

Deponiegasverwertung bei sinkendem Gasdargebot - Möglichkeiten und Grenzen

Axel Ramthun

HAASE Energietechnik AG, Neumünster

1 Einleitung

Mit dem Ablagerungsende unbehandelter Siedlungsabfälle Mitte 2005 sinkt auf den meisten deutschen Siedlungsabfalldeponien die erfassbare Deponiegasmenge und häufig auch die Gasqualität. Dies ist zurückzuführen auf den üblichen Verlauf der Gas-mengenentwicklung sowie auf zeitlich bedingte Funktionsstörungen der Gasfassungssysteme.

Vor diesem Hintergrund ergeben sich veränderte Anforderungen an die Größe und Ausführung von Deponiegasförder und -gasbehandlungsanlagen. Für die Deponiegasbehandlung stehen für verschiedene Gasqualitäten, Gasmengen und standortspezifische Randbedingungen unterschiedliche Anlagentechniken zur Verfügung. Bei der Auswahl der für den jeweiligen Standort optimalen Gasbehandlungsanlage sind ortspezifische Besonderheiten zu berücksichtigen.

Ist die erfassbare Deponiegasmenge und Gasqualität ausreichend, stellt die Deponiegasverwertung oft die ökonomisch und ökologisch sinnvollste Variante der Deponiegasbehandlung dar. Diese wurde mit die Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) ab Januar 2009 noch attraktiver.

Im vorliegenden Text werden zusammengefasst die zur Zeit zur Verfügung stehenden technischen, vertraglichen und wirtschaftlichen Möglichkeiten zur wirtschaftlichen Deponiegasverwertung unter Berücksichtigung der sich verändernden Rahmenbedingungen vorgestellt. Anschließend wird an einem konkreten Beispiel die Möglichkeit der wirtschaftliche Entsorgung geringer Deponiegasmengen aufgezeigt.

2 Entwicklung der Deponiegassituation

2.1 Deponiegasproduktion

Die Deponiegasproduktion läuft in verschiedenen Teilschritten ab. Im Rahmen der Deponienachsorge ist i.d.R. weniger der Beginn der Gasproduktion als vielmehr deren Abklingen relevant für die Auswahl der Gasbehandlungstechnik.

Nach dem Erreichen der stabilen Deponiegasproduktion entsteht Deponiegas mit 55 – 60 Vol.-% Methan und 40 – 45 Vol.-% Kohlendioxid sowie einer Anzahl Spurengasen. Das Maximum der Deponiegasproduktion wird, einen gleichmäßigem Schüttbetrieb vorausgesetzt, ca.1 – 2 Jahre nach dem Ende der Müllablagerung erreicht. D. h. auch die bis Mitte 2005 mit signifikanten Müllmengen beschickten Deponien sollten das Maximum der Deponiegasproduktion bereits erreicht haben.

Auf fast allen Deponien sinkt nun (bei gleich bleibenden Randbedingungen) die Gasproduktion stetig. Die Änderungsgeschwindigkeit der Gasproduktion ist abhängig vom Gasbildungsmilieu. Wichtige Einflussfaktoren sind neben der Deponiekubatur und -exposition die Ausführung der Oberflächenabdichtung sowie daraus resultierend der Wassergehalt und der Wassertransport im bzw. durch den Deponiekörper.

Betriebserfahrungen auf deutschen Mülldeponien zeigen, dass für nicht abgedichtete Deponien eine Halbierung der Gasproduktion innerhalb von je 5 bis 8 Jahren zu erwarten ist. In Gebieten mit hohen und jahreszeitlich gleich verteilten Niederschlägen, z. B. in Nordwestdeutschland, kann der Abbau des Gasbildungspotentials schneller erfolgen, in Gebieten mit nur geringen Niederschlägen, z. B. im östlichen Brandenburg etwas langsamer.

Wird durch die Errichtung einer wasserundurchlässigen Abdichtung der Deponieoberfläche die Wasserzufuhr in den Müllkörper unterbrochen bzw. bei mineralischen Abdeckungen stark eingeschränkt, verlangsamt sich die Gasproduktion bis hin zur Mumifizierung, d.h. dem Aussetzen der Gasbildungsprozesse.

Im Allgemeinen gilt, dass für nicht abgedichtete Mülldeponien eine hohe maximale Gasproduktion und anschließend ein schnelles Absinken der Gasproduktion zu erwarten ist. Auf abgedichteten Mülldeponien ist die maximale Gasproduktion deutlich geringer, gleichzeitig ist die Änderungsgeschwindigkeit für die Gasproduktion klein, d. h. es ist über einen längeren Zeitraum Deponiegas in ähnlicher Größe zu erwarten.

Die Gasqualität ändert sich für das produzierte Deponiegas im Vergleich zur o. g. Gaszusammensetzung nicht bzw. erst zum Ende der biologischen Abbauprozesse, wenn

die sehr schwer abbaubaren organischen Abfallbestandteile umgesetzt werden. Dann steigt die Methankonzentration noch einmal an und kann Werte von über 80 Vol.-% erreichen.

2.2 Erfassbare Deponiegasmenge/ Gasqualität

Die zu erfassende Gasmenge sollte in Menge und Qualität mit der Gasproduktion korrelieren. Jedoch zeigen Erfahrungen auf vielen aktiv entgasten Deponien, dass die erfassbare Gasmenge im Verhältnis zur erwarteten Abnahme der Gasproduktion sinkt, gleichzeitig jedoch die Gasqualität durch verstärkte Verdünnung des Deponiegases mit Luft schlechter wird. Da das Deponiegas in unveränderter Zusammensetzung entsteht, liegen die Ursachen für die Verschlechterung der Gasqualität bei der aktiven Entgasung im Gasfassungssystem selbst.

Häufig sinkt der Wirkungsgrad des Gasfassungssystems mit zunehmendem Alter der technischen Einrichtungen durch Funktionsstörungen einzelner Entgasungselemente. D.h. es können nicht mehr alle errichteten Gaskollektoren besaugt werden. Grund hierfür sind i.d.R. ungleichmäßige Setzungsprozesse im Müllkörper, durch die z. B. Gaskollektoren gestaucht/ geknickt/ abgesichert werden oder Rohrleitungen neue Tiefpunkte ohne Zwischenentwässerung aufweisen. In der Folge können einzelne Deponiebereiche nicht mehr optimal besaugt werden.

