie nach Abschluss der Deponie unaufgefordert vorzulegen.

3.3.2 Oberflächenabdeckung

Eine temporäre Oberflächenabdeckung ist nicht explizit vorgesehen. Art, Aufbau und Zeitpunkt der Herstellung der Oberflächendichtung sind insbesondere in Abhängigkeit von Deponietyp und -form sowie der abgelagerten Abfälle und der meteorologischen Verhältnisse im Einzelfall festzulegen (Anlage 3, IV Deponieoberflächenabdeckungen, 3. Oberflächendichtung).

3.4 Deponieverordnung 2008

Deponiegas

Die Art der Gaserfassung wurde präzisiert und verglichen mit 2004 teilweise modifiziert.

Kompartimente sind, sofern aufgrund der abzulagernden Abfälle eine mehr als geringfügige Gasbildung zu erwarten ist, mit Einrichtungen auszustatten, die eine ausreichende Erfassung und Ableitung entstehender Deponiegase ermöglichen. Im Fall einer aktiven Entgasung ist das Deponiegas vorrangig einer Verwertung oder, wenn dies nicht möglich ist, einer Beseitigung zuzuführen (§ 31 (1)).

Massenabfalldeponien mit der Möglichkeit zur Ablagerung von Abfällen aus mechanisch-biologischer Behandlung sind zumindest mit einer passiven Entgasung auszustatten (§ 31 (2)).

Kompartimente, in denen Abfälle mit hohen biologisch abbaubaren Anteilen, insbesondere Siedlungsabfälle oder vergleichbare Abfälle aus Altlasten, abgelagert worden sind, sind in Abhängigkeit vom Alter der Ablagerung und der noch zu erwartenden Gasbildung mit einer aktiven Entgasung auszustatten (§ 31 (3)).

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Gemäß § 38 „Emissions- und Immissionskontrolle“ (7) sind repräsentative Gasmessungen durchzuführen, wobei CH_4, CO_2 und O_2 jedenfalls zu messen sind, weitere Inhaltsstoffe nach Bedarf in Abhängigkeit der Art der abgelagerten Abfälle. Die Messung von Methan, Kohlendioxid und Sauerstoff ist monatlich durchzuführen außer die Auswertung der Daten ergibt, dass längere Zeitabstände ebenso angemessen sind (Anhang 3 Kapitel 6.4 DeponieV).

Entsprechend § 41 (2) Z 9 haben Deponieinhaber Daten des Mess- und Überwachungsprogramms gemäß § 37 aufzuzeichnen. Diese sind bis zum Ende der Nachsorgephase[1] aufzubewahren. Den Behörden ist auf Verlangen Einsicht in die Aufzeichnungen zu gewähren und diese sind auf Verlangen vorzulegen. Bei Stilllegung oder Schließung der Deponie sind die Aufzeichnungen unaufgefordert der Behörde zu übermitteln.

In der Deponieverordnung 2008 ist die Aufzeichnung des behandelten Deponiegasvolumenstroms nicht erwähnt.

Nach ÖWAV Regelblatt 502 sollen mindestens einmal jährlich im Summengas folgende Parameter untersucht werden: Menge, Methan, Kohlendioxid, Stickstoff und Sauerstoff. Für die Auswertung der Daten werden folgende Vorschläge gemacht: Der Volumenstrom soll auf der Basis von Monatswerten erfolgen. Für Methan werden Häufigkeitsverteilungen, ¼ Jahresganglinien etc., für Kohlendioxid Häufigkeitsverteilungen, Jahresganglinie CH_4/CO_2 vorgeschlagen.

Der Volumenstrom soll in Nm³ angegeben werden.

Oberflächenabdeckung

§ 29 (2) fordert explizit bei Kompartimenten, in denen Abfälle mit hohen biologisch abbaubaren Anteilen abgelagert wurden (insbesondere Siedlungsabfälle) zur Steuerung des Wasserhaushaltes und zur Steigerung des Deponiegaserfassungsgrades eine temporäre Oberflächenabdeckung auf maximal 20 Jahre zu errichten. Ziel dabei ist, dass die Infiltration von Wasser zur Aufrechterhaltung der biologischen Abbauprozesse in den Abfällen mit hohen biologisch abbaubaren Anteilen weiterhin möglich ist. Dadurch soll eine zeitlich überschaubare Nachsorgephase erreicht werden. Bei für biologische Abbauprozesse zu geringen Wassergehalten sind, unter bestimmten Voraussetzungen, Bewässerungsmaßnahmen zu setzen. Diese Voraussetzungen sind beispielsweise ein funktionierendes Basisdichtungs- und Sickerwassersammelsystem oder eine vertikale Umschließung mit Wasserhaltung, keine Beeinträchtigung der Standfestigkeit des Deponiekörpers, eine Anpassung der Bewässerungsmaßnahme an die Gasentwicklung, Anforderungen an das Deponiesickerwasser etc.

Die temporäre Abdeckung muss zusätzliche Anforderungen, wie etwa die Begrenzung gasförmiger Emissionen aus dem Deponiekörper auf maximal 5 kg $CH_4/(m^2.a)$ (Mittelwert über alle Messpunkte des Methanmassenstroms, Einzelwerte nicht mehr als 10 kg $CH_4/(m^2.a)$) erfüllen.

---

[1] Nachsorgephase ist der Zeitraum vom Ende der Ablagerungsphase eines Kompartiments bis zum behördlich festgestellten Ende der Nachsorgephase für dieses Kompartiment; die Dauer der Nachsorgephase richtet sich nach dem Zeitraum, in dem für das Kompartiment noch Nachsorgemaßnahmen erforderlich sind.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Die Anforderungen an eine temporäre Abdeckung werden in Anhang 3 Kapitel 6.1. der DeponieV genauer beschrieben.

Geht die Deponiegasproduktion so weit zurück, dass eine Verwertung oder Beseitigung, z. B. über eine Gasfackel, nicht mehr möglich ist, sind zur beschleunigten Reduzierung der Restemissionen gezielte Maßnahmen zur aeroben In-situ-Stabilisierung zu setzen (Aerobe In-situ-Stabilisierung Anhang 3, 6. Betrieb DeponieV).

Eine endgültige Oberflächenabdeckung ist erst nach Abschluss der allfälligen Maßnahmen zur Intensivierung der biologischen Abbauprozesse herzustellen.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

4 DEPONIEGASBILDUNG

4.1 Gasbildungsprozesse

Der Abbau der organischen Substanz in Deponien erfolgt sowohl durch aerobe als auch durch anaerobe Prozesse. Der Abbau fossiler organischer Substanz (z. B. von Kunststoffen auf Erdölbasis) wird bei der Deponiegasbildung nicht berücksichtigt, da dieser nicht oder nur in sehr langen Zeiträumen erfolgt.

4.1.1 Aerober Abbau

In der oberen Schicht bis in 0,4–2 m Tiefe und beim Abfalleinbau finden vorwiegend aerobe Vorgänge statt. Dabei werden als Endprodukte Kohlendioxid (CO_2), Wasser (H_2O) und Reaktionswärme erzeugt.

Die oberste Abfallschicht zeigt durch Eindiffundieren von Luftsauerstoff auch nach Jahren noch aerobes Milieu (RETTENBERGER & MEZGER 1992).

Die allgemeine Reaktionsgleichung für den Abbau von Glukose unter aeroben Bedingungen lautet:

$C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \rightarrow 6\ CO_2 + 6\ H_2O$ + *Bakterienmasse + Energiefreisetzung in Form von Wärme (2.803 kJ/mol).*

4.1.2 Anaerober Abbau

An allen Stellen, an denen der molekulare Sauerstoff aufgebraucht ist, setzen anaerobe Abbauprozesse ein. Aerobe Zustände sind im Sinne einer schnellen Stabilisierung beim Übergang zum anaeroben Abbau vorteilhaft, denn die hohe Temperatur schafft bessere Milieubedingungen für die darauf folgenden anaeroben Gärungsprozesse. Weiters trägt aerob umgesetztes Material in dem als saure Phase bezeichneten Abbauschritt der Gärung nicht zur Bildung von organischen Säuren bei.

Endprodukte des anaeroben Abbaus sind Wasser und Deponiegas, dessen Hauptbestandteile Methan und Kohlendioxid sind. Zu einem kleinen Teil entsteht Deponiegas auch durch chemische Reaktionen (z. B. Reaktion von Aluminium mit Wasser). Andere Treibhausgase (wie Lachgas, Schwefelhexafluorid, teil- und vollfluorierte Kohlenwasserstoffe) sind für Deponien nicht relevant (FLÖGL 2002).

Beim anaeroben Abbau wandeln fakultativ und obligat anaerobe Mikroorganismen-Gruppen organische Substanz über mehrere Zwischenschritte, die durch verschiedene Mikroorganismen bewerkstelligt werden, in Methan und Kohlendioxid um.

Der anaerobe Abbau erfolgt in vier Phasen, die zunächst nacheinander ablaufen. Bedingt durch die Ablagerung des Abfalls in Schichten finden die Abbauschritte auch zeitlich parallel statt.

In der **Hydrolyse**-Phase werden Proteine, Fette, Kohlenhydrate etc. durch extrazelluläre Enzyme in kleinere Bruchstücke und wasserlösliche Bausteine zerlegt, wodurch diese durch die Mikroorganismen aufgenommen werden können.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

In der **Acidogenese** werden die in der Hydrolyse gebildeten Monomere und Dimere von den verschiedenen, auch in der Hydrolyse beteiligten Mikroorganismen aufgenommen und weiter abgebaut. Dabei entstehen in Abhängigkeit vom Wasserstoffpartialdruck sowohl methanogene Verbindungen, die direkt in Methan umgewandelt werden können (Essigsäure) als auch nicht-methanogene Verbindungen, die erst nach einer weiteren Stufe – der Acetogenese – in Methan umgewandelt werden können (Buttersäure, Propionsäure, Valeriansäure, Ethanol etc.).

In der **Acetogenese** werden die gebildeten organischen Säuren sowie die Alkohole zu Essigsäure, Kohlendioxid und Wasserstoff umgewandelt.

In der folgenden **Methangärungsphase** werden die in der vorhergehenden Stufe gebildeten Verbindungen durch Methanbakterien umgesetzt, wobei CH_4, CO_2 und H_2O als Endprodukte entstehen. Als instabile Methangärung wird die Phase ab Beginn bis zum Einstellen einer stabilen Methangasbildung bezeichnet. Dabei nimmt der Methangehalt stark zu (bis ca. 60 %) und der CO_2-Gehalt von rund 75 % auf rund 40 % ab. Die Phase der stabilen Methangasgärung wird im Normalfall nach 1–3 Jahren erreicht.

Der Anteil an N_2 im Deponiegas nimmt mit Beginn der Säurebildungs-Phase von anfänglich rund 80 % rasch auf unter 10 % ab und sinkt in der instabilen Methanphase auf Null.

Die allgemeine Reaktionsgleichung für den Abbau

- von Glukose unter anaeroben Bedingungen lautet:

$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 3\ CH_4 + 3\ CO_2$ + *geringe Bakterienmasse (50 % CH_4, 50 % CO_2)*

- von Fett (z. B. Palmitin) unter anaeroben Bedingungen lautet:

$C_{16}H_{22}O_2 + 7\ H_2O \rightarrow 23/2\ CH_4 + 9/2\ CO_2$ *(72 % CH_4, 28 % CO_2)*

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

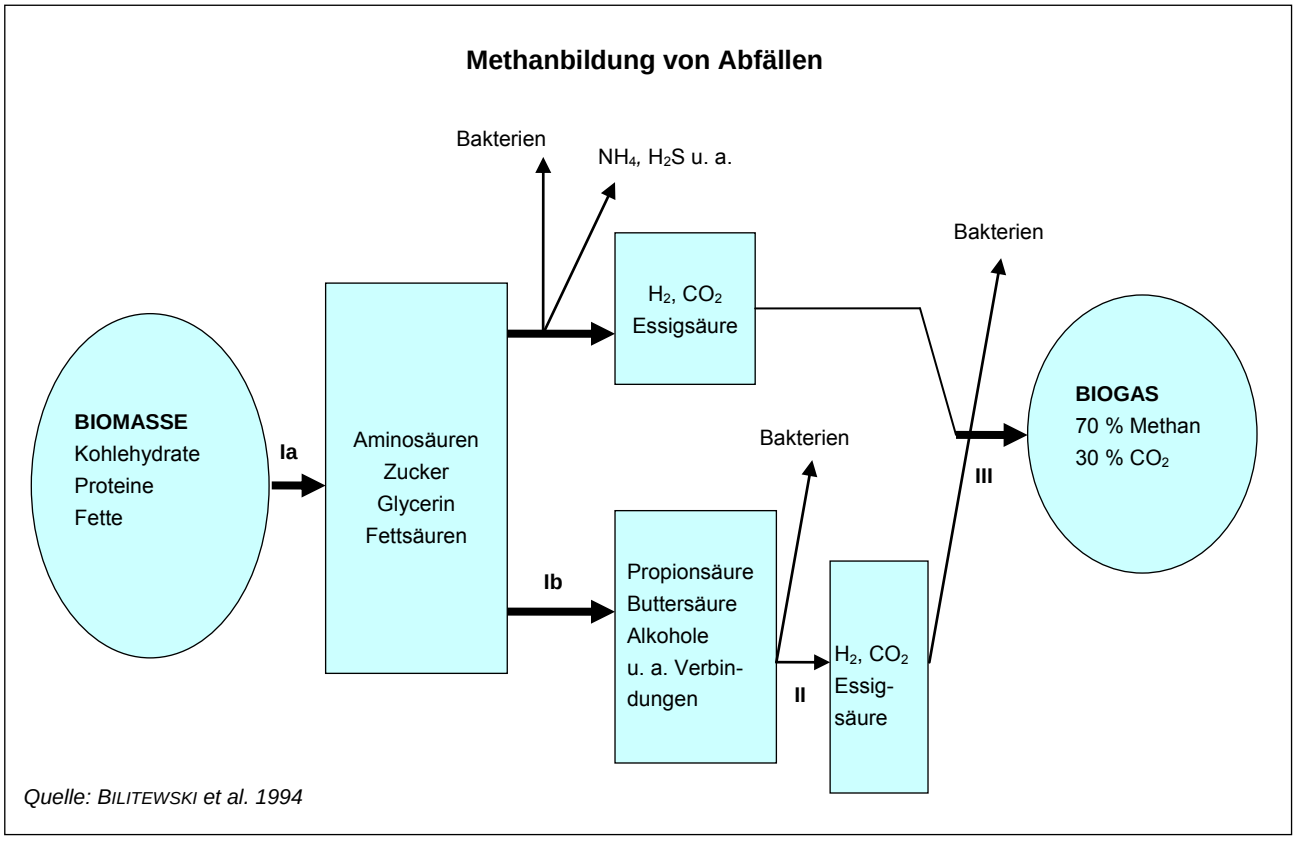


Abbildung 1: Schema der Methanbildung von Abfällen (BILITEWSKI et al. 1994).

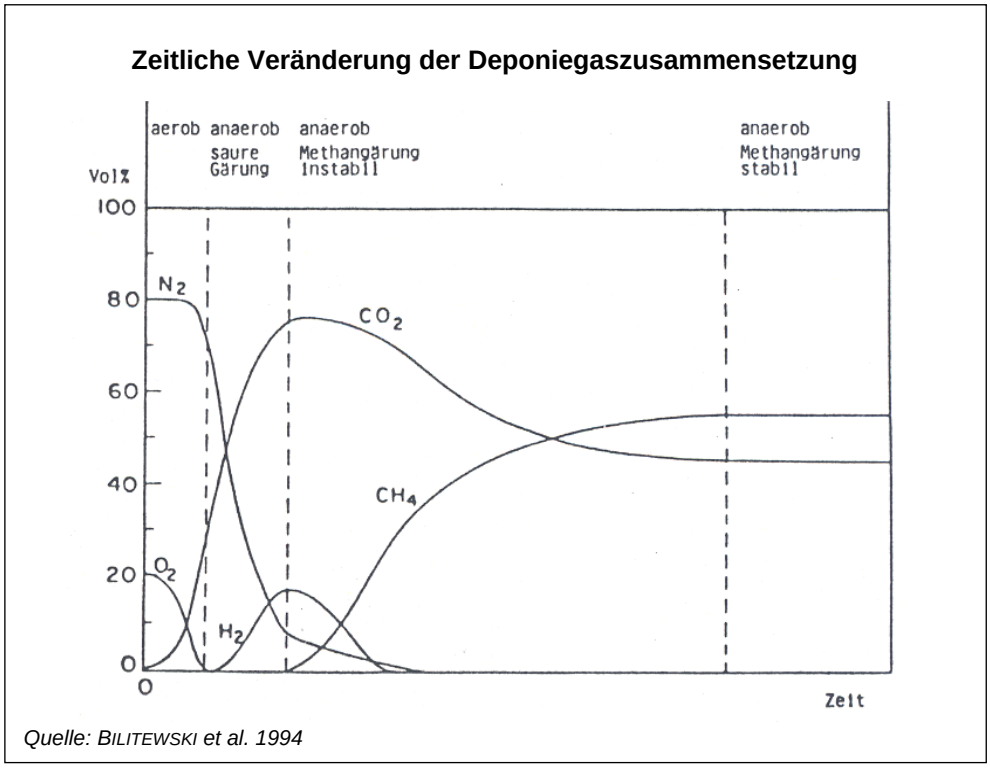


Abbildung 2: Gaszusammensetzung während des Abbaus von Hausmüll in der Deponie in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer (BILITEWSKI et al. 1994).

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Wird das Langzeitverhalten von Deponien betrachtet, können weitere Phasen unterschieden werden: Die eben beschriebene stabile Methanphase geht über in die **Langzeitphase**, in der die CH_4-Gehalte auf fast 80 % ansteigen (Verhältnis von CH_4 zu CO_2 > 1,5 bis 4). Sauerstoff und Stickstoff kommen praktisch nicht vor.

In der folgenden **Lufteindringphase** gelangt Außenluft in den Deponiekörper und der enthaltene Stickstoff verdünnt das Deponiegas. Der Luftsauerstoff wird vollständig aufgezehrt. Die N_2-Konzentration im Gas steigt, das CH_4 zu CO_2-Verhältnis nimmt wieder ab (typische Gaskonzentration: CH_4: 10–40 %, CO_2: 5–30 %, N_2: 10–30 %).

In der **Methanoxidationsphase** dringt verstärkt Sauerstoff ein und Methan wird durch Mikroorganismen unter Sauerstoffverbrauch oxidiert. Die Methankonzentrationen sinken unter jene von Kohlendioxid (typische Gaskonzentration: CH_4: 20 %, CO_2: 30 %, N_2: 45 %, O_2: 5 %).

In der anschließenden **Kohlendioxidphase** sinkt der Methangehalt gegen Null, da das in den anaeroben Bereichen noch gebildete Methan weitgehend oxidiert wird. Durch diese Oxidation sowie durch den aeroben Abbau organischer Verbindungen entsteht Kohlendioxid (typische Gaskonzentration: CH_4: 2–50 %, CO_2: 5–20 %, N_2: > 60 %, O_2: < 15 %).

Die abschließende Phase wird als **Luftphase** bezeichnet. Der Kohlendioxidgehalt sinkt weiter und der Sauerstoffgehalt nähert sich Werten von Bodenluft (Bodenluft ca. 18 % durch Sauerstoffverbrauch von Lebewesen; typische Gaskonzentration: CH_4: 0 %, CO_2: 4 %, N_2: 78 %, O_2: 18 %).

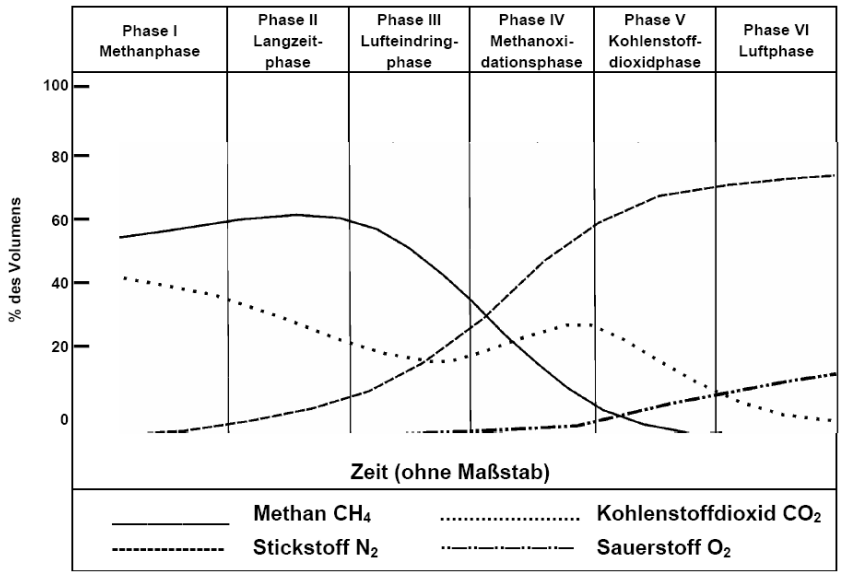


Bild 3 – Langzeitverhalten der Deponiegasproduktion bei Hausmülldeponien – Entwicklung der Deponiegas-Hauptkomponenten

Quelle: RETTENBERGER & METZGER 1992

Abbildung 3: Langzeitverhalten der Deponiegasproduktion bei Hausmülldeponien (RETTENBERGER & MEZGER 1992).

