



# Deponiegasemissionen in Deutschland

Professor Dr.-Ing. Gerhard Rettenberger

*Fachhochschule Trier,  
Institut für Abfalltechnik und Ressourcensicherung  
Ingenieurgruppe RUK GmbH*

Deponiebelüftung als Klimaschutzmaßnahme  
Workshop zum DBU-Vorhaben „ORKESTRA2“

bei der DUH am 26.11. 2013 in Berlin

# 1. Vorbemerkung

## Zahlreiche neue Entwicklungen auf dem Gebiet des Deponiegases:

- **Dynamik** der Gasentwicklung, insbesondere bei älter werdenden Deponien
- Notwendigkeit zur **Anpassung** der Gastechnik an die zurückgehende Gasentwicklung
- Verbesserung der **Gaserfassung** bei älter werdenden Deponien
- Bedeutung der Deponien für den konkreten Beitrag zum Treibhausgaseffekt insbesondere im Zusammenhang mit der „**hot spot**“ **Thematik**
- Systematisierung der **Gasmesstechnik** im VDI Regelwerk

# 1. Vorbemerkung

## Fortsetzung

- Bewertung der **Emissionsmessverfahren**
- **konsequente Betrachtung** der Nachsorge der Deponien einschließlich der Nachnutzung und des Deponierückbaus
- **Stabilisierung** der Deponie durch verschiedene Techniken einschließlich der Sickerwasserrückführung
- Langfristige **Sicherung** im Sinne der Altlastensanierung

## 2. Beitrag zu den THG-Emissionen

- Der Beitrag der Siedlungsabfalldeponien zu den Treibhausgasemissionen wurde bereits mehrfach abgeschätzt. In der aktiven Phase ca. 40 % des Beitrages des Fahrzeugverkehrs
- Abschätzung nach folgender Gleichung leicht möglich:

$$C = 3.75 \cdot AT_4 - 7.5 \quad (1)$$

mit

C = abbaubarer organischer Kohlenstoff in kg/Mg

AT<sub>4</sub> = Atmungsaktivität in kg/Mg (Langzeit- AT<sub>4</sub> )

- Bei einem AT<sub>4</sub> Wert von 55 kg/Mg errechnen sich pro Mg Siedlungsabfall von **198.75** kg/Mg.
-

## 2. Beitrag zu den THG-Emissionen

- Im Labor wurden Gasbildungsraten von 198.75 mal 1.868 (Umrechnungsfaktor von Masse in Volumen) **also 371 m<sup>3</sup>/Mg** gemessen.
- Rechnet man diesen Wert um auf ein CO<sub>2</sub> Äquivalent als Beitrag zum Treibhausgaseffekt (60 % CH<sub>4</sub> im Deponiegas, Dichte von Methan: 0,7175 kg/m<sup>3</sup>, Umrechnungsfaktor auf CO<sub>2</sub> Äquivalente 21), so ergibt sich ein Wert **von 3.356 Mg/Mg**.
- Damit wäre der Beitrag deponierter Abfälle beträchtlich, eine Deponie mit 10<sup>6</sup> Mg deponierter Abfälle würde über ihren gesamten Lebenszyklus **3.3 Mio Mg CO<sub>2</sub> Äquivalente** ausstoßen. Bei 30 Mio. Mg pro Jahr zur Deponie **100 Mio Mg** pro Jahr!

## 2. Beitrag zu den THG-Emissionen

- Somit ist der **Beitrag der Abfallwirtschaft** zur Verminderung des CO<sub>2</sub> Ausstoßes, da er weitestgehend auf die Aufgabe der Deponiewirtschaft zurückzuführen ist, relativ groß.
- Die **Frage** ist allerdings, ob die oben errechnete Gasbildungsrate als Emission an realen Deponien **so auftritt**.
- Dies hängt schlicht davon ab:
  - wie groß die tatsächliche Umsetzung der Abfälle unter **aeroben** Bedingungen ist,
  - wie **hoch** der Erfassungsgrad ist und
  - welche Effektivität einer mikrobiellen **Methanoxidation** zuzumessen ist.

## 2. Beitrag zu den THG-Emissionen

- Allerdings hat sich in der Praxis Folgendes gezeigt:
  - Bei alten (ca. 20 Jahre) Deponien (Erfahrungen beim Rückbau von Deponien) ist der abbaubare Kohlenstoff, gemessen am  $AT_4$  **weitestgehend** abgebaut
  - **Optimierungen** des Entgasungssystems bei älteren Deponien haben teilweise zu einer erheblichen **Erhöhung der Gasausbeute** geführt.