Die häufigsten Schäden treten im Bereich der Gassammelleitungen zwischen Gaskollektor und Gassammelstation auf. Diese sind im Rahmen der regelmäßigen Funktionsprüfung einfach festzustellen und z. B. durch das Neuverlegen von Rohrleitungen bzw. Rohrleitungsabschnitten relativ kostengünstig zu beheben.

Um auch bei sinkender Gasproduktion das Deponiegas aus allen Deponiebereichen zu erfassen, müssen die kollektorspezifischen Förderströme und damit die Druckverhältnisse bei der Entgasung gleich bleiben im Vergleich zu der Entgasung bei hoher Gasproduktion. Die Beibehaltung der kollektorspezifischen Förderströme führt dazu, dass mangels Deponiegas mehr Luft über die Deponieoberfläche bzw. gasgängige Ausgleichsschichten unterhalb von Oberflächenabdichtungen mit angesaugt wird. Dies führt zu einer Verringerung der Gasqualität.

Sowohl die erfassbare Gasmenge als auch die Gasqualität können optimiert werden, wenn das Gasfassungssystem regelmäßig funktionsgeprüft und ggf. instand gesetzt wird. In Einzelfällen kann auch das Errichten neuer Entgasungselemente (Gaskollektoren) sinnvoll sein.

2.3 Betriebserfahrungen

Die HAASE Energietechnik AG betreibt zur Zeit auf ca. 45 Deponiestandorten Anlagen zur Deponiegasverwertung/ -behandlung. Auf allen Standorten sinkt die Deponiegasproduktion. Das Anheben der erfassbaren Deponiegasmenge ist nur noch über den Anschluss bislang noch nicht aktiv entgaster Deponiebereiche an die Gasfassungssysteme möglich.

Mit zunehmendem Alter weisen die meisten der von HAASE betriebenen Gasfassungssysteme Schäden im Bereich der Gaskollektoren und der verbindenden Rohrleitungen auf, die zur Minderung der Entgasungswirksamkeit führen. Die Instandsetzung des Gasfassungssystems führt i.d.R. zu einer signifikanten Verbesserung der Deponiegassituation. An Standorten mit Deponiegasverwertung, an denen die Gasfassung nicht bautechnisch betreut wird, droht schnell die Unwirtschaftlichkeit der Gasverwertung.

3 Anlagentechniken für die Deponiegasbehandlung

3.1 Allgemeine Anforderungen

Die novellierte Deponieverordnung schreibt den optimalen Umgang mit dem vorhandenen Deponiegaspotential vor. In den meisten Fällen wird das aus dem Gaspotential entstehende Deponiegas erfasst und behandelt, bis eine zu geringe Gasproduktion eine Gasbehandlung nicht mehr ermöglicht bzw. notwendig macht. Eine seit einigen Jahren ergänzende Methode zur Reduzierung des Gasbildungspotentials besteht in der beschleunigten in situ Stabilisierung der Deponie durch aktive Belüftung. Das hierbei abgesaugte niederkalorische Gas-/ Luftgemisch wird dann ebenfalls behandelt.

Für die Deponiegasbehandlung stehen unterschiedliche Anlagentechniken zur Verfügung, deren Einsatz durch technische und wirtschaftliche Faktoren begrenzt wird. Die wesentlichen Kriterien für die Auswahl der Gasbehandlungstechnik sind¹:

¹ Es wird vorausgesetzt, dass die Deponie mit einem intakten und für die optimale Entgasung ausreichend dimensionierten Gasfassungssystem ausgestattet ist.

- Aktuelles Gasdargebot (Deponiegasmenge und –qualität)
- Zeitliche Entwicklung des Gasdargebots
- Behördliche Anforderungen
- Genehmigungssituation
- Elektrotechnische Anbindung der Deponie
- Geplante bauliche Änderungen am Deponiebauwerk
- Betriebspersonal vor Ort

Abbildung 1 zeigt die für die aktive Deponieentgasung zur Verfügung stehende Anlagentechnik:

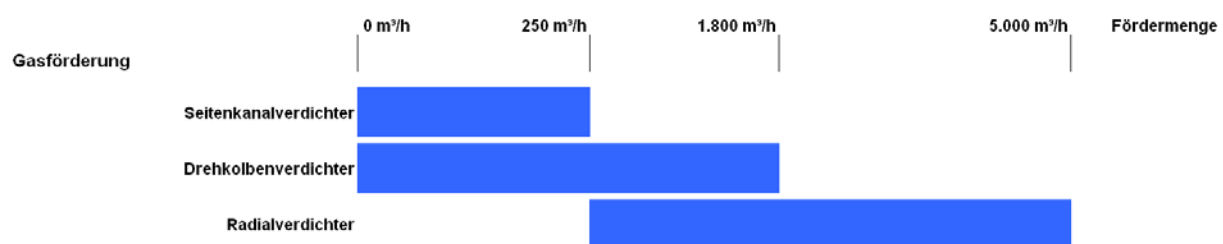


Abbildung 1: Einsatzbereiche für die Deponiegasfördertechnik

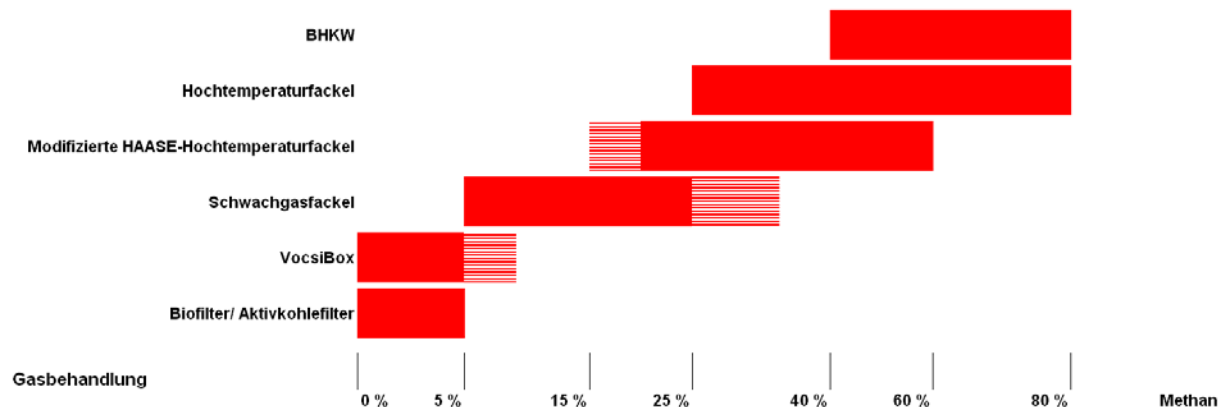


Abbildung 2: Einsatzbereiche für die Deponiegasbehandlungstechnik

3.2 Deponiegasförderung

Die Deponiegasförderung erfolgt bei der aktiven Entgasung mittels Gasverdichtern. Zum Einsatz kommen vorwiegend Drehkolben-, Radial-, und Seitenkanalverdichter. Die Verdichter unterscheiden sich hinsichtlich der Verdichtungsleistung sowie der Investitions- und Betriebskosten. Aufgrund der verschiedenen Anforderungen der Gasbehandlungsanlagen an die Gasförderanlagen empfiehlt es sich, die Gasbehandlungsanlagen mit einer eigenen, jeweils optimal bezüglich Fördermenge, Druckverhältnissen und An-

lagensteuerung/ -überwachung an die Behandlungstechnik angepassten Gasförderanlage auszurüsten. Diese Anlagen lassen sich einfach und kostengünstig installieren und ggf. durch neue Anlagen (anderer Größe oder Gasbehandlungstechnik) austauschen.

3.3 Deponiegasbehandlungstechniken

3.3.1 Hochtemperatur-Deponiegasfackel/ Schwachgasfackel

Deponiegasfackeln kommen zum Einsatz, wenn die gasmotorische Gasverwertung aus Gründen der Wirtschaftlichkeit oder einer zu geringen Gasqualität (Methankonzentration dauerhaft < 35 - 40 Vol.-%) nicht möglich ist. Zudem sind viele BHKW-Anlagen aus Gründen der Redundanz mit Fackeln ausgerüstet.

Die Anforderungen an die Gasqualität für Fackelanlagen sind in der Abbildung 1 dargestellt, die aufgeführten Grenzwerte können nicht unterschritten werden.

Hochtemperatur-Deponiegasfackeln können sicher betrieben werden ab einer Mindestmethankonzentration von 25 Vol.-% im Brenngas. Modifizierte Ausführungen der HAASE-Hochtemperaturfackeln erreichen einen erweiterten Arbeitsbereich bis **15 Vol.-% Methan**. Die Fackelgrößen betragen zwischen 30 kW und 15.000 kW. Dies entspricht Deponiegasmengen zwischen 6 Nm³/h und 3.000 Nm³/h, bezogen auf 50 Vol.-% Methan im Brenngas.

HAASE-Schwachgasfackeln besitzen einen erweiterten Arbeitsbereich bis unter 10 Vol.-% Methan. In der Abbildung 3 sind Verbrennungsprozesse für eine HAASE-Hochtemperaturfackel und eine HAASE-Schwachgasfackel dargestellt. Beide Anlagen unterscheiden sich im Wesentlichen durch einen Abgas/ Luftwärmetauscher, der ergänzend für die HAASE-Schwachgasfackel berücksichtigt wird.