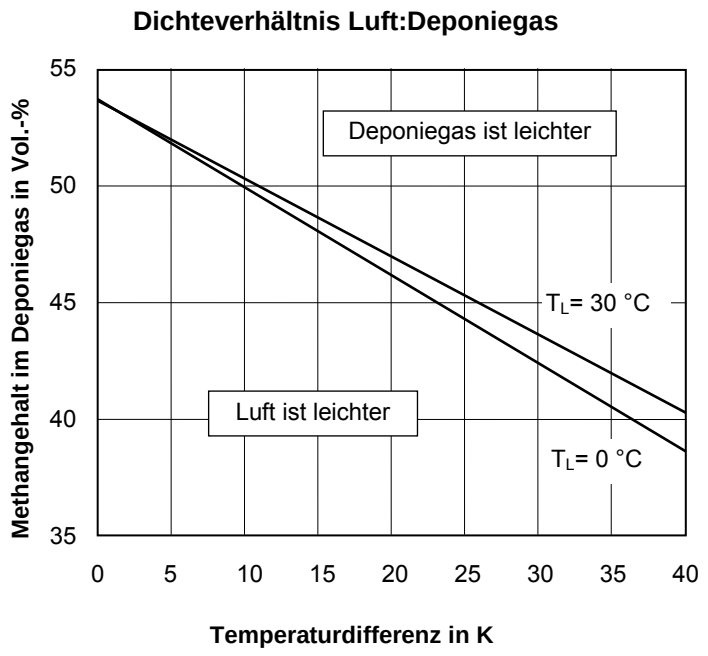
© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Die Gaszusammensetzung schwankt deshalb von Deponie zu Deponie, innerhalb der Deponie (je nach Alter der Ablagerung, Art der abgelagerten Abfälle) und zusätzlich in Abhängigkeit von der meteorologischen Situation (z. B. Luftdruckschwankungen). Eine aktive Entgasung kann das Eindringen von Außenluft verstärken.

Die Hauptkomponente Methan im Deponiegas wird biochemisch in Konzentrationen bis 65 Vol.- % erzeugt.

Wegen der hohen Wasserlöslichkeit von Kohlendioxid kann Methan im Deponiegas unter Umständen angereichert werden, so dass Maximalkonzentrationen bis 80 Vol.- % CH_4 gemessen werden (FORELL et al. 1997). Durch die gute Löslichkeit von CO_2 in Wasser (bei 20 °C 1.685 mg/l, im Vergleich Methan bei 20 °C 24 mg/l) kann ein beträchtlicher Teil des Kohlendioxids mit dem Sickerwasser ausgewaschen werden. Der Anteil an abgeführtem CO_2 an der aktuellen Gasproduktion schwankt zwischen 0,01 % und 10 %, je nach Gasproduktion und Wasserbewegung (RETTENBERGER & MEZGER 1992).

Das Dichteverhältnis der Luft zum Deponiegas wird von der Deponiegaszusammensetzung und der Temperatur bestimmt. Bei gleicher Temperatur ist Methan leichter als Luft, Kohlendioxid aber schwerer, ein Deponiegas aus 54 Vol.- % CH_4 und 46 Vol.- % CO_2 ist genauso schwer wie Luft. Eine Entmischung der beiden Gase findet nicht statt. Bei steigender Temperaturdifferenz (hohe Deponiegastemperatur, geringe Außenlufttemperatur) wird Deponiegas bei gleicher Zusammensetzung zunehmend leichter im Vergleich zu Luft (siehe Abbildung 4). Methanärmeres Deponiegas wird sich in Schächten oder Gräben anreichern.



Quelle: FORELL et al. 1997

Abbildung 4: Dichteverhältnis in Abhängigkeit vom Methangehalt im Deponiegas (T_{DG}) und Temperaturdifferenz T_{DG}–T_L für anfängliche Lufttemperaturen T_L = 0 °C bzw. 30 °C (FORELL et al. 1997).

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

4.2 Einflussfaktoren auf die Gasbildung

4.2.1 Abfallzusammensetzung und Milieu

Mikroorganismen benötigen für ihren Stoffwechsel bestimmte Umgebungsbedingungen („Milieu"). Sind ihre Anforderungen nicht erfüllt, so verlangsamen sie ihre Tätigkeit und stellen sie schließlich ganz ein.

Im folgenden Abschnitt werden die für das Wachstum der Methanbakterien und somit für den Gashaushalt wesentlichen Einflussfaktoren kurz dargestellt.

Durch die Inhomogenität aufgrund wechselnder Abfallzusammensetzung und ungleicher Wasserströme sind die Milieubedingungen innerhalb der Deponie nicht konstant. Einzelne Faktoren können zum lokalen Zusammenbruch des Abbaus führen.

4.2.1.1 Nährstoff- und Substratangebot

Die biologisch abbaubaren Grundbausteine des Abfalls sind Fette, Eiweiße und Kohlehydrate, wobei aus Fetten am meisten und aus Kohlehydraten am wenigsten Gas gebildet wird.

Methanbakterien benötigen ein ausgewogenes Nährstoff- und Substratangebot. Im Gegensatz zum aeroben Abbau findet jedoch nur ein relativ geringer Biomassezuwachs statt (etwa 5–15 % des abgebauten CSB werden zur Neubildung von Biomasse genutzt). Das optimale Verhältnis von CSB:N:P sollte beim anaeroben Abbau (im Abwasser) ungefähr 800:5:1 (Fettsäuren und Proteine) bis 300:5:1 (Kohlenhydrate) liegen (BISCHOFSBERGER 2005).

4.2.1.2 Wassergehalt und -transport

Der Wassergehalt des Abfalls kann als der wichtigste Einflussfaktor für die Methangasbildung angesehen werden. In einem Bereich von 20–60 % Wassergehalt bewirkt eine Steigerung um wenige Prozente eine deutliche Zunahme der Methangasproduktion. Die anaerobe Phase wird bei einem Wassergehalt unter ca. 15 % unterbunden (Trockenkonservierung) und unter 30 % gehemmt, der optimale Bereich beginnt ab ca. 40 %. Zu beachten ist in diesem Zusammenhang, dass durch Deponieoberflächenabdichtungen der Zutritt von Niederschlagswasser weitgehend verhindert und dadurch der Wassergehalt reduziert wird. In Folge sinkt die Deponiegasproduktion.

Auch die **Wasserbewegung** ist ein wichtiger Faktor. Die in der sauren Phase gebildeten organischen Säuren (niedere Carbonsäuren, …) werden bei fehlender Wasserbewegung im Deponiekörper angereichert, wodurch die methanbildenden Bakterien in ihrer Tätigkeit gehemmt werden. Dies führt wiederum dazu, dass der Wasserstoffpartialdruck ansteigt und dadurch die Aktivität der essigsäurebildenden Bakterien sinkt und die niederen Carbonsäuren nur langsam abgebaut werden (LECHNER 2004).

Austrocknung verursacht eine geringe aktuelle Restgasproduktion, ein hohes Restgaspotenzial in Form von trockenkonservierter biologisch verfügbarer Organik bleibt dabei erhalten.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

4.2.1.3 Temperatur

Ein Großteil der Methanbakterien hat ihren maximalen Wachstumsbereich zwischen 10 und 45 °C. Die optimale Temperatur liegt ca. zwischen 30 und 40 °C. Dies gilt jedoch nur bei schwankendem Temperaturniveau. Bei konstant höherer Temperatur wäre ein Abbau langfristig sogar effektiver. Hier findet eine Verschiebung von mesophilen hin zu thermophilen Mikroorganismen statt.

4.2.1.4 pH-Wert

Der pH-Wert sollte sich stets im Bereich zwischen 6–8 befinden. Zu hohe bzw. zu niedrige pH-Werte sind für die Methanbakterien schädlich. Zusätzlich besteht in der Phase der sauren Gärung die Gefahr der Mobilisierung von Schwermetallen, die toxisch auf die Methanbakterien wirken.

Bei einem Ungleichgewicht der sauren Gärung zur Methanbildung kommt es in der Regel zu einem Abfall des pH-Wertes, der zu einer Hemmung der methanbildenden Organismen führt. Durch den Aufbau eines Puffersystems können gewisse pH-Wert-Schwankungen aufgefangen werden.

4.2.1.5 Toxische Stoffkonzentrationen

Das Wachstum von Methanbakterien wird ab einem Gehalt zwischen 6.000 und 15.000 mg/l an Gesamtfettsäuren eindeutig gehemmt.

In Abbauversuchen mit Sickerwasser wurden weitere wachstumshemmende Schwellenwerte festgestellt (RETTENBERGER & MEZGER 1992): 2.500 mg/l NH_4-Stickstoff, 30–100 mg/l Ammoniak, 200 mg/l Sulfid-Schwefel.

Bei den **Schwermetallen** sind Quecksilber und Cadmium am giftigsten. Schwermetalle wirken in gelöster Form hemmend auf die Methangärung. Durch chemisch/physikalische Prozesse, die parallel zur Methangärung ablaufen, werden Metalle als Sulfide oder Carbonate ausgefällt bzw. durch Komplexbildung festgelegt. Dies ist bei der Beurteilung von Schwellenwerten zu berücksichtigen.

Pestizide und einige chlorierte Kohlenwasserstoffe haben ebenfalls toxische Wirkung auf die Gasbildung (POLLER 1990).

4.2.2 Einfluss von Deponietechnik und -betrieb

Nach dem Einbau des Abfalls in den Deponiekörper erfolgt keine mechanische Durchmischung mehr. Die einbaubedingte horizontale Ausrichtung der Abfälle wirkt reaktionsbehindernd. Einerseits wird das Aufsteigen des Deponiegases erschwert, was ein Austreten im Böschungsbereich zur Folge hat. Andererseits wird das Versickern des Sickerwassers behindert, was zu einem Rückstau führen kann.

Wird eine wasserundurchlässige **Oberflächenabdichtung** zu früh aufgebracht, können die oberen Einbauschichten kein Wasser freisetzen, wodurch der Deponiekörper nicht mehr durchsickert wird. Die Folge ist ein Erliegen der biologischen Umsetzungen und damit der Gasproduktion. Deshalb sollte auch nach Beendigung der Rekultivierungsarbeiten eine Wasserzugabe ermöglicht werden. Das ist nach

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Einbauende die einzige Eingriffsmöglichkeit in die biologischen Abbauprozesse. In der neuen Deponieverordnung wird durch die Forderung nach einer temporären Abdeckung (§ 29 (2)) dem Trockenfallen der Deponie entgegengewirkt.

Eine Vorrotte in Mieten führt zu erhöhtem aerobem Kohlenstoff-Abbau und verringert dadurch die Deponiegasproduktion.

4.2.3 Standorteinflüsse

Schwankungen der jährlichen **Niederschlagsmenge** wirken sich vor allem auf die Sickerwasserbildung aus. In sehr niederschlagsarmen Gebieten können – ebenso wie nach einer Oberflächenabdichtung – die abgelagerten Materialien so weit austrocknen, dass der biologische Abbau zum Stillstand kommt.

In Mitteleuropa ist nur in den obersten Abfallschichten (bis 2 m Tiefe) ein Einfluss der Umgebungstemperaturen relevant. Die Temperatur in ca. 2 m Tiefe ist dabei ungefähr gleich dem Jahresmittel der Lufttemperatur über dem Boden (8–10 °C) (RICHTER 1986).

Bei fallendem Luftdruck (Schwankungen zwischen 10–30 mbar sind normal) erhöhen sich die Emissionen einer Deponie erheblich.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

5 DEPONIEGASERFASSUNGSSYSTEME

Das im Deponiekörper entstehende Gas breitet sich im Wesentlichen durch Druckdifferenz und Konzentrationsdifferenz (Diffusion) aus. Im Deponiekörper überwiegt der Deponiegastransport durch die Druckdifferenz.

Eine Ausbreitung aufgrund der **Druckdifferenz** entsteht durch Druckgradienten dann, wenn sich das Gas aus Bereichen mit hohem Gasdruck in Bereiche mit geringem Druck hinein bewegt. Durch den höheren Gasdruck im Inneren der Deponie infolge der Gasproduktion entweicht das Deponiegas aus dem Deponiekörper. Das Druckgefälle ist abhängig von der Gasproduktion, barometrischen Druckänderungen und der Temperatur. Dichte Schichten und wassergesättigte Bereiche beeinflussen die Gasausbreitung und damit das Druckgefälle ebenfalls (RETTENBERGER & MEZGER 1992).

Bei der **Diffusion** breitet sich das Gas aus Bereichen höherer Konzentration zu solchen niederer Konzentration hin aus. Der Gastransport durch Diffusion ist nur dann möglich, wenn sich die Partialdrücke bzw. die Konzentrationsabnahme über den gesamten Diffusionsweg erstrecken. Dichte Schichten im Deponiekörper beeinflussen den Gasaustausch entscheidend – je dichter die Schicht, desto geringer der Gastransport. Auch Wasser stellt eine fast vollständige Barriere der Diffusionsströmung dar, da der Diffusionskoeffizient für Wasser nur etwa 1/10.000 des Wertes der Luft beträgt (RETTENBERGER & MEZGER 1992).

Für eine kontrollierte Entgasung des Deponiekörpers bieten sich prinzipiell zwei Vorgehensweisen an, wobei die aktive Entgasung des Deponiekörpers als Stand der Technik anzusehen ist

- **Passive Entgasung:** Durch den Eigendruck verlässt das Deponiegas den Deponiekörper an jenen Stellen, die den geringsten Strömungswiderstand aufweisen. Das Gas wird den Gasbrunnen über Kieskörper zugeleitet oder an die Umgebung abgegeben.
- **Aktive Entgasung:** Durch die Erzeugung eines künstlichen Unterdrucks über Pumpen bzw. Gebläse wird das Deponiegas über vertikale oder horizontale Entgasungssysteme aus dem Deponiekörper abgezogen.

Vertikale Entgasungssysteme bestehen meist aus einem Kieskörper (carbonatarm) mit einem Durchmesser von ca. 0,8 bis 1,2 m und einem perforierten, korrosionsbeständigen Innenrohr (Rohrdimension mind. 180 mm), über welches das Deponiegas abgesaugt wird. Da durch den horizontalen schichtenweisen Einbau des Abfalls die horizontale Gasdurchlässigkeit wesentlich größer ist als die vertikale, lassen sich mit diesem System die Gase in allen Deponietiefen gut erfassen.

Vertikale Entgasungssysteme werden entweder gleichzeitig mit der Abfallschüttung hochgezogen (betriebsparallele Entgasung) oder erst nach Abschluss der Deponierung nachträglich gebohrt (nachträgliche Entgasung).

Bei **horizontalen Entgasungssystemen** liegen die Drainrohre in etwa 1 m mächtigen Bahnen, die mit Schotter gefüllt sind. Die Leitungen sind mit geringem Gefälle verlegt und weisen Versickerungsflächen für Sickerwasser auf (BILITEWSKI et al. 1994). Der Einbau von *horizontal linienförmigen* Gaskollektoren in Form von Dränageleitungen ermöglicht eine Gaserfassung und -absaugung während der Betriebsphase, ohne den Deponiebetrieb zu stören. Nach DERNBACH (1989) sollten zur Vermeidung von Lufteinbrüchen die Drainagen erst abgesaugt werden, wenn sie etwa 4 m mit Abfall überdeckt sind.

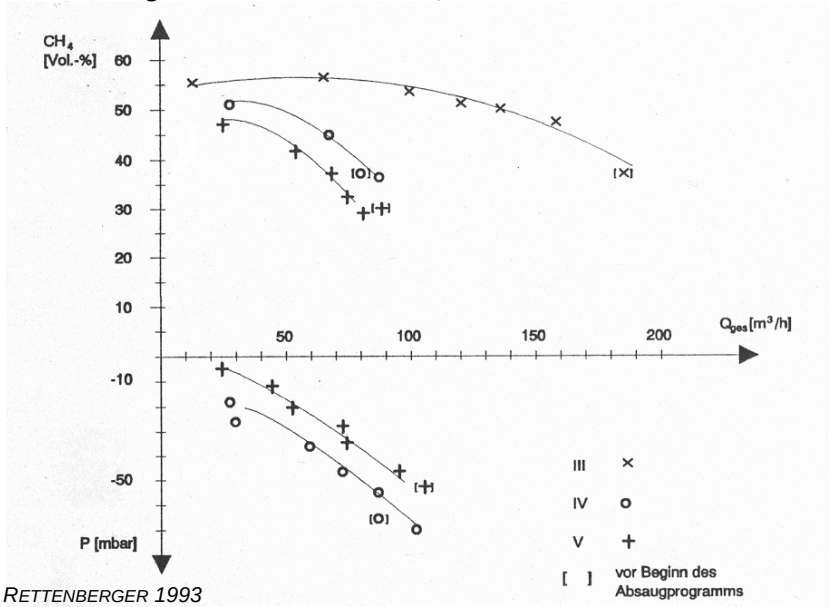
© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Horizontal flächige Gasmigrationsschichten in Form von Schichten aus grobkörnigen, durchlässigen Materialien wie Kies und Schotter, werden überwiegend unter der oberen Abdeckungsschicht angeordnet, um Druck- bzw. Konzentrationsspitzenbelastungen der darüber liegenden Dichtschicht zu vermeiden. Die Mindestschichtdicke beträgt 30 cm. Über Gaskollektoren wird die Gasmigrationsschicht an das Unterdrucksystem angebunden und abgesaugt.

Untersuchungen an Deponien haben gezeigt, dass sich das Deponiegas eher horizontal als vertikal ausbreitet und dass die Gasbewegung überwiegend entlang bevorzugter Fließwege im Deponieinneren erfolgt. Diese bevorzugten Strömungswege enden teilweise erst direkt an der Abdeckschicht. Im Falle der aktiven Entgasung werden somit auch diese Fließwege und damit die Stellen mit hohem Gasaustritt bevorzugt abgesaugt. Sollen auch die diffusen Emissionen vermehrt reduziert werden, so lässt sich dies durch eine Erhöhung des Unterdrucks erreichen. Damit steigt jedoch die Gefahr, dass Außenluft durch die bevorzugten Fließwege mit angesaugt wird.

Der abgesaugte Gasvolumenstrom ist immer in Verbindung mit den gemessenen Konzentrationen zu sehen. Die Tatsache, dass durch die Deponieabsaugung auch Luft in den Deponiekörper eindringt, lässt sich gut mit Absaugversuchen darstellen. In Abbildung 5 ist die Methankonzentration in Abhängigkeit vom Gasvolumenstrom aufgetragen. Am Verlauf der Kurven ist zu ersehen, dass ab einem systemspezifischen Punkt der Methangehalt mit zunehmendem Volumenstrom abnimmt, weil vermehrt Luft angesaugt wird. Erkennbar ist, dass die Methankonzentration mehr oder weniger stark variiert, wobei sich die Kurven von Brunnen zu Brunnen unterscheiden. Es ist deshalb sinnvoll und notwendig, dass bei Deponieentgasungsanlagen jeder einzelne Gaskollektor oder Gasbrunnen getrennt für sich geregelt werden kann. Da für eine Deponiegasbehandlung ein Mindestmethangehalt erwünscht ist, ist dadurch auch der erfassbare Volumenstrom begrenzt.

Zusammenhang Methankonzentration, Gasvolumenstrom und Unterdruck



Quelle: RETTENBERGER 1993

Abbildung 5: Zusammenhang zwischen Methankonzentration, Gasvolumenstrom und angelegtem Unterdruck einzelner Brunnen (III, IV, V) (RETTENBERGER 1993).

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Die Steuerung und Einstellung der einzelnen Deponiegasbrunnen erfolgt durch Drosselung des Unterdrucks oder der Durchflussmenge. Zu diesem Zweck benötigt jeder Gaskollektor eine Armatur – Klappe, Schieber oder ähnliches – die ausreichende Regulierungseigenschaften aufweist und deren Materialien korrosionsbeständig sind. Basis für die Regulierung ist eine Messung der Gasqualität jedes Kollektors. Die Bestimmung der Gasqualität kann mit tragbaren Messgeräten durchgeführt werden. Gemessen werden sollten die Komponenten Methan, Sauerstoff, Kohlendioxid und Stickstoff oder zumindest drei von ihnen, um den Betriebszustand beurteilen zu können (DERNBACH 1989).

Ein kritischer Punkt für die Funktionstüchtigkeit des Gaserfassungssystems ist die Verlegung der Gastransportleitungen im Deponiebereich. In den Leitungen kondensiert infolge eines Temperaturabfalls Wasser aus dem feuchtigkeitsgesättigten Deponiegas aus. Durch lokal unterschiedliche Setzungen kommt es zur Ausbildung von Rohrdurchbiegungen, in denen sich das Kondenswasser ansammelt. Hierdurch kann der Leitungsquerschnitt eingestaut und aus dem entsprechenden Entgasungselement kein Gas mehr abgesaugt werden. Um Setzungen aufzufangen, wird empfohlen die Leitungen mit einem entsprechendem Gefälle (mind. 5 %) zu verlegen (DERNBACH 1989).

5.1 Gaserfassungsgrad

Erfassungsgrade stellen einen Vergleich der durch die aktive Absaugung erfassten Methangasmenge mit errechneten emittierten Methanmengen dar. In einem ersten Schritt wird dabei die maximal bildbare Methangasmenge errechnet und von dieser ein Prozentsatz für die Methanoxidation in Abzug gebracht.

Je nach den Eingangsparametern werden unterschiedliche Gasmengen prognostiziert. Die theoretisch maximal produzierbare Deponiegasmenge kann wie folgt abgeschätzt werden: Im Normalzustand (0 °C, 1 atm) entstehen je g C 1,868 Nl Deponiegas (Molvolumen eines idealen Gases im Normalzustand 22,414 Nl/mol, C 12 g/mol). Die organische Substanz ist je nach Abfallart (Nahrungsmittel-, Papier-, Holzabfälle etc.) unterschiedlich gut abbaubar, wobei sich zusätzlich auch die Halbwertszeiten des Abbaus unterscheiden. Verschiedene Berechnungsmethoden werden in UMWELTBUNDESAMT (2006) verglichen. In jedem Fall stellen Modellrechnungen einen Idealfall dar, bei dem z. B. die ausreichende Verfügbarkeit von Feuchtigkeit vorausgesetzt wird.

Bei der Oxidation wird Methan durch chemische und biologische Vorgänge in Kohlendioxid umgewandelt. Voraussetzung dafür ist die gleichzeitige Anwesenheit von Sauerstoff und Methan. Während der Betriebsphase mit hoher Gasproduktion ist dies nur in der obersten Abfallschicht der Fall (bis max. 1 m Tiefe bei offener Betriebsfläche). Durch abnehmende Gasproduktion und dadurch in den Deponiekörper eindringende Luft verlagert sich dieser Zustand auf tiefere Abfallschichten. Die Zufuhr von Sauerstoff zur Bodenluft erfolgt durch Konvektion (z. B. Wind) und Diffusion ausschließlich aus der Atmosphäre. Es treten aerobe Verhältnisse auf, bei denen verbliebenes und zuströmendes Methan oxidiert wird (RETTENBERGER & MEZGER 1992). Der Abbau von Methan kann nach MANCINELLI & MCKAY (1985) bis 10 % der gesamten Methanproduktion einer Deponie betragen.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Eine Methanoxidation wird auch durch das Ansaugen von Außenluft („Übersaugen" der Deponie) verursacht. Die entsprechenden Effekte machen sich dabei in geringeren Methangehalten und erhöhten CO_2-Gehalten im erfassten Deponiegas bemerkbar.

