

Deponiegasprognose und Betrieb von Entgasungsanlagen

Einleitung

Seit Mitte 2005 werden auf den ehemaligen Hausmülldeponien (DK II) kaum noch organische Abfälle abgelagert. Die Deponiegasmengen gehen zum Teil stark zurück, obwohl nach neueren Prognosen noch große Gasmengen zu erwarten sind. Die Differenz zu den Prognosen wird damit erklärt, dass ein großer Teil des Deponiegases in die Atmosphäre gelangt und der Rest des Methans oberflächlich oxidiert.

Bei einigen Deponien wird versucht, durch Befeuchtung des Abfallkörpers die Gasproduktion zu verstärken oder durch den Bau neuer Gasbrunnen die Erfassungsrate zu verbessern. Kaum ein Deponiebetreiber zieht in Betracht, dass die Prognosen zu optimistisch sein könnten oder dass die Entgasungsanlage nicht richtig betrieben wird.

In dem folgenden Bericht werden Vorschläge zur Erstellung einer einfachen Gasprognose und zum Betrieb einer Deponie gemacht.

Grundlagen

Nach Tabasaran (1976) wird theoretisch bei der Vergasung von 1 kg organischem Kohlenstoff ein Gasvolumen von 1,868 Nm³ (Methan und CO₂) erzeugt. Die organische Kohlenstoffmenge im Substrat beträgt ca. 200 kg/Mg. Einen Einfluss auf die vergasbare Kohlenstoffmenge hat die Temperatur:

$$G_e = 1,868 * C_o * (0,014 * T + 0,28)$$

C_o = organische Kohlenstoffmenge = ca. 200 kg/Mg Abfall

T = Temperatur (°C)

G_e = Gesamtgasmenge (m³ / Mg Müll)

$$T = 10 \text{ °C} \quad G_e = 157 \text{ m}^3 \text{ Gas/ t Müll (Tabasaran)}$$

$$T = 35 \text{ °C} \quad G_e = 288 \text{ m}^3 \text{ Gas/ t}$$

$$T = 51,4 \text{ °C} \quad G_e = 373,6 \text{ m}^3 \text{ Gas/ t (maximaler Wert bei 200 kg Kohlenstoff)}$$

In der Praxis ist die Gasmenge geringer. Tabasaran empfiehlt, mit $G_e = 120$ m³/ t Müll zu rechnen. Andere Autoren rechnen mit $G_e = 150 - 235$ m³ / Mg feuchtem Abfall.

Ham (1980) geht davon aus, dass von dem theoretischen Maximum von 370 m³/Mg die Hälfte nicht erzeugt wird. Von dem Rest geht die Hälfte verloren, da sie nicht in der Zeit produziert wird, in der das Gas gewonnen wird. Von diesem Rest geht die Hälfte durch Migration verloren, so dass als gewinnbare Menge nur 47 m³/ Mg Abfall bleiben.

$$G_t = G_e * (1 - e^{-k * t}) \quad (\text{Tabasaran, 1976})$$

G_t = Gassumme zum Zeitpunkt t (m³/Mg Müll)

k = Koeffizient (1 / a)

t = Zeit (a)

Bei dieser Abbaufunktion halbiert sich die abbaubare organische Kohlenstoffmenge in konstanten Zeiträumen, der Halbwertszeit.

Man geht davon aus, dass bei einer Halbierung der Substratkonzentration auch die Abbaugeschwindigkeit halbiert wird usw. (Ham, 1980)

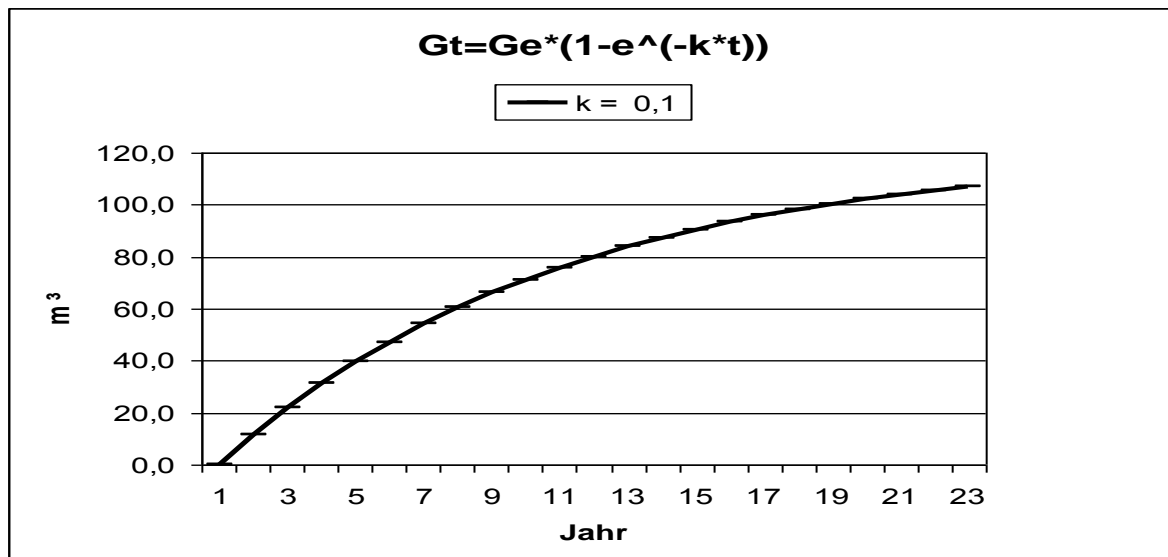


Abb. 1: G_t -Summenkurve für $G_e = 120$ und für $k = 0,1$. Die Restgasmengen ($G_e - G_t$) halbieren sich dabei in konstanten Zeiten. Für $k = 0,1$ halbieren sich die Werte alle 6,93 Jahre. Die Gasproduktion in einem Jahr ergibt sich aus der Differenz zweier aufeinander folgender Gassummen.

Halbwertszeit

Die Halbwertszeit $H = t_{1/2}$ ist die Zeit, bei der die Hälfte der Ausgangssubstanz abgebaut ist, bzw. die Hälfte der Gesamtgasmenge produziert wurde:

$$e^{-k \cdot H} = 1/2$$

$$k = (-\ln 0,5) / H = \ln 2 / H \quad (\text{Ham 1980})$$

Bei Verwendung der Formel $G_t = G_e \cdot (1 - 10^{-k \cdot t})$

Ergibt dieses $k = (-\log 0,5) / H = \log 2 / H$

Tab. 1: Halbwertszeiten aufgrund der angenommenen k – Werte

		$k = \ln 2 / H$	$k = \log 2 / H$	H
Tabassaran	1976	0,07		9,90
Rettenberger	1986		0,04	7,53
Stegmann	1982		0,05	6,02

Doedens	1985	0,05 – 0,1		13,86 – 6,93
Ehrig	1986			2 – 3,5
Krümpelbeck	1998			3 - 6
Butz, UBA	2006	0,13863		5

Die Annahme der Halbwertszeit oder k-Wertes hat neben der Berechnung oder Abschätzung der Gesamtgasmenge/Mg Abfall den größten Einfluss auf die Ergebnisse der Prognose. Kurze Halbwertszeiten führen zu hohen Gasmengen während des Deponiebetriebes, große Halbwertszeiten führen zu kleineren Gasmengen während des Betriebes und zu langen Nutzungszeiten einer Entgasungsanlage. In den meisten Gasprognosen werden mittlere Halbwertszeiten angenommen (6–7 Jahre).