### 3. Erfassungsraten an deutschen Deponien

- In Klimaschutzbetrachtungen und bei der Emissionsberichterstattung wurden bislang Deponiegaserfassungsraten von **etwa 50 %** angesetzt.
- Aufgrund der Vorgaben der Klimaberichterstattung wurden 2010 erstmalig auch **stillgelegte** Deponien erfasst. 2012 hat das **Statistische Bundesamt** erstmalig die erfassten Deponiegasmengen für den gesamten Deponiebestand veröffentlicht.
- Danach liegen die durchschnittlichen Erfassungsraten deutlich niedriger als bislang angenommen, nämlich **bei etwa 20 %**.
- Es musste eine Korrektur um über 3 Mio. Mg/Jahr CO<sub>2</sub>-Äquivalente erfolgen.



### 3. Erfassungsraten an deutschen Deponien

- Die Ursache hierfür kann **derzeit nicht eindeutig** benannt werden.
- Die Ingenieurgruppe RUK GmbH erarbeitet hierzu im Auftrag des Umweltbundesamtes **derzeit eine Studie**, in der mögliche Ursachen für diese geringen Erfassungsraten aufgezeigt werden sollen.
- Da die Abfallmassen zur Deponie ohne Vorbehandlung drastisch abgenommen haben, kommt es zu einer erheblichen Verminderung der Treibhausgasemissionen von Deponien (**Rückgang ca. 60 - 80 %**), wobei ein geringer Erfassungsgrad nur wenig ändert.
- Die Erfassungsgrade dürften deutlich über 20 % liegen. Werte um 50 % bis zu wesentlich höheren Werten insbesondere bei Deponien mit **kleiner Gasbildungsrate bei hoher Methanoxidation**, können als realistisch unterstellt werden.

## 4. Gasprognose

In Deutschland ist üblich, die Gasbildung in Deponien nach folgender Gleichung zu berechnen (Gasprognose):

- $G_{t1} = (1.868 \cdot C \cdot f_1 \cdot (0,014 \cdot T + 0,28) \cdot (1 - 10^{-kt})) \cdot f_2 \cdot M_1$
- $G_{t1}$ : Gasentwicklung bis zum Jahr t des Abfalls aus dem Jahr 1 in m<sup>3</sup>
- $f_1$ : Korrekturfaktor für den Kohlenstoffverlust
- $f_2$ : Korrekturfaktor für eine verminderte Gasausbeute, ca. 40 – 60 %
- $M_1$ : Abfall des Jahres 1 in Mg
- C: abbaubarer Kohlenstoff einer Tonne Abfall in kg

$$BE_{CH_4, SWDS, y} = \varphi \cdot (1 - f) \cdot GWP_{CH_4} \cdot (1 - OX) \cdot \frac{16}{12} \cdot F \cdot DOC_f \cdot MCF \cdot \sum_{x=1}^y \sum_j W_{j,x} \cdot DOC_j \cdot e^{-kj(y-x)} \cdot (1 - e^{-kj})$$