In der Literatur finden sich manchmal Angaben über den Gaserfassungsgrad – so werden z. B. bei aktiver Entgasung maximal 40 bis 60 %, bei passiver Entgasung 10–20 % angegeben[2].

Nach FLÖGL (2002) weisen größere Deponien im Allgemeinen höhere Deponiegaserfassungsraten auf als kleinere. Wesentliche Ursache dafür dürfte das günstigere Verhältnis von Volumen zu Oberfläche der großen Deponien sein. Weiters kann bei großen Deponien die Gaserfassung besser geregelt werden als in kleineren.

Wie bereits in Kapitel 3 dargestellt, werden seitens der Gesetzgebung keine genauen Vorgaben bezüglich der Aufzeichnungen des Deponiegasvolumens gemacht.

Von den Betreibern werden Gasmengen in Betriebskubikmetern oder in Normkubikmetern angegeben. Bei den Normkubikmetern ist zusätzlich zu beachten, dass diese nach DIN 1343 oder ISO 2533 angegeben sein können:

- DIN 1343: Druck 1,01325 bar, Luftfeuchtigkeit 0 % (trockenes Gas), Temperatur 0 °C.
- ISO 2533: Druck 1,01325 bar, Luftfeuchtigkeit 0 % (trockenes Gas), Temperatur 15 °C.

Bei Angaben des Erfassungsgrades ist zu bedenken:

- Die Emissionsprognose basiert auf idealisierten Annahmen,
- die Einheit der erfassten Deponiegasmenge ist zu berücksichtigen (Normkubikmeter nach ISO- oder DIN-Norm, Betriebskubikmeter),
- die angesaugte Außenluft führt zu einer Aerobisierung von Teilen des Deponiekörpers, wodurch vermehrt CO_2 gebildet wird und CH_4 oxidiert wird.

Das nicht erfasste Deponiegas tritt nicht über die gesamte Fläche gleichmäßig verteilt aus. Für die Deponie Linz Asten wurde gezeigt, dass 95 % der Methanemissionen auf einer Fläche von 4 %, für die Deponie Redlham 92 % auf 2,5 % der Fläche erfolgen (FLÖGL 2002).

5.2 Gasbildungspotenziale

Die beiden folgenden Tabellen geben einen Überblick der Gasbildungspotenziale von Abfällen. Angesichts der Daten ist jedoch davon auszugehen, dass es sich dabei um unbehandelten Abfall handelt bzw. die getrennte Sammlung von Wertstoffen noch nicht flächendeckend eingeführt war. Die Gasbildung je Tonne Abfall bei vorbehandeltem Abfall ist geringer.

[2] http://lotall.heim.at/dgas/index-d.htm

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Tabelle 1: Gesamtgasproduktionspotenzial von Hausmüll, Ergebnisse aus Laborversuchen (RETTENBERGER & MEZGER 1992).

	Versuchsdurchführung	Summe der Gasproduktion in m³/t feuchtem Abfall
PFEFFER (1974)	Faulversuch mit zerkleinertem Hausmüll im Rührreaktor; 4–30 Tage Aufenthaltszeit, Temperatur 40 °C	186
KLEIN (1980)	Faulversuch von Hausmüll gemeinsam mit Klärschlamm	235
HITTE (1976)	Faulversuch von Hausmüll gemeinsam mit Klärschlamm	204
STEGMANN (1982)	Faulversuch mit zerkleinertem Hausmüll mit Sickerwasserkreislaufführung, Temperatur 30 °C	120–150

Weitere Literaturstellen für das Gaspotenzial je Tonne Trockenmasse (TM) Hausmüll werden in LUA (2001) zitiert.

Tabelle 2: Gesamtgasproduktionspotenzial von Hausmüll, Ergebnisse aus Laborversuchen (LUA 2001).

	Gaspotenzial in m³/t TM
STEGMANN & DERNBACH (1981)	150–200
WOLFRAM (1986)	120–400
JESSBERGER (1992)	150–235
EHRIG et al. (1995)	300–400 (potenziell) 120–200 (tatsächlich)

TM = Trockenmasse

LECHNER (2006) gibt für „kommunalen Mischmüll“ ein Gasbildungspotenzial von 100–180 m³/t TM an.

Auch Jahre und Jahrzehnte nach Abschluss der Deponie werden noch weiter geringe Gasmengen mit sinkenden Methangehalten produziert, vorausgesetzt dass entsprechend Feuchtigkeit vorhanden ist. Wird die Deponieoberfläche rasch abgedichtet, so besteht die Gefahr einer Trockenkonservierung. Ist das Ziel das Emissionspotenzial der Deponien zu minimieren und nicht zu konservieren, so ist die Abdeckung entsprechend zu gestalten. Ist eine aktive Entgasung nicht mehr sinnvoll, kann eine aerobe In-situ-Stabilisierung zur weitgehenden Umsetzung der Restorganik angeschlossen werden, bei der zunächst noch vorhandene Methanmengen biologisch oxidiert werden. Gemäß der Novelle der Deponieverordnung 2008 sind grundsätzlich eine „temporäre Abdeckung“ mit einer entsprechenden Wasserdurchlässigkeit sowie auch die aerobe In-situ-Stabilisierung vorzusehen.

Nach Einstellung der aktiven kann eine passive Belüftung den aeroben Zustand der Deponie langfristig sicherstellen. Etwaige geringe Methanmengen, die in Teilbereichen ggf. wieder entstehen können, werden im Deponiekörper bzw. in der Oberflächenabdeckung biologisch oxidiert.

Hierfür sind mit dem Methanoxidationsvermögen in der Rekultivierungsschicht und einer ausreichenden Gaswegigkeit die geeigneten Bedingungen zu schaffen (LECHNER & HUMER 2000).

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

5.3 Deponiegasbehandlung und -nutzung

Je nach gebildeter Gasmenge und den Methankonzentrationen im Gas sind verschiedene Verwertungen möglich bzw. wirtschaftlich sinnvoll.

Bei hoher Gasproduktion kann das erzeugte Deponiegas in Gasmotoren, Dampfkesseln und Dampfturbinen eingesetzt werden. Auch eine Verflüssigung zum Antrieb von Fahrzeugen ist möglich. Neuere Entwicklungen gehen dahin, den Methangehalt anzureichern und in weiterer Folge als Biomethan in das Gasnetz einzuspeisen.

Bei kleineren Deponien mit geringerer Gasbildung wird in der Regel das Gas in Hochtemperaturfackeln (Muffeln) verbrannt.

Durch die Abnahme des Volumenstromes mit der Zeit werden Verwertungs- bzw. Behandlungsanlagen zunehmend überdimensioniert, gleichzeitig kann bei Unterschreiten von Mindestkonzentrationen an Methan die Verwertung nicht mehr möglich sein oder eine selbstgängige Verbrennung nicht mehr gewährleistet werden. Dieses „Schwachgas“ ist jedoch aus Personen-, Gebäude- und Umweltschutzgründen weiterhin zu erfassen und zu behandeln.

5.4 Schwachgasbehandlung

Bei Methankonzentrationen von < 34 % können Gasmotoren nicht mehr betrieben werden. Bei CH_4-Gehalten < 25 Vol.- % können Hochtemperaturfackelanlagen nur mit Hilfe einer Stützfeuerung (i. d. R. mit Erdgas) eingesetzt werden. Durch zunehmende Stützfeuerung reduziert sich jedoch der durch die Abfackelung des Deponiegases erzielte Beitrag zur Reduktion von Treibhausgasemissionen. Eine Möglichkeit dies zu vermeiden ist die Zumischung von Schwachgas zu anderen Biogasquellen, wie etwa Faulgas einer Kläranlage oder Biogas aus Gülle, Energiepflanzen etc. Durch eine entsprechende Mischung kann das Deponiegas somit länger verwertet werden.

Prinzipiell stehen drei weitere Behandlungswege offen: eine biologische Behandlung (Biofilter, aerobe In-situ-Stabilisierung), eine thermische Behandlung sowie eine Anreicherung des Schwachgases.

Durch Biofilter wird vor allem eine Desodorierung erreicht. Bei entsprechender Bemessung des Biofilters ist auch ein begrenzter Methanabbau (Oxidation) erzielbar. Für eine weitgehende Methanoxidation sind Filter mit einer spezifischen Raumbelastung von 0,5 m³ CH_4/m³.d erforderlich (FLÖGL 2002).

Es gibt zahlreiche unterschiedliche thermische Verfahrenskonzepte:

Eine Variante, bei der alle im Deponiegas enthaltenen Schadstoffe auch bei niedrigen CH_4-Gehalten komplett thermisch zerstört werden können, ist die nicht-katalytische Oxidation (regenerative Nachverbrennung – RNV = regenerative thermische Oxidation – RTO = regenerative thermische Nachverbrennung = thermisch rekuperative Abluftreinigung – TRA[3]). Nach STACHOWITZ (2001) wird bei der RTO ein keramisches Reaktorbett auf ca. 1.000 °C einmalig vorgeheizt. Nach

[3] Up to date (2008): http://www.up-to-date.ch/abluftreinigung/regenerative_nachverbrennung.html

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Erreichung der Betriebstemperatur wird dann das Methangas durch den Eigenenergiegehalt (Energie aus der Oxidation von CH_4) „selbstständig“ oxidiert. Das oxidierte Gas gibt seine Reaktionswärme an das Keramikbett (Wärmespeicher) ab, so dass dann ein autothermer Betrieb aufrecht erhalten werden kann. Ein solcher Betrieb ist ab Methangehalten ≥ 0,3 Vol.- % möglich.

Weitere thermische Verfahren zur Behandlung von Schwachgas sind beispielsweise der Kohlenstoff-Konverter, Schwachgasfackeln oder die Stationäre Wirbelschichtfeuerung (Schwachgas-Wirbelschichtfackel).

Zur Anreicherung von Methan aus Deponiegas stehen mehrere erprobte Verfahren zur Verfügung (Druckwechseladsorption, Druckwäsche mit Wasser, Membranverfahren, Chemisorbtion). Die Wirtschaftlichkeit ist dabei im Einzelfall zu prüfen. Das angereicherte Gas könnte etwa in Gasmotoren oder Blockheizkraftwerken eingesetzt werden. Bei weitgehender Reinigung ist auch die Einspeisung in das Erdgasnetz denkbar.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

6 METHODISCHES VORGEHEN

6.1 Deponieauswahl

Es wurden sowohl in Betrieb als auch außer Betrieb befindliche „Massenabfalldeponien“ abgefragt Die in Betrieb befindlichen Deponien wurden aus der vom Umweltbundesamt geführten Deponiedatenbank ausgewählt. Von diesen Massenabfalldeponien wurden jene von der Befragung ausgeschlossen, die gemäß Deponiedatenbank in den letzten Jahren keine oder nur geringe Mengen an Abfällen mit hohem organischem Anteil abgelagert haben.

Geschlossene Deponien wurden einerseits aus der Deponiedatenbank, andererseits auf Basis von Gesprächen mit den abfallwirtschaftlichen Ansprechpartnerinnen und -partnern in den Bundesländern sowie anhand von Literaturangaben (z. B. LUNZER et al. 1998) ausgewählt. Entscheidungskriterien waren die Größe der Anlagen sowie Hinweise darauf, dass eine Deponiegaserfassung vorhanden ist.

Insgesamt wurden 49 Deponiebetreiber kontaktiert. Bei zwei in Betrieb befindlichen Standorten wurde durch die Betreiber eine Auftrennung in einen Altstandort und einen in Betrieb befindlichen Standort angeregt. Letztlich wurden somit 34 in Betrieb befindliche Standorte sowie 17 außer Betrieb befindliche Standorte in die Erhebung einbezogen. Von Letzteren werden manche nach wie vor als Massenabfalldeponie betrieben, jene Kompartimente in denen Materialien mit hohem organischem Material abgelagert wurden, sind jedoch bereits stillgelegt. Die kontaktierten Betriebe sowie die jeweiligen Betreiber sind im Anhang dargestellt.

Die Daten wurden mittels Fragebögen erhoben. Die Rücklaufquote betrug 90 %, wobei jedoch je nach Betreiber unterschiedlich viele Angaben gemacht wurden.

Von insgesamt sechs Standortbetreibern wurden keine Daten übermittelt, einerseits aus Überlastung, andererseits weil es keine gesetzliche Verpflichtung zur Bereitstellung der entsprechenden Daten an das Umweltbundesamt gibt. Beim Besuch eines dieser Standorte konnten jedoch projektrelevante Daten vor Ort erhoben werden.

Wie bereits erwähnt, wurden nur ausgewählte Altstandorte in die Studie mit einbezogen. Die Erhebung von UMWELTBUNDESAMT (2004) umfasste sieben weitere Deponien, die zwischenzeitlich nicht mehr in Betrieb sind. Im Jahr 2002 betrug der Beitrag dieser Deponien zur gesamten erfassten Deponiegasmenge lediglich 1,5 %.

Für zwei der fünf Deponien, für die die Fragebögen nicht ausgefüllt wurden, liegen in der Studie von UMWELTBUNDESAMT (2004) für das Jahr 2002 Daten zu Deponiegasmengen und Methankonzentrationen vor.

Bei zwei der drei restlichen Deponien ist bekannt, dass durch die dort durchgeführte Behandlung des Abfalls nur eine geringe Methangasbildung zu erwarten ist. Bei der letzten verbleibenden Deponie ohne Datenangaben handelt es sich um eine mittelgroße Anlage, die zwischen 1994 und 2000 in Betrieb war und deren gesammeltes Gas energetisch verwertet wird.

Bei den Abschätzungen für die Altstandorte, die in der gegenständlichen Untersuchung nicht erfasst wurden bzw. für die Deponien von denen keine Daten zur Verfügung gestellt wurden, wurde wie folgt vorgegangen: Die Werte aus der Studie von UMWELTBUNDESAMT (2004) für das Jahr 2002 wurden übernommen. Für die Folgejahre wurde angenommen, dass sich die erfassten Deponiegasmengen und die Methankonzentrationen gleich entwickelt haben wie in denjenigen Deponien, von welchen Daten vorliegen.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

7 ERGEBNISSE

7.1 Gaserfassung

Von insgesamt 41 Deponien (29 davon in Betrieb) liegen Daten über die Brunnenanzahl und das Gaserfassungssystem vor.

40 dieser Deponien verfügen über eine aktive Gaserfassung, eine über eine passive. Die Entgasungsanlagen wurden zumeist in den 90er-Jahren errichtet, lediglich zwei wurden nach dem Jahr 2000 errichtet.

31 Deponien verfügen nur über vertikale Brunnen, drei nur über horizontale und sieben über vertikale und horizontale Brunnen.

Die Anzahl der Brunnen schwankt zwischen drei und 200. 75 % der Deponien haben zwischen vier und 39 Brunnen.

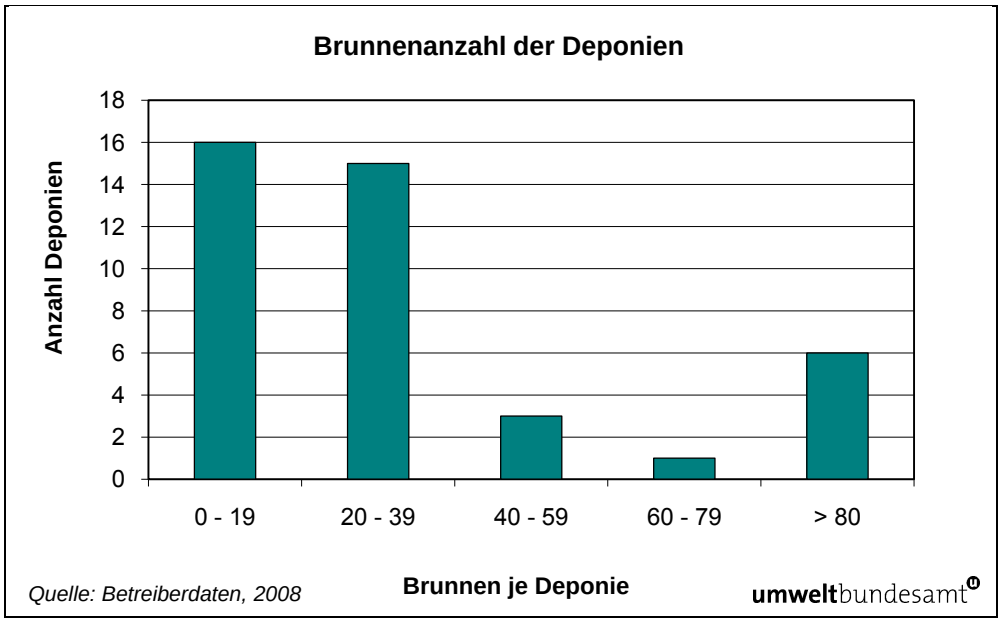


Abbildung 6: Brunnenanzahl der Deponien.

Das je Brunnen abgesaugte Abfallvolumen schwankt zwischen 4.240 und 100.000 m³ und liegt im Mittel bei 28.500 m³.

7.2 Erfasste Deponiegasmengen

Bei 33 Deponien wird der Gasvolumenstrom kontinuierlich gemessen, bei jeweils einer Deponie stündlich bzw. monatlich und bei fünf Deponien wird er geschätzt (z. B. anhand der Betriebsstunden der Fackel). Drei Deponien verfügen über eine aktive Entgasung, erfassen jedoch kein Gas.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Bei der aktiven Entgasung wird oft in relevanten Mengen Außenluft angesaugt. Die angegebenen erfassten Gasmengen sind somit die Summe aus Deponiegas und angesaugter Außenluft. Eine Unterscheidung wäre nur mit größerem Rechenaufwand und nur für jene Deponien, die zusätzlich zu den Methankonzentrationen auch die Kohlendioxid- und Sauerstoff- oder Stickstoffkonzentrationen bekanntgegeben haben, möglich. Im Rahmen dieser Studie sind jedoch die behandelten Methanfrachten entscheidend, die dadurch nicht beeinflusst werden.

Im Folgenden wird unter „Deponiegas“ das in der Deponie gebildete Deponiegas plus das Volumen der angesaugten Außenluft verstanden.

Basierend auf Angaben für 48 Standorte sowie der Fortschreibung der in dieser Studie nicht berücksichtigten sieben kleinen Altstandorte sank die erfasste und behandelte Gasmenge seit 2002 von 61,2 Mio. m³ um rund 30 % auf 43,3 Mio. m³. 80 % der erfassten Gasmenge stammt aus den in Betrieb befindlichen Deponien (absolute Werte siehe Tabelle 9 im Anhang).

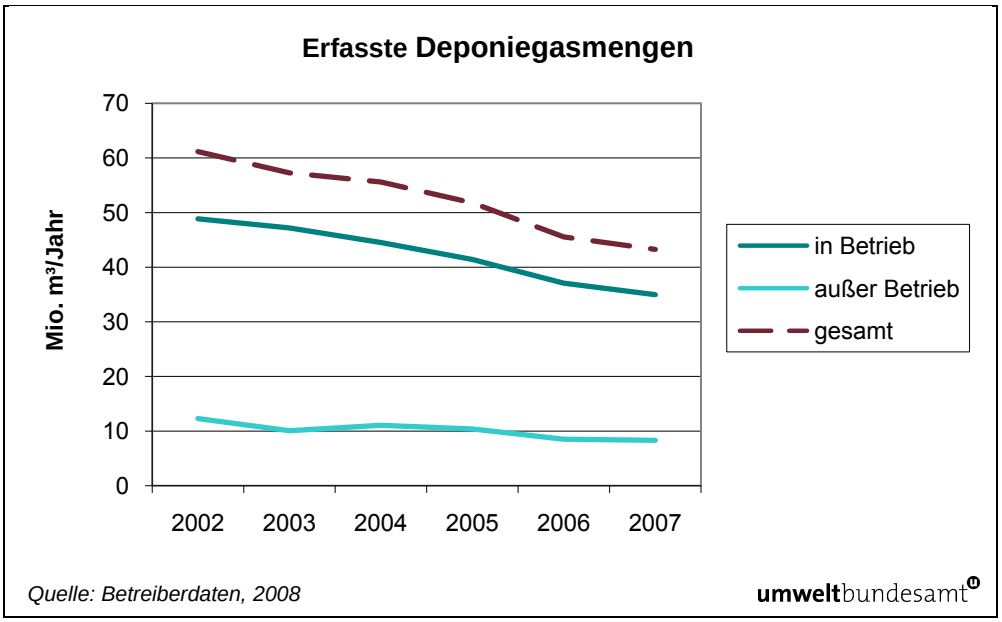


Abbildung 7: Erfasste Deponiegasmengen in m³, 2002–2007.

In sechs Deponien werden in Summe rund 50 % der Gasmenge erfasst, in 19 Deponien in Summe nur 5 %. Diese Verteilung gilt für alle sechs Betrachtungsjahre.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

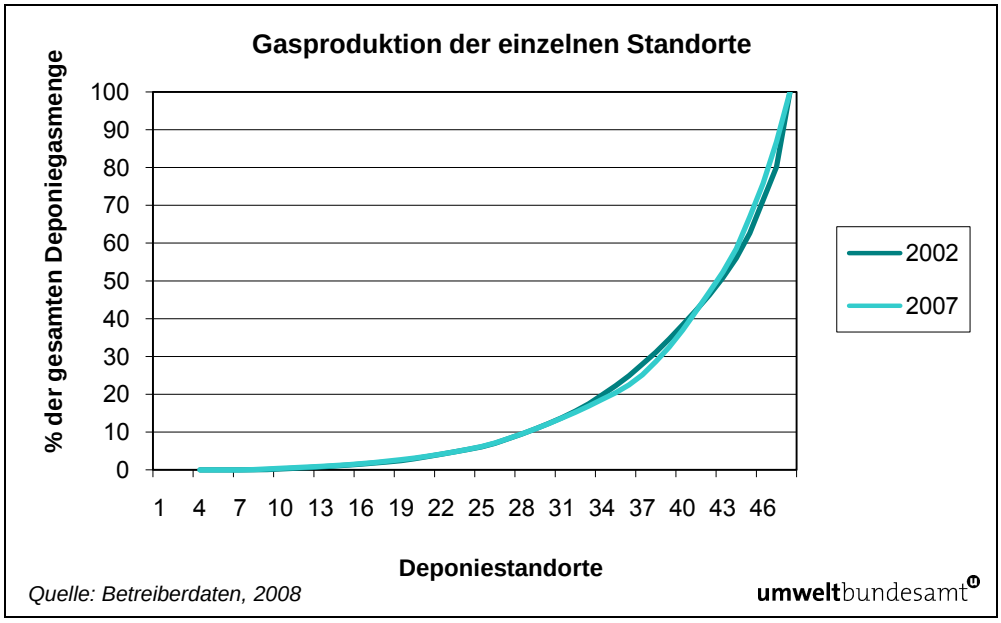


Abbildung 8: Summenkurve der Gasproduktion der einzelnen Standorte, 2002 und 2007.