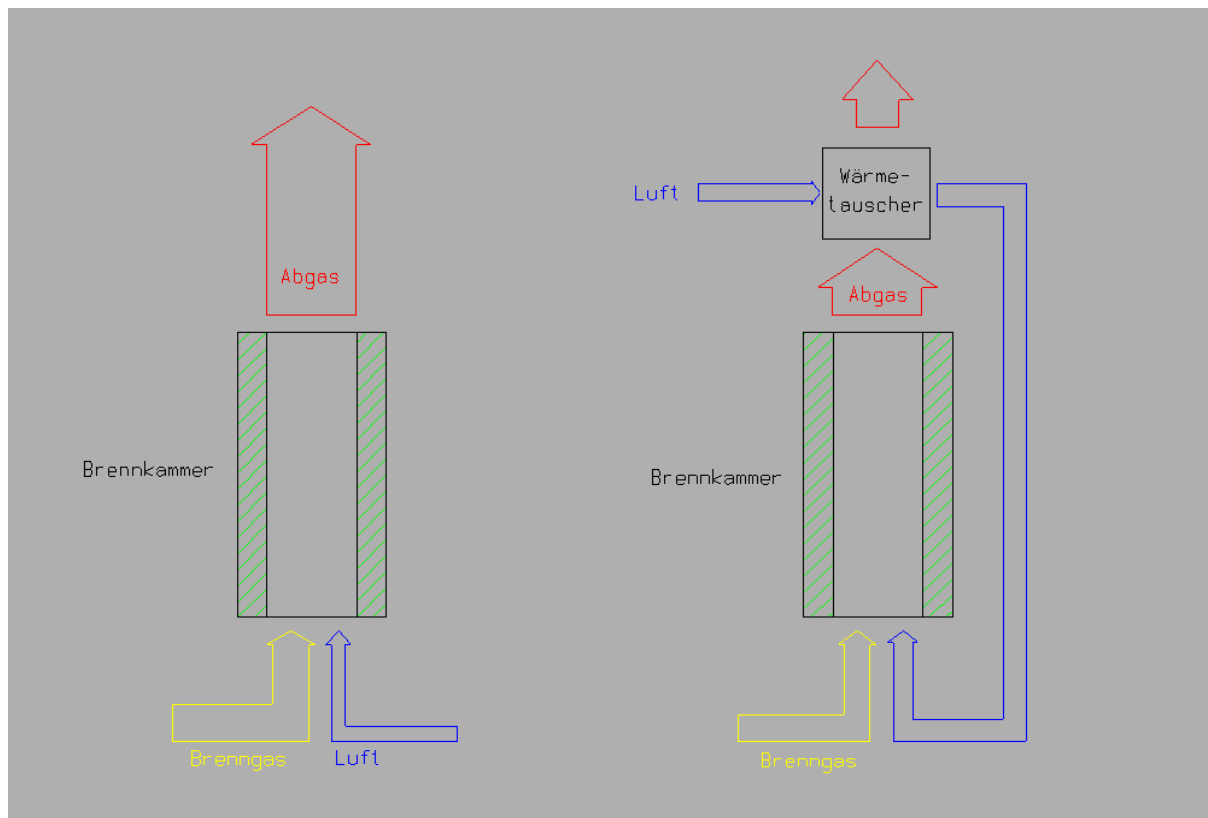


Abbildung 3: Prinzipdarstellung einer HAASE-Hochtemperaturfackel und einer HAASE-Schwachgasfackel

In dem Wärmetauscher wird die Verbrennungsluft durch das heiße Abgas auf bis zu 500 °C vorgewärmt und ermöglicht so die Erweiterung des Arbeitsbereiches.

Abbildung 4 zeigt beispielhaft den Zusammenhang zwischen der Verbrennungslufttemperatur und der Abgastemperatur bei einem Lambda von 1,5. Die Abgastemperatur wurde idealisiert, Wärmeverluste nicht berücksichtigt.

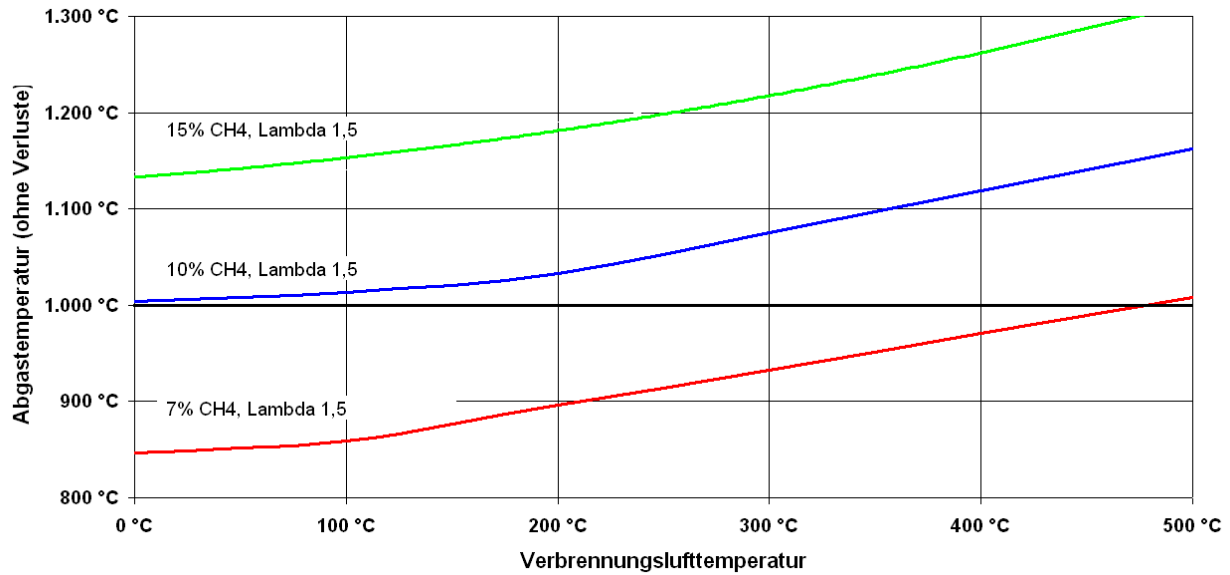


Abbildung 4: Zusammenhang zwischen Verbrennungsluft- und Abgastemperatur

Die HAASE-Schwachgasfackel ermöglicht die nahezu vollständige Oxidation von Deponie-Schwachgasen mit **Methangehalten $\ll 15$ Vol.-%**. Die chemische Oxidation des Methans und Sauerstoffs zu Kohlendioxid und Wasser findet dabei wie in der VocsiBox (siehe Kapitel 3.3.2) flammenlos innerhalb des Brennkammervolumens statt.

Abbildung 5 zeigt eine mobile Deponiegasförder- und Hochtemperaturfackelanlage. Die Ausführung als HAASE-Schwachgasfackelanlage erfolgt analog.



Abbildung 5: Deponiegasverdichter- und Fackelanlage (750 kW_{th})

3.3.2 HAASE-VocsiBox®

Die HAASE VocsiBox ist ein patentiertes, regenerativ thermisches Oxidationsverfahren (RTO), das ohne Katalysator arbeitet und daher auch als nicht katalytische Oxidation bezeichnet wird.

Die VocsiBox arbeitet mit einem Reaktorbett aus Hochtemperaturkeramik, das vor Beginn der Behandlung elektrisch vorgeheizt wird. Das zu reinigende Gas wird durch das Reaktorbett geleitet und dabei erwärmt. In der heißen Oxidationszone (ca. 1.000 °C) werden sämtliche organischen Inhaltsstoffe zu CO₂ und Wasserdampf umgewandelt.

Für die VocsiBox ist eine **Mindestmethankonzentration** von **0,3 Vol.-%** bei einem für die Oxidation ausreichendem Sauerstoffanteil erforderlich.

Mit den gängigen VocsiBox-Größen können Methanmengen zwischen 2 m³/h und 40 m³/h behandelt werden d.h. es kann maximal eine originäre Deponiegasmenge von 70 – 80 m³/h behandelt werden.

Abbildung 6 zeigt eine HAASE-VocsiBox®, die im Rahmen einer Schutzentgasung eingesetzt wird.



Abbildung 6: HAASE-VocsiBox Altlast Barsbüttel (östlich Hamburgs)

4 Deponiegasentsorgung durch Gasverwertung

Aus wirtschaftlichen und ökologischen Überlegungen ist wenn möglich die energetische Verwertung des Deponiegases anzustreben. I.d.R. erfolgt die Gasverwertung durch die gasmotorische Nutzung in BHKW, wobei hier Stromerzeugung und –verkauf auf Grundlage des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) im Vordergrund stehen.

