

DAS – IB GmbH

DeponieAnlagenbauStachowitz

LFG - & Biogas - Technology

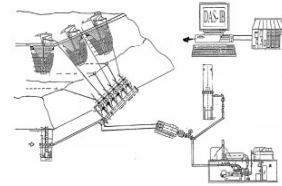
Biogas-, Klärgas- und Deponiegastechnologie:

- 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: nach Absprache

Schwachgaskonzepte anhand der Deponien Wörth, MZ – Budenheim, Penig und Buckenhof

69. Landesgruppen- und Fachtagung
VKS im VKU

Landesgruppe
Baden Württemberg

17. und 18. VII. 2008

Wolfgang Horst Stachowitz
Christian Kusche

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

1. Schwachgaskonzepte anhand der Deponien Wörth, MZ Budenheim, Penig und Buckenhof

1.1 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 zu den inerten Anteilen 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 Luftsauerstoff thermisch oxidiert. Dabei wird die thermische Zerfallsenergie von $O_2 + CH_4$ zu $CO_2 + H_2O$ ausgenutzt. Die biologischen Verfahren beruhen darauf, dass Bakterien das Methan und andere Inhaltsstoffe des Deponiegases als Energiequelle nutzen und somit unter definierten Bedingungen aufoxidieren bzw. dass der Deponiekörper durch eine forcierte aerobe Behandlung stabilisiert wird.

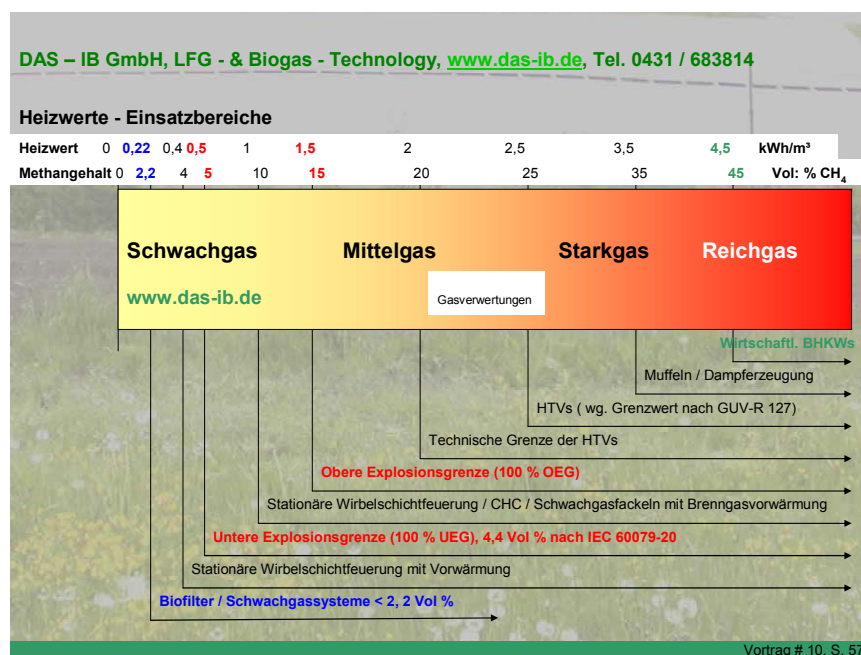


Abbildung 1: Gasnutzungen in Abhängigkeit des Heizwert im Rohgas

2. Überblick der Deponien

Tab.1: Überblick Deponien

Deponie	Schwachgaskonzepte			
	Wörth	MZ Budenheim	Buckenhof	Penig
Bundesland	Bayern	Rheinland - Pfalz	Bayern	Sachsen
Ablagerungszeitraum	1981 - 1990	DA I und II 1965 - 1985	1964 - 1980	Alt 1967 - 1989 Neu 1990 - 2000
Ablagerungsfläche	ca. 38.000 m ²	130.000 m ²	80.000 m ²	ges. ca. 160.000 m ² Neu ca. 22000 m ²
Ablagerungsmächtigkeit (Durchschnitt)	ca. 20 m	ca. 40 m		
Ablagerungsmenge	380.000 Mg	8.555.418 Mg	1.100.000 Mg	
Ablagerungsvolumen		5.2 Mio. m ³	1,0 Mio. m ³	
Abfallarten	Hausmüll, hausmüllähnliche Gewerbeabfälle, Sperrmüll, Bauabfälle	Hausmüll, hausmüllähnliche Gewerbeabfälle, Sperrmüll, Bauabfälle	Hausmüll, hausmüllähnliche Gewerbeabfälle, Sperrmüll, Bauabfälle	Hausmüll, hausmüllähnliche Mineralische Abfälle, Sperrmüll, Bauabfälle
Oberflächenabdichtung ab	1990	1985	1980	1989
Art	Abdeckschicht aus bindigem Boden	bindigem Boden und lageweise Dichtungsboden		KDB, Kapillarschicht und bindiger Boden
Bereich	überall	überall	überall	alt
ab	2005	z.Z.		2000
Art	Oberflächenabdichtung	KDB		KDB, Kapillarschicht und bindiger Boden
Bereich	überall	überall		neu
Gasbrunnen	aktiv 9	31	Ursprünglich 24 Stück Aktuell 9 Stück	Aktiv 4