Die erfasste Deponiegasmenge korreliert hoch signifikant mit dem Volumen der abgelagerten Abfälle (siehe Abbildung 9). Im Durchschnitt wurden je m³ abgelagerten Abfalls im Jahr 2002 im Mittel 1,1 m³ Gas erfasst (0–2,9 m³).

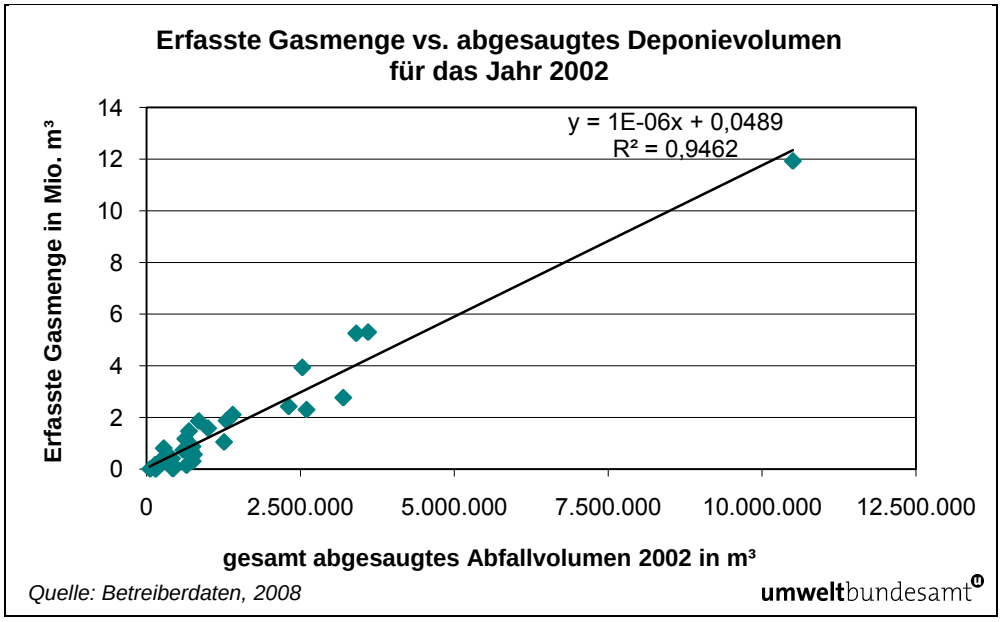


Abbildung 9: Erfasste Gasmenge in m³ versus abgesaugtes Deponievolumen in m³.

Von vier Deponien wurde die Möglichkeit Deponiegas zwischenzuspeichern gemeldet. Zwei dieser Anlagen speichern das Gas gemeinsam mit Faulgas einer benachbarten Kläranlage in Gasometern. Eine Anlage speichert das Gas in einem Gasballon, eine Anlage in den Brunnen bzw. der Deponie (maximal bis zehn Tage).

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

7.3 Gasverwertung und -behandlung

24 Standorte verfügen nur über eine Hochtemperaturfackel (HTF), 13 Anlagen verstromen das erfasste Deponiegas (bzw. haben einen externen Gasverwerter), neun erzeugen sowohl Strom als auch Wärme, an zwei Deponien wird nur Wärme erzeugt. An einem Standort findet keine Behandlung statt, von zwei Betrieben liegen keine Informationen vor.

Anlagen, die den Energieinhalt nutzen, verfügen zumeist zusätzlich über eine HTF für Revisionszeiten.

Von den insgesamt erfassten Gasmengen werden zwischen 15 % und 18 % ohne energetische Nutzung abgefackelt. Der Anteil der verstromten Menge ist von 51 % (2002) auf 58 % (2007) angestiegen. In absoluten Mengen hat jedoch die Menge, die verstromt wurde, um ca. 6 Mio. m³ abgenommen. Die zur Verstromung und zur thermischen Nutzung verwendete Gasmenge sank im selben Zeitraum von 27 % auf 22 %, der Rest (weniger als 4 %) wurde nur thermisch verwertet.

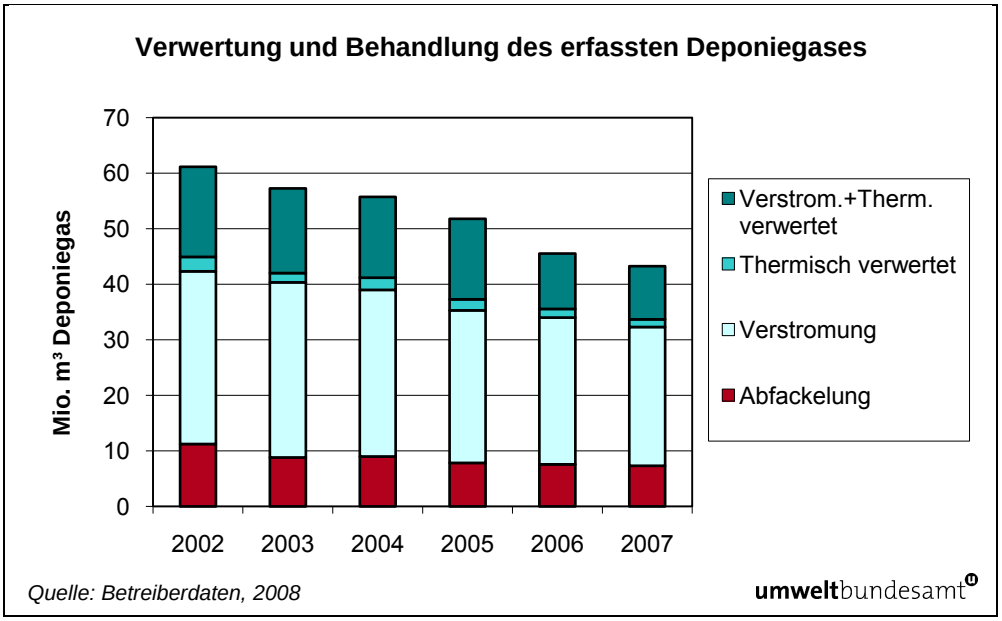


Abbildung 10: Verwertung und Behandlung des erfassten Deponiegases 2002–2007.

Das Deponiegas von 21 Deponiestandorten wird zur Verstromung bzw. kombiniert mit einer thermischen Nutzung verwendet. Dabei wurden im Jahr 2002 47 Mio. m³ und im Jahr 2007 34,5 Mio. m³ Deponiegas verwertet und 66,5 Mio. kWh (2002) respektive 47,9 Mio. kWh (2007) erzeugt. Nach einem leichten Anstieg von 2002 auf 2003 (siehe Tabelle 8 im Anhang) sank die erzeugte Strommenge um mehr als 25 %, bezogen auf 2002. Ca. 90 % des zur Stromerzeugung genutzten Deponiegases stammt aus derzeit in Betrieb befindlichen Standorten (siehe Abbildung 11).

Die angegebenen Wirkungsgrade der Gasmotoren liegen zwischen 31 % und 38 %. Eine Anlage meldete einen energetischen Wirkungsgrad von 24 %.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

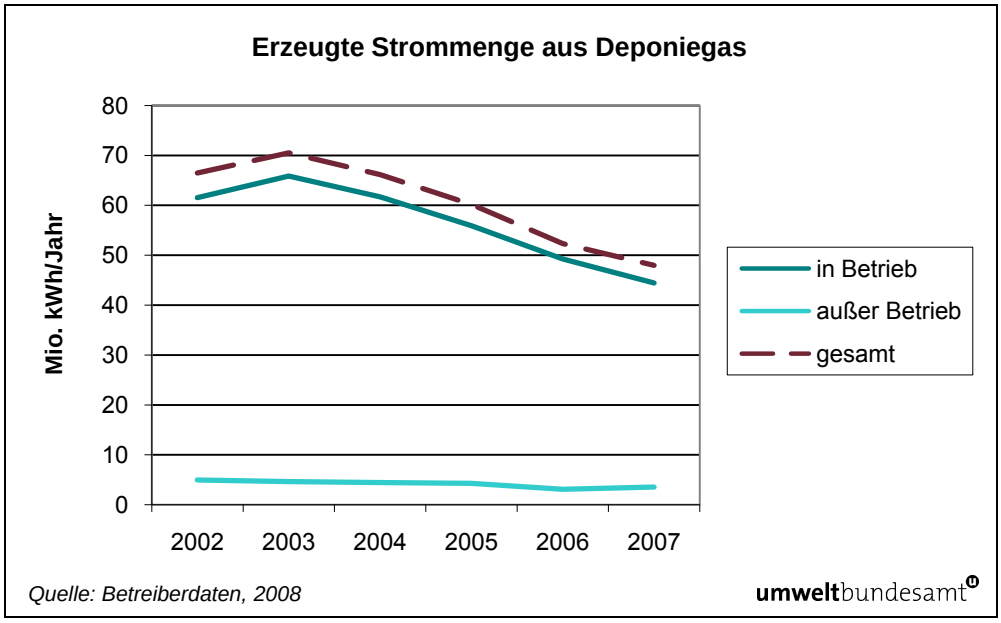


Abbildung 11: Erzeugte Strommenge aus Deponiegas, 2002–2007.

Wird ein Substitutionseffekt von 0,25 kg CO_2 je erzeugter kWh angesetzt, so errechnet sich eine eingesparte Emissionsmenge von 16.600 t (2002) bzw. 12.000 t (2007) CO_2-Äquivalente. Dies entspricht 4 % der durch die Deponiegaserfassung und -behandlung erzielten Emissionsreduktion.

7.4 Gaskonzentrationen

Gemäß Deponieverordnung sollten die Betreiber Aufzeichnungen über Methan, Kohlendioxid und Sauerstoff führen. Bei den Fragebogenerhebungen wurde zusätzlich zu diesen drei Parametern auch Stickstoff abgefragt.

Von den insgesamt betrachteten 49 Standorten liegen

- von 44 Anlagen Methankonzentrationen,
- von elf (2002) bzw. 16 (2007) Anlagen Kohlendioxidkonzentrationen,
- von 18 (2002) bzw. 25 (2007) Anlagen Sauerstoffkonzentrationen und
- von vier Anlagen Stickstoffkonzentrationen vor.

Bei 23 Deponien werden die Gaskonzentrationen kontinuierlich gemessen, bei drei Deponien monatlich, bei neun Standorten in einer anderen Frequenz (zumeist täglich), an einem Standort werden keine Messungen durchgeführt. Von zwölf Standorten liegen keine Angaben über die Häufigkeit der Messungen der Gaskonzentrationen vor.

Die **Methankonzentrationen** im erfassten Deponiegas haben gemäß den übermittelten Daten von 2002 bis 2007 durchschnittlich um 9 % von 47,4 % auf 43 % abgenommen. Diese Abnahme in den in Betrieb befindlichen Standorten unterscheidet sich kaum von jenen der Altstandorte.

Rund 70 % der für 2007 erhobenen Methankonzentrationen liegen zwischen 30 % und 50 %.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

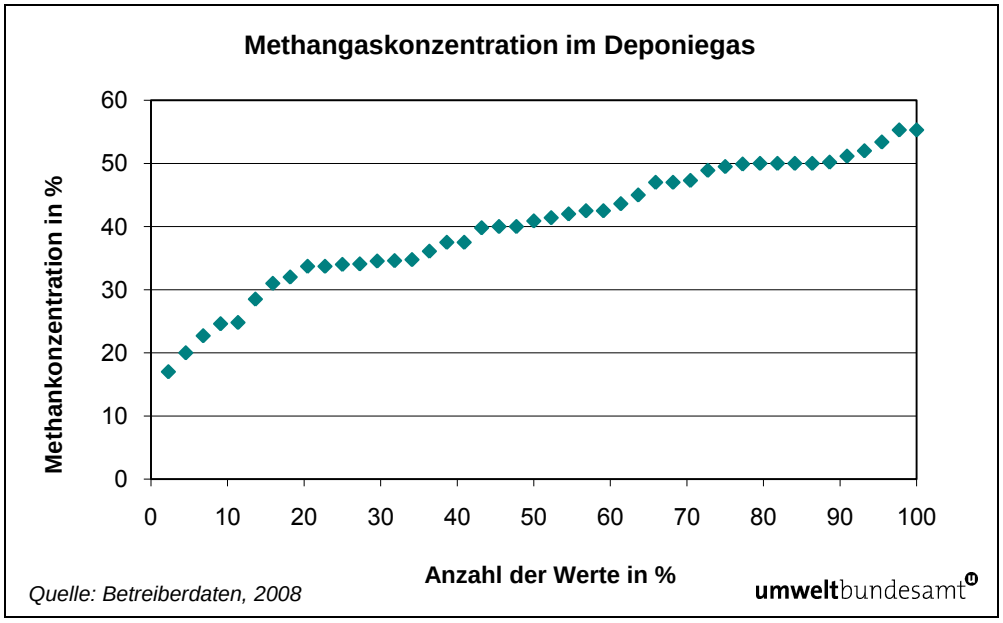


Abbildung 12: Aufsteigende Reihung der Methankonzentrationen im Deponiegas 2007.

Solange sich die Deponie noch nicht in der Lufteindringphase befindet (siehe Kapitel 4.1), sollte **Stickstoff** nur in geringen Mengen im Deponiegas enthalten sein. Bei der aktiven Entgasung kann jedoch Außenluft in relevanten Mengen angesaugt werden, wodurch der Deponiekörper teilweise aerobisiert wird. Dies ist erkennbar, wenn die Summe aus Methan- und Kohlendioxidkonzentration deutlich unter 100 % liegt und gleichzeitig der Sauerstoffgehalt deutlich über 0,1 % (aber aus sicherheitstechnischen Gründen unter 2 %). Die Aerobisierung führt zu einer verstärkten Kohlendioxidproduktion, die insbesondere an der Veränderung des Methan-/Kohlendioxidverhältnisses (CH_4/CO_2) im Gasstrom erkennbar ist (HEERENKLAGE et al. 2002).

Der mit der Außenluft angesaugte Sauerstoff wird zum aeroben Abbau organischer Substanz oder zur mikrobiellen Oxidation von CH_4 verwendet und dadurch zu CO_2 umgewandelt. Dadurch erhöht sich die CO_2-Konzentration und verringert sich die CH_4-Konzentration im analysierten Deponiegas. Durch den Lufteintrag verändern sich auch die Milieubedingungen und die Methanbildung wird gehemmt.

Die von den Betreibern gemeldeten CH_4-Konzentrationen beziehen sich somit vielfach auf Mischungen aus Deponiegas und Außenluft. Dies ist zu berücksichtigen, falls bspw. von den Methan- und CO_2-Konzentrationen auf den Betriebszustand der Deponie geschlossen werden soll.

Um den Betriebszustand zu beurteilen, wurde für jene Deponiestandorte, die sowohl Daten zu Methan- als auch zu CO_2-Konzentrationen zur Verfügung gestellt haben, wie folgt vorgegangen: In einem ersten Schritt wurde die Summe aus den beiden Konzentrationen gebildet. Im nächsten Schritt wurde die Methankonzentration rechnerisch korrigiert, indem die Methankonzentration durch den Quotienten aus $([CH_4] + [CO_2])/100$ dividiert wurde.

Durch diese Korrektur steigen die Methankonzentrationen im (arithmetischen) Mittel (2002: elf Standorte, 2007: 15 Standorte) auf über 60 % in den betrachteten Jahren (minimal 50 %, maximal 75 %).

Abschließend wurde die korrigierte CH_4-Konzentration ins Verhältnis zur gemeldeten CO_2-Konzentration gesetzt.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Diese Vorgehensweise ist (sehr) ungenau, da einerseits Sauerstoff, welcher mit der Außenluft eingetragen wird, Methan über Mikroorganismen zu Kohlendioxid oxidiert, wodurch die gemessene Methankonzentration verringert wird; andererseits wird gleichzeitig die gemessenen CO_2-Konzentration erhöht, da diese teils durch die Methanoxidation, teils durch einen erhöhten aeroben Abbau verursacht wird. Die Ergebnisse erlauben es jedoch, den Betriebszustand besser beurteilen zu können.

Bei allen diesen Anlagen liegt das Verhältnis von Methan (korrigiert) zu Kohlendioxid (gemessen) über 1,5:1, im Mittel bei 2:1 bei den in Betrieb befindlichen Anlagen und ca. 2,5:1 bei den außer Betrieb befindlichen Anlagen. Die Maximalwerte liegen bei einem Verhältnis von 4:1. Diese Verhältnisse von Methan zu Kohlendioxid lassen darauf schließen, dass sich diese Deponien allesamt in der so genannten Langzeitphase bzw. in den Phasen davor befinden (siehe hierzu Kapitel 4.1).

7.5 Methanfracht und Kohlendioxid-Äquivalente

Die Methanfracht ergibt sich aus dem erfassten Volumenstrom und der gemessenen Konzentration.

Da die Methandichte mit steigender Temperatur abnimmt (0 °C: 0,72 kg/m³; 30 °C: 0,65 kg/m³) ist bei den Deponiegasvolumina darauf zu achten, ob es sich um Normkubikmeter oder Betriebskubikmeter handelt.

Ein Betriebskubikmeter ist diejenige Menge Gas, welche real bei gegebener Temperatur des Deponiegases und dem jeweiligem Druck gemessen wird. Sowohl Temperatur als auch Druck werden vielfach bei dieser Volumensmessung nicht mit gemessen. Im Rahmen dieser Studie werden deshalb Methanfrachten, bei denen Gasvolumina in Betriebskubikmetern angegeben sind, vereinfacht mit einer Methandichte von 0,65 kg/m³ (entsprechend einer angenommenen Temperatur von 30 °C) berechnet.

Bei Angabe von Normkubikmetern wird die gemessene Gasmenge anhand von Temperatur und Druck umgerechnet. Bei den Normkubikmetern ist zu beachten, dass diese nach DIN 1343 oder ISO 2533 angegeben sein können:

- DIN 1343: Temperatur 0 °C,
- ISO 2533: Temperatur 15 °C,
- bei beiden zusätzlich Druck 1,01325 bar, Luftfeuchtigkeit 0 % (trockenes Gas).

Von fünf Deponien liegen Angaben nach DIN 1343 vor, von einer Deponie nach ISO 2533. Diese sechs Anlagen erfassen zusammen rund 55 % der Methanmenge.

Für die anderen Deponien wurde mit einer Temperatur von 30 °C gerechnet.

Im Jahr 2002 wurden ca. 19.700 t Methangas erfasst und behandelt, bis zum Jahr 2007 ist die Methanfracht um 35 % auf rd. 12.700 t gefallen (siehe Abbildung 13). Etwas über 80 % werden in den in Betrieb befindlichen Deponien erfasst.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

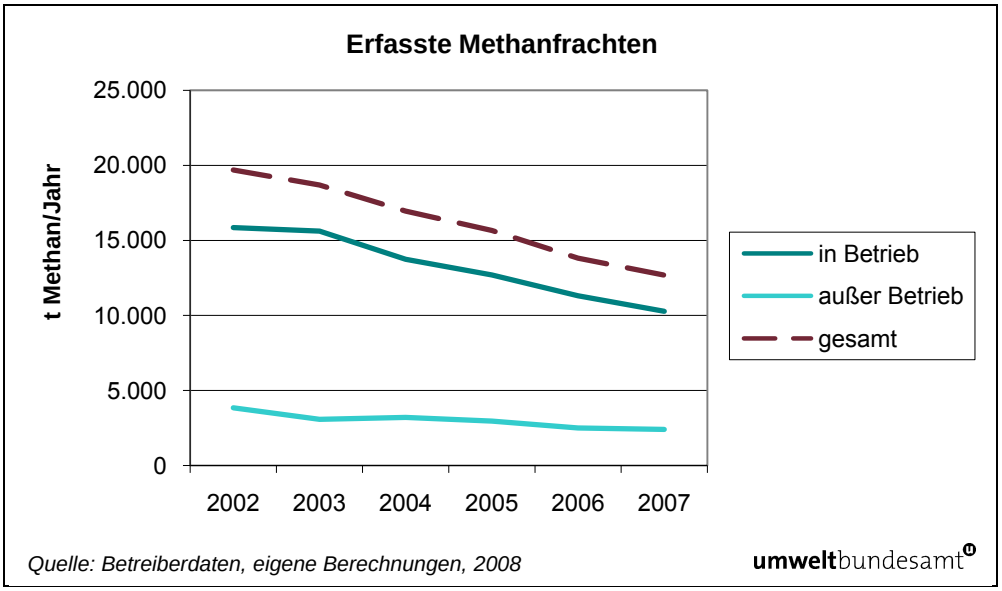


Abbildung 13: Erfasste Methanfrachten 2002 bis 2007.

Bei den in Betrieb befindlichen Deponien wurde zusätzlich unterschieden, ob die Standorte in Bundesländern mit Ausnahmeregelung für die Ablagerung von unbehandelten Abfällen bis 31. Dezember 2008 liegen. Da Wien nur in geringem Ausmaß von dieser Ausnahmeregelung Gebrauch gemacht hatte, wird dieses Bundesland bei den Deponien ohne Ausnahmeregelung mit betrachtet.

Der Verlauf zeigt im Zeitraum von 2002 bis 2007 nur einen geringen Unterschied, während der Trend in den Jahren 2006 bis 2007 gegenläufig ist: bei Deponien in Ländern ohne Ausnahmeregelung ergab sich eine Abnahme um 36,5 % bei stetig fallendem Trend, bei Deponien mit Ausnahmeregelung eine Abnahme um 31,5 % bei einer Stagnation zwischen 2006 und 2007 (siehe Abbildung 14). Eine Prognose für den weiteren Verlauf für letztere Deponien ist nicht möglich.