Mit steigenden Primärenergiekosten erhöht sich das Interesse an der Abwärmenutzung von Gasbehandlungsanlagen. Die Abwärme von Gasmotoren bei der Deponiegasverstromung wird z.Zt. bereits genutzt, wenn es Wärmesenken (häufig zum Heizen von Gebäuden) in direkter Nähe zum Anlagenstandort gibt.

Durch den Preisanstieg für Erdöl und Erdgas verstärkt sich die Nachfrage nach anderen Primärenergieträgern wie z.B. Holz, Sekundärbrennstoffen etc., so dass vor allem durch Trocknungsprozesse neue Wärmesenken auf Deponiestandorten geschaffen werden können.

4.1 Gasverwertungstechnik

Für die Deponiegasverwertung stehen im Wesentlichen die folgenden Anlagentechniken zur Verfügung:

- Gas-Otto-Motoren
- Zündstrahlmotoren
- Gasturbinen
- Dampfturbinen/ Dampfkolbenmotoren

Durch die HAASE Energietechnik AG werden zur Zeit ausschließlich Deponiegas-BHKW mit Gasottomotoren ausgerüstet/ betrieben. Die BHKW zeichnen sich durch eine hohe Zuverlässigkeit, einen hohen Wirkungsgrad sowie ein positives Verhältnis von Investitions- und Betriebskosten gegenüber dem erzielbaren Erlös aus dem Stromverkauf aus. Die üblichen Emissionsgrenzwerte für Abgas und Schall können sicher eingehalten werden. Die Anlagen sind bundesweit genehmigungsfähig, die Vergütung des eingespeisten Stroms kann auf Basis des EEG erfolgen. Abbildung 7 zeigt ein Klein-BHKW mit Gasottomotor als Kompaktanlage mit Deponiegasverdichter.



Abbildung 7: Deponiegas-BHKW mit Gasverdichter (Kompaktanlage 143 kW_{eI})

Zündstrahlmotoren werden durch die HAASE Energietechnik AG nicht eingesetzt. Die Investitionskosten stellen sich günstig dar, die Betriebskosten aufgrund des zusätzlich notwendigen Zündöls schlechter als bei Gas-Otto-Motoren. Hinzu kommen Unwägbarkeiten bezüglich der Einhaltung der Abgasgrenzwerte sowie der Vergütungsregelung im Rahmen des EEG.

Für den Einsatz von Turbinentechnik im Rahmen der Verwertung kleiner Deponiegasmengen liegen bei der HAASE Energietechnik AG keine Betriebserfahrungen vor. Wirtschaftlichkeitsüberlegungen unter Berücksichtigung der Investitionskosten (auch für die erforderliche Hochdruckverdichteranlage), der notwendigen Betriebsenergie, des elektrischen Wirkungsgrades sowie der Anforderungen an die Gasqualität haben bislang gegen einen Einsatz dieser Anlagentechnik gesprochen.

Im Folgenden wird die Gasmotorentechnik bei der Darstellung der Möglichkeiten zur Deponiegasverwertung berücksichtigt.

4.2 Anforderungen an die Deponiegasqualität / Deponiegasmenge

HAASE Energietechnik betreibt Deponiegas-BHKW mit einer elektrischen Leistung von mindestens 150 kW auf den meisten Deponiestandorten mit entsprechendem Gasdarangebot wirtschaftlich. Für den Volllastbetrieb einer solchen Anlage ist sind ca. 42 m³ Me-

than pro Betriebsstunde erforderlich. Bei einer Methankonzentration von 50 Vol.-% im Deponiegas entspricht dies einer erforderlichen **Deponiegasmenge** von **84 m³/h**. Sinkt die Methankonzentration auf 40 Vol.-%, sind bereits 105 m³/h Deponiegas erforderlich, bei 35 Vol.-% 120 m³/h.

Unter günstigen Randbedingungen ist auch der wirtschaftliche Anlagenbetrieb innerhalb eines Betreibermodells bis zu einer Leistung von 100 kW möglich. Hierfür sind 28 m³ Methan pro Stunde notwendig, die erforderlichen Deponiegasmengen liegen zwischen 56 m³/h bei 50 Vol.-% Methan und 80 m³/h bei **35 Vol.-% Methan**.

Für den Einsatz von Deponiegas-BHKW ist eine Mindestgasqualität notwendig. Eckpunkte bilden die Methankonzentration sowie die Höhe der im Gas vorhandenen Spurenstoffe. Die Methankonzentration bildet den wichtigsten Parameter, da das Unterschreiten des Grenzwertes die gasmotorische Verwertung unmöglich macht.

Der BHKW-Betrieb ist derzeit unter Einhaltung der Grenzwerte für die verbrennungsbeeinflussten Abgasparameter möglich bis zu einer **Methankonzentration** von ca. **30 Vol.-%**. Die weitere Absenkung der Mindestmethankonzentration bei gleichbleibend guter Abgasqualität ist derzeit Gegenstand unserer Entwicklungsaktivitäten.

Zur Verfügung stehende Anlagentechniken zur Verbesserung der Gasqualität (z.B. durch die Erhöhung der Methankonzentration im Deponiegas) sind nach unseren Erfahrungen auf Deponien i.d.R. nicht wirtschaftlich zu betreiben.

Das Überschreiten der Grenzwerte für die Spurenstoffe wird auf HAASE-Standorten i.d.R. durch die optimierte Betriebsführung der Anlagentechnik ausgeglichen. Gasreinigungsanlagen sind häufig nicht erforderlich und bei der Verwertung geringer Deponiegasmengen wirtschaftlich nicht darstellbar. Änderungen können sich ergeben, wenn z. B. ein dem Biogas vergleichbarer Bonus auf die Stromvergütung bei Einhaltung geringerer Formaldehydkonzentrationen auch auf Deponiegasstrom Anwendung findet.

4.3 Vertragsoptionen

Die Deponiegasverwertung kann grundsätzlich in 3 voneinander verschiedenen Vertrags- und Betriebsmodellen erfolgen.

