

10.01.2008

DAS – IB GmbH
DeponieAnlagenbauStachowitz
LFG - & Biogas - Technology

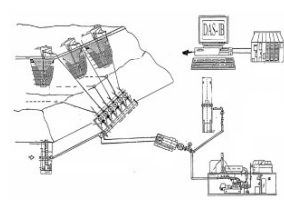
Biogas-, Klärgas- und Deponiegastechnologie:

- Beratung, Planung, Projektierung
- Schulung von Betriebspersonal
- Sachverständigentätigkeit (u.a. § 29a nach BImSchG und öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger bei der IHK zu Kiel)

Technischer Sitz:
Preetzer Str. 207
D 24147 Kiel

Kaufmännischer Sitz /
Rechnungsanschrift:
Flintbeker Str. 55
D 24113 Kiel

Tel. # 49 / 431 / 683814
Fax # 49 / 431 / 2004137



www.das-ib.de
email: info@das-ib.de

12

Synergien nutzen und

Dessau 2008
Bio- und
Deponiegas
Fachtagung
mit Ausstellung
22. / 23. April
Seminare 21. und
23./24. April



voneinander lernen II

Technische Behandlung von Deponierestgasen – Verfahrensvergleich ausgewählter Technologien am Beispiel der Deponie Wörth des LK Miltenberg



Dipl.-Ing. Wolfgang Horst Stachowitz, Dipl.-Ing. Gregor Entfellner¹
Dipl.-Ing. Rainer Wabersich²

¹ DAS – IB GmbH, LFG- & Biogas -Technology, Kiel

² ibu – GmbH, Tauberbischofsheim

Ausgangssituation

Die Deponie Wörth wurde in einer ehemaligen Tongrube errichtet. Die Verfüllung erfolgte in den Jahren 1981 bis 1990. Die Abfälle wurden bis zu ca. 20 m hoch geschüttet. Nach Schließung der Deponie im Jahr 1990 wurde eine Abdeckschicht aus bindigem Boden aufgebracht.

Durch Setzungen bildeten sich Senken in der Deponieoberfläche, was zu einer hohen Infiltration von Niederschlag in den Deponiekörper führte. Teilweise wurden in der Deponie Sickerwasser-Stauhorizonte bis zu einer Höhe von ca. 14 m festgestellt, in Teilbereichen war / ist die Deponie jedoch annähernd trocken.

Die Sickerwasserfassung erfolgt über ein Drainagesystem sowie in Teilbereichen über Sickerwasserschächte mit Pumpentwässerung.

In den Jahren 2005 / 2006 wurde die Deponieoberfläche in 2 Etappen profiliert und eine Oberflächenabdichtung aufgebracht. Von September bis November 2005 wurden ca. 9.000 m² Oberfläche abgedichtet und von April bis August 2006 wurden ca. 25.400 m² Oberfläche abgedichtet.

Zur Entgasung sind Gasbrunnen angeordnet, die über Gassammelleitungen abgesaugt werden. Die Gasgewinnung aus der Deponie ist seit Jahren rückläufig. Daher sind zurzeit nur noch 9 (von ehemals 16) Gasbrunnen aktiv.

Die ibu - GmbH wurde am 11.XII.2000 beauftragt, eine Konzeption zur Oberflächenabdichtung, Entwässerung und Entgasung einschließlich der erforderlichen Vorarbeiten zu erstellen. Die Konzeption wurde – mit Ausnahme der Maßnahmen zur Gasbehandlung - zunächst im Juli und dann überarbeitet im Oktober 2001 beim Landkreis Miltenberg vorgelegt. Nach Abstimmung mit den Fachbehörden sowie der Regierung von Unterfranken, LfU Nordbayern und Wasserwirtschaftsamt Aschaffenburg am 20.XI.2001 wurde die Konzeption am 5.III.2002 dem Ausschuss für Natur und Umweltschutz des Kreistages vorgetragen. Aus dieser Konzeption wurden die weiteren Schritte zur Planung und Baubegleitung der Maßnahme entwickelt und umgesetzt.

Da durch den Einbau einer Oberflächenabdichtung die Rahmenbedingungen für die Deponiegasproduktion und -fassung entscheidend verändert werden, sollte die Konzeption der Maßnahmen zur Gasbehandlung erst nach Abschluss der Arbeiten zur Oberflächenabdichtung erstellt werden.

Die vorliegende Konzeption stellt aktuelle Verfahren zur Behandlung von geringen Mengen von Deponiegas bzw. von Deponiegas mit geringen Methankonzentrationen vor und vergleicht deren Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit. Die Erstellung der Konzeption hat die DAS - IB GmbH aus Kiel für die ibu als Subunternehmer erstellt.

Deponiegasdaten (Ist-Zustand)

Die Deponie Wörth des Landkreises Miltenberg wurde von 1981 bis 1990 betrieben. In diesem Zeitraum wurden ca. 380.000 t Abfälle in der ehemaligen Tongrube abgelagert, u.a. Hausmüll, hausmüllähnlicher Gewerbeabfall, Sperrmüll und Bauabfälle.