Eine Unterscheidung der abbaubaren organische Substanz oder der Gesamtgasmenge/Mg in Anteile mit kurzen (1-3 Jahre) und mittleren Halbwertszeiten (6-12 Jahre) führt zu hohen Gasmengen in der Betriebszeit und zu geringen, aber nur langsam abnehmenden Gasmengen in der Nachsorgezeit. Stoffe mit sehr langen Halbwertszeiten wie Holz oder Papier können vernachlässigt werden, da sie kaum Gas produzieren und meist erst nach dem Eintritt von Luft in der Deponie aerob abgebaut werden.

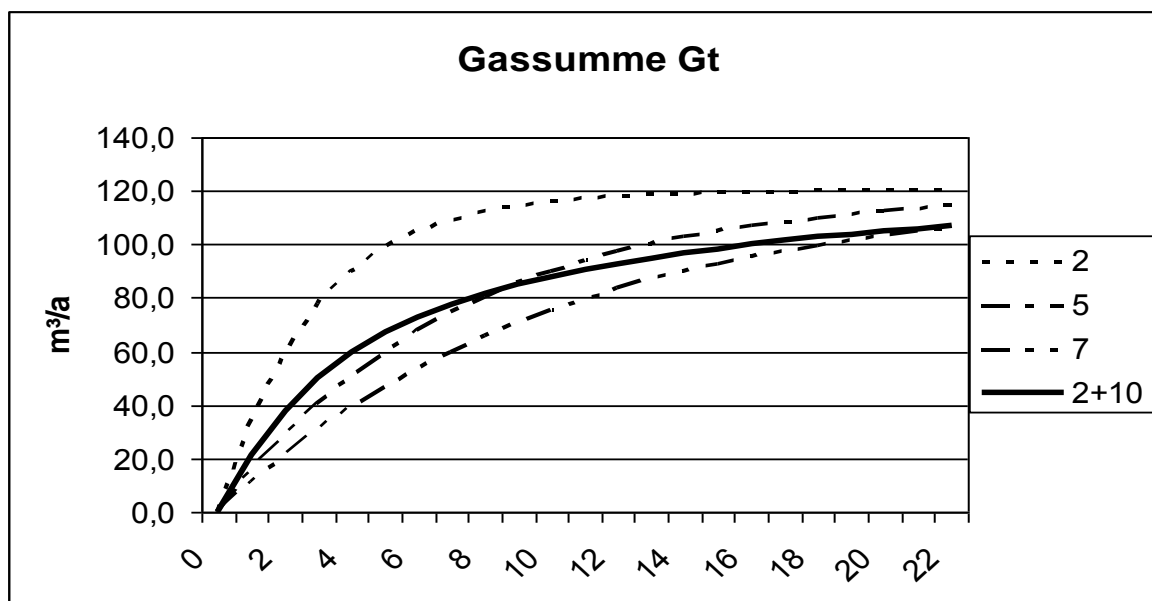


Abb. 2: Gt-Summenkurve für $G_e = 120$ und unterschiedliche H- Werte. In der Summenkurve 2+10 wurde angenommen, dass die Gesamtgasmenge zur Hälfte aus Stoffen mit $H = 2$ und zur Hälfte mit $H = 10$ Jahren zusammensetzt.

Umstellung der Summenformel

Wird der Abbaufaktor k in die o.g. Formel von Tabasaran eingesetzt, ergibt sich:

$$\begin{aligned}
 G_t &= G_e \cdot (1 - e^{-k \cdot t}) & k &= (-\ln 0,5) / H \\
 &= G_e \cdot (1 - e^{-(\ln 0,5) / H \cdot t}) \\
 &= G_e \cdot (1 - e^{\ln 0,5 \cdot t / H}) & a^{b \cdot c} &= (a^b)^c
 \end{aligned}$$

$$= G_e * (1 - (e^{-\ln 0,5})^{t/H})$$

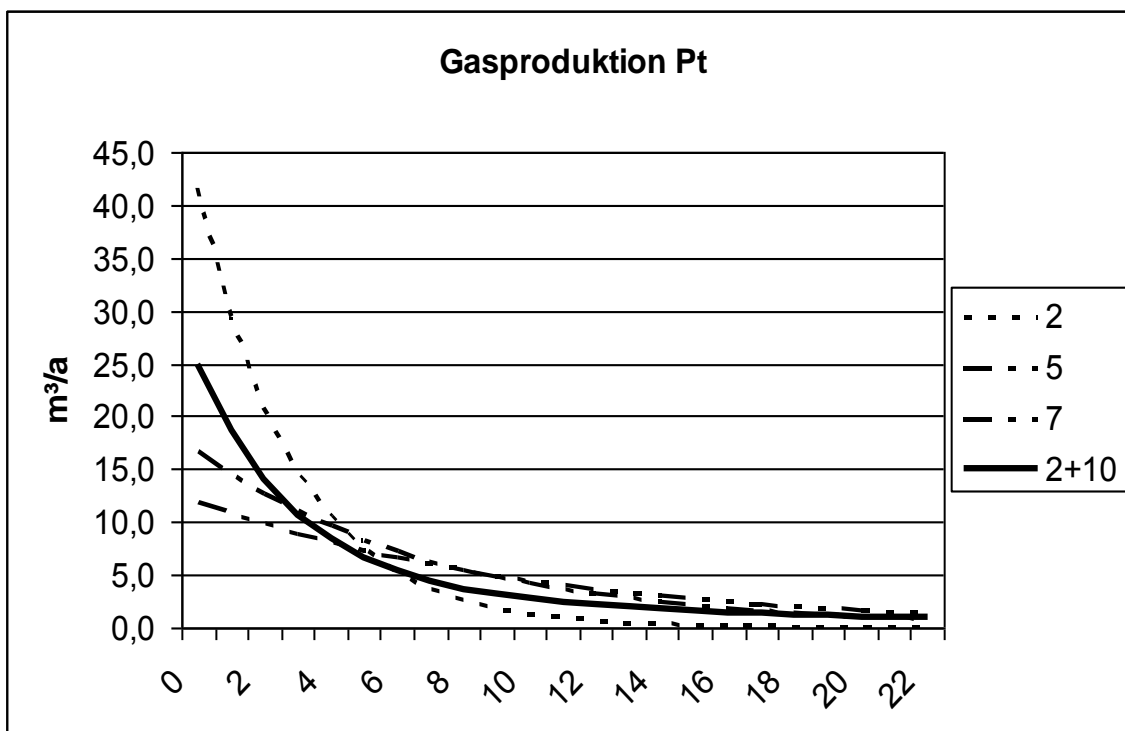
$$G_t = G_e * (1 - 0,5^{t/H})$$

Der Vorteil hierbei ist, dass sich die errechneten Gaswerte zu den angenommenen Halbwertszeiten halbieren.