## 4. Gasprognose - UNFCCC Modell

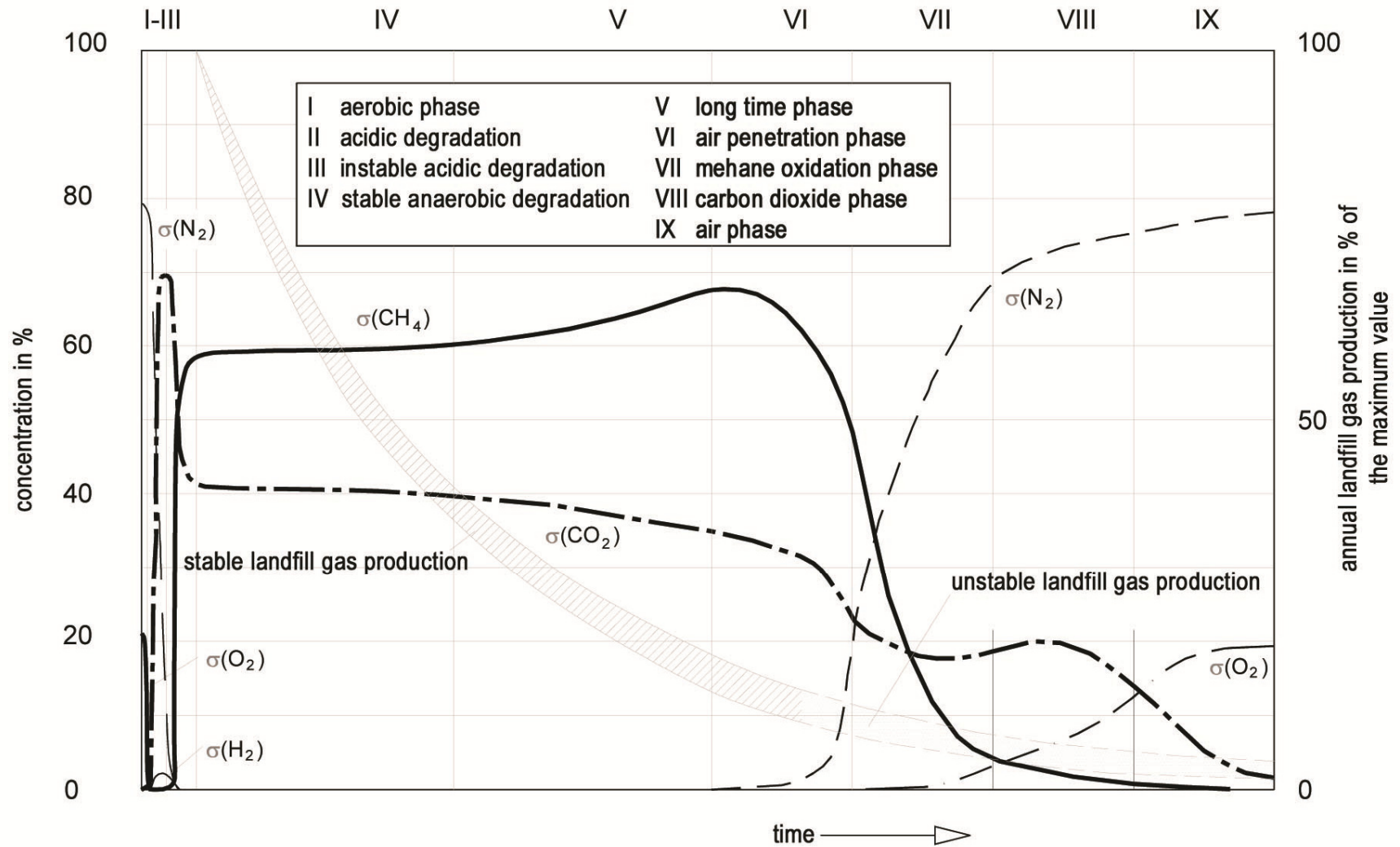
- mit:
- $\varphi$  = Modell Korrekturfaktor für Modellunsicherheiten (0.9)
- $f$  = Anteil des erfassten und entsorgten Deponiegases
- $GWP_{CH_4}$  = Global warming potential (GWP) für Methan 21
- $OX$  = Oxidationsfaktor, um den Methananteil zu berücksichtigen, der im Boden oder in der Abdeckschicht oxidiert wurde
- $F$  = Methankonzentration (Volumenanteil:0,5)
- $DOC_f$  = Anteil des abbaubaren organischen Kohlenstoffs (DOC)
- $MCF$  = Methankorrekturfaktor, der die Art des Deponiebetriebes reflektieren soll
- $W_{j,x}$  = Menge des organischen Abfalls des Typs  $j$ , der nicht mehr zur Deponie kommt im Jahr  $x$
- $DOC_j$  = Fraction of degradable organic carbon (by weight) in the waste type  $j$
- $k_j$  = Abbaukonstante des **Abfalls vom Typ  $j$**
- $j$  = Abfallart (Index)
- $x$  = Jahr der Deponie seit Beginn der Befüllung
- $y$  = Jahr für das die Emissionen berechnet werden sollen

$$BE_{CH_4, SWDS, y} = \varphi * (1 - f) * GWP_{CH_4} * (1 - OX) * \frac{16}{12} * F * DOC_f * MCF * \sum_{x=1}^y \sum_j W_{j,x} * DOC_j * e^{-k_j(y-x)} * (1 - e^{-k_j})$$

## 4. Gasprognose- Anpassung der Modelle

- **Unterschiede** durch unterschiedliche Werte für die Faktoren
- das UNFCCC Modell berechnet **vermiedene Emissionen** aus der Differenz der gebildeten und der erfassten Gasmenge zur Ermittlung der Treibhausgaszertifikate
- beide Modellansätze enthalten **nicht Rückgang der Temperaturen**
- In letzter Zeit wurde aber gerade bei älteren Deponien ein deutlicher Rückgang beobachtet. Die Halbwertszeiten tendieren in Richtung **6 bis 12 Jahre und länger**
- Dadurch wird deutlich, dass mit einer **langen** Deponiegasentwicklung zu rechnen ist