Ursprünglich wurden 16 Gasbrunnen zur Fassung des Deponiegases betrieben. 1990 wurde im Mittel ca. 450 m³/h Deponiegas mit einem Methangehalt von 42 Vol % gefasst. Wie bereits erwähnt sind aufgrund rückläufiger Gaserträge zurzeit jedoch nur noch 9 Gasbrunnen aktiv; Ursachen dieser Entwicklung können z.B. die zeitweise Übersaugung der Deponie im Zeitraum der intensiven Deponiegasnutzung als auch

zu trockene oder zu nasse Deponiebereiche sein. Das gefasste Deponiegas, etwa 50 m³/h, wird zurzeit diskontinuierlich über eine Hochtemperaturverbrennung (HTV) entsorgt.

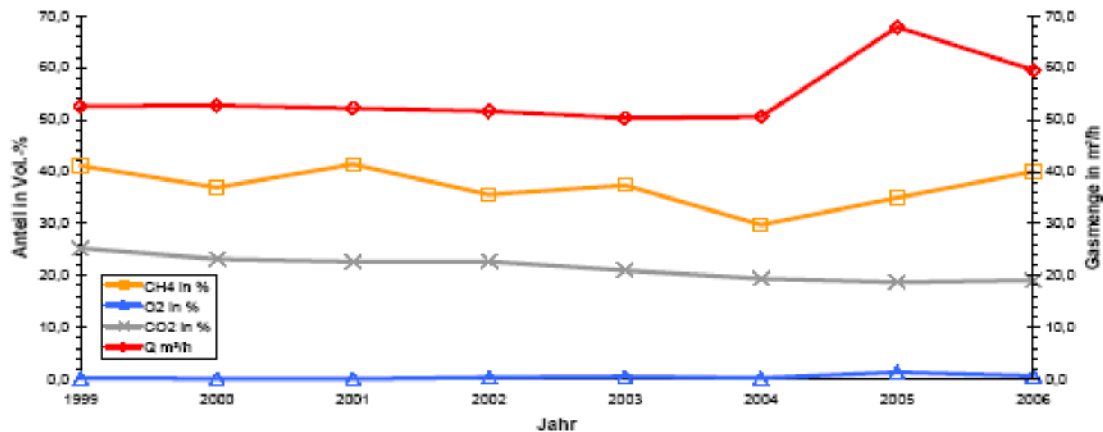


Abbildung 1: Entwicklung der gefassten Gasmenge und -qualität auf Basis der Jahresmittelwerte. Quelle: Darstellung DAS - IB auf Grundlage „Gaswerte Wörth 1999 - 2006“.

Die an den einzelnen Gasbrunnen gemessenen Deponiegaswerte von 2000 bis 2003 zeigen, dass sich die Deponie in der Endphase der Gasproduktion befindet. In dem genannten Zeitraum befanden sich alle Gasbrunnen mindestens in der Lufteindringphase, eine beträchtliche Anzahl war jedoch schon weiter fortgeschritten (Methanoxidations- bzw. Kohlendioxidphase).

Die Entwicklung der gefassten Gasmengen und -qualitäten über die letzten Jahre zeigt ebenfalls deutlich, dass sich die Deponie in der Lufteindringphase befindet (siehe Abbildung 1). Bis 2004 haben die Gasmengen und -qualitäten langsam abgenommen. Im Jahre 2005 kam es, im Vergleich zum Vorjahr, zu einer durchschnittlichen Steigerung der gefassten Gasmenge von rund 18 m³/h auf ca. 68 m³/h, gleichzeitig entwickelte sich der Methananteil nach oben. Für diese Entwicklung könnten mehrere Ursachen in Betracht kommen, u.a. die Sanierung der Sickerwasserfassung und durch die Profilierungsmassen verursachte Sickerwasserabflüsse aus dem Deponiekörper, durch welche überstaute Bereiche des Müllkörpers trocken gelegt wurden (teilweise wurden in der Deponie Sickerwasser-Stauhorizonte bis zu einer Höhe von ca. 14 m festgestellt und dadurch wieder zur Gasproduktion beitragen konnten).

Aufgrund der Datenlage bleibt jedoch unklar, ob die gemessenen Deponiegasvolumenströme aufgrund des diskontinuierlichen Betriebes der Anlage repräsentativ sind oder lediglich Momentaufnahmen des Anlagenbetriebes darstellen. Daraus können Ungenauigkeiten in den verwendeten Daten der Volumenströme resultieren.

Aktuell besteht das Deponiegas durchschnittlich im Wesentlichen aus 38,2 Vol % Methan und 19,9 Vol % Kohlendioxid, der Sauerstoffgehalt liegt dabei unter 0,3 Vol. %.

Deponiegasdaten (Voraussichtliche Entwicklung)

Für die Prognose der Entwicklung der Gasmengen werden üblicherweise unterschiedliche Modelle herangezogen. Ein Vergleich der prognostizierten Gaserträge der Deponie Wörth, nach dem Modell von Rettenberger und Tabasaran (RETTENBERGER 1992) und dem Modell von WEBER 1990, sowie den tatsächlich

gemessenen Daten ist in Abbildung 2 dargestellt.