Beispiel: für $t = H \rightarrow G_t = G_e * (1 - 0,5^{H/H}) = G_e * 0,5$

Die Gasproduktion P_t zur Zeit t ist die Ableitung der Gassumme:

$$P_t = dG_t/dt = G_e * (\ln 2)/H * 0,5^{t/H} \quad (\text{m}^3 \text{ Gas/Mg*a})$$



In Abb. 3: Jährliche Gasproduktion einer Tonne Abfall für unterschiedliche Halbwertszeiten.

Konstante Einbaumengen

Die Gasprognose vereinfacht sich, wenn für einen bestimmten Einbauzeitraum mit einer konstanten Einbaumenge gerechnet wird (s. Butz, 2006).

Unter der Annahme, dass der abbaubare organische Hausmüllanteil im Einzugsgebiet einer Deponie konstant ist und große Schwankungen der Einbaumenge oft auf die Ablagerung von inertem Material wie Bauschutt zurückzuführen sind, kann als Einbaumenge die über ein- oder mehrere Jahre gemittelte Hausmüllmenge (pro Jahr oder pro Stunde) angesetzt werden.

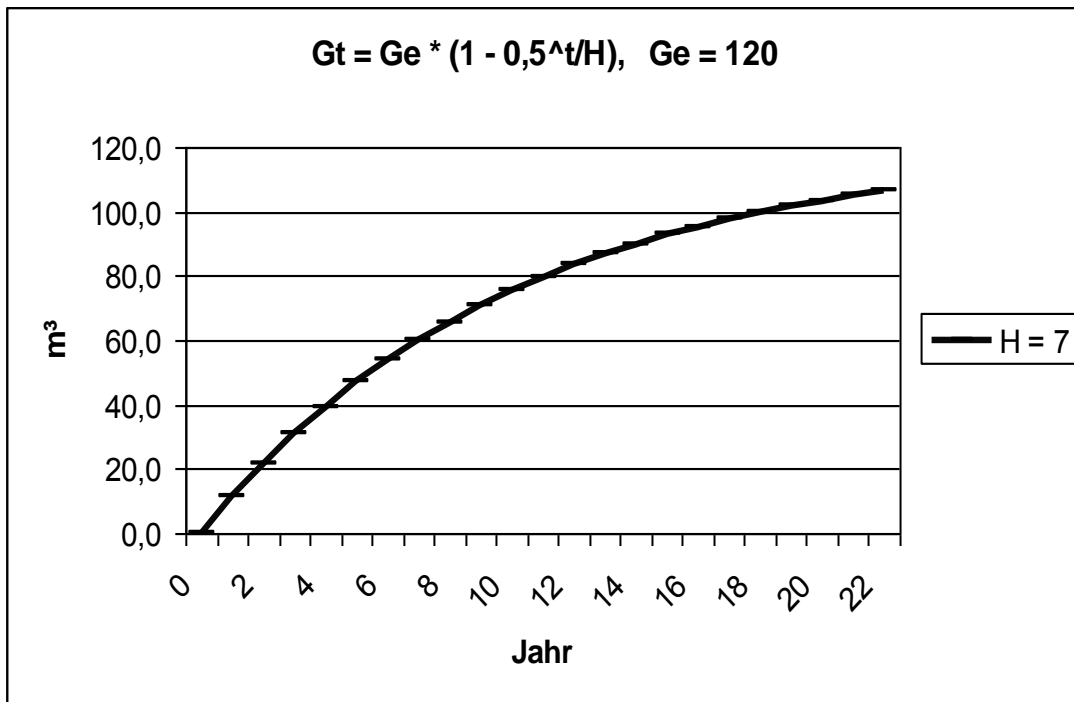


Abb. 4: Gt-Summenkurve für $G_e = 120$ und $H = 7$ (z.B. $t = 21$ Jahre $G_{t_{21}} = 105 \text{ m}^3$)

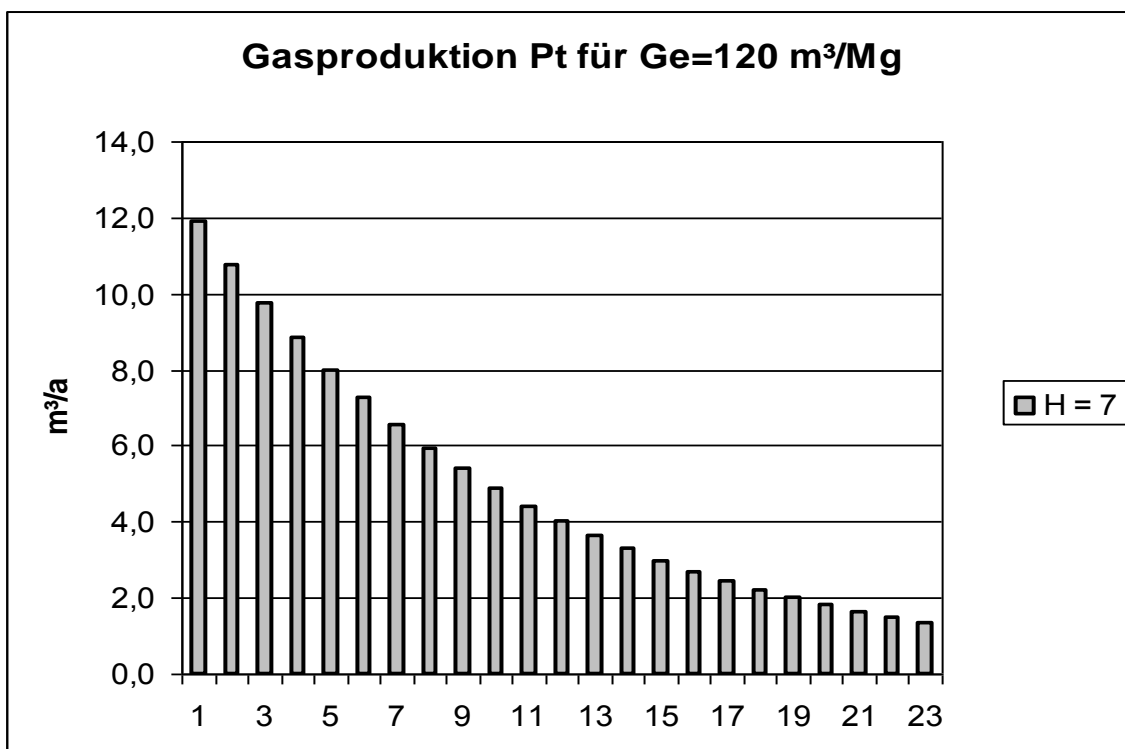


Abb. 5: Gasproduktion Pt einer Ablagerung von einem Mg Abfall mit $G_e = 120 \text{ m}^3/\text{Mg}$ und $H = 7$ Jahre