# 5. Entwicklung der Gasbildung/Emissionen



## 5. Entwicklung der Gasbildung/Emissionen

- Halbwertszeiten tendieren bei älteren Deponien im Durchschnitt etwa gegen **6 bis 8 Jahre**.
- In Deutschland kann davon ausgegangen werden, dass nach 2005 **keine nennenswerten Massen** an abbaubaren Abfällen noch deponiert wurden.
- Somit dürfte die Gasbildung seit 2005 mit ca. 1.5 bis 2 Halbwertszeiten um ca. **60 bis 80%** abgenommen haben.
- Bei dem immens hohen Ausgangswert von 100 Mio Mg sind das aber immer noch hohe Emissionen, selbst unter der Berücksichtigung eines hohen Erfassungsgrades.

## 5. Entwicklung der Gasbildung/Emissionen

- Nach Butz geht man zwischen 2005 und 2013 von einem Rückgang um ca. 50 % aus, somit etwa von 0,5 Mio. Mg/a auf 0,25 Mio. Mg/a CH<sub>4</sub>.
- Dies entspricht also ca. 10.5 Mio. CO<sub>2</sub>-Äquivalente bis 5.25 Mio. CO<sub>2</sub>-Äquivalente.
- Tatsächlich setzte der Rückgang bereits ab ca. 1993 ein. Grund ist die Abnahme der Abfallmassen zur Deponie.
- Der Maximalwert lag bei ca. 1.750 Mio. Mg pro Jahr.
- Pro Einwohner und Jahr emittieren wir derzeit ca. 66 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente.

## 6. Verbesserung der Gaserfassung

- **Verschiedene Projekte an Deponien** bei denen bestehende Gaskollektoren erneuert, modifiziert (z.B. Tiefenentgasung), ergänzt (z.B. Horizontalkollektoren mittels Bohrungen eingebaut) oder verdichtet wurden, haben teilweise **zu beträchtlichen Erhöhungen (bis zu 50 %) der Gasausbeute** geführt
- Konsequenz: Befunde aus Gasprognose, FID-Begehungen und Zustandbeschreibung des Entgasungssystems auszuwerten, ob die **Gasausbeute zufrieden** stellend ist
- Wegen der „**hot spot**“ **Problematik**, (Gasemissionen nur an wenigen Stellen) muss dies sehr detailliert erfolgen



## 7. Regelwerke zur Deponiegastechnik

- VDI erstellt im Bereich der Deponiegastechnik „Technische Regelwerke“, aktuell neu VDI Richtlinie 3790 Blatt 2 „Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen – Deponien“. Hierin werden insbesondere auch Ausführungen zu den Emissionsmessverfahren enthalten sein.
- Eine weitere VDI Richtlinie, nämlich VDI 3860 Blatt 1 bis 5 befasst sich mit der Bodenluftmessung einschließlich Deponiekörpermessungen, mit dem Messen im Gaserfassungssystem und mit den FID Messungen.
- Es empfiehlt sich, diese VDI Arbeitsblätter zur Durchführung der Messungen bzw. bei deren Ausschreibung und zur Qualitätssicherung zu Grunde zu legen.