Da das Modell von Weber für offene Deponien bessere Ergebnisse erzielt und das Modell von Rettenberger bessere Ergebnisse für abgedichtete Deponien prognostiziert (vgl. SCHNAPKE 2006), kann davon ausgegangen werden, dass sich die Deponiegasmengen nun nach der installierten Oberflächenabdichtung auf der Deponie Wörth eher gemäß dem neuen Gasprognosemodell nach Rettenberger verhalten werden. Dies bedeutet, dass die Gaserträge schneller fallen werden, als dies bisher der Fall war.

Es wird darauf hingewiesen, dass aufgrund der Datenlage eine genaue Prognose nicht möglich ist und die ermittelten Werte nur zur groben Orientierung dienen.

Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass innerhalb der nächsten 10 bis 15 Jahre der Deponiegasertrag auf 25 m³/h sinken wird, bezogen auf einen Methangehalt von 50 Vol % und eine kontinuierliche Absaugleistung.

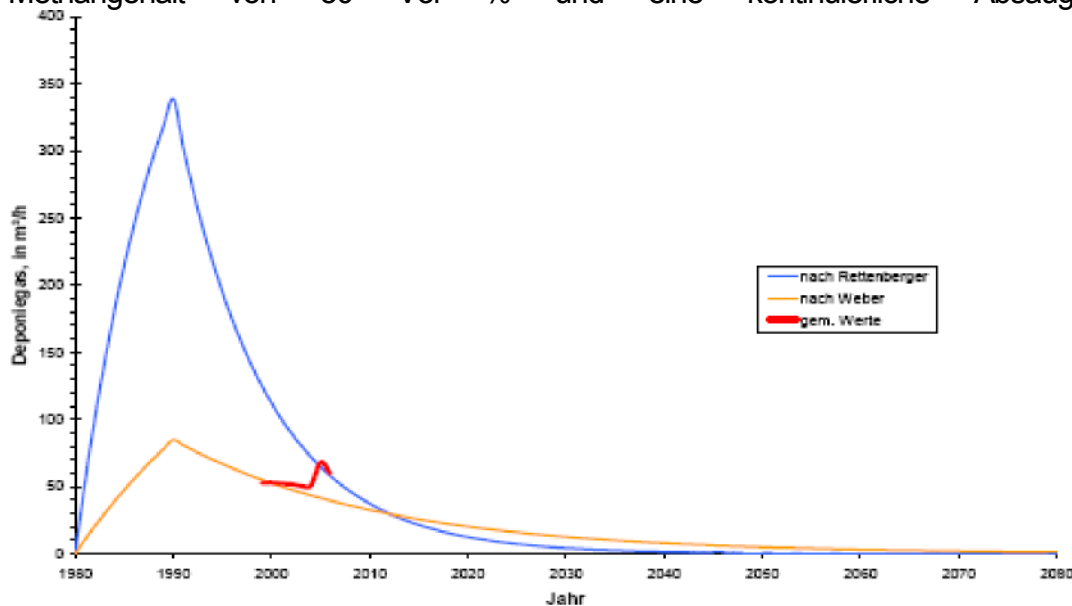


Abbildung 2: Entwicklung der Deponiegaserträge nach verschiedenen Modellen im Vergleich zu den gemessenen Werten

Die Entwicklung des Methananteils im Deponiegas kann aus den Prognosen über Mengenentwicklung nicht hergeleitet werden, da weitere Einflussfaktoren, wie beispielsweise der übersaugungsbedingte Anteil der Umgebungsluft am Deponiegas und das Verhalten der Biologie nach vollendeter Oberflächenabdichtung, nicht genau abzuschätzen sind. Mittels Extrapolation der Gasqualitäten der letzten Jahre, können Anhaltswerte für die Zukunft prognostiziert werden.

Eine Extrapolation der Gasmesswerte der Jahre 1999 bis 2006, in Abbildung 3 dargestellt, zeigt, dass der Anteil an Methan im Deponiegas in den nächsten 10 bis 15 Jahren nicht unter 25 Vol % fällt. Allerdings kann nicht detailliert vorhergesehen werden, wie sich die inzwischen aufgebrachte Oberflächenabdichtung auf die Entwicklung des Deponiegases auswirken wird.