- Kauf und Betrieb des BHKW durch den Deponieeigentümer
- Kauf des BHKW durch den Deponieeigentümer, Betrieb durch einen Dritten (Betriebsführungsmodell, Betriebsüberlassungsmodell)
- Kauf und Betrieb eines BHKW durch einen Dritten (Betreibermodell)

Die Entscheidung, wer in ein BHKW investiert und wer es betreibt, ist in Abhängigkeit von der voraussichtlichen Entwicklung der erfassbaren Deponiegasmenge und sowie den finanziellen und personellen Kapazitäten des Deponieeigentümers zu treffen.

I.d.R. erfolgt die Verwertung kleiner Deponiegasmengen im Rahmen eines umfassenden **Betreibermodells**. Das sich vor allem auf den zukünftigen Verlauf der Deponiegasproduktion beschränkende Investitionsrisiko wird im Rahmen des Betreibermodells durch den möglichen Austausch der BHKW-Module verringert, der Betrieb durch gut ausgebildetes Personal aus dem Pool des Dienstleisters effizient.

Übliche Vertragszeiträume für Betreibermodelle liegen zwischen 5 und 10 Jahren, wobei keine Vertragspartei eine Gewähr für künftige Gasmengen und –qualitäten übernimmt und ein Kündigungsrecht aufgrund von Unwirtschaftlichkeit vereinbart wird. Kürzere Vertragslaufzeiten im Rahmen standortspezifischer Tests zur Gasverwertung sind ebenfalls möglich.

4.4 Erlösoptionen

Die Erlöse bei der Deponiegasverwertung werden i.d.R. im Rahmen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) generiert. Das EEG bietet in seiner aktuellen Fassung eine Rückvergütung von fast 0,09 €/ kWh. Darüber hinaus bietet das EEG die Möglichkeit, den Strom auch temporär frei zu vermarkten. Da die hierzu notwendigen Strommengen i.d.R. größer als die auf einem einzelnen Standort erzeugbaren sind, bietet sich hier das Zusammenfassen von Teilstrommengen verschiedener Standorte an, die dann gebündelt am Markt platziert werden können. Dies ist für einen im deutschen Deponiegasmarkt breit aufgestellten Dienstleister einfacher möglich als für den Betreiber einer einzelnen kleinen Gasverwertungsanlage.

Schwierigkeiten in der Praxis bereiten immer wieder abweichende Interpretationen des EEG in seiner aktuellen Fassung durch die Anlagenbetreiber und das den Strom abnehmende EVU, wobei im Wesentlichen der EEG-relevante Anlagenbegriff kontrovers diskutiert wird. Bei Uneinigkeit zwischen Anlagenbetreiber und EVU wird derzeit über die Clearingstelle immer eine Einzelfallentscheidung herbei geführt.

Neben dem Stromverkauf gibt es vereinzelt Beispiele der Wärmevermarktung. Die Wärmenutzung für Heiz- oder Trocknungsprozesse ist jedoch aufgrund der oft dezentralen Lage der Deponien und der im zeitlichen Verlauf sinkenden Gasmengen nur selten wirtschaftlich darstellbar. Wirtschaftliche Lösungen für den Wärmetransport zeichnen sich unter Berücksichtigung der aktuellen Preise für Primärenergieträger (Öl, Gas, Kohle) nicht ab, jedoch kann dies bei einem erneuten Anstieg der Primärenergiepreise schnell aktuell werden. Entsprechende Transporttechnologien bestehen bereits.

4.5 Anforderungen an das Betriebspersonal

Der Betrieb BHKW durch den Deponieeigentümer ist sinnvoll, wenn dieser gut ausgebildetes Betriebspersonal mit ausreichenden zeitlichen Kapazitäten vor Ort zur Verfügung hat. Ist dies nicht der Fall, sollte der Anlagenbetrieb durch das Fachpersonal eines externen Dienstleisters durchgeführt werden. HAASE Energietechnik hält hierfür ein deutschlandweites Netz an Betreibern und Servicetechnikern vor, die das aus Deponiegasfassung, Gasförderanlage und BHKW bestehende Gesamtsystem zur Deponiegasverwertung optimal betreuen und betreiben können. Der qualifizierte Anlagenbetrieb, die vorbeugende Instandhaltung der Anlagentechnik und die schnelle Störungsbeseitigung ermöglichen eine hohe Anlagenverfügbarkeit und –auslastung.

5 Beispielhafte Anpassung der Deponiegastechnik auf der Deponie Wiefels

5.1 Deponiebauwerk

Die Deponie Wiefels befindet sich ca. 4 km nordwestlich der Stadt Jever auf dem Gelände des Abfallwirtschaftszentrums Wiefels. Der Bauabschnitt I der Deponie wurde 1976 mit einer Deponiefläche von ca. 11 ha Grundfläche angelegt und von 1976 bis 1998 mit Abfällen gefüllt. Insgesamt wurden ca. 1,25 Mio. m³ Müll mittels Raupe, später mittels Kompaktor eingebaut.

5.2 Gastechnische Deponiehistorie

1995 wurde durch ein regionales Energieversorgungsunternehmen in der Deponie ein Gasfassungssystem, bestehend aus

- 27 vertikalen Gaskollektoren
- 3 Gassammelstationen
- 1 Gastransportleitung
- Gasförderanlagen
- 2 Deponiegas-BHKW mit ca. 500 kW elektrischer Gesamtleistung

installiert. Bereits im Jahr 2002 wurde das letzte BHKW deinstalliert, da auch ein kontinuierlicher Teillastbetrieb nur noch eines BHKW nicht mehr möglich war. Die Deponiegasmenge und Gasqualität waren hierfür nicht mehr ausreichend.