Bei einem konstanten Einbau von $1 \text{ Mg} / \text{Zeiteinheit}$ ist die Gasproduktion zur Zeit t die Summe der Gasproduktionen der einzelnen Ablagerungsmengen und damit die Gassumme G_t . Beispiel: Ablagerung 1 Mg/a ; Im Jahr $t = 21$ ist die Summe $P_{t_{21}} = G_{t_{21}} = 105 \text{ m}^3$

Ohne Berücksichtigung einer Anfangszeit t_0 , in der kein Gas produziert wird und unter der Annahme einer gleichmäßigen Einbaumenge pro Stunde ergibt sich für einen konstanten Einbauzeitraum:

$$P_t = G_e * (1 - 0,5^{t/H}) * E \quad (\text{m}^3 \text{ Gas/h})$$

$$P_t = \text{Gasproduktion zur Zeit } t \quad (\text{m}^3 \text{ Gas/h})$$

$$G_e = \text{Gesamtgasmenge} \quad (\text{m}^3 / \text{Mg Müll})$$

$$E = \text{mittlere Einlagerungsmenge pro Stunde} \quad (\text{Mg/h})$$

$$= (\text{Einlagerungsmenge pro Jahr} : 8760 \text{ Stunden/Jahr})$$

Die maximale Gasproduktion beträgt am Ende der konstanten Einbauzeit:

$$P_{\max} = G_e * (1 - 0,5^{t_e/H}) * E \quad (\text{m}^3 \text{ Gas/h})$$

$$t_e = \text{Zeit der konstanten Einlagerung}$$

Nach Beendigung der Einlagerung ($t > t_e$) nimmt die Gasproduktion entsprechend der angenommenen Halbwertszeit ab:

$$P_t = P_{\max} * 0,5^{(t-t_e)/H} \quad (\text{m}^3 \text{ Gas/h})$$

Beispiel:

$$G_e = 120 \text{ m}^3/\text{Mg}$$

$$H = 6 \text{ a}$$

$$E = 10 \text{ Mg/h} (= 87\,600 \text{ Mg/a})$$

$$t_e = 12 \text{ a}$$

$t = 1$	P_1	$= 120 * (1 - 0,5^{1/6}) * 10$	$= 120 * 0,109 * 10$	$= 130,8 \text{ m}^3/\text{h}$
$t = 3$	P_3	$= 120 * (1 - 0,5^{3/6}) * 10$	$= 120 * 0,293 * 10$	$= 410,2 \text{ m}^3/\text{h}$
$t = 6$	P_6	$= 120 * (1 - 0,5^{6/6}) * 10$	$= 120 * 0,500 * 10$	$= 600,0 \text{ m}^3/\text{h}$
$t = 12$	P_{12}	$= 120 * (1 - 0,5^{12/6}) * 10$	$= 120 * 0,750 * 10$	$= 900,0 \text{ m}^3/\text{h} = P_{\max}$
$t = 18$	P_{18}	$= 900 * 0,5^{(18-12)/6}$	$= 900 * 0,5^1$	$= 450,0 \text{ m}^3/\text{h}$
$t = 24$	P_{24}	$= 900 * 0,5^{(24-12)/6}$	$= 900 * 0,5^2$	$= 225,0 \text{ m}^3/\text{h}$

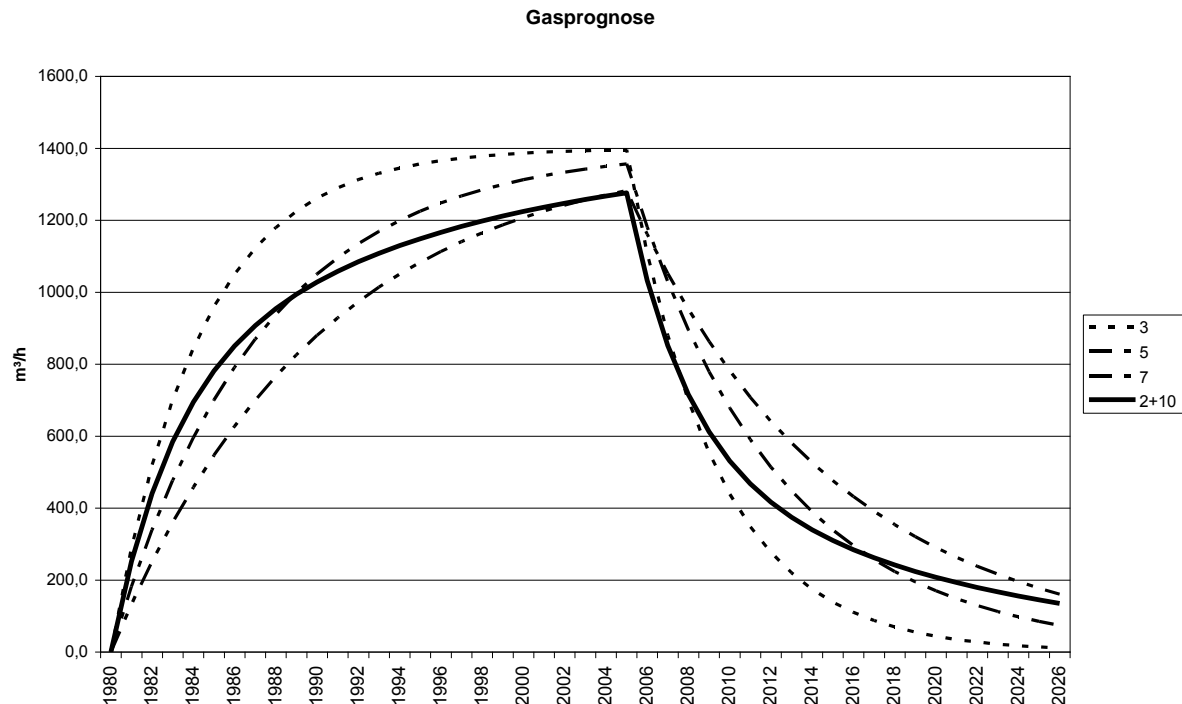


Abb. 6: Gasprognose für eine konstante Einbaumenge von 87600 Mg/a = 10 Mg/h von 1980 bis 2005 und $Ge = 140 \text{ m}^3/\text{Mg}$ und für unterschiedliche Halbwertszeiten. Ab 2005 halbieren sich die Werte entsprechend der angenommenen Halbwertszeiten.