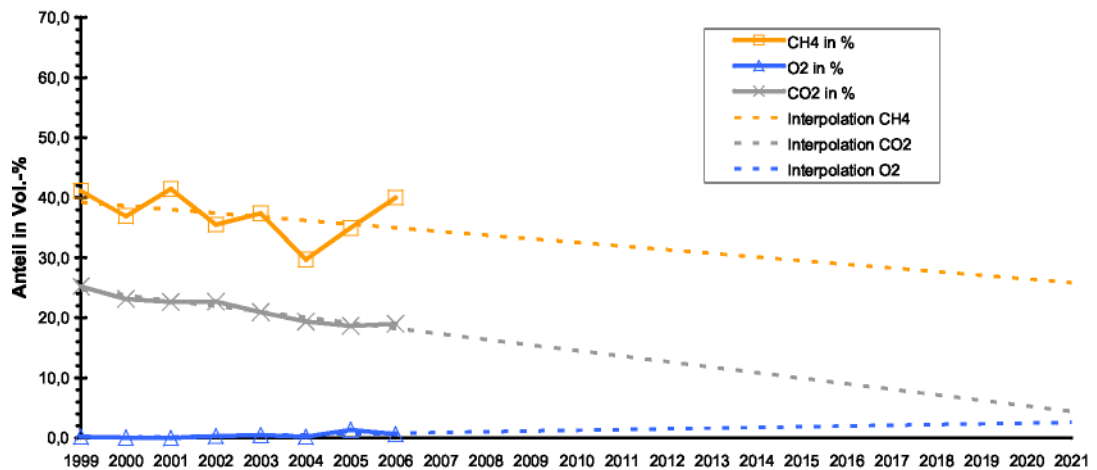


Abbildung 3: Extrapolierte Anteile am Deponiegas der Gase Methan, Kohlendioxid und Sauerstoff

Der diskontinuierliche Betrieb der Deponiegasbeseitigung wird jedoch nur noch so lange möglich sein, wie die minimale Feuerungsleistung der Hochtemperaturverbrennung nicht unterschritten wird und die Gasmenge die untere Auslegungsgrenze der Gasverdichterstation nicht unterschreitet. In herkömmlichen Fackeln ist eine Verbrennung von Gasen mit Methangehalten unterhalb von ca. 25 Vol % technisch nicht mehr möglich.

Um der Verpflichtung einer umweltgerechten Beseitigung des anfallenden Deponiegases nachzukommen, ist daher für die Zukunft eine geeignete Deponiegasbehandlung vorzusehen.

1. Einleitung

Mit zunehmendem Deponiealter stabilisiert sich der Abfall, der biologische Abbau verlangsamt sich und kommt schließlich zum Erliegen, entsprechend geht die Deponiegasbildung zurück. Während dieses Prozesses ändert sich die Zusammensetzung des Deponiegases, der Methananteil nimmt ab und die Anteile von Kohlendioxid, Stickstoff und Sauerstoff nehmen zu. Deponierestgas ist also in der Regel ein Gasgemisch mit reduziertem Heizwert (Schwachgas), bei dem das Mischungsverhältnis der brennbaren Anteile (vor allem Methan) zu den inerten Anteilen (insbesondere Kohlendioxid und Stickstoff) gering ist.

Mit sinkendem Heizwert und abnehmenden Gaserträgen kann irgendwann das Deponiegas nicht mehr im Gas-Ottomotor verstromt werden und muss über eine Hochtemperaturfackel entsorgt werden. Diese hat wiederum ihre technischen Grenzen, so dass in der Endphase von Deponien bei weiter sinkendem Heizwert andere Verfahren zur Deponiegasbeseitigung gewählt werden müssen.

Unter Schwachgas wird ein Gas-Gemisch mit reduziertem Heizwert verstanden, d.h., das Mischungsverhältnis der brennbaren Anteile (hier: vor allem Methan) zu den inerten Anteilen (insbesondere Kohlendioxid und Stickstoff) ist gering.

Die Verfahren zur Schwachgasbehandlung lassen sich grundsätzlich in thermische und biologische Verfahren unterteilen. Bei den thermischen Verfahren wird das im Deponiegas enthaltene Methan unter Zuführung von Wärmeenergie oxidiert. Die biologischen Verfahren beruhen darauf, dass Bakterien das Methan und andere Inhaltsstoffe des Deponiegases als Energiequelle nutzen und somit beseitigen bzw. dass der Deponiekörper durch eine forcierte aerobe Behandlung stabilisiert wird.