5.3 Gasabsaugversuch am bestehenden Gasfassungssystem

Zur Bestimmung der Deponiegassituation nach Abschluss des Gasverwertungsbetriebes wurde die HAASE Energietechnik AG mit der Durchführung eines Absaugversuchs auf der Deponie in Wiefels beauftragt. Die Arbeiten wurden 2002/2003 durchgeführt. Im Ergebnis war festzustellen, dass die erfassbare Deponiegasmenge gegenüber dem Anlagenbetrieb durch das Energieversorgungsunternehmen nicht signifikant gesteigert werden konnte. Die erfassbare Gasmenge betrug zwischen 50 und 70 m³/h. Die Gasqualität war gerade ausreichend für die sichere Gasbehandlung in einer Deponiegasfackel, die Gasverwertung in einem BHKW war mit dem erfassbaren Gas nicht möglich.

Parallel wurden weiterführenden Untersuchungen am Gasfassungssystem durchgeführt. Im Rahmen dieser Funktionsprüfung wurden Mängel am Entgasungssystem festgestellt, die konstruktiv sowie durch Setzungen begründbar waren. Messungen in den einzelnen Gaskollektoren deuteten auf ein vorhandenes, jedoch aufgrund der Mängel am Entgasungssystem nicht nutzbares Gasbildungspotential hin, eine Abschätzung der aktuellen Deponiegasquellestärke war jedoch nicht möglich.

5.4 Deponiesanierung

Die Deponie Wiefels wurde bereits Anfang der 90er Jahre um eine zweite Ablagerungsfläche erweitert. Seit 1993 wird diese zur Ablagerung von Abfällen genutzt. Im Bauabschnitt I wurde deshalb im Zeitraum 2005/ 2006 Schließungsmaßnahmen durchgeführt, die insbesondere das Aufbringen einer Oberflächenabdichtung beinhalteten.

Die gastechnischen Untersuchungen aus den Jahren 2002/ 2003 zeigten zudem, dass in der Deponie noch Deponiegas entsteht. Der Deponieeigentümer entschloss sich deshalb, das vorhandene Gasfassungssystem zu ertüchtigen. Hierzu wurden 16 der ehemals 27 vertikalen Gaskollektoren ertüchtigt. Im Wesentlichen wurden die Gaskollektoren neu eingedichtet und mit einem neuen Gaskollektorkopf ausgerüstet. Zu den vorhandenen Gaskollektoren wurden weitere 4 vertikale Gaskollektoren vollständig neu installiert. Alle 19 Gaskollektoren wurden über je einer Gassammelleitung mit einer neu errichteten Gassammelstation am Deponiefuß verbunden. Ein Kondensatschacht vervollständigt die Ertüchtigung des Gasfassungssystems.

Die Kosten für die Ertüchtigung des Gasfassungssystems wurden durch den Deponieeigentümer mit ca. 150.000 € beziffert.

5.5 Erneuter Gasabsaugversuch

Ab Herbst 2006 wurde ein weiterer Gasabsaugversuch am Bauabschnitt I der Deponie Wiefels durchgeführt. Im Wesentlichen wurden hierfür die selben Gaskollektoren verwendet, die auch bei den Arbeiten 2002/ 2003 genutzt wurden.

Im Rahmen des zweiten Gasabsaugversuchs konnten die erfassbare Deponiegasmenge und die Gasqualität deutlich erhöht werden. Die erfassbare Deponiegasmenge betrug zwischen 80 und 150 m³/h, die Methankonzentration immer > 50 Vol.-%. Bis Anfang 2009 konnte eine Deponiegasmenge von ca. 100 m³/h mit mindestens 50 Vol.-% Methan bestätigt werden

5.6 Betreibermodell BHKW zur umfassenden Deponieentgasung

Die Ergebnisse des Gasabsaugversuchs zeigten dem Deponieeigentümer, dass in der Deponie Wiefels noch Deponiegas in relevanter Größenordnung in einer für die Deponiegasverwertung ausreichenden Gasqualität entsteht und eine kontinuierliche aktive Entgasung notwendig sein wird. Die aktuelle Gassituation war bekannt, der zukünftige Verlauf der Gassituation konnte nur unsicher prognostiziert werden.

Eine stationäre Anlagentechnik zur Gasförderung und Gasbehandlung war auf der Deponie Wiefels mit dem Rückbau der Anlagentechnik durch das Energieversorgungsunternehmen nicht mehr vorhanden. Technisch möglich und bezüglich der Investitions- und Betriebskosten günstig erwies sich die Installation einer Deponiegasverdichter- und Fackelanlage.

Die Kosten für die Beistellung, Wartung und Instandhaltung sowie der Betrieb der Anlagentechnik und die Optimierung der Gasfassungsanlage wurde mit 35.000 bis 40.000 €/a abgeschätzt. Erlöse waren mit dieser Anlagenkonfiguration nicht zu erzielen.

In einem zweiten Schritt wurde die Möglichkeit der energetische Nutzung der vorhandenen Deponiegasmengen geprüft. Das Gasdargebot zum aktuellen Zeitpunkt war ausreichend für die Installation eines BHKW mit 150 bis 200 kW elektrischer Leistung. Die Abschätzung der Investitions- und Betriebskosten für das BHKW unter gleichen Randbedingungen wie für die Gasverdichter- und Fackelanlage zeigte, dass ab einer eingespeisten Jahresstrommenge von ca. 1 Mio. kWh die Erlöse aus dem Stromverkauf die Kosten für den Betrieb der Anlagen zur Gasfassung und Gasverwertung decken. Dies entspricht einer mittleren Einspeiseleistung von ca. 125 kW bzw. einer notwendigen Deponiegasmenge von ca. 72 m³/h.

Unter Berücksichtigung der aktuellen Gassituation, der voraussichtlichen Entwicklung der erfassbaren Deponiegasmengen sowie der Gasentsorgungskosten für die beiden

betrachteten Anlagentechniken entschied sich der Deponieeigentümer, die Deponiegasbehandlung im Rahmen eines Betreibermodells BHKW durchführen zu lassen. Vereinbart wurde die in Abbildung 8 dargestellte Konstellation. Demnach werden die Kosten für den Betrieb der Entgasungsanlage und der Anlagentechnik für die Gasbehandlung bei einer eingespeisten Jahresstrommenge von ca. 1 Mio. kWh durch die Erlöse aus dem Stromverkauf auf Basis des Erneuerbare-Energien-Gesetzes gedeckt. Höhere Stromeinspeisemengen führen zu einer Rückvergütung an den Deponieeigentümer. Sinkt die eingespeiste Strommenge unter den Wert von ca. 1 Mio. kWh/a, gleicht der Deponieeigentümer den Fehlbetrag aus, solange die Zuzahlung durch den Deponieeigentümer kleiner der Kosten für den Betrieb einer Deponiegasverdichter- und Fackelanlage beträgt.