Die Abschätzung der künftigen Gasmengen kann auch unter der Annahme eines jährlichen Rückganges der Gasmenge erfolgen. Der beträgt:

$$f = 0,5^{1/H} = \text{Faktor für den jährlichen Rückgang}$$

H (a)	f (-)	f (%)
5	0,8706	13,94
6	0,8909	10,91
7	0,9057	9,43
10	0,9330	6,70

Bei einem jährlicher Rückgang von z.B. 10,91 % halbiert sich die Gasmenge nach 6 Jahren, wenn man die jeweilige Vorjahresmenge mit dem Faktor 0,8909 multipliziert ($H = 6$).

Bei unterschiedlichen Jahreseinbaumengen/Halbwertszeiten sind die jeweiligen Gassummen für die Einbaujahre zu addieren.

Betrieb der Entgasungsanlage

Der Betrieb der Entgasungsanlage hat einen entscheidenden Einfluss auf die erfassten Gasmengen. Bis 2005 wurden leicht abbaubare organische Substanzen hochverdichtet in offenen Deponiepoldern eingebaut. Zur Erfassung des Deponiegases war ein hoher Unterdruck und ein kleiner Gasbrunnenabstand erforderlich.

Seit der Beendigung der Ablagerung von organischem Hausmüll im Jahr 2005 hat sich ca. die Hälfte der 2005 noch vorhandenen organischen Substanz abgebaut, wodurch weitere Hohlräume entstanden sind. Die Gaswegigkeit hat sich verbessert und es werden weniger

Gasbrunnen mit einem geringeren Unterdruck benötigt. Durch die Reduzierung der Anzahl der Gasbrunnen werden Durchdringungen in der Oberflächendichtung und mögliche Fehlstellen ebenfalls vermieden. Die Gaserfassungsrate (Verhältnis von Absaugrate/Gasproduktion) wird durch Zwischen- oder Endabdichtungen wesentlich erhöht.

Empfehlungen für den Betrieb:

- In alten Deponieabschnitten (>10 a) kann der Brunnenabstand verdoppelt werden.
- Der notwendige Gasbrunnenabstand kann überprüft werden, indem ein benachbarter Brunnen geschlossen wird. Entsteht an diesem ein Überdruck, sollte dieser Brunnen wieder abgesaugt werden.
- Für die Kontrolle der Gasbrunnen ist ein Manometer erforderlich, das Drücke von - 10 bis +10 hPa (=mbar) messen kann (durchsichtiger Schlauch mit Wasser, 1 hPa = 1 cm Wasserspiegeldifferenz).

Optimal ist eine Entgasungsanlage einer abgedichteten Deponie eingestellt, wenn der relative Gasdruck in der Deponie nahezu 0 hPa im Vergleich zum Luftdruck beträgt (Lewitz, 2001). Die Entgasung einer vollständig mit einer KDB gedichteten Deponie sollte mit einem leichten Überdruck (Eigendruck) betrieben werden.

Falls weniger Gas abgesaugt als produziert wird, tritt Gas über die Oberfläche der Deponie aus. FID-Werte von über 100 ppm sind hierfür ein Zeichen. In der Nähe dieser Stellen kann ein Überdruck an den Gasbrunnen auftreten. Die Absaugmenge sollte hier erhöht werden.

Bei einer Übersaugung der Gasbrunnen gelangt Luft in die Deponie. Dies führt zu einem aeroben Abbau der organischen Substanz in Teilbereichen der Deponie und zu einer schnellen Abnahme der Methanfracht. Erkennbar ist dieses an einem hohen Stickstoffanteil im Deponiegas von > 5%. Kleinere Stickstoffgehalte gelangen oft über die Probenahme in das Deponiegas. Unter der Annahme, dass kein Sauerstoff im Deponiegas vorhanden ist, kann über eine „Luftkorrektur“ dieser Anteil herausgerechnet werden (s. Anlage 1).

Beispiel 1: Übersaugung

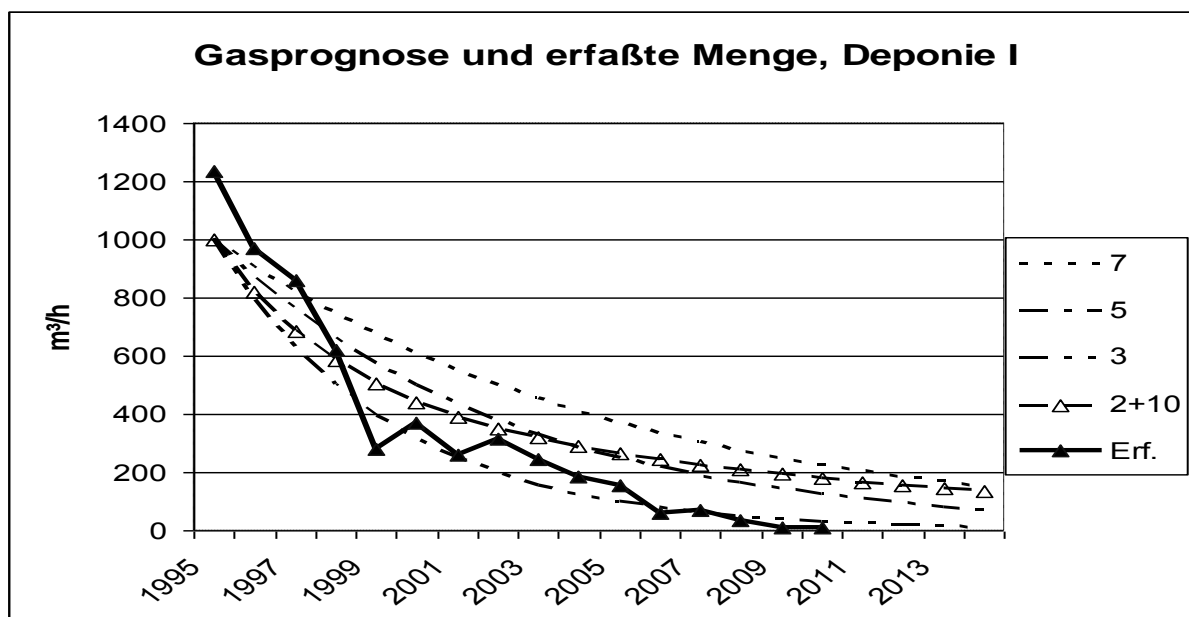


Abb. 7: Prognosen und erfasste Gasmengen der Deponie I (Verfüllung bis Ende 1993, mineralische Dichtung 1996-1998, KDB 1999 und 2000).