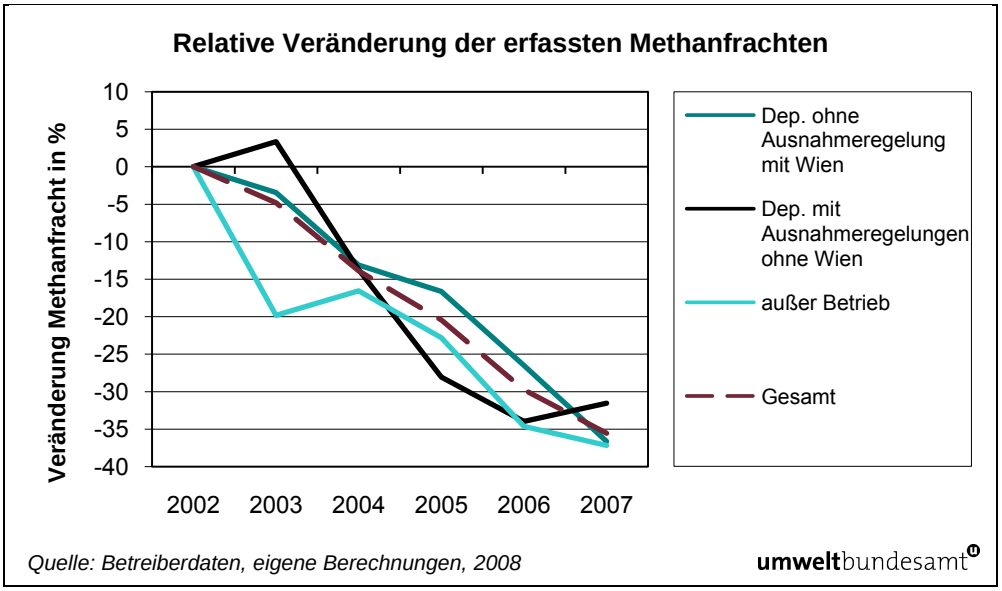


Abbildung 14: Relative Veränderungen der erfassten Methanfrachten, 2002 bis 2007.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Die erfasste Methangasmenge korreliert hoch signifikant mit dem Volumen der abgelagerten Abfälle. Im Durchschnitt wurden je m³ abgelagerten Abfalls im Jahr 2002 im Mittel 0,34 kg Methan erfasst (0–1,13 kg).

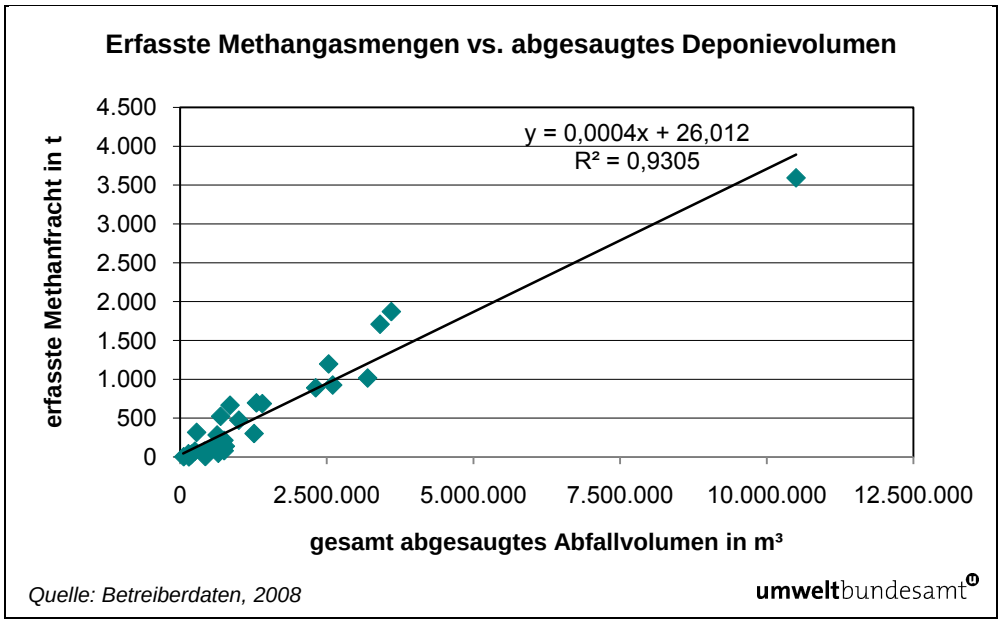


Abbildung 15: Erfasste Methangasmenge versus abgesaugtes Deponievolumen in m³.

Die Emissionen verschiedener Treibhausgase können mit Hilfe des Greenhouse Warming Potentials (GWP) in CO_2-Äquivalente umgerechnet werden, also in Mengen gleicher Treibhauswirkung. Je nach Betrachtungszeitraum verändert sich das GWP, da die Verweilzeit der Treibhausgase in der Atmosphäre verschieden lang ist. Methan hat eine Verweilzeit von ca. zwölf Jahren (CO_2 verbleibt im Schnitt mehr als 100 Jahre in der Atmosphäre) und wirkt somit eher kurzfristig, sein GWP ist daher für kurze Zeithorizonte wesentlich größer als für lange. Üblicherweise wird ein Betrachtungszeitpunkt von 100 Jahren gewählt. Bei diesem Zeitraum entspricht die Emission einer Tonne Methan bezüglich der Treibhauswirkung der Emission von 25 t CO_2 (GWP = 25). Bei einem Betrachtungszeitraum von 20 Jahren beträgt das GWP von Methan 72, bei 500 Jahren 7,6.

In Hinblick auf das Kyoto-Protokoll ist jedoch zu berücksichtigen, dass sich diese Werte auf das GWP gemäß dem IPCC Second Assessment-Report aus dem Jahr 1995 beziehen. Nach dem damaligen Erkenntnisstand wurde das GWP von Methan bei 100 jähriger Betrachtung mit 21 abgeschätzt[4].

Die im Jahr 2002 erfasste und behandelte Methangasfracht entspricht bei einem GWP von 21 ca. 414.000 t CO_2-Äquivalenten. Seit 2002 sind die erfassten CO_2-Äquivalente um 35 % auf ca. 267.000 t im Jahr 2007 gefallen (siehe Abbildung 16).

[4] Inwieweit Methan, das aus dem Abbau biogenen Materials entsteht, in Bezug auf die Treibhauswirksamkeit gleich zu bewerten ist wie Erdgas, ist nicht Gegenstand dieser Studie.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

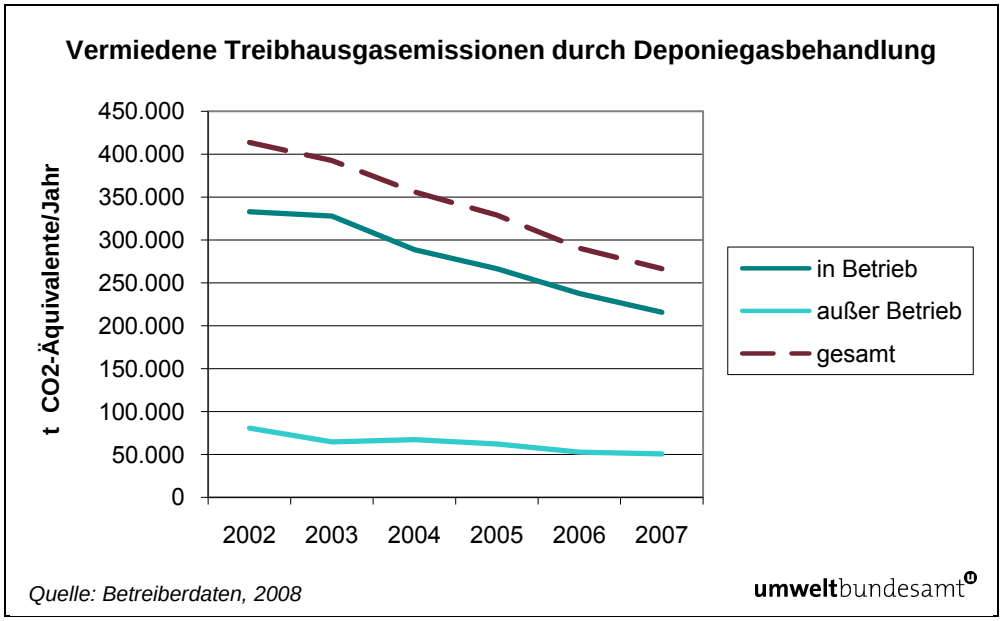


Abbildung 16: Vermiedene Treibhausgasemissionen durch Deponiegasbehandlung in CO_2-Äquivalenten.

Oberflächenabdeckung

Von den im Jahr 2007 in Betrieb befindlichen Anlagen betrug die offene Deponiefläche im Jahr 2002 rund 450.000 m² (UMWELTBUNDESAMT 2004). Bei einer Gesamtfläche von ca. 1,8 Mio. m² entspricht dies 25 %, das heißt 75 % waren im Jahr 2002 abgedeckt.

Von den im Jahr 2007 nicht mehr in Betrieb befindlichen Anlagen betrug die offene Fläche im Jahr 2002 rund 100.000 m² (UMWELTBUNDESAMT 2004). Bei einer Gesamtfläche von 340.000 m² entspricht dies einer Abdeckung von 70 % im Jahr 2002.

Gemäß den Ergebnissen der Fragebogenaktion haben sich seit dem Jahr 2002 die abgedeckten Flächen jährlich um 2 bis 4 % erhöht, von 2002 auf 2007 um insgesamt 19 %. Im Jahr 2007 betrug die abgedeckte Deponiefläche 1,86 Mio. m². Für die nächsten fünf Jahre wurde im Fragebogen eine geplante Abdeckung von weiteren 32.000 m² bekanntgegeben.

Sickerwasserrückführung

Von elf Deponien wurde im Fragebogen eine Sickerwasserrückführung bekanntgegeben. Die Gesamtmenge an rückgeführtem Sickerwasser betrug dabei 221.000 m³. Im Mittel werden pro Deponie 20.000 m³ rückgeführt (270 m³ bis 145.000 m³). Das Mittel würde ohne den Maximalwert von 145.000 m³ nur 7.600 m³ betragen.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

7.6 Vergleich der erfassten Kohlendioxid-Äquivalente mit der Emissionsabschätzung

Gemäß den Modellrechnungen für die Österreichische Luftschadstoff-Inventur (UMWELTBUNDESAMT 2008b) sanken die Deponiegasemissionen (ohne Berücksichtigung der erfassten Gasmengen) seit 2002 um 16 % – von rund 2,64 Mio. t CO_2-Äquivalenten nach geringem Anstieg 2003 auf 2,22 Mio. t im Jahr 2006. Diese berechneten Emissionen enthalten nur Methan, da bei Kohlendioxid davon ausgegangen wird, dass dieses klimaneutral ist.

Die erfassten CO_2-Äquivalente sanken im gleichen Zeitraum um 35 %, also deutlich stärker als die berechneten Emissionen an CO_2-Äquivalenten (siehe Abbildung 17).

2002 betrug die erfasste Menge an CO_2-Äquivalenten 15,5 % der berechneten Emissionen, im Jahr 2006 noch knapp 13 % (siehe Abbildung 18).

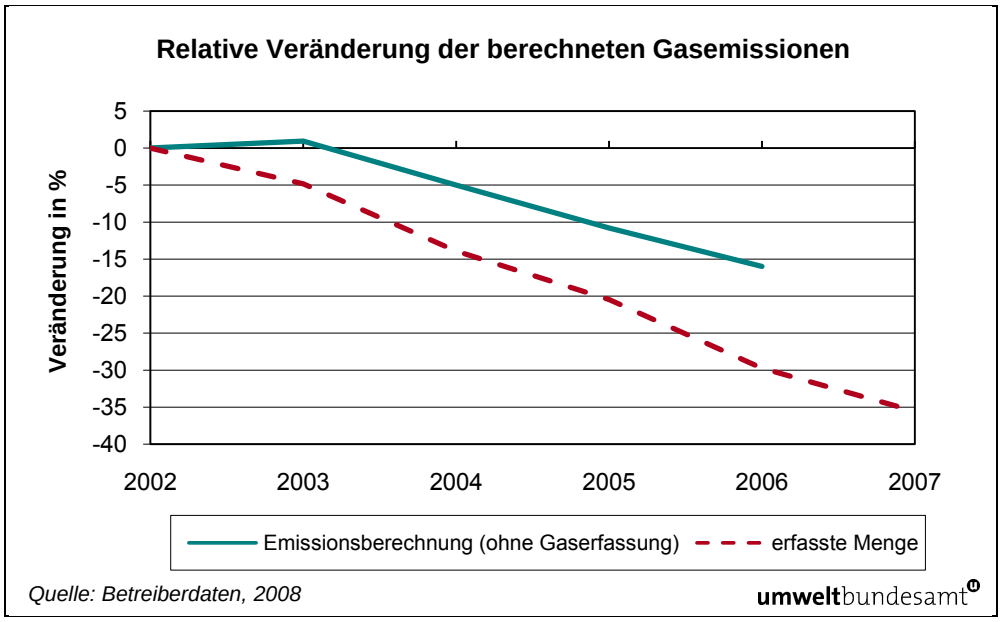


Abbildung 17: Relative Veränderung der berechneten Gasemissionen (in CO_2-Äquivalenten) sowie der erfassten Gasmengen (in CO_2-Äquivalenten), (Ausgangsbasis 2002).

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

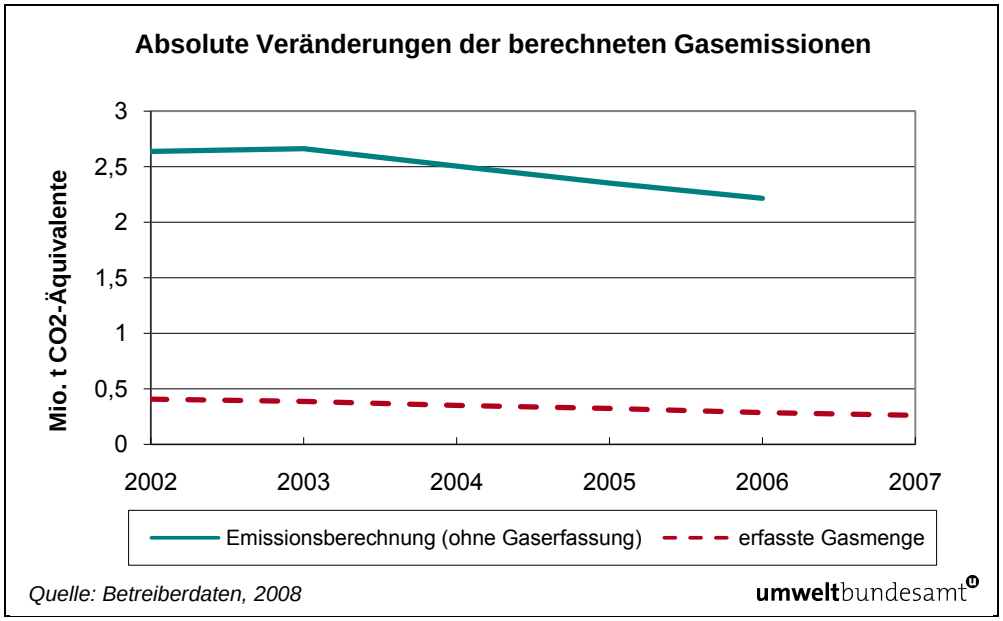


Abbildung 18: Absolute Veränderungen der berechneten Gasemissionen (in CO_2-Äquivalenten) sowie der erfassten Gasmengen (in CO_2-Äquivalenten).

Die große Differenz zwischen berechneter Emission und tatsächlich erfassten Mengen hat mehrere Gründe:

- Die Modellrechnungen gehen von idealen Voraussetzungen im Deponiekörper – wie etwa ausreichendem Wassergehalt – aus. Es ist jedoch anzunehmen, dass die Realität von den Idealbedingungen abweicht. Insbesondere in Gebieten mit geringen Niederschlagsmengen ist von einem verlangsamten Abbau oder teilweise einer „Trockenkonservierung“ der organischen Substanz auszugehen.
- Die genaue Zusammensetzung des abgelagerten Abfalls und damit das Gasbildungspotenzial und die Abbaurate ist nicht bekannt (abhängig z. B. von der Art der Vorbehandlung, dem Sammelsystem, etc.).
- Bereits wenige Monate nach der Ablagerung der Abfälle beginnt die Methangasproduktion. Selbst in jenen Fällen, in denen die Deponiegasbrunnen mit der Schüttung hochgezogen werden, sind Methanemissionen aus den zuletzt geschütteten Bereichen zu erwarten. Je später die Absaugung nach der Schüttung durchgeführt wird, desto höher können die Emissionen sein.
- Bei einer aktiven Absaugung wird vor allem über bevorzugte Strömungswege abgesaugt. Manche Deponiebereiche werden deshalb kaum/nicht abgesaugt, wodurch es in diesen Bereichen zu Emissionen kommen kann.
- Wird Außenluft mit angesaugt, so führt dies zu einer Aerobisierung von Teilen des Deponiekörpers, wodurch vermehrt CO_2 gebildet wird und CH_4 oxidiert wird.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Modellrechnung (zumindest kurz–mittelfristig) wahrscheinlich zu hohe Emissionswerte ergibt, andererseits Methanemissionen trotz aktiver Absaugung auftreten. Diese Verluste sind jedoch nicht quantifizierbar.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

8 PROBLEME/ERFAHRUNGEN

8.1 Probleme mit Fackeln

24 Standorte verfügen nur über eine Hochtemperaturfackel. Sieben von diesen Anlagenstandorten gaben an, dass ein kontinuierlicher Betrieb der Fackel wegen zu geringer Gasmenge oder zu geringem Methangehalt nicht möglich sei. Zwei davon gaben an, kein Gas zu erfassen.

Bei zumindest vier weiteren Standorten ist aufgrund der geringen Gasmenge anzunehmen, dass die Fackel nicht kontinuierlich betrieben wird.

Bei etwas mehr als 20 % der insgesamt kontaktierten Anlagen, bzw. rund 50 % der Standorte, die nur über eine Hochtemperaturfackel verfügen, findet somit keine oder nur eine diskontinuierliche Behandlung über eine Deponiegasfackel statt. Die gesamte Gasmenge dieser Anlagen beträgt weniger als 1,5 % der erfassten Deponiegasmenge.

Die Gasmodelle errechnen eine deutlich höhere Gasproduktion als tatsächlich erfasst werden kann. Dadurch wurden Behandlungsanlagen in mehreren Fällen überdimensioniert. In Einzelfällen gingen Fackelanlagen gar nicht in einen regelmäßigen Betrieb. Verschärft wird dieses Problem durch den starken Rückgang der Deponiegasmenge und des Methangehaltes in den letzten Jahren.

Fackeln benötigen für ihren Betrieb eine Mindestkonzentration an Methan; die Untergrenze liegt laut einzelnen Betreibern zwischen 20 und 30 %. Der Betrieb der Fackeln und damit auch die Absaugung werden bei Unterschreiten einer Methankonzentration von rund 20 % durch eine Notabschaltung gestoppt (Explosionsgefahr). Eine Anlage reagierte auf den Rückgang der Gasmenge durch die Neuanschaffung kleinerer Fackeln, indem ein Sternbrenner durch einen kleineren V-Brenner ersetzt wurde.

Die Methankonzentrationen sinken bei manchen Deponien nach Beginn der Absaugung rasch ab, wodurch das Gas nicht mehr entsprechend behandelt werden kann. Das rasche Absinken kann durch einen hohen Anteil an Außenluft erklärt werden, der mit angesaugt wird. Durch Aussetzen der Absaugung „erholt“ sich die Deponie und die Methangehalte steigen wieder an. Sollte eine entsprechende Regelung des erzeugten Unterdrucks oder der Durchflussmengen der einzelnen Sammelleitungen nicht zielführend sein, sollte jedenfalls die Stillstandsdauer der Absaugung kurz gehalten werden.

Für eine Deponie wurde folgender Sachverhalt angeführt: Die ausschließliche Ablagerung von (mechanisch) vorbehandeltem Restmüll führte dazu, dass die Gasbildung des abgelagerten Materials immer weit unter den Erwartungen (Ergebnisse der Modellrechnungen) blieb. Der kontinuierliche Betrieb der Fackelanlage war dadurch nie möglich. Selbst durch Befeuchtungsmaßnahmen des abgelagerten Restmülls konnte keine nennenswerte Steigerung der Gasproduktion erreicht werden. Deshalb wird die Fackel diskontinuierlich betrieben, wobei der Betrieb teilweise automatisch erfolgt. Nach jedem Erlöschen der Fackel startet nach zwei bis drei Tagen „Ruhezeit“ erneut die Absaugung und die Abfackelung, sofern das Gas wieder zündfähig ist. Nach z. B. zehn automatischen Zyklen muss das System händisch neu gestartet werden.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Die Absaugung wird durch den Sauerstoff- und Methangehalt gesteuert. Bei Überschreiten vordefinierter Sauerstoffgehalte bzw. Unterschreiten vorgegebener Methangehalte schaltet sich die Absaugung ab bzw. wird abgeschaltet.

Die Einregelungsintervalle der einzelnen Gasbrunnen sind sehr verschieden und reichen von wenigen Tagen (2-tägig) bis zu mehr als einem Jahr. Gasbrunnen können sich sehr unterschiedlich verhalten. Manche Brunnen produzieren sehr konstant Gas bei gleich bleibenden Gasmengen, wodurch diese Brunnen in längeren Intervallen kontrolliert und eingeregelt werden können.

Bei manchen Deponien ist nur ein Teil der Brunnen tatsächlich in Betrieb. Insbesondere Brunnen in Bereichen, in denen verstärkt Materialien mit wenig Gasbildungspotenzial abgelagert wurden (z. B. Bodenaushub) wurden stillgelegt. Bedingt durch die starke Abnahme der Gasmenge hat ein Betreiber ehemals relativ unergiebige Gasbrunnen inzwischen wieder an die Absaugung angeschlossen.