Die rote Linie in Abbildung 8 kennzeichnet die Kosten für den Entgasungsbetrieb, die schwarze Linie die Erlöse aus dem Stromverkauf in Abhängigkeit von der Strommenge. Die blaue Linie stellt die Kosten für den Entgasungsbetrieb mittels BHKW (rote Linie) abzüglich der Kosten für den sonst notwendigen Fackelbetrieb (ca. 35.000 bis 40.000 €/a) dar. Der Schnittpunkt zwischen schwarzer und blauer Linie zeigt die Grenze des wirtschaftlichen BHKW-Betriebes für dieses Vergütungsmodell auf. Hier liegt sie zwischen 500.000 und 600.000 kWh/a.

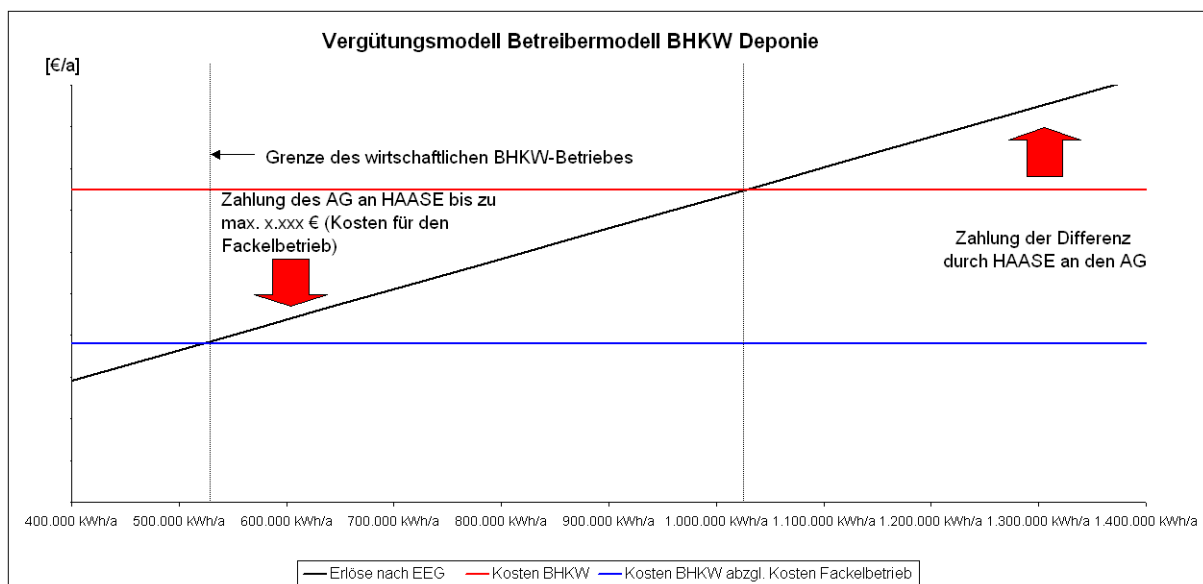


Abbildung 8: Vergütungsmodell für ein Betreibermodell BHKW bei kleinen Deponiegasmengen

6 Zusammenfassung

Die Deponiegassituation auf Siedlungsabfalldeponien verändert sich stetig. Aufgrund des Ablagerungsendes für unbehandelte Siedlungsabfälle sinkt die Gasproduktion auf fast allen Deponien. Der zeitliche Verlauf der qualitativen und quantitativen Veränderungen ist jedoch standortspezifisch. Erfahrungen auf von der HAASE Energietechnik AG betriebenen Deponien zeigen, dass mit einer Halbierung der zur Verfügung stehenden Deponiegasmenge ca. alle 5 bis 8 Jahre zu rechnen ist.

Durch die Anpassung der vertraglichen, rechtlichen und technischen Randbedingungen an die veränderten Gassituationen ist es möglich, die Verwertung von Deponiegas auch für kleine Gasmengen wirtschaftlich durchzuführen. Die Grenze für die **wirtschaftliche Gasverwertung** liegt bei etwa **1 Mio. kWh/ Betriebsjahr**, wobei immer eine Einzelfallprüfung erforderlich ist. Dies entspricht einer originären Deponiegasmenge von ca. 70 m³/h. Die Mindestanforderungen an die Gasqualität konnten in den vergangenen Jahren schrittweise gesenkt werden, so dass heute die TA-Luft-konforme Verwertung von Deponiegasen ab ca. **30 Vol.-% Methan** möglich ist.

Aufgrund der sich zeitlich verändernden Deponiegasmengen und -qualitäten wird auf den meisten Standorten die Deponiegasverwertung im Rahmen von Betreibermodellen durchgeführt, die Ausführung der Gasverwertungsanlagen erfolgt dann als Kompaktanlage in Containerbauweise. Die Anlagen werden entsprechend der Entwicklung der Gassituation angepasst und ausgetauscht.

Für nicht mehr verwertbare Gasmengen und Gasqualitäten stehen inzwischen ebenfalls Gasbehandlungstechniken mit deutlich erweitertem Arbeitsbereich zur Verfügung. Die HAASE-Hochtemperaturfackel mit Schwachgasmodus ermöglicht die Behandlung von Deponiegas mit mindestens 15 Vol.-% Methan. Sollte die Gasqualität noch geringer sein, kann auch eine Schwachgasfackel mit Verbrennungsluftvorwärmung eingesetzt werden, die für die Behandlung von Deponiegas mit Methankonzentrationen << 15 Vol.-% geeignet ist.

Anschrift des Verfassers

Dipl.-Ing. Axel Ramthun
HAASE Energietechnik AG
Gadelander Straße 172
D-24531 Neumünster
Telefon +49 4321 878 322

Email: axel.ramthun@haase.de

Website: www.haase-energietechnik.de