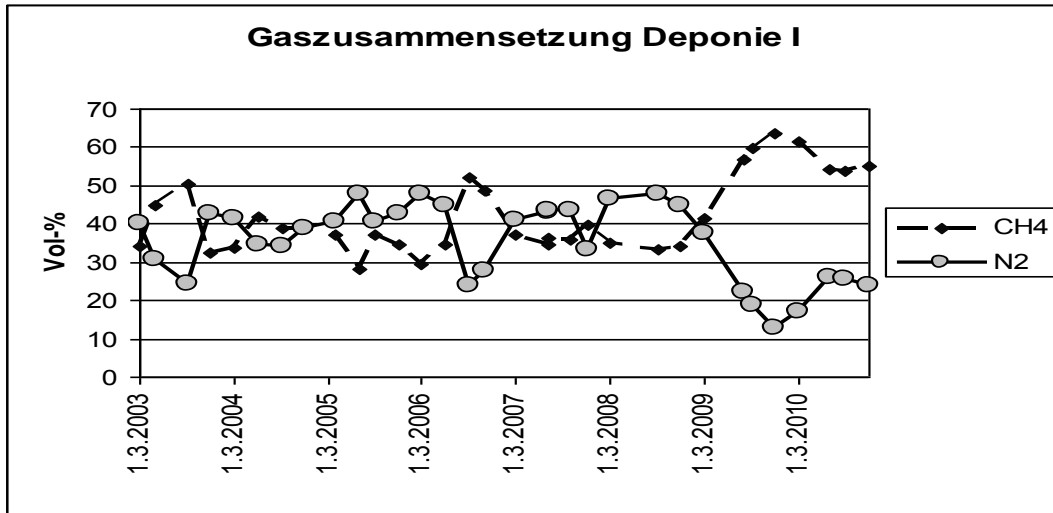


Abb. 8: Methan- und hohe Stickstoffgehalte der Deponie I – Luft wurde angesaugt

Durch eine ständige Übersaugung kann die Deponiegasproduktion innerhalb weniger Jahre zum Erliegen kommen.

Beispiel 2: „aktivierte Gasproduktion“

Bei der Deponie II wurde ein Teil der Gasbrunnen derart umgebaut, dass oben und unten ein unterschiedlicher Unterdruck angelegt werden kann. Hierdurch sollten die unteren Abfallschichten „aktiviert“ und die Gasproduktion gesteigert werden. Siedlungsabfälle wurden bis 6/2005 eingelagert, der letzte Bauabschnitt wurde 2007 mit einer KDB zwischenabgedichtet. Der Rückgang der Gasmengen konnte nicht aufgehalten werden.

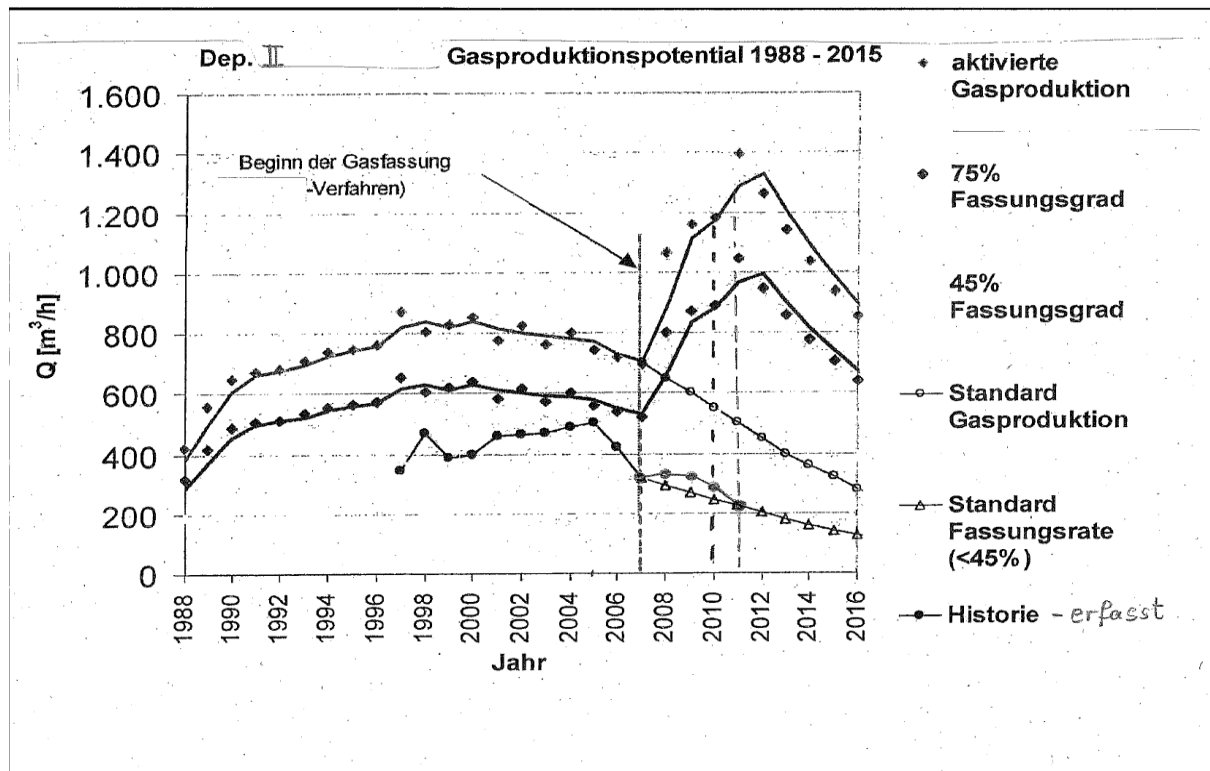


Abb. 9: Deponie II, Prognose einer „aktivierten Gasproduktion“ und erfasste Menge (untere Linie)

Beispiel 3: Sehr hohe Prognose

Bei der Deponie III wurden bis 6/2005 Siedlungsabfälle abgelagert. In einem Gasbericht für 2010 werden folgende Daten genannt und aufgrund der Prognose und der FID- Messungen die Empfehlung gegeben, weitere Gasbrunnen zu bauen:

Gasprognose (Genauigkeit +/-15%)	<u>1463 Nm³/h</u>
Abgesaugte Gasmenge	505 Nm ³ /h
Gasverlust (aus FID- Werten berechnet)	464 Nm ³ /h
Methanoxidation (berechnet)	380 Nm ³ /h
Fehlmenge ca.	100 Nm ³ /h

Die Gasprognose wurde in diesem Beispiel mit $H = 6,93$ Jahren und Ge ca. $120 \text{ m}^3/\text{Mg}$ berechnet. Die Abfallmengen wurden komplett angesetzt. Sie waren zeitweise dreimal höher als in den letzten 10 Jahren. Der Stickstoffanteil im Deponiegas betrug 28,4%.