8.2 Probleme bei der Gasverwertung in Motoren

Gasmotoren benötigen eine Mindestkonzentration an Methan (> 34 %) und werden für den Betrieb auf eine bestimmte Methankonzentration (bzw. Bereich) eingestellt. Ist der Regelbereich des Motors relativ eng, so führen stärkere Konzentrationsabnahmen zu geringerer Leistung oder zum Ausfall des Motors. Die Einstellung auf einen „magereren“ Betrieb kann diesem Problem abhelfen. Motoren werden zumeist durch Fachpersonal der Motorenhersteller eingestellt. Oft passiert dies, nachdem einige Stunden/Tage kein Gas abgesaugt wurde und sich die Gasqualität in dieser Zeit verbessert (höherer Methangehalt). Dadurch besteht die Gefahr, dass die Motoren auf eine zu hohe Gasqualität eingestellt werden.

Einzelne Betreiber meldeten Probleme mit zum Teil höheren Silizium-Gehalten im Deponiegas (keine Direktmessungen, Überwachung durch Ölanalysen), die mitunter die Anlagenlaufzeit begrenzen. Die Silizium-Konzentrationen können sich kurzfristig ändern, insbesondere dann, wenn neue Gaserfassungsstellen auf die Gasverwertung aufgeschaltet werden. Organische Silizium-Verbindungen (Siloxane) verursachen bei der Gasverwertung in Motoren durch Ablagerungen (Verkrustungen) des entstehenden Verbrennungsproduktes SiO_2 im Brennraum und Abgastrakt Schäden. Unter anderem werden die Zündkerzen verlegt. Durch mechanisches Reinigen (Drahtbürste) kann die Lebensdauer der (kostspieligen) Zündkerzen verlängert werden. Ein Ansteigen des Motorölverbrauchs ist ein Hinweis auf mögliche SiO_2-Ablagerungen. Durch eine regelmäßige Überwachung der Si-Gehalte im Motoröl kann größeren Schäden vorgebeugt werden. Es wird davon ausgegangen, dass auf den Deponien abgelagerte Klärschlämme sowie andere silikonhaltige Produkte leicht- und schwerflüchtige Siloxane freisetzen. Silizium-Verbindungen (so genannte funktionelle Siloxane) sind z. B. in Waschmitteln, Kosmetika, Cremes, Silikonölen usw. enthalten (HEINZ 2005).

Neben hohen Silizium-Gehalten ist auch die Mitansaugung von Wasser bei hohen Unterdrücken für die Gasmotoren problematisch.

Die Methanmengen schwanken bei starken Wetteränderungen (Luftdruck).

Bereiche, in denen biologisch vorbehandeltes Material geschüttet wurde, zeigen nur eine sehr geringe Gasbildung bei gleichzeitig niedriger Methankonzentration.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

8.3 Probleme mit Transportleitungen

In Gas-Transportleitungen kann es durch Setzungen im Deponiekörper durch die Kondensation des wassergesättigten Deponiegases zur Bildung von Wassersäcken kommen, wodurch kein Gas mehr gefördert werden kann. Dies ist zu kontrollieren und die Transportleitung neu einzurichten. Ebenso können sich durch Gefrieren von Kondensat Leitungen verstopfen.

Die Verlegung von Gasbrunnen etwa durch Wassersäcke oder Eis wird teilweise durch Computerprogramme registriert, die aus dem angelegten Unterdruck und der erfassten Gasmenge auf Probleme in den Gasbrunnen bzw. Sammelleitungen aufmerksam machen.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

9 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Zwischen 2002 und 2007 sanken die abgesaugten Deponiegasmengen um rund 30 % von 61,2 auf 43,3 Mio. m³ und die Methankonzentrationen um 9 % von 47,4 % auf 43 %. Aus den gesunkenen Deponiegasmengen und Methankonzentrationen resultiert ein Rückgang der erfassten und behandelten Methangasmenge um 35 % von 19.700 t auf rd. 12.700 t bzw. bei einem Methan-Treibhauspotenzial von 21 von 414.000 auf 267.000 t CO_2-Äquivalente.

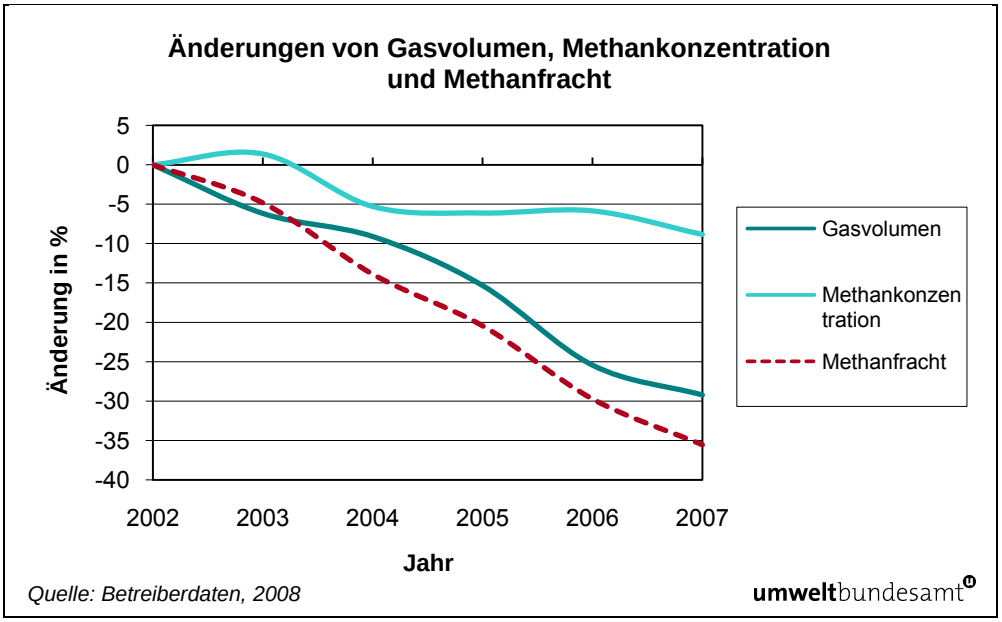


Abbildung 19: Änderungen von Gasvolumen, Methankonzentration und Methanfracht, 2002–2007 (2002 = 0 %).

Tabelle 3: Deponiegasmengen, Methankonzentrationen und Methanfrachten, 2002–2007.

	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Deponiegasmenge (in Mio. m³)	61,2	57,3	55,8	51,8	45,6	43,3
Methankonzentration (in %)	47,8	48,4	45,2	44,8	45,0	43,5
Methanfracht (in t)	19.701	18.700	16.956	15.665	13.826	12.692
CO_2-Äquivalente (in t)	413.719	392.699	356.081	328.969	290.343	266.522

Das Ablagerungsverbot in Bundesländern ohne Ausnahmeregelung ab 1.1.2004 hat zu keiner markanten Abnahme der erfassten Methanfrachten geführt. Vielmehr sinkt die Methanfracht bereits seit 2002.

Dies hat mehrere Ursachen:

- Bereits vor 2004 wurde auf Deponien vorbehandeltes Material, das nur geringfügig zur Gasbildung neigt, in relevanten Mengen abgelagert.
- Durch die Einführung von Biotonne und Altpapiersammlung änderte sich die Zusammensetzung des Restmülls, wodurch das Gasbildungspotenzial der Abfälle (das über Jahrzehnte, wenn auch abnehmend, wirksam ist) sich verändert hat.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

- Anhand der Gasdaten kann geschlossen werden, dass der Rückgang der Methankonzentrationen auch durch ein verstärktes Ansaugen von Außenluft verursacht ist, wodurch ein gewisser Aerobisierungseffekt in Teilen der Deponie eintritt.
- Mehrere Deponien werden nicht mehr kontinuierlich abgesaugt sondern in Intervallen, damit sich die Methangehalte „erholen“ können, wodurch eine anschließende Behandlung sichergestellt werden kann. In Phasen in denen keine Absaugung stattfindet, ist jedenfalls mit höheren Methanemissionen in die Umwelt zu rechnen.

Insgesamt ist zu erwarten, dass die erfassten Methangasmengen weiter abnehmen werden.

In Bezug auf die Treibhauswirksamkeit ist ein Übersaugen von Teilen des Deponiekörpers kein Nachteil, da dadurch anstelle von Methan klimaneutrales CO_2 gebildet wird. Sinken jedoch die Methangehalte durch Übersaugen zu stark ab, wird eine geeignete Behandlung erschwert oder nicht mehr möglich, wodurch z. B. eine Stützfeuerung bei Fackelanlagen oder Erdgaszumischung bei Motoren notwendig wäre.

Abnehmende Deponiegasmengen bzw. Methangehalte werden dazu führen, dass zunehmend Behandlungs- und Verwertungsanlagen überdimensioniert sind.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

10 LITERATURVERZEICHNIS

ATV (1990): Arbeitsbericht des ATV-Fachausschusses 7.5 „Anaerobe Verfahren zur Behandlung von Industrieabwässern“ Korrespondenz Abwasser Ausgabe 10/90. S. 1.247 ff.

BILITEWSKI; B.; HÄRTLE, G. & MAREK, K. (1994): Abfallwirtschaft. Springer Verlag Berlin Heidelberg New York.

BISCHOFSBERGER, W. (2005): Anaerobtechnik. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg.

DERNBACH, H. (1989): Erfassung von Deponiegas. *In:* Deponie 3 – Ablagerung von Abfällen. Thome-Kozmiensky (Hg.). TK-Verlag, Berlin.

EHRIG, H.-J. et al. (1995): BMBF-Statusbericht – Teil 1, Statusbericht Deponiekörper. S.116.

FLÖGL, W. (2002): Klimarelevanz der Deponien in Oberösterreich. Studie im Auftrag der OÖ Landesregierung.

FORELL, B.; HÖLEMANN, H. & BENNING, C. (1997): Explosionsgefahren und Maßnahmen des Explosionsschutzes bei der Erstellung von Deponiegasbrunnen auf Siedlungsabfalldeponien, Tiefbau 4/1997.

HACKL, A. & MAUSCHITZ, G. (1997): Klimarelevanz der Abfallwirtschaft. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie Sektion III.

HEERENKLAGE, J.; SCHUBERT, W.; MOLL-JÜRGENS, O.& STEGMANN, R. (2002): Gezielte Übersaugung zur Erfassung und Behandlung der Schwachgasemissionen auf der Altablagerung Kiel-Drachensee. *In:* Deponietechnik 2002. Stegmann-Rettenberger-Bidlingmaier/Ehrig (Hg.). Verlag Abfall Aktuell, Band 18, S. 161–172.

HEINZ, H. (2005): Erfahrungen bzgl. der Deponiegasaufbereitung aus Betreibersicht. Vortrag bei der Tagung zum Thema Gasreinigung/Gasaufbereitung von Klär-, Bio- und Deponiegas. 22. und 23. Februar 2005/Osnabrück. Veranstalter: Deutsche Bundesstiftung Umwelt.
http://www.rytec.com/files_upl/refpdf_Deponiegasaufbereitung_Vortrag.pdf.

JESSBERGER, H.-L. (1992): Zwischenbericht des Forschungsprojektes Geotechnik der Abfallstoffe. September 1992.

LECHNER, P. (2004): Kommunale Abfallentsorgung. UTB 2114. Facultas Universitätsverlag, Wien.

LECHNER, P. & HUMER, M. (2000): Technischer Aufbau einer Deponieabdeckschicht zum Zweck der Methanoxidation. *In:* Deponietechnik 2000. Hamburger Berichte zur Abfallwirtschaft, Band 16. Stegmann, R.; Rettenberger, G.; Bidlingmaier, W. & Ehrig, H.-J. (Hg.). Verlag Abfall aktuell, Stuttgart. S. 285–298.

LUA – Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (2001): Langfristiges Emissionsverhalten von Altdeponien. Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Materialien Nr. 61.

MANCINELLI, R.L. & MCKAY, C.P. (1985): Methane Oxidising Bacteria in Sanitary Landfills. *In:* Antonopoulus, A.A. (Ed.). Biotechnological Advances in Processing Municipal Wastes for Fuels and Chemicals. Argonne National Laboratory Report.

POLLER, T.; 1990: Hausmüllbürtige LCKW/FCKW und deren Wirkung auf die Methangasbildung. Hamburger Berichte 2. Economica Verlag, Bonn.

RETTENBERGER, G. & MEZGER, H. (1992): Der Deponiegashaushalt in Altablagerungen – Leitfaden Deponiegas. Herausgegeben von der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg. 1. Auflage. Karlsruhe.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

RETTENBERGER, G. (1993): Deponiegastechnik. *In:* Trierer Berichte zur Abfallwirtschaft, Bd. 4. Economica Verlag, Bonn.

RICHTER, J. (1986): Der Boden als Reaktor. Enke Verlag.

UMWELTBUNDESAMT (2006): Schachermayer, E.: Vergleich und Evaluierung verschiedener Modelle zur Berechnung der Methanemissionen aus Deponien. Umweltbundesamt Wien, Studie im Auftrag des BMLFUW. http://www.umweltnet.at/article/articleview/44651/1/6943.

STACHOWITZ, W.H. (2001): Basiswissen der Deponiegasfassung und -nutzung – Erfahrungen und Problemlösungen. http://www.das-ib.de/vortraege/basiswissen_fassung-_nutzung.pdf

THOME-KOZMIENSKY, K.J. (1995): Biologische Abfallbehandlung. EF Verlag.

UMWELTBUNDESAMT (1998): Lunzer, H.; Domenig, M.; Rosian, J.; Mostbauer, P. & Häusler, G.: Hausmülldeponien in Österreich. Berichte, Bd. BE-130. Umweltbundesamt, Wien.

UMWELTBUNDESAMT (2004): Rolland, C. & Oliva, J.: Erfassung von Deponiegas – Statusbericht von österreichischen Deponien. Umweltbundesamt, Wien. (unveröffentlicht).

UMWELTBUNDESAMT (2007): Gugele, B.; Lorenz-Meyer, V.; Pazdernik, K. & Wappel, D.: Kyoto Fortschrittsbericht Österreich 1990–2005 (Datenstand 2007). Reports, Bd. REP-0081. Umweltbundesamt, Wien.

UMWELTBUNDESAMT (2008a): Klimaschutzbericht 2008. Reports, Bd. REP-0150. Umweltbundesamt, Wien.

UMWELTBUNDESAMT (2008b): Austria's National Inventory Report. Reports, Bd. REP-0152. Umweltbundesamt, Wien.

Rechtsnormen und Leitlinien

Abfallwirtschaftsgesetz 1990 (AWG 1990; BGBl. Nr. 325/1990): Bundesgesetz vom 6. Juni 1990 über die Vermeidung und Behandlung von Abfällen.

Deponieverordnung 2008 (BGBl. II Nr. 2004/49 i.d.F. BGBl. II Nr. 39/2008): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Deponien.

Deponierichtlinie 1999 (RL 99/31/EG): Richtlinie des Rates vom 26. April 1999 über Abfalldeponien.

Verbringungsverordnung 2006 (EG/1013/2006): Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates (vom 14. Juni 2006) über die Verbringung von Abfällen.

ÖWAV-Regelblatt 502 (1997): Entgasung von Deponiekörpern. Regelblatt des Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverbands.

DIN 1343 (1990): Referenzzustand, Normzustand, Normvolumen; Begriffe und Werte.

ISO 2533 (1975): Normatmosphäre.

Anmerkung: Bitte beachten Sie, dass die Internetadressen von Dokumenten häufig verändert werden. In diesem Fall empfehlen wir, die angegebene Adresse auf die Hauptadresse zu reduzieren und von dort aus das Dokument zu suchen. Die nicht mehr funktionierende, lange Internetadresse kann Ihnen dabei als Orientierungshilfe dienen.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

11 VERZEICHNISSE

11.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schema der Methanbildung von Abfällen (BILITEWSKI et al. 1994). 17

Abbildung 2: Gaszusammensetzung während des Abbaus von Hausmüll in der Deponie in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer (BILITEWSKI et al. 1994). 17

Abbildung 3: Langzeitverhalten der Deponiegasproduktion bei Hausmülldeponien (RETTENBERGER & MEZGER 1992). 18

Abbildung 4: Dichteverhältnis in Abhängigkeit vom Methangehalt im Deponiegas (T_{DG}) und Temperaturdifferenz T_{DG}–T_L für anfängliche Lufttemperaturen T_L = 0 °C bzw. 30 °C (FORELL et al. 1997). 19

Abbildung 5: Zusammenhang zwischen Methankonzentration, Gasvolumenstrom und angelegtem Unterdruck einzelner Brunnen (III, IV, V) (RETTENBERGER 1993). 24

Abbildung 6: Brunnenanzahl der Deponien. 31

Abbildung 7: Erfasste Deponiegasmengen in m³, 2002–2007. 32

Abbildung 8: Summenkurve der Gasproduktion der einzelnen Standorte, 2002 und 2007. 33

Abbildung 9: Erfasste Gasmenge in m³ versus abgesaugtes Deponievolumen in m³. 33

Abbildung 10: Verwertung und Behandlung des erfassten Deponiegases 2002–2007. 34

Abbildung 11: Erzeugte Strommenge aus Deponiegas, 2002–2007. 35

Abbildung 12: Aufsteigende Reihung der Methankonzentrationen im Deponiegas 2007. 36

Abbildung 13: Erfasste Methanfrachten 2002 bis 2007. 38

Abbildung 14: Relative Veränderungen der erfassten Methanfrachten, 2002 bis 2007. 38

Abbildung 15: Erfasste Methangasmenge versus abgesaugtes Deponievolumen in m³. 39

Abbildung 16: Vermiedene Treibhausgasemissionen durch Deponiegasbehandlung in CO_2-Äquivalenten. 40

Abbildung 17: Relative Veränderung der berechneten Gasemissionen (in CO_2-Äquivalenten) sowie der erfassten Gasmengen (in CO_2-Äquivalenten), (Ausgangsbasis 2002). 41

Abbildung 18: Absolute Veränderungen der berechneten Gasemissionen (in CO_2-Äquivalenten) sowie der erfassten Gasmengen (in CO_2-Äquivalenten). 42

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Abbildung 19: Änderungen von Gasvolumen, Methankonzentration und Methanfracht, 2002–2007 (2002 = 0 %)..... 46

Abbildung 20: Veränderung der erfassten Deponiegasmenge seit 2002..... 55

11.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gesamtgasproduktionspotenzial von Hausmüll, Ergebnisse aus Laborversuchen (RETTENBERGER & MEZGER 1992)..... 27

Tabelle 2: Gesamtgasproduktionspotenzial von Hausmüll, Ergebnisse aus Laborversuchen (LUA 2001)..... 27

Tabelle 3: Deponiegasmengen, Methankonzentrationen und Methanfrachten, 2002–2007..... 46

Tabelle 4: Kontaktierte Deponiestandorte und Betreiber nach Bundesländern geordnet..... 52

Tabelle 5: Status der kontaktierten Deponien sowie Behandlungs-/Verwertungsart..... 54

Tabelle 6: Erfasste Deponiegasmengen, 2002–2007 (in Mio. m^3)..... 55

Tabelle 7: Behandlung und Verwertung des erfassten Deponiegases (in Mio. m^3)..... 56

Tabelle 8: Erzeugte Strommenge (in Mio. kWh/a)..... 56

Tabelle 9: Erfasste Methanfracht (in t)..... 56

Tabelle 10: Abdeckungen österreichischer Deponien (In Betrieb befindlich)..... 56

Tabelle 11: Abdeckungen österreichischer Deponien (2007 außer Betrieb befindlich bzw. Kompartiment, in dem Abfall mit hohem organischem Gehalt abgelagert wurde ist außer Betrieb)..... 57

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

12 ANHANG

12.1 Grundlagen und Ergebnisse der Fragebogenaktion

Tabelle 4: Kontaktierte Deponiestandorte und Betreiber nach Bundesländern geordnet.