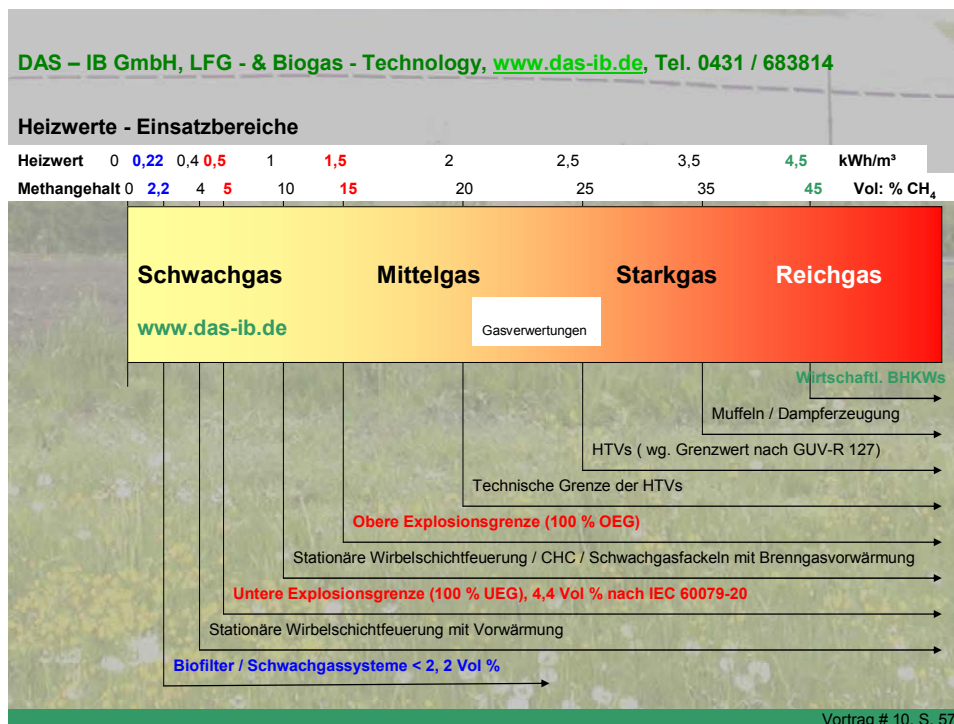


Abbildung 4: Gasnutzungen in Abhängigkeit des Heizwert im Rohgas

2. Thermische Verfahren zur Deponierestgasbehandlung

Grundsätzlich kann bei Deponiegas in der Regel bei Methangehalten von über 25 Vol % davon ausgegangen werden, dass die Zündung in der Hochtemperaturfackel zuverlässig erfolgt. Bei geringeren Methangehalten muss daher zusätzlich Energie zugeführt werden, um eine vollständige Oxidation des Methans zu erreichen.

2.1 Kohlenstoff-Converter

Der Kohlenstoff-Converter (CHC) von LAMBDA ist ein Oberflächenbrenner auf Basis eines Metallgewebes. Deponiegas wird mit Luft gemischt und über einen Zerstäuber durch ein heißes Metallgewebe gedrückt, an dessen Oberfläche die Oxidation des Deponiegases erfolgt.

CHC-Anlagen können zwischen ca. 17 und 170 m³/h Deponiegas beseitigen, bei einem Methangehalt von über 8 Vol % funktioniert das Verfahren autotherm. Optional kann Stützgas zur Beseitigung von geringeren Methangehalten verwendet werden. [PARRAGI, ESCHEY UND HAUBRICHS 2007]

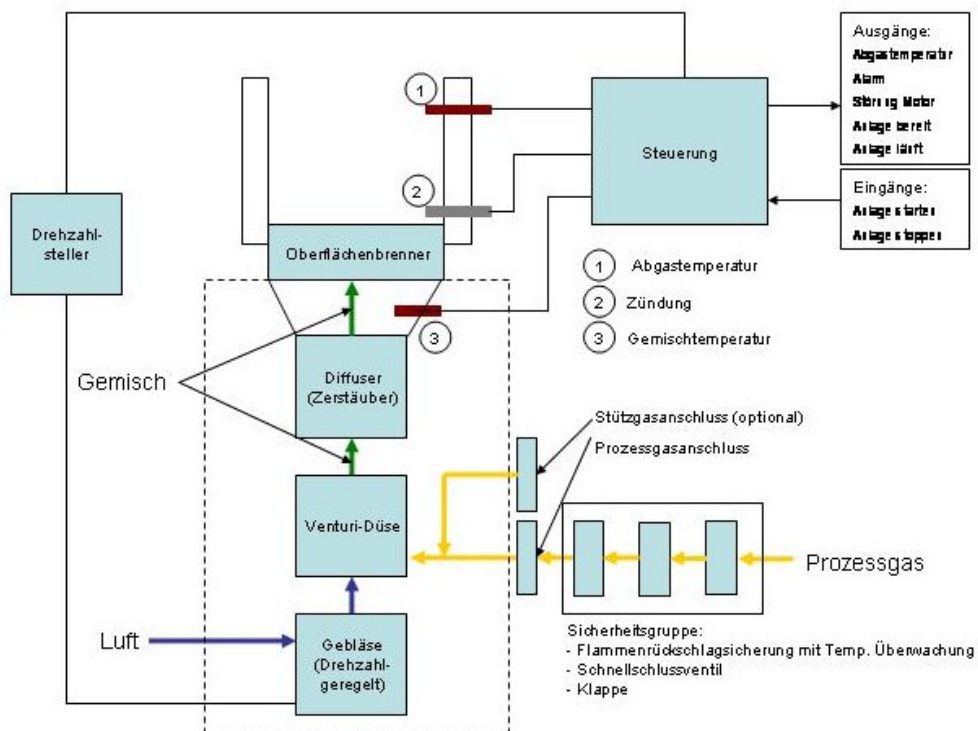




Abbildung 1: Funktionsschema und Referenz Nördlingen des LAMBDA Kohlenstoff-Converters (CHC) [PARRAGI, ESCHEY UND HAUBRICHS 2007]

2.2 Schwachgasfackeln

Die Schwachgasfackeln von C-nox und HAASE können autotherm, d.h. ohne Stützgas, Deponiegas bis unter 10 Vol % Methan verbrennen. Ermöglicht wird dies durch die regenerative Vorwärmung der Verbrennungsluft mittels Abgas-Luft-Wärmetauscher.