In dem Beispiel der Deponie III wurden nach Aussage des Deponieleiters jährlich etwa die gleichen Mengen an Siedlungsabfällen abgelagert; das Einzugsgebiet hat sich nicht verändert. Die Wahl einer konstanten Menge an abbaubaren Siedlungsabfällen und kürzere Halbwertszeiten hätten wesentlich geringere Prognosewerte ergeben. Außerdem sollten die FID- Werte nicht auf Gasverluste umgerechnet werden, da bei der Messung Luft mit angesaugt wird und das Gas nicht flüchtig, sondern an einzelnen Rissen austritt.

Der Stickstoffanteil im Deponiegas von 28,4% ist sehr hoch. Die Deponie wird übersaugt (Luftkorrektur s. Anlage 1).

Beispiel 4: lange Halbwertszeiten

Bei der Deponie IV wurden bis 1980 Abfälle eingelagert. Das Deponiegas wird mit einem geringen Unterdruck abgesaugt. Der Methangehalt lag zwischen 50 und 60 %.

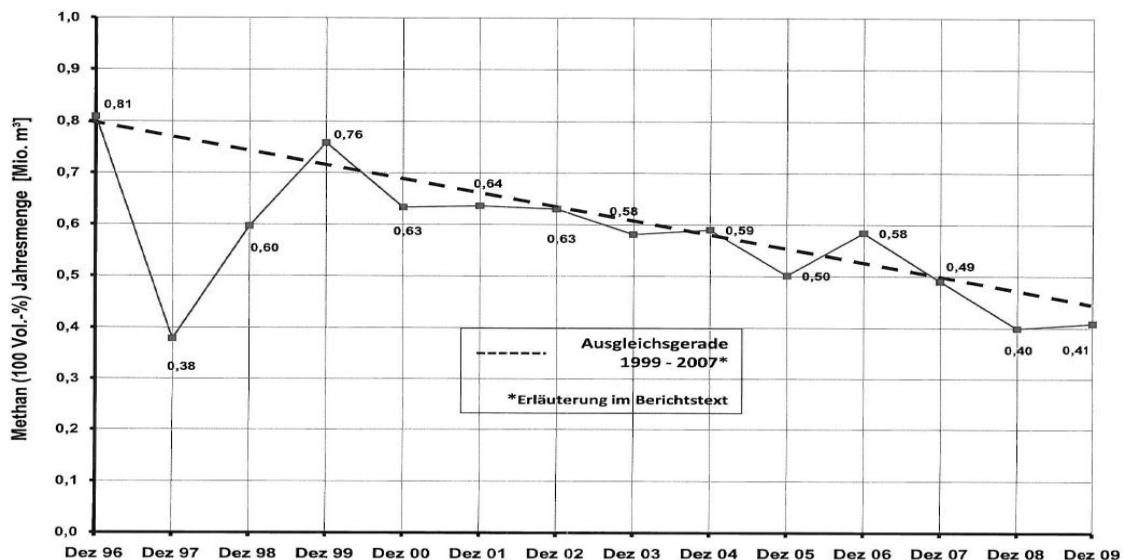


Abb. 10: alte Deponie mit langer Halbwertszeit von ca. 12 Jahren

PRTR- Bericht

Methanemissionen über 100.000 kg/a sind vom Deponiebetreiber der zust. Behörde zu melden. Eine Berechnung über FID- Werte oder über die Differenz zwischen einer hohen Gasprognose und der erfassten Gasmenge ergibt oft sehr hohe und falsche Werte.

Vom Umweltbundesamt (UBA) wurde 2006 der „Ansatz für die Schätzung der luftseitigen Deponieemissionen für das E-PRTR“ vorgelegt (Butz, 2006). Für betriebene Deponien mit einer Gasfassung und offenen Einbaubereichen wird der Anteil der nicht gefassten und nicht biologisch oxidierten Methanemissionen auf 40 % geschätzt. Bei Deponien ohne Gasfassung entweichen ca. 90 % des entstehenden Gases (der Rest wird oxidiert). Durch Oberflächenabdichtungen kann der Emissionsanteil auf unter 10% reduziert werden.

Für die Berechnung geht das UBA davon aus, dass gleichmäßige Abfallmengen in einem Zeitraum von > 20 Jahren (> 4 Halbwertszeiten von 5 Jahren) bis 2005 abgelagert wurden. Bei diesem Ansatz beträgt der Abminderungsfaktor $0,5^H = 0,5^4 = 0,0625 = 6\%$ und wird vernachlässigt ($G_t = G_e * (1 - 0,5^4) = G_e * (1 - 0,0625)$). Nach 2005 halbieren sich die Emissionen entsprechend der Halbwertszeit von 5 Jahren.

Bei heutigen Deponien treten Methanemissionen an offenen Deponieabschnitten auf. Abgedichtete Deponieabschnitte können vernachlässigt werden. Die Gasverluste sollten aufgrund der besseren Gaswegigkeit auf 20% und bei Deponien mit einer Übersaugung auf 10% der Deponiegasmenge, die in den offenen Deponieflächen abgesaugt wurde, angenommen werden. Vorschlag:

$$ME = G * A_o * V * 0,718 * f_1 = \text{Methanemission (kg CH}_4\text{/a)}$$

G = Gesamtgasmenge in m³ Deponiegas pro Jahr

A_o = Gasmengeanteil der offenen Deponiefläche an der Gesamtgasmenge (-)

V = Methananteil im Deponiegas (-)

0,718 = Dichte von Methan (kg/m³)

f₁ = Gasverlust auf der offenen Fläche = 0,2 bzw. 0,1

Berechnungsbeispiel – Deponie III

1. Für 2010 wurden vom Betreiber gemeldet: ME = 1.700.000 kg CH₄/a

2. Berechnung über FID-Wert von 464 m³ Gas/h

$$ME = 464 * 0,5 * 0,718 * 365 * 24 \quad ME = 1.460.000 \text{ kg CH}_4\text{/a}$$

3. Berechnung nach UBA:

$$\begin{aligned} ME &= M * DOC * DOC_F * C * F * D * e^{-(T-2005)k} \\ &= 150.000 \text{ Mg/a} * 0,18 * 0,5 * 0,5 * 1,33 * 0,1 * 0,5 \\ &= 450 \text{ Mg CH}_4\text{/a} \quad ME = 450.000 \text{ kg CH}_4\text{/a} \end{aligned}$$