Name der Deponie	Standort	Betreiber	Bundesland
Deponie Nord MA (Abschnitt 1,2,3)	Großhöflein	Umweltdienst Burgenland GmbH	B
Deponie Nord Abschnitt OST	Großhöflein	Umweltdienst Burgenland GmbH	B
Deponie Mitte	Unterfrauenhaid	Umweltdienst Burgenland GmbH	B
Deponie Schüttbach	Spittal an der Drau	Abfallwirtschaftsverband Spittal/Drau	K
Deponie Hörtendorf	Klagenfurt	Magistrat der Landeshauptstadt Klagenfurt	K
Abfallbeseitigungsanlage Höhenbergen	Tainach	A.S.A. Abfallservice GmbH & Co Nfg KG Graz	K
Deponie Hart	Lavamünd	Abfallwirtschaftsverband Lavanttal	K
Zentraldeponie Müllnern	Ma. Gail	AWV Villach	K
NUA-Hohenruppersdorf	Hohenruppersdorf	NUA-Abfallwirtschaft GmbH	N
NUA Langenlois I/II	Krems	NUA-Abfallwirtschaft GmbH	N
NUA St. Valentin	St. Valentin	NUA-Abfallwirtschaft GmbH	N
NUA Michlhausen/Tulln	Michelhausen	NUA-Abfallwirtschaft GmbH	N
Deponie Teiritzberg	Korneuburg	Stadtgemeinde Korneuburg	N
Deponie Rottner	Fischamend	Ing. Rottner Rudolf GmbH	N
Deponie Heideansiedlung	Steinabrückl	Wiener Neustädter Stadtwerke und Kommunal Service GmbH	N
Deponie Steinthal	Seebenstein	Abfallwirtschaftsverband Neunkirchen	N
Abfallbehandlung „Am Ziegelofen“	Sankt Pölten	Magistrat der Landeshauptstadt St. Pölten	N
Deponie Stockerau	Stockerau	Stadtgemeinde Stockerau	N
Deponie Nettingsdorf	Ansfelden	Stadtgemeinde Traun	O
Deponie Unterhart	St. Martin im Mühlkreis	AVE Entsorgung GmbH – Zentrale Hörsching	O
Deponie Redlham	Attnang Puchheim	AVE Entsorgung GmbH – Zentrale Hörsching	O
Massenabfalldeponie Asten	Asten	Linz Service GmbH Abfallwirtschaft	O
RHV Großraum Laakirchen	Laakirchen	Reinhalteverband Großraum Laakirchen	O
Deponie Ort im Innkreis	Ort	Müllverwertungs- und Mülldeponiebetriebs GmbH	O
Mülldeponie der Stadt Steyr	Steyr	Reinhaltungsverband Steyr und Umgebung	O

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Name der Deponie	Standort	Betreiber	Bundes-land
Deponie Siggerwiesen	Bergheim	SAB – Salzburger Abfallbeseitigung GmbH	S
Mülldeponie St. Veit	St.Veit	Hettegger Sepp & Söhne GmbH	S
Abfallbehandlungsanlage Halbenrain	Halbenrain	A.S.A. Abfallservice GmbH & Co Nfg KG Graz	St
Deponie Frohnleiten	Frohnleiten	Gemeindebetriebe Frohnleiten GmbH	St
Deponie Ghartwald	St. Johann/Haide	Abfallwirtschaftsverband Hartberg	St
Deponie Karlschacht	Köflach	Mülldeponie Karlschacht Errichtungs- und Betriebs-GmbH	St
Deponie Allerheiligen	Allerheiligen	AWV Mürzverband	St
ABA Gasselsdorf	Judenburg	Stadtwerke Judenburg AG	St
Deponie Paulisturz	Eisenerz	Restmüllverwertung GmbH (RMVG)	St
Deponie Liezen	Liezen	AWV Liezen	St
Deponie Bad Aussee	Bad Aussee	Wasserverband Ausseerland	St
Deponie Oed	Markt Hartmannsdorf	Marktgemeinde Hartmannsdorf	St
Deponie Köglerweg	Graz	Stadtgemeinde Graz Umweltamt	St
Deponie Ahrental	Vill/Innsbruck	Innsbrucker Kommunalbetriebe AG	T
Mülldeponie Jochberg	Jochberg	Abwasser- und Abfallbeseitigungsverband Großache – Süd	T
Deponie II Roppen	Roppen	Abfallbeseitigungsverband Westtirol	T
Deponie I Roppen	Roppen	Abfallbeseitigungsverband Westtirol	T
Deponie Sölden	Sölden	Gemeinde Sölden	T
Deponie Lavant	Lavant	Abfallwirtschaftsverband Osttirol	T
Deponie Graselboden	Schwaz	Abfallwirtschaft Tirol Mitte	T
Mülldeponie Elferbauer	Kufstein	Stadtgemeinde Kufstein	T
Deponie Riederberg	Wörgl	--	T
Deponie Böschistobel	Nenzing	Böschistobel Abfallentsorgungs GmbH	V
Deponie Sporenegg	Andelsbuch	behördlich stillgelegt, Betreiber nicht mehr existent	V
Deponie Königswiesen	Lustenau	Häusle Hubert GmbH	V
Deponie Rautenweg	Wien	Magistrat der Stadt Wien – MA 48	W

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Tabelle 5: Status der kontaktierten Deponien sowie Behandlungs-/Verwertungsart.

Name der Deponie	Schließung[1)]	Behandlung
Deponie Nord MA (Abschnitt 1,2,3)		Strom + therm.
Deponie Nord Abschnitt OST	1995	Strom + therm.
Deponie Mitte		HTF
Deponie Schüttbach		Strom
Deponie Hörtendorf		Strom + therm.[2)]
Abfallbeseitigungsanlage Höhenbergen		HTF
Deponie Hart		HTF
Zentraldeponie Müllnern	1999	thermisch
NUA-Hohenruppersdorf	2003	HTF
NUA Langenlois I/II	2003	HTF
NUA St. Valentin	2003	HTF
NUA Michlhausen/Tulln	k. A.	HTF
Deponie Teiritzberg		HTF
Deponie Rottner		Strom
Deponie Heideansiedlung		HTF
Deponie Steinthal		HTF
Abfallbehandlung „Am Ziegelofen“		Strom + therm.
Deponie Stockerau	2004	HTF
Deponie Nettingsdorf	2003	HTF
Deponie Unterhart		HTF
Deponie Redlham	2005	Strom
Massenabfalldeponie Asten		Strom
RHV Großraum Laakirchen		HTF
Deponie Ort im Innkreis		Strom + therm.
Mülldeponie der Stadt Steyr		Strom + therm.
Deponie Siggerwiesen		Strom + therm.
Mülldeponie St. Veit		HTF
Abfallbehandlungsanlage Halbenrain		Strom
Deponie Frohnleiten		Strom + therm.
Deponie Ghartwald		keine
Deponie Karlschacht		Strom
Deponie Allerheiligen		HTF
ABA Gasselsdorf		HTF
Deponie Paulisturz		HTF
Deponie Liezen		k. A.
Deponie Bad Aussee		k. A.
Deponie Oed	2005	thermisch[3)]
Deponie Köglerweg	1985	HTF
Deponie Ahrental		Strom
Mülldeponie Jochberg	2007	HTF
Deponie II Roppen		Strom

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Name der Deponie	Schließung[1)]	Behandlung
Deponie I Roppen	1998	Strom
Deponie Sölden		HTF
Deponie Lavant		HTF
Deponie Graselboden	k. A.	k. A.
Mülldeponie Elferbauer	1995	HTF
Deponie Riederberg	2007	Strom
Deponie Böschistobel		Strom
Deponie Sporenegg	2003	HTF
Deponie Königswiesen		Strom + therm.
Deponie Rautenweg		Strom

1) Schließung der Deponie oder Schließung des Kompartiments in dem Material mit hohem org. Anteil abgelagert wurde

2) seit 2006 nur Strom

3) bis 2005 auch geringe Menge verstromt

k. A.....keine Angaben

HTF.....Hochtemperaturfackel

Tabelle 6: Erfasste Deponiegasmengen, 2002–2007 (in Mio. m³).

Deponiegasmenge	2002	2003	2004	2005	2006	2007
in Betrieb	48,9	47,2	44,7	41,4	37,1	35,0
außer Betrieb	12,2	10,1	11,1	10,4	8,5	8,3
Gesamt	**61,2**	**57,3**	**55,8**	**51,8**	**45,6**	**43,3**

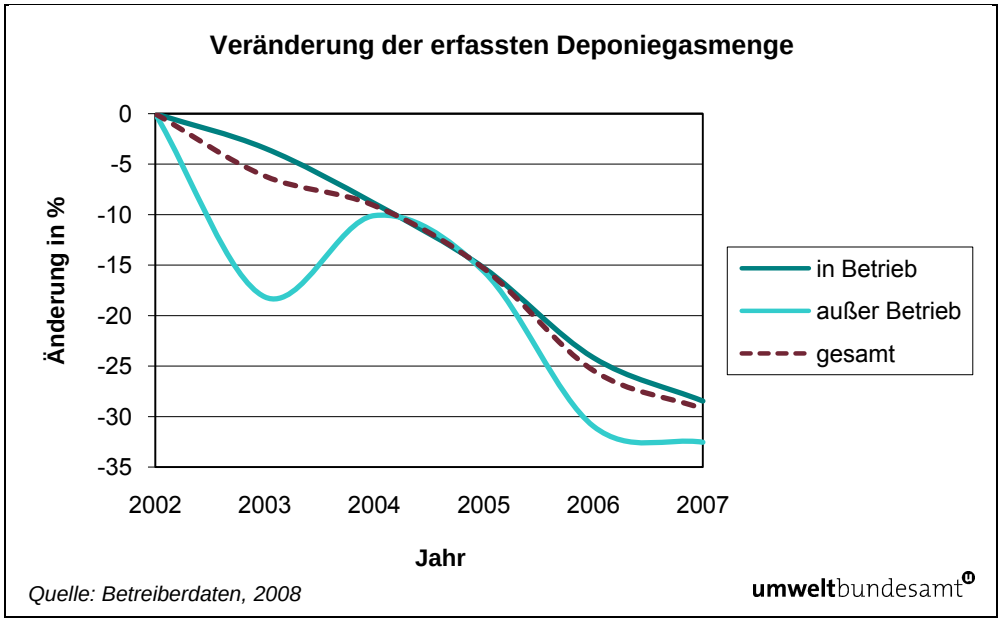


Abbildung 20: Veränderung der erfassten Deponiegasmenge seit 2002.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Tabelle 7: Behandlung und Verwertung des erfassten Deponiegases (in Mio. m^3).

	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Abfackelung	11,3	8,8	9,0	7,8	7,6	7,3
Verstromung	31,1	31,5	30,0	27,5	26,4	25,0
thermisch verwertet	2,6	1,7	2,2	2,0	1,6	1,4
Verstromung + therm. Verwertung	16,2	15,2	14,6	14,5	10,0	9,6
Summe	**61,2**	**57,3**	**55,8**	**51,8**	**45,6**	**43,3**

Tabelle 8: Erzeugte Strommenge (in Mio. kWh/a).

	2002	2003	2004	2005	2006	2007
in Betrieb	61,5	65,9	61,7	55,9	49,2	44,4
außer Betrieb	4,9	4,6	4,4	4,3	3,1	3,5
Gesamt	**66,5**	**70,5**	**66,1**	**60,2**	**52,3**	**47,9**

Tabelle 9: Erfasste Methanfracht (in t).

	2002	2003	2004	2005	2006	2007
in Betrieb	15.858	15.619	13.749	12.698	11.315	10.278
außer Betrieb	3.843	3.081	3.208	2.967	2.511	2.413
Gesamt	**19.701**	**18.700**	**16.956**	**15.665**	**13.826**	**12.692**

Tabelle 10: Abdeckungen österreichischer Deponien (In Betrieb befindlich).

1	Aufbau: 0,7 m Abdeckschicht, 0,3 m kulturfähiger Boden
3	vorläufige Oberflächenabdeckung: Deponieoberfläche: 30 cm Ausgleichs- und Gasverteilungsschicht, 100–150 cm Methanoxidationsschicht aus Restmüllkompost. Deponieböschung: 150 cm Sandschicht, 20 cm Erosionsschutzschicht (Kompost). Die vorläufige Oberflächenabdeckung wird bis spätestens Ende 2009 fertiggestellt. Dann werden Setzungen beobachtet – 15 Jahre.
4	Böschungen: 30 cm Gasfilter, 50 cm mineralische Abdichtung (Lehm), 50 cm. Humus; Oberfläche: wird nur provisorisch mit 50–100 cm Kompost abgedeckt
6	eine ca. 1 m dicke temporäre Oberflächenabdeckung aus Erde und Kompost der Güteklasse A+
7	nach Deponieverordnung: 2 x 25 cm mineralische Dichtschicht mit Bentonit, 2 x 50 cm bewuchsfähige Rekultivierungsschicht
8	50 cm bindiges Material
10	im Bereich Bauabschnitt(e) 01/02 (von oben nach unten): > 0,5 m bewuchsfähige Abdeckschicht; darunter Drainschicht (Geotextil); darunter Bentonitmatte (im Bereich der luftseitigen Böschung: HDPE-Folie); darunter Gas-drainmatte (Geotextil); darunter Müllausgleichsschicht; im Bereich Bauschnitt 03 (von oben nach unten): prov. Abdeckschicht, mineralisch
14	Müllschüttung – Abdeckmaterial – Ausgleichsschicht – Gasdrainmatte-Bentonitmatte – Drainagematte – Geogitter – Aushubmaterial – begrünbarer Abdeckboden

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

17	30 cm Schotterdrainage, Vlies, 3 x 20 cm mineralische Abdeckung, 50 cm Zwischenboden, 30 cm Humus
18	bis 1998: Lehmabdeckung lt. DeponieV; ab Mitte 1998 mit Substrat ab Erreichen der Koten für den 3. Schüttabschnitt laut DeponieV 08, befindet sich derzeit in Planung
22	> 1 m Schlier-Kompost-Schicht
23	mineralische Bedeckung + Rekultivierungsschicht
25	nach dem Stand der Technik lt. DeponieV
26	2,5 m Lehmschicht, verdichtet Kf < 10^{-10} m/s; Schotterschicht, Vlies, 2,5–3 m dicke bewuchsfähige Schicht
29	nach den Vorgaben der rechtsgültigen DeponieV
34	von unten nach oben: Müll – Ausgleichschicht (0,5–12 cm) – Vlies – Drainkies (30 cm) – Vlies – Oberflächenabdeckung (60–80 cm) – Rekultivierung (30 cm)
37	noch keine Abdeckung; nach Schließung gemäß Deponieverordnung abgedeckt
38	derzeit keine
39	Böschungen: Oberboden 50 cm, mineralische Abdichtung (Bentokies) 150 cm, Vorschüttdamm, Geotextil 800 g/m², Abfall Dachbereich, vorgesehen ist: Oberboden 100 cm, Geotextil 400 g/m², Filterkies, Geotextil 800 g/m², HDPE-Dichtungsbahn (2,5 mm rau), mineralische Dichtung aus Bentokies, Geotextil, Filterkies, Geotextil, Ausgleichsschicht, Abfall
40	Da noch kein Schließungsverfahren für die Stilllegung durchgeführt wurde, jedoch seit 2006 keine Abfälle mehr abgelagert wurden, ist derzeit eine Zwischenabdeckung mit einer Stärke von durchschnittlich 0,8 m Bodenaushubmaterial vorhanden.
41	keine
42	verfestigte Rückstände (Asche-/Schlackenbeton) mit Rekultivierungsschicht (0,5–2,0 m) bzw. bindiger Boden zusätzlich bewuchsfähiges Bodenmaterial

Tabelle 11: Abdeckungen österreichischer Deponien (2007 außer Betrieb befindlich bzw. Kompartiment, in dem Abfall mit hohem organischem Gehalt abgelagert wurde ist außer Betrieb).

16	25 cm Humus, 75 cm Mutterboden; 50 cm Kies Oberflächenentwässerung – Trennvlies; 50 cm mineralische Dichtung 2-lagig – Trennvlies; 50 cm Ausgleichs- und Gasdrainageschicht – Trennvlies
35	Drainagevlies, 1 m Abdeckboden, Begrünung. Bei dieser Abdeckung handelt es sich noch nicht um die Endabdeckung (offene Deponie)
36	10 cm 0/100 Ausgleichsschicht, Oberflächenentwässerung; Bentonit 2x; Gasdrainschicht; Geogitter; 80 cm Oberboden
43	zwischenzeitliche Oberflächenabdeckung aus 50 cm Zwischenabdeckungsmaterial und 50 cm biologisch aktivem Material
47	Zwischenschicht aus bindigem Material, Kiesschichte 30 cm als Gasdrainageschicht, Trennvlies, 2 Lagen Lehmschicht zu je 25 cm, KDPE-Folie einlagig, 30 cm Kies als Oberflächendrainage, Trennvlies, Bewuchsschicht 80 cm Humus; in Summe 2 m dick; Anstatt der Drainageschichten wurden Geokunststoffe wie Drainmatte und Bentonitmatte neu gesetzt.
48	Es wurde eine mineralische Dichtungsschicht mit einer Mächtigkeit von 100 cm hergestellt und auf dieser eine Rekultivierungsschicht aus kulturfähigem Boden mit einer Dicke von 50 cm aufgebracht.
49	ca. 20–50 cm Erdaushub
50	mineralische Abdeckung und Rekultivierung

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

12.2 Rechtliche Vorgaben

12.2.1 Abfallwirtschaftsgesetz 2002 (AWG 2002; BGBl. I Nr. 102)

§ 21 Registrierungs- und Meldepflichten für Abfallsammler und -behandler und gemäß EG-VerbringungsV Verpflichtete

(4) Inhaber einer Deponie haben die im vorangegangenen Kalenderjahr insgesamt abgelagerten Abfallmengen, gegliedert nach Abfallbesitzer und Abfallart, und die Restkapazität in Kubikmeter dem Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft bis spätestens 15. März jeden Jahres zu melden. Weiters haben die Inhaber der Deponie die Messergebnisse des Mess- und Überwachungsverfahrens (§ 47 Abs. 2 Z 2) der im vorangegangenen Kalenderjahr vorgenommenen Messungen bis spätestens 10. April jeden Jahres der für die Überwachung zuständigen Behörde zu melden.

§ 47 Bescheidinhalte

(2) Der Bescheid, mit dem eine Deponie genehmigt wird, hat zusätzlich zu Abs. 1 jedenfalls zu enthalten:

2. Maßnahmen betreffend die Errichtung, Ausstattung und den Betrieb (Betriebsplan einschließlich der Eingangskontrolle, Vorschreibungen für verfestigte Abfälle, Qualitätssicherung), die Begrenzung der Emissionen, die Mess- und Überwachungsverfahren (Mess-, Überwachungs und Notfallplan im Sinne der Richtlinie 1999/31/EG über Abfalldeponien, ABl. Nr. L 182 vom 16.07.1999 S. 1) und die Information der Behörde.

12.2.2 Richtlinie 1999/31/EG des Rates über Abfalldeponien

Artikel 12 „Mess- und Überwachungsverfahren während des Betriebs“

Die Mitgliedstaaten treffen Maßnahmen, um sicherzustellen, dass die Mess- und Überwachungsverfahren in der Betriebsphase mindestens den folgenden Anforderungen entsprechen:

a) Der Betreiber führt während des Betriebs der Deponie ein Mess- und Überwachungsprogramm gemäß Anhang III durch.

Anhang I Allgemeine Anforderungen für alle Deponiekategorien

4. Gasfassung

4.1. Durch geeignete Maßnahmen sind die Ansammlung und die Ausbreitung von Deponiegas zu beschränken (Anhang III).

4.2. Deponiegas von allen Deponien, auf denen biologisch abbaubare Abfälle abgelagert werden, ist zusammeln, zu behandeln und zu nutzen. Wenn das gesammelte Gas nicht für die Energiegewinnung genutzt werden kann, muss es abgefackelt werden.

4.3. Die Sammlung, Behandlung und Nutzung von Deponiegas gemäß Nummer 4.2 erfolgt so, dass Umweltschädigungen oder -beeinträchtigungen und Gefährdungen der menschlichen Gesundheit minimiert werden.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Anhang III Mess- und Überwachungsverfahren während des Betriebs und der Nachsorgephase

3. Emissionsdaten: Überwachung von Wasser und Sickerwasser sowie Gasfassung

Die Gasmessung muss für jeden Abschnitt der Deponie repräsentativ sein.

Die Häufigkeit der Probenahme und Analysen ist in der folgenden Tabelle angegeben. Von Sickerwasser und Wasser wird für die Messung eine Probe so genommen, dass sie repräsentativ für die durchschnittliche Zusammensetzung ist.

	Betriebsphase	Nachsorgephase (3)
2.1. Sickerwasservolumen	Monatlich (1) (3)	Alle 6 Monate
2.2. Zusammensetzung des Sickerwassers (2)	Vierteljährlich (3)	Alle 6 Monate
2.3. Volumen und Zusammensetzung des Oberflächenwassers (7)	Vierteljährlich (3)	Alle 6 Monate
2.4. Potentielle Gasemissionen und atmosphärischer Druck (4) (CH_4, CO_2, O_2, H_2S, H_2 usw.)	Monatlich (3) (5)	Alle 6 Monate (6)

(1) Die Häufigkeit der Probenahme könnte entsprechend der Morphologie der Deponie (Halden, Gruben usw.) angepaßt werden. Dies ist in der Genehmigung festzulegen.
(2) Die zu messenden Parameter und die zu analysierenden Stoffe unterscheiden sich je nach Zusammensetzung der abgelagerten Abfälle; sie müssen in der Genehmigung entsprechend dem Auslaugverhalten der Abfälle festgelegt werden.
(3) Ergibt die Auswertung der Daten, daß längere Zeitabstände ebenso angemessen sind, so können sie angepaßt werden. Bei Sikkerwasser ist die Leitfähigkeit mindestes einmal jährlich zu messen.
(4) Diese Messungen beziehen sich hauptsächlich auf den Anteil organischer Stoffe im Abfall.
(5) CH_4, CO_2 und O_2 regelmäßig; sonstige Gase nach Bedarf entsprechend der Zusammensetzung der abgelagerten Abfälle und unter Berücksichtigung ihrer Auslaugeigenschaften.
(6) Die Wirksamkeit des Gasfassungssystems muß regelmäßig überprüft werden.
(7) Auf der Grundlage der Merkmale der Deponie kann die zuständige Behörde bestimmen, daß diese Messungen nicht erforderlich sind, und erstattet gemäß Artikel 15 hierüber Bericht.

2.1 und 2.2 gelten nur, wenn eine Sickerwassersammlung stattfindet (vgl. Anhang I Nummer 2).

12.2.3 Deponieverordnung 2004 (BGBl II Nr. 2004/49)

Deponiegasbehandlung § 22.

(1) Massenabfalldeponien sind, soferne aufgrund der abzulagernden Abfälle eine Gasbildung zu erwarten ist, mit Einrichtungen auszustatten, die eine ausreichende Erfassung und Ableitung entstehender Deponiegase ermöglichen. Massenabfalldeponien mit der Möglichkeit zur Ablagerung von Abfällen aus mechanisch-biologischer Vorbehandlung (gemäß § 5 Z 7 lit. f) sind jedenfalls mit einer aktiven Entgasung auszustatten. Das Deponiegas ist einer Verwertung oder einer Behandlung zuzuführen.

§ 27 Emissions- und Immissionskontrolle

(6) Bei aktiver Entgasung sind monatliche Messungen der Gaszusammensetzung, insbesondere der Parameter Methan, Kohlendioxid und Sauerstoff durchzuführen.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Dokumentation § 29.

(1) Der Deponiebetreiber hat zum Nachweis eines ordnungsgemäßen Betriebes über folgende Punkte fortlaufende Aufzeichnungen zu führen und diese der für die Aufsicht zuständigen Behörde auf Verlangen sowie nach Abschluss der Deponie unaufgefordert vorzulegen:

11. Daten der Emissions- und Immissionskontrolle (§ 27)

12.2.4 Deponieverordnung 2008 (BGBl. II Nr. 2008/39)

§ 31 (1) Kompartimente sind, sofern aufgrund der abzulagernden Abfälle eine mehr als geringfügige Gasbildung zu erwarten ist, mit Einrichtungen auszustatten, die eine ausreichende Erfassung und Ableitung entstehender Deponiegase ermöglichen. Im Fall einer aktiven Entgasung ist das Deponiegas vorrangig einer Verwertung oder, wenn dies nicht möglich ist, einer Beseitigung zuzuführen.

(2) Massenabfalldeponien mit der Möglichkeit zur Ablagerung von Abfällen aus mechanisch-biologischer Behandlung sind zumindest mit einer passiven Entgasung auszustatten.