Abbildung 2: die HAASE SG-HT-Anlage auf der Deponie Haferteich

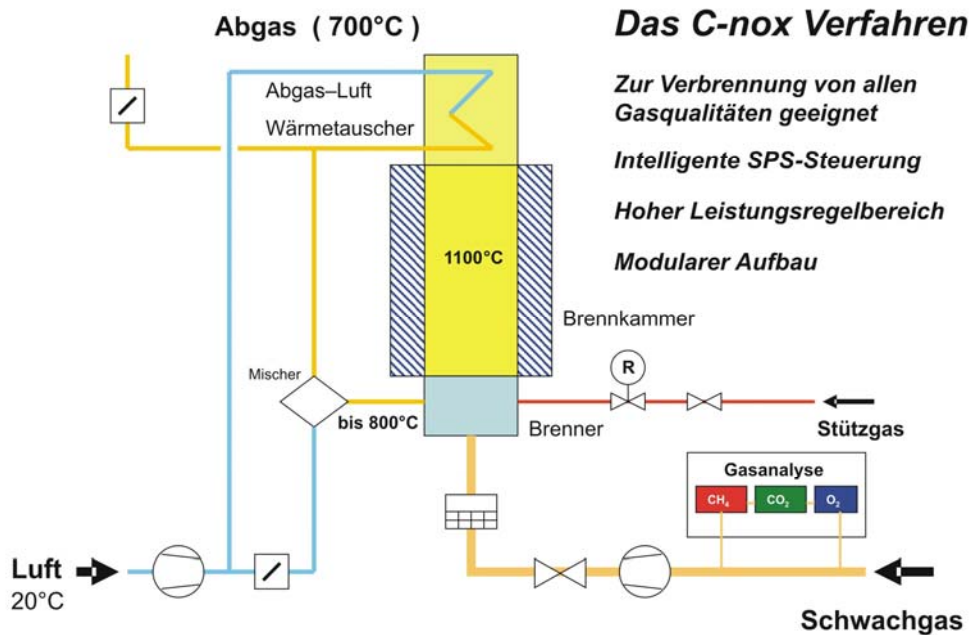


Abbildung 3: Funktionsschema der C-nox Schwachgasfakel [HEGEMANN UND KÜGLER 2007]

2.3 Stationäre Wirbelschichtfeuerung

Grundlage des Verfahrens von ES+S ist die Wirbelschichtverbrennung, bei der das Deponiegas in ein fluidisiertes Wirbelbett aus heißen mineralischen Partikeln geleitet wird, an deren Oberfläche sich die Oxidation der organischen Inhaltsstoffe des Deponiegases vollzieht. Die Deponiegasentsorgung ist mit diesem Verfahren bis zu einem Methangehalt von 7 Vol.-% möglich [ES+S 2005].

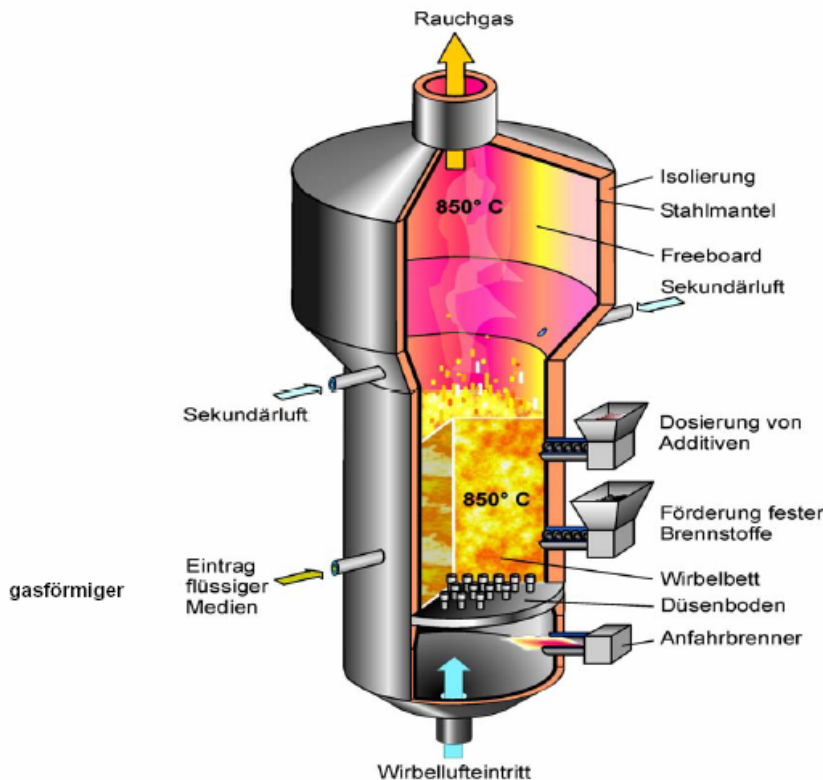


Abbildung 4: schematischer Querschnitt der ES+S Stationären Wirbelschicht [ES+S 2006]