4. Berechnung über erfasste Gasmenge:

$$\begin{aligned} ME &= G * A_o * V * 0,718 * f_1 \\ &= 505 * 365 * 24 * 0,7 * 0,5 * 0,718 * 0,1 \quad ME = 110.000 \text{ kg CH}_4\text{/a} \end{aligned}$$

Zusammenfassung

Seit 2005 werden kaum noch organische Abfälle abgelagert. Die Gasmengen der ehemaligen Hausmülldeponien gehen stark zurück und liegen meist unterhalb der Prognosewerte. Die Ursachen hierfür können sein:

- Die Gesamtgasmenge / Mg Abfall wurde zu hoch angesetzt.
- Inerte Abfallmengen wurden nicht herausgerechnet.
- Teilbereiche der Deponie sind durch Abschirmung mit Kunststoffen aus dem Abfall zu trocken.
- Es wurden zu lange Halbwertszeiten angesetzt.
- Es wird nicht in leicht- und mittel abbaubare Stoffe unterschieden.
- Durch eine Übersaugung wurde die organische Substanz aerob abgebaut.

Falls die Entgasung der Deponien mit dem Ziel einer möglichst großen Deponiegaserafassung betrieben werden soll und nicht mit dem Ziel einer aeroben Stabilisierung sind folgende Maßnahmen durchzuführen:

- Das Deponiegas ist mit einem möglichst geringen Unterdruck abzusaugen (< 2 hPa). (Für die Messung des Gasdruckes ist ein sehr gutes Manometer erforderlich; Genauigkeit +/- 0,1 hPa).
- Für die Einstellung des Gasdruckes sind fein regelbare Ventile in Leitungen mit einem geringen Durchmesser erforderlich.
- In der Nähe von FID-Werten > 1000 ppm an der Deponieoberfläche ist der Unterdruck zu erhöhen, evtl. sind zusätzliche Gasbrunnen erforderlich.
- Alte Gasbrunnen am Deponierand können zurückgebaut werden.
- Als Grundlage für eine Prognose der künftigen Gasentwicklung können die maximalen Gasmengen von 2005 angesetzt werden. Danach halbieren sich diese entsprechend der angenommenen Halbwertszeit.
- Die Gesamtgasmenge sollte für Gasprognosen in Anteile aus leicht- und mittelabbaubaren Abfällen unterteilt werden.

Die Werte einer Gasprognose können weit von den tatsächlichen Mengen abweichen.

Eckhard Heidenreich

Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt

und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein

Hamburger Chaussee 25, 24220 Flintbek

Tel. 04347 704 628; Fax. 04347 704 602; eckhard.heidenreich@llur.landsh.de

Deponie Beispiel III

Anlage 1

Luftkorrektur

Stand: 5.4.2011

Zusammensetzung der Luft lt. Wikipedia			
		%	ppm
Stickstoff	N2	78,084	
Sauerstoff	O2	20,942	
Argon	Ar	0,934	
Kohlendioxid	CO2	0,038	380
Neon	Ne	0,001818	18,18
Helium	He	0,000524	5,24
Methan	CH4	0,000176	1,76
Summe		100,000518	

N2 / O2 = 3,7286

Messwerte

vom: 4.2.2010

	A	B	C	D	E	F	G
1	Dponiegas		Messwerte	Luft	Me. - Luft	auf 100%	Luftanteil
2			%	%	%	%	%
3	Methan	CH4	40,8		40,80	42,8	
4	Kohlendioxid	CO2	29,0		29,00	30,5	
5	Stickstoff	N2	28,4	2,98	25,42	26,7	26,7
6	Sauerstoff	O2	0,8	0,80	0,00	0,0	7,2
7	Summe		99,0	3,78	95,22	100,0	33,9

Spalte D: Zugehöriger N2- Anteil zum gemessenen O2- Gehalt = O2 x 3,73 (%)

Spalte E: der Luftanteil wird vom Messwert abgezogen, da er meist über die Probenahme in das Deponiegas gelangt ist.

Spalte F: Die Werte der Spalte E werden auf 100 % umgerechnet.

Spalte G: Über den Stickstoffgehalt der Spalte F wird ein zugehöriger Sauerstoffgehalt errechnet,

der in der Deponie aerob abgebaut wurde. Die Summe der Spalte G ist der in die Deponie angesaugte Luftanteil.

Literaturhinweise

- 1) O. Tabasaran: Überlegungen zum Problem Deponiegas, 1976
- 2) G. Rettenberger: Entstehung, Erfassung und Verwertung von Deponiegas, 1978
- 3) R. Stegmann: Gase aus geordneten Deponien, 1979
- 4) R. Ham: Gasproduktion in Mülldeponien, Abfallwirtschaft an der TU Berlin, Band 5, 1980
- 5) W. Ryser: Erfahrungen und Methoden zur Zwangsentgasung, 1980
- 6) R. Stegmann: Beschreibung der biochemischen Umsetzungsprozesse in Deponien sowie Abschätzung der Gasproduktion, 1982
- 7) J. Hoeks: Significance of biogas production in waste tips, 1983
- 8) H. Doedens: Maßnahmen zur Verbesserung der Ausbeute des Gaspotentials an Deponien, 1985
- 9) R. Stegmann: Grundlagen der Deponieentgasung, 1986
- 10) H.-J. Ehrig: Untersuchungen zur Gasproduktion aus Hausmülldeponien, 1986
- 11) G. Rettengerger: Grundlagen der Entgasungstechnik, 1987
- 12) R. Stegmann, E. Heidenreich: Entgasung der Deponie Georgswerder, 1987
- 13) R. Wolf, E. Apelt: Deponiegasgewinnung in der DDR, 1990
- 14) H. Doedens, H. Bogon: Vorbehandlung von Restabfällen, 1991
- 15) P. Spillmann: Abfall- und Deponiewirtschaft, 1992
- 16) K. Seeger: Altablagerungen unter dem Aspekt gasförmiger Emissionen, 1993
- 17) VDI 3790 Bl.2: Emissionen von Gasen – Deponien, 2000
- 18) H. Lewitz: Gashaushalt der Deponie Georgswerder, 2001
- 19) J. Fellner, P. Schöngrundner: Methanemissionen aus Deponien, 2003
- 20) G. Rettenberger-LUA NRW: Materialien Band 65, Arbeitshilfe Deponiegas, 2004
- 21) H. Bogon: Deponiegasprognose: Worauf kommt es an, 2005
- 22) W. Butz-Umweltbundesamt: Ansatz für die Schätzung der luftseitigen Deponieemissionen für das E-PRTR, 2006
- 23) M. Kühle-Wedemeier, H. Bogon: Methanemissionen aus passiv entgasten Deponien, 2008