(3) Kompartimente, in denen Abfälle mit hohen biologisch abbaubaren Anteilen, insbesondere Siedlungsabfälle oder vergleichbare Abfälle aus Altlasten, abgelagert worden sind, sind in Abhängigkeit vom Alter der Ablagerung und der noch zu erwartenden Gasbildung mit einer aktiven Entgasung auszustatten.

§ 38 Emissions- und Immissionskontrolle

(7) Werden Deponiegase erfasst, sind Messungen gemäß Anhang 3 Kapitel 6.4. durchzuführen. Die Gasmessungen müssen repräsentativ sein. Dabei sind die Parameter Methan, Kohlendioxid und Sauerstoff jedenfalls zu messen, weitere Inhaltsstoffe nach Bedarf in Abhängigkeit der Art der abgelagerten Abfälle. Die Häufigkeit und die Zeitpunkte der Untersuchungen und die zu analysierenden Parameter sind unter Anwendung des Anhangs 3 Kapitel 6.4. bei der Genehmigung festzulegen. Sämtliche Untersuchungsergebnisse sind fortlaufend aufzuzeichnen und übersichtlich darzustellen. Die für die Deponiegasüberwachung als zweckmäßig ausgewählten Parameter sind jedenfalls auch graphisch in der langfristigen Entwicklung darzustellen. Kann eine Explosionsgefahr nicht ausgeschlossen werden, sind Explosionsschutzwarnsysteme kontinuierlich zu betreiben, deren Funktion gemäß Anhang 3 Kapitel 6.4. regelmäßig zu überprüfen ist.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

Anhang 3 Kapitel 6.4. Kontrolle der Emissionen und der Immissionen und Kontrolle des Deponiekörpers

a) Maßnahmen während der Betriebsphase.

Maßnahmen	Häufigkeit
Potenzielle Gasemissionen und atmosphärischer Druck[6)]	monatlich[1)]

[1)] *Ergibt die Auswertung der Daten, dass längere Zeitabstände ebenso angemessen sind, so können sie angepasst werden. Bei Deponiesickerwasser ist die Leitfähigkeit mindestens einmal jährlich zu messen.*

[6)] *CH_4, CO_2 und O_2 regelmäßig, sonstige Gase entsprechend der Genehmigung.*

§ 41 Aufzeichnungs- und Meldepflichten

(2) Der Deponieinhaber hat zusätzlich zu Abs. 1 Folgendes aufzuzeichnen:

9. Daten des Mess- und Überwachungsprogramms gemäß § 37.

(3) Der Deponieinhaber hat die Aufzeichnungen gemäß Abs. 1 und 2 bis zum Ende der Stilllegungsphase aufzubewahren; Aufzeichnungen über das Mess- und Überwachungsprogramm gemäß § 37 sind bis zum Ende der Nachsorgephase aufzubewahren. Den Behörden ist auf Verlangen Einsicht in die Aufzeichnungen zu gewähren und die Aufzeichnungen sind auf Verlangen vorzulegen. … Bei Stilllegung oder Schließung der Deponie sind die Aufzeichnungen unaufgefordert der Behörde zu übermitteln;

Oberflächenabdeckung: Deponieverordnung 2004

§ 20. Deponieoberflächenabdeckung

Nach Verfüllung einer Deponie oder einzelner Deponieabschnitte ist eine Deponieoberflächenabdeckung herzustellen, die, ausgenommen bei einer Bodenaushubdeponie, über eine Oberflächendichtung und Oberflächenentwässerung verfügen muss. Für Art, Aufbau und Zeitpunkt der Herstellung einer Deponieoberflächenabdeckung/einschließlich allfälliger Dichtung, Entwässerung und Entgasung ist die Anlage 3 anzuwenden.

Anlage 3: Anforderungen an die Standsicherheit, an Deponiebasisdichtungs- und Basisentwässerungssysteme, an Deponieoberflächenabdeckungen und an die Qualitätssicherung

IV. Deponieoberflächenabdeckungen

3. Oberflächendichtung

a) Art, Aufbau und Zeitpunkt der Herstellung der Oberflächendichtung sind insbesondere in Abhängigkeit von Deponietyp und -form sowie der abgelagerten Abfälle und der meteorologischen Verhältnisse im Einzelfall festzulegen. Abweichungen zum Regelaufbau gemäß lit. b und c oder die Ausführung alternativer Dichtungssysteme, insbesondere im Bereich von Böschungen, sind zulässig.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

b) Als Stand der Technik für die Oberflächendichtung von Baurestmassendeponien ist eine mindestens zweilagige, mineralische Dichtungsschicht mit einer Gesamtdicke von mindestens 40 cm in verdichtetem Zustand anzusehen.

c) Als Stand der Technik für die Oberflächendichtung von Reststoff- und Massenabfalldeponien ist eine Kombinationsdichtung, bestehend aus einer mindestens zweilagigen, mineralischen Dichtungsschicht mit einer Dicke von mindestens 20 cm und maximal 27 cm pro Lage in verdichtetem Zustand, mit einer Gesamtdicke von mindestens 50 cm und einer direkt aufliegenden Kunststoffdichtungsbahn mit einer Mindestdicke von 2,5 mm anzusehen. Im Bereich von steilen Deponieböschungen kann aus Gründen der Gleitsicherheit auf den Einbau der Kunststoffdichtungsbahn verzichtet werden.

d) Der Durchlässigkeitsbeiwert (k-Wert) der mineralischen Dichtungsschichten für Oberflächendichtungen darf bei einem hydraulischen Gradienten von i = 30 (Laborwert) 10–9 m/s nicht überschreiten. Darüber hinaus sind die Anforderungen an mineralische Dichtungsschichten für Deponiebasisdichtungen (Punkt II.2) analog zu erfüllen.

e) Unter Berücksichtigung der zu erwartenden Setzungen ist ein Gefälle > 4 % zu gewährleisten.

Oberflächenabdeckung: Deponieverordnung 2008

§ 29. Deponieoberflächenabdeckung und Zwischenabdeckungen

(1) Nach Ende der Ablagerungsphase ist bei allen Deponien eine Deponieoberflächenabdeckung herzustellen, welche Rekultivierbarkeit und Erosionsschutz gewährleisten muss. Bei Inertabfall-, Baurestmassen-, Reststoff- und Massenabfalldeponien muss die Deponieoberflächenabdeckung zur Minimierung des Niederschlagseintrages über eine Oberflächendichtung und eine Oberflächenentwässerung oder eine Wasserhaushaltsschicht gemäß Anhang 3 Kapitel 4.3. lit. f verfügen. Für die Herstellung der Deponieoberflächenabdeckung ist Anhang 3 Kapitel 4 anzuwenden.

(2) Bei Kompartimenten, in denen Abfälle mit hohen biologisch abbaubaren Anteilen abgelagert wurden, insbesondere Siedlungsabfälle, ist zur Steuerung des Wasserhaushaltes und zur Steigerung des Deponiegaserfassungsgrades unter Beachtung von Anhang 3 Kapitel 6.1. eine temporäre Oberflächenabdeckung auf maximal 20 Jahre zu errichten. Weiters ist der Behörde spätestens zwölf Monate nach Ende der Ablagerungsphase ein Konzept über Maßnahmen zur Intensivierung der biologischen Abbauprozesse vorzulegen. Die Behörde hat anhand des vorhandenen Gasbildungspotenzials, allfällig darüber eingebauter anderer Abfälle und der technisch möglichen und dem Stand der Technik entsprechenden Maßnahmen zu entscheiden, ob und für welche Maßnahmen sie dem Deponieinhaber die Vorlage eines entsprechenden Projektes für das gesamte Kompartiment oder Teile des Kompartiments in angemessener Frist vorschreibt. Das Projekt ist gemäß § 37 Abs. 4 Z 7 AWG 2002 anzuzeigen und die diesbezüglichen Maßnahmen sind projektgemäß, gegebenenfalls unter Berücksichtigung eines Auftrags gemäß § 51 Abs. 2 AWG 2002, auszuführen. Eine endgültige Oberflächenabdeckung ist erst nach Abschluss der allfälligen Maßnahmen zur Intensivierung der biologischen Abbauprozesse herzustellen.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

(3) Art, Aufbau und Zeitpunkt der Herstellung einer Deponieoberflächenabdeckung oder von Teilen sind im Einzelfall insbesondere in Abhängigkeit folgender Punkte festzulegen:

1. Deponie(unter)klasse;
2. Art der abgelagerten Abfälle;
3. meteorologische Verhältnisse;
4. Oberflächengefälle;
5. allfällige Setzungen.

Anhang 3 Kapitel 4 ist anzuwenden.

(4) Die Materialien für Zwischenabdeckschichten haben die Anforderungen der jeweiligen Deponie(unter)klasse zu erfüllen. Die Verwendung von Kompost zur Herstellung von Zwischenabdeckschichten, auch zur Minimierung von Geruchsbelästigungen oder Methanemissionen, ist nicht zulässig.

(5) Für die Befahrbarkeit einer Bodenaushubdeponie dürfen aufbereitete Baurestmassen der Qualitätsklasse A oder A+ gemäß Bundes-Abfallwirtschaftsplan im unbedingt erforderlichen Ausmaß verwendet werden.

Anhang 3

4. DEPONIEOBERFLÄCHENABDECKUNGEN

4.3. Oberflächendichtung

a) Art, Aufbau und Zeitpunkt der Herstellung der Oberflächendichtung sind im Einzelfall unter Berücksichtigung der lit. b bis f festzulegen.

b) Der Niederschlagseintrag in den Deponiekörper ist so zu minimieren, dass die jährliche Deponiesickerwasserneubildungsrate weniger als 5 % des Jahresniederschlages beträgt (ausgenommen Deponien mit vertikaler Umschließung). Dieser Wert ist jährlich zu bestimmen und spätestens fünf Jahre nach erfolgter Aufbringung der Oberflächendichtung einzuhalten. Andernfalls ist die Oberflächendichtung durch geeignete Maßnahmen zu ertüchtigen. Als Bemessungsgrundlage ist der mittlere Jahresniederschlag der vergangenen fünf Jahre heranzuziehen. Die Einhaltung des Grenzwertes ist über den gesamten weiteren Nachsorgezeitraum jährlich nachzuweisen.

c) Als Regelaufbau für die Oberflächendichtung sind für Inertabfall- und Baurestmassendeponien mehrlagige mineralische Dichtungsschichten mit einer Gesamtstärke von zumindest 40 cm und für Reststoff- und Massenabfalldeponien mehrlagige mineralische Dichtungsschichten mit einer Gesamtstärke von zumindest 60 cm in Kombination mit Kunststoffdichtungsbahnen anzusehen. Die Ausführung alternativer, gleichwertiger Dichtungssysteme, insbesondere im Bereich von Böschungen, ist zulässig. Der Einsatz von geosynthetischen Tondichtungsbahnen ist zulässig, sofern die Anforderungen der ÖNORM S 2081-1 „Deponien – Geosynthetische Tondichtungsbahnen – Teil 1: Anforderungen und Prüfungen“, ausgegeben am 1. Juni 2006, und der ÖNORM S 2081-2 „Deponien – Geosynthetische Tondichtungsbahnen – Teil 2: Verlegung“, ausgegeben am 1. September 2004, eingehalten werden.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

d) Der Durchlässigkeitsbeiwert (k-Wert) der mineralischen Dichtungsschichten für Oberflächendichtungen gemäß lit. c darf bei einem hydraulischen Gradienten von i = 30 (Laborwert) 10^{-9} m/s nicht überschreiten. Abweichend davon gilt für Inertabfalldeponien ein k-Wert von 5 x 10^{-8} m/s. Darüber hinaus sind bei allen Deponien, ausgenommen Bodenaushubdeponien, die Anforderungen an mineralische Dichtungsschichten für Deponiebasisdichtungen (Kapitel 2.1. lit. b bis h) einzuhalten.

e) Unter Berücksichtigung der zu erwartenden Setzungen ist ein angemessenes Gefälle zu gewährleisten.

f) Kann die gemäß lit. b geforderte Dichtwirkung am Standort auch durch eine Rekultivierungsschicht mit der Funktion einer Wasserhaushaltsschicht (Evapotranspirationsschicht) erreicht werden, so ist diese Art der Oberflächenabdeckung bei Inertabfalldeponien und Deponien für nicht gefährliche Abfälle unter folgenden Bedingungen zulässig: Es ist ein Projekt vorzulegen, in dem die geforderte Sickerwasserminimierung durch Vorversuche und Modellrechnungen (insbesondere mittels langjähriger Niederschlagssimulation und Berechnung der entsprechenden Saugspannungs- und Feldkapazitätswerte) nachgewiesen wird. Die Funktionsweise der Wasserhaushaltsschicht ist in situ durch Einbau und Betrieb von Lysimetern oder Druckpotenzial- und Wassergehaltssensoren an repräsentativen Stellen zu überwachen. Die Anforderungen gemäß Kapitel 4.5., ausgenommen der zweite Satz, sind einzuhalten. Die Ausführung eines Oberflächenentwässerungssystems gemäß Kapitel 4.4. entfällt.

6. BETRIEB

6.1. Besondere Bestimmungen für Deponien mit biologisch abbaubaren Abfällen

Kompartimente, in denen Abfälle mit hohen biologisch abbaubaren Anteilen abgelagert wurden, die eine Entgasung erforderlich machen, z. B. gemischte Siedlungsabfälle, sind wie folgt zu betreiben:

Sofern auf diesem Kompartiment weiterhin Abfälle abgelagert werden, darf es zu keiner Beeinträchtigung der Gasfassung kommen. Die Infiltration von Wasser zur Aufrechterhaltung der biologischen Abbauprozesse in den Abfällen mit hohen biologisch abbaubaren Anteilen muss weiterhin möglich sein.

Bewässerungsmaßnahmen

Für Maßnahmen zur Intensivierung der biologischen Abbauprozesse (vgl. § 29 Abs. 2 und § 47 Abs. 2 Z 5) gilt Folgendes:

Zur Ermöglichung einer zeitlich überschaubaren Nachsorgephase sind biologische Abbauprozesse im Deponiekörper gezielt zu intensivieren. Bei für biologische Abbauprozesse zu geringen Wassergehalten sind Bewässerungsmaßnahmen zu setzen. Voraussetzungen dafür sind:

– Die Deponie verfügt über ein einwandfrei funktionierendes Basisdichtungs- und Sickerwassersammelsystem (oder eine vertikale Umschließung mit Wasserhaltung).
– Es ist keine Beeinträchtigung der Standfestigkeit des Deponiekörpers zu besorgen.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

- Die Überwachung gemäß den §§ 38 und 39 ist entsprechend den Erfordernissen des Einzelfalls so festgelegt, dass die Auswirkungen der Bewässerungsmaßnahmen ausreichend kontrolliert werden können, insbesondere betreffend Deponiesickerwasserzusammensetzung, Wasserbilanz, Deponiegasbildung und Standsicherheit des Deponiekörpers.
- Das Ausmaß der Bewässerungsmaßnahmen ist jeweils an die Gasentwicklung anzupassen. Für die Verwendung von Deponiesickerwasser zur Förderung biologischer Abbauprozesse sind zusätzlich folgende Bedingungen einzuhalten (Konzentrate aus der Deponiesickerwasserbehandlung sind nicht als Deponiesickerwasser anzusehen und dürfen nicht zu Bewässerungszwecken eingesetzt werden):
- Das Deponiesickerwasser weist, erforderlichenfalls nach einer Vorbehandlung (z. B. Absetzen, Belüften) eine Qualität auf, die nicht zu Verkrustungen und Stoffausfällungen in Sickerwasserleitungen oder im Flächenfilter führt.
- Sonstige negative Wechselwirkungen zwischen dem eingesetzten Deponiesickerwasser und den abgelagerten Abfällen können ausgeschlossen werden (z. B. aufgrund hoher Sulfatgehalte des Deponiesickerwassers).

Temporäre Oberflächenabdeckung

Zur besseren Steuerung des Wasserhaushaltes und zur Steigerung des Deponiegaserfassungsgrades ist in der Stilllegungsphase eine temporäre Oberflächenabdeckung aufzubringen. Für eine temporäre Oberflächenabdeckung sind folgende Punkte einzuhalten:

a) Die Funktionsweise der temporären Oberflächenabdeckung hinsichtlich des Wasser- und Deponiegashaushaltes ist mittels entsprechender Gutachten darzulegen, erforderlichenfalls durch Lysimeterversuche.

b) Die Qualität des Materials der temporären Oberflächenabdeckung muss jedenfalls so beschaffen sein, dass es unter Berücksichtigung der oberflächlichen Lage zu keinen Umweltbeeinträchtigungen kommt. Für die Herstellung der temporären Oberflächenabdeckung darf Kompost, der aus Restmüll hergestellt wurde, nicht verwendet werden.

c) Eine temporäre Oberflächenabdeckung muss in Verbindung mit sonstigen Entgasungsmaßnahmen geeignet sein, gasförmige Emissionen aus dem Deponiekörper auf maximal 5 kg CH_4/(m².a) zu begrenzen. Dieser Wert ist als Mittelwert über alle Messpunkte des Methanmassenstroms einzuhalten, wobei Einzelwerte nicht mehr als 10 kg CH_4/(m².a) betragen dürfen (hot spots, Linienquellen etc.). Die Ausführung einer Gasverteilungsschicht ist zwingend.

d) Die Ermittlung der Daten gemäß den §§ 38 und 39 ist während des Bestandes der temporären Oberflächenabdeckung an die Erfordernisse des Einzelfalls anzupassen, so dass insbesondere aussagekräftige Daten zur Beschreibung des Wasserhaushaltes des betreffenden Deponieabschnittes erhalten werden.

e) Gleichzeitig ist die Ausführung der endgültigen, den Anforderungen des Kapitels 4. entsprechenden Oberflächenabdeckung einschließlich -abdichtung projektmäßig darzulegen.

f) Die vorgesehene Entfernung oder allfällige weitere Verwendung der temporären Oberflächenabdeckung ist zu beschreiben.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

g) Die Funktionen der temporären Oberflächenabdeckung müssen auch im Falle von Setzungen des Deponiekörpers erhalten bleiben (erforderliche Reparaturen sind unverzüglich vorzunehmen).

h) Die Einhaltung des Grenzwertes gemäß lit. c ist spätestens im zweiten Jahr nach Aufbringung der temporären Oberflächenabdeckung und in weiterer Folge jährlich bis zum Aufbringen der endgültigen Oberflächenabdichtung nachzuweisen; als geeignete Messmethode für diesen Nachweis ist insbesondere folgende Vorgehensweise anzusehen: Durchführung von vierteljährlichen FID-Rasterbegehungen und gleichzeitig Messungen des Methanmassenstroms mit validierten Methoden. Durch die Rasterbegehungen sollen Bereiche mit höheren Emissionen erkannt werden (z. B. bei Rand- oder Übergangsbereichen, in der Umgebung von Gasbrunnen). Diese Bereiche sind bei der Auswahl der Messpunkte mit einzubeziehen. Bei zusammenhängenden Deponieoberflächen bis 10.000 m² ist im Mittel pro 500 m² ein Messpunkt vorzusehen, wobei eine Mindestanzahl von zehn Messpunkten nicht unterschritten werden sollte. Bei zusammenhängenden Deponieoberflächen von mehr als 10.000 m² ist im Mittel pro 1.000 m² ein Messpunkt vorzusehen, wobei eine Mindestanzahl von 20 Messpunkten nicht unterschritten werden sollte.

Bei Flächen, von denen nur geringfügige Gasemissionen zu erwarten sind, kann die Behörde die Anzahl der Messpunkte verringern. Können während zumindest dreier aufeinander folgender Jahre gleichmäßige Verhältnisse nachgewiesen werden, kann die Häufigkeit der Überprüfungen auf halbjährliche Intervalle erstreckt werden oder die Anzahl der Messpunkte reduziert werden.

Im Rahmen des Verfahrens gemäß § 37 AWG 2002 müssen lit. a bis f vom Deponieinhaber als Projekt dargelegt werden.

Aerobe In-situ-Stabilisierung

Für Maßnahmen zur Intensivierung der biologischen Abbauprozesse (vgl. § 29 Abs. 2 und § 47 Abs. 2 Z 5) gilt Folgendes:

Geht die Deponiegasproduktion so weit zurück, dass eine Verwertung oder Beseitigung, z. B. über eine Gasfackel, nicht mehr möglich ist, sind zur beschleunigten Reduzierung der Restemissionen gezielte Maßnahmen zur aeroben In-situ-Stabilisierung zu setzen.

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

© Umweltbundesamt, Wien; download unter www.umweltbundesamt.at und www.biologiezentrum.at

umweltbundesamt

Umweltbundesamt GmbH
Spittelauer Lände 5
1090 Wien/Österreich

Tel.: +43-(0)1-313 04
Fax: +43-(0)1-313 04/5400

office@umweltbundesamt.at
www.umweltbundesamt.at

Durch biochemische Abbauprozesse von organischen Abfällen entsteht Deponiegas, das vor allem aus Methan und Kohlendioxid besteht. Die Sammlung und Behandlung von Deponiegas ist eine wirksame Maßnahme, um Emissionen des Treibhausgases Methan zu vermindern.

In dieser Studie wurden Deponiegasmengen österreichischer Deponien der Jahre 2002 bis 2007 erfasst und Arten der Behandlung beschrieben. Es zeigte sich, dass in diesem Zeitraum die erfassten Deponiegasmengen rückläufig sind. Die Hauptursache dafür ist die geänderte Zusammensetzung abgelagerter Abfälle, deren organischer Kohlenstoffgehalt kontinuierlich abnahm.

Von den erfassten Gasmengen wurde mehr als die Hälfte ausschließlich zur Gewinnung von Strom verwendet, ein Viertel bei der Verstromung auch thermisch verwertet, 4 % wurden rein thermisch genutzt und der Rest ohne energetische Nutzung abgefackelt.

ISBN 3-85457-898-9

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Publikationen des Umweltbundesamtes, Wien

Jahr/Year: 2008

Band/Volume: REP_100

Autor(en)/Author(s): Schachermayer Elisabeth, Lampert Christoph

Artikel/Article: Erfasste Deponiegasmengen auf Österreichischen Deponien - Zeitreihe für die Jahre 2002 bis 2007. 1-66