2.4 DEPOTHERM®-Thermoreaktor

Im DEPOTHERM®-Thermoreaktor der Roediger BioEnergie erfolgt die Oxidation der organischen Gasinhaltsstoffe des Deponiegases in der zentralen Brennkammer bei Temperaturen über 800°C. Unterhalb der Brennkammer sind zwei Wärmerückgewinnungskammern angeordnet (A und B in Abbildung 5), in denen sich eine keramische Wärmespeichermasse befindet. Diese regenerativen Wärmetauscher übertragen die Wärme des abgegebenen Reingases auf das eintretende Rohgas, sie werden mittels Steuer- und Regelsystem alternierend zur Wärmeabgabe oder -speicherung geschaltet. [UMAT 2005]

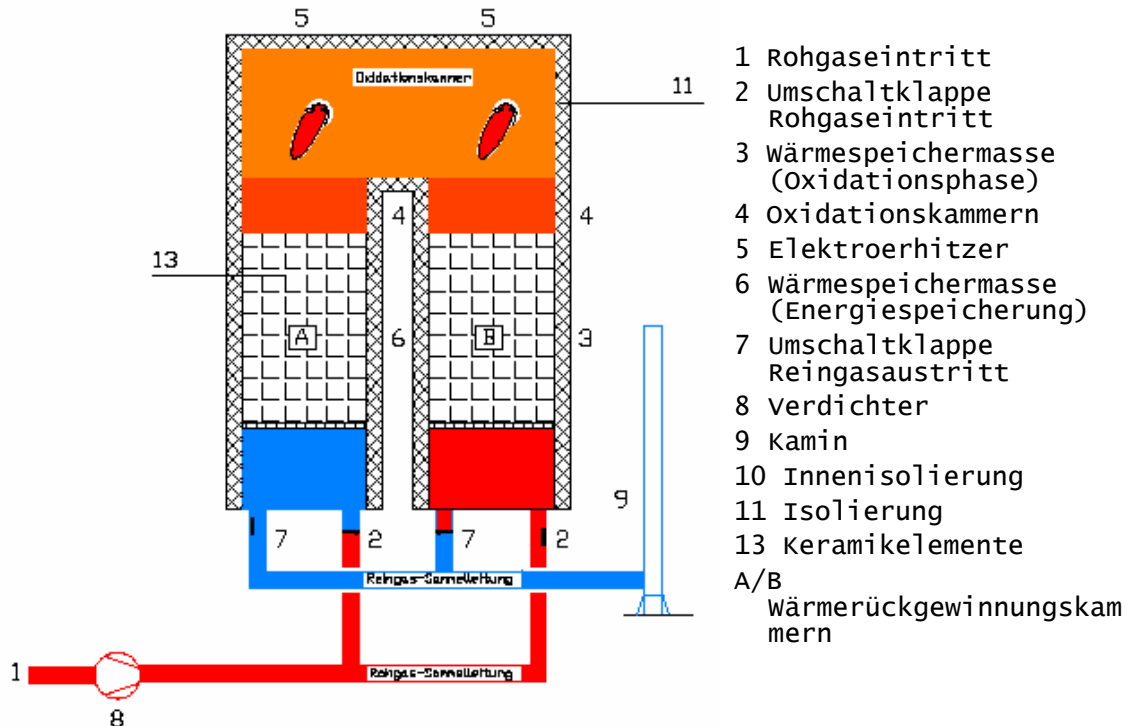


Abbildung 5: Verfahrensschema der Nachverbrennung im DEPOTHERM®-Reaktor (Druckbetrieb) [UMAT 2005]

2.5 Pro2 IC-Modul

Die Schwachgasentsorgungsanlage von Pro2 in Containerbauweise mit Rekuperativer-Thermischer-Oxidation (IC-Modul) kann in einem Bereich von 10-40 Vol.-% Methan eingesetzt werden [PRO2 2006].

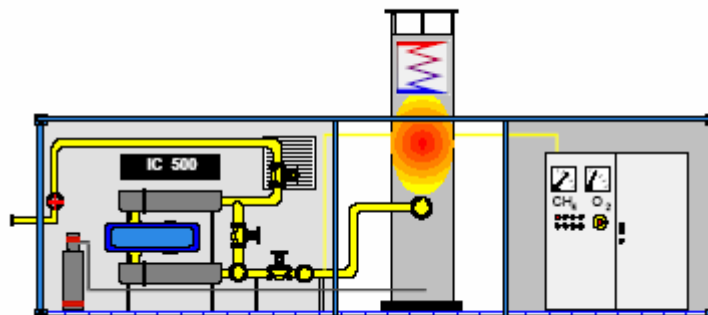


Abbildung 5: Schematischer Schnitt durch das IC-Modul von PRO2 [Pro2 2006]

3. Biologische Verfahren zur Deponierestgasbehandlung

3.1 In-Situ-Stabilisierung

Beim DEPO⁺-Verfahren wird durch das Einbringen von Luft in den Deponiekörper der aerobe Abbau der Restorganik des abgelagerten Abfalls angeregt und eine Stabilisierung des Abfalls bewirkt.