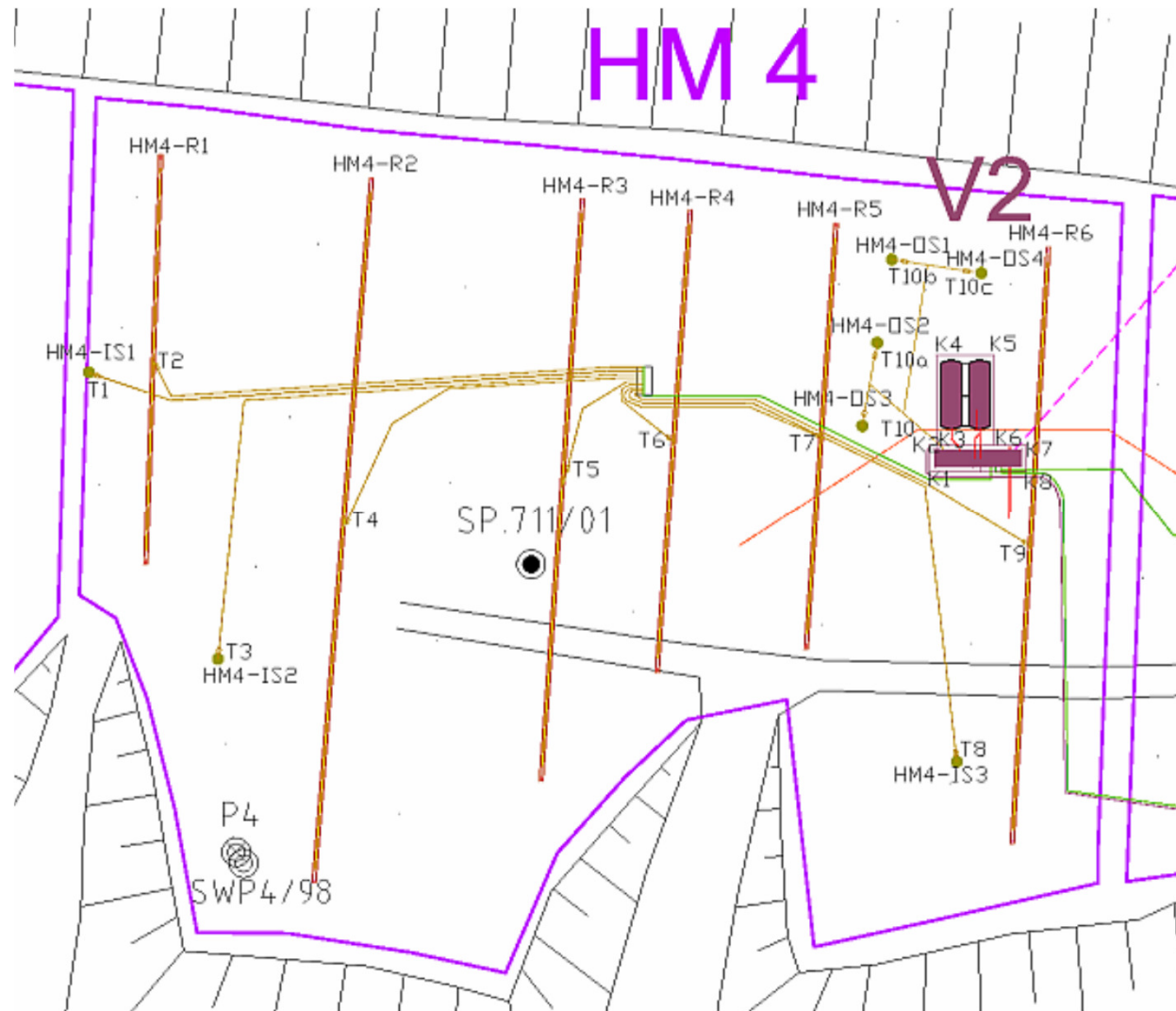
## 8. Emissionsmessverfahren

- Die **FID Methode** ist (in der TA Siedlungsabfall Standardmethode) verbreitet und wird flächendeckend angewandt und in VDI Richtlinie abgehandelt.
- FID Methode wird dazu eingesetzt, **Emissionsstellen** zu finden bzw. **Emissionsfreiheit** zu bestätigen und als **Nachweis** zur Funktion der Entgasungseinrichtung
- Nun wird in letzter Zeit auch danach gefragt, mit welcher Methode die Emission von einer Deponie als **flächenspezifischer Volumenstrom** gemessen werden kann.
- **Welches Messverfahren eignet** sich dazu?

## 9. Stabilisierung der Deponie durch Belüftung und Sickerwasserinfiltration

- Während die Wasserinfiltration auch zur Verminderung der auslaugfähigen Stoffe, u.a. CSB beitragen kann, vermindert die Deponiebelüftung den abbaubaren Kohlenstoff und führt somit zu einer **Stabilisierung hinsichtlich der Gasbildung**.
- Beide Techniken tragen somit dazu bei, den Methanaustrag aus Deponien zu vermindern.
- In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass auch der **Deponierückbau** einen Beitrag zur Verminderung der Treibhausgasemissionen liefert.

# 9. Stabilisierung der Deponie durch Belüftung und Sickerwasserinfiltration



# 10. Langfristige gastechnische Sicherung der Deponie

- Es ist mittlerweile ziemlich klar, dass sich die **Deponiegasentwicklung** immer mehr **verlangsamt**.
- Dies bedeutet, dass **relativ lange** mit einer Deponiegasbildung und somit mit einer **Gefährdung** durch Deponiegase zu rechnen ist.
- **Zielwerte** für die Konzentrationen in der Bodenluft sind nicht vorhanden. Teilweise wird aber bei genutzten Altablagerungen ein Wert von 1 % genannt.
- Im Zusammenhang mit der Nachnutzung müssen Deponien daher über lange Zeit **gastechnisch** gesichert werden müssen.

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**