Vorteilhaft ist, dass i.d.R. nach der erfolgten In-Situ-Stabilisierung (nach 3 bis 5 Jahren) keine Deponiegase mehr anfallen und die Nachsorgezeiträume für Sickerwässer um mehrere Jahrzehnte verkürzt werden.

Die Kosten einer solchen Behandlung werden von HEYER, HUPE, UND STEGMANN 2007 auf 0,5 bis 3 €/m³ Deponievolumen beziffert. Die höchsten spezifischen Kosten fallen demnach bei kleinen Altdeponien ohne bestehende Infrastruktur an.

Beim DEPO⁺-Verfahren wird eine patentierte Tiefenabsaugung angewendet, das anfallende Schwachgas muss durch eine weitere Behandlungsstufe entsorgt werden, die zusätzliche Kosten verursachen kann [SCHNAPKE 2006].

3.2 Biofilter

Die Wirkungsweise von Biofiltern beruht darauf, dass Mikroorganismen Methan und andere Inhaltsstoffe des Deponiegases als Energiequelle nutzen können und auf diese Weise das Deponiegas reinigen.

Biofilter können sowohl aktiv als auch passiv betrieben werden. Voraussetzung für gute Reinigungsleistungen ist, eine geringe Methanbelastung des Deponiegases (unterhalb der Unteren Explosionsgrenze), eine gute Feuchte- und Sauerstoffversorgung des Filterbettes sowie eine zuverlässige Temperaturführung [STACHOWITZ 2007].

Dabei muss jedoch beachtet werden, dass die Auslegung eines Biofilters zur Methanoxidation nicht der eines Biofilters zur Geruchsminimierung entspricht. Die wenigsten Hersteller von Biofiltern sichern jedoch zurzeit eine Methanoxidation zu. Zukünftig werden solche Verfahren jedoch gerade für die Oxidation von Deponiegas mit sehr geringen Methankonzentrationen an Bedeutung gewinnen. [SCHNAPKE 2006]

4. Bewertung der Behandlungsmöglichkeiten

Die durchgeführte ökonomische Bewertung der unterschiedlichen Behandlungsverfahren beruht auf folgenden Annahmen:

- einer Nutzungsdauer von 10 Jahren
- eines Restwertes der Anlagen von 0 € am Ende der Laufzeit
- eines Zinssatzes von 6,25 % und
- einer Finanzierung mit 100 % Fremdkapital.

Nicht berücksichtigt sind eventuelle Einnahmen aus dem Verkauf von CO₂-Zertifikaten, die im Rahmen eines Joint-Implementation Projektes möglicherweise erwirtschaftet werden könnten. Weitere Informationen zu diesem Thema finden sich u.a. bei SCHNAPKE 2006 und STACHOWITZ 2005.

5. Quellenverzeichnis

ES+S GmbH (2005): Die IMGES+S Wirbelschichtfackel – Eine neue Qualität in der Deponienachsorge. http://www.es-plus-s.de/Expose_ES_S_Wirbelschichtfackel.pdf, 2005.

ES+S GmbH (2006): Stationäre Wirbelschichtfeuerung (SWSF) zur Entsorgung von heizwertarmen Deponie-Restgasen im beaufsichtigungsfreien Dauerbetrieb - Erfahrungen und Ergebnisse. Präsentationen in Kassel und Ludwigsburg, 2006.

Hegemann, J und Kügler, L. (2007): Grundlagen der Schwachgasverbrennung. In: Stachowitz, W.H. [Hrsg.]: Deponie- & Biogasanlagen, Synergien nutzen - voneinander lernen. April 2007.

Heyer, K.-U., Hupe, K. und Stegmann, R. (2007): Aerobe in situ Stabilisierung und passive Schwachgasbehandlung zur Reduzierung des Nachsorgeaufwands. In: Stachowitz, W.H. [Hrsg.]: Deponie- & Biogasanlagen, Synergien nutzen - voneinander lernen. April 2007.

Parragi, D., Eschey, H. und Haubrichs, R. (2007): Durchgängiges Deponiegas-Behandlungskonzept mit herkömmlichen und innovativen Verfahren über den gesamten Methanbereich. In: Stachowitz, W.H. [Hrsg.]: Deponie- & Biogasanlagen, Synergien nutzen - voneinander lernen. April 2007.

Pro2 (2006): Schwachgasanlagen - Rekuperative-Thermische-Oxidation. http://www.pro-2.net/pro2/de/Download/Deutsch/schwachgas_D.PDF. Stand September 2006.

Schnapke, A. (2006): Entwicklung eines Konzeptes zur Schwachgasbehandlung für den Deponiestandort Penig des Abfallwirtschaftsverbandes Chemnitz (AWVC) – Technische, ökonomische und ökologische Variantendiskussion. Diplomarbeit, TU Dresden & DAS – IB GmbH, Dezember 2006.

Stachowitz, W.H. (2007): Biogas- und Deponiegashandbuch. DAS – IB GmbH, Kiel. 6. Auflage, März 2007.