2.1 Deponie Wörth

2.1.1 Besonderheiten der Deponie Wörth

Die Deponie Wörth des Landkreises Miltenberg wurde in einer ehemaligen Tongrube errichtet.

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 Sickerwassersammlung erfolgt über ein Drainagesystem sowie in Teilbereichen über Sickerwasserschächte mit Pumpentwässerung.

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, welche die DAS - IB GmbH aus Kiel für die Ingenieurgesellschaft für Bauwesen und Umwelttechnik mbH (ibu) im Mai 2007 als Subunternehmer erstellt hat.

2.1.2 Deponiegasdaten (Ist-Zustand)

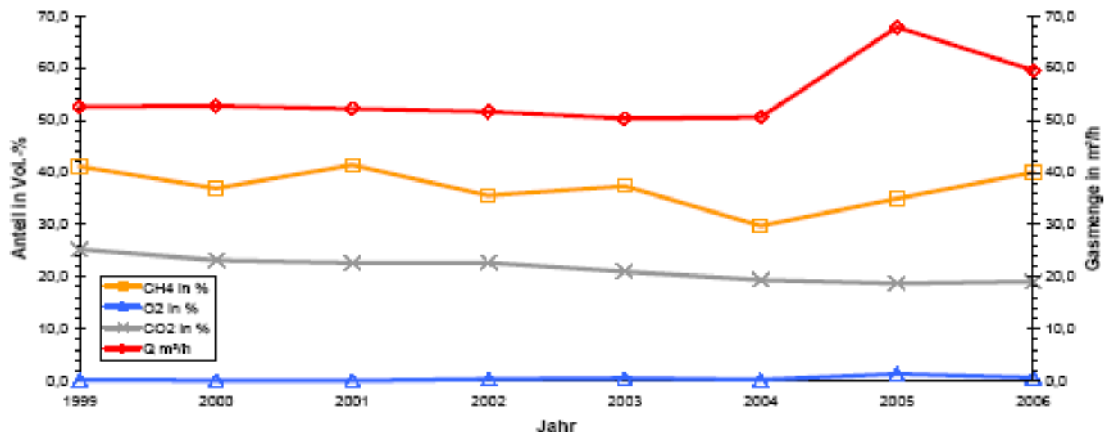


Abbildung 2: Entwicklung der gefassten Gasmenge und -qualität auf Basis der Jahresmittelwerte. Quelle: Darstellung DAS - IB auf Grundlage „Gaswerte Wörth 1999 - 2006“.

1990 wurde im Mittel ca. 450 m³/h Deponiegas mit einem Methangehalt von 42 Vol.-% gefasst. Aufgrund rückläufiger Gaserträge sind zurzeit nur noch 9 von 12 Gasbrunnen aktiv.

z.Z. wird das gefasste Deponiegas, etwa 50 m³/h, diskontinuierlich über eine Hochtemperaturverbrennung (HTV) entsorgt.

Die an den einzelnen Gasbrunnen gemessenen Deponiegaswerte zeigen, dass sich die Deponie in der Endphase der Gasproduktion befindet.

Aktuell besteht das Deponiegas im Wesentlichen durchschnittlich aus ca. 39 Vol.-% Methan und ca. 20 Vol.-% Kohlendioxid, der Sauerstoffgehalt liegt dabei unter 0,3 Vol.-%.

2.1.3 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 (WEBER 1990), sowie den tatsächlich gemessenen Daten ist in Abbildung 3 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 war und die ermittelten Werte nur zur groben Orientierung dienten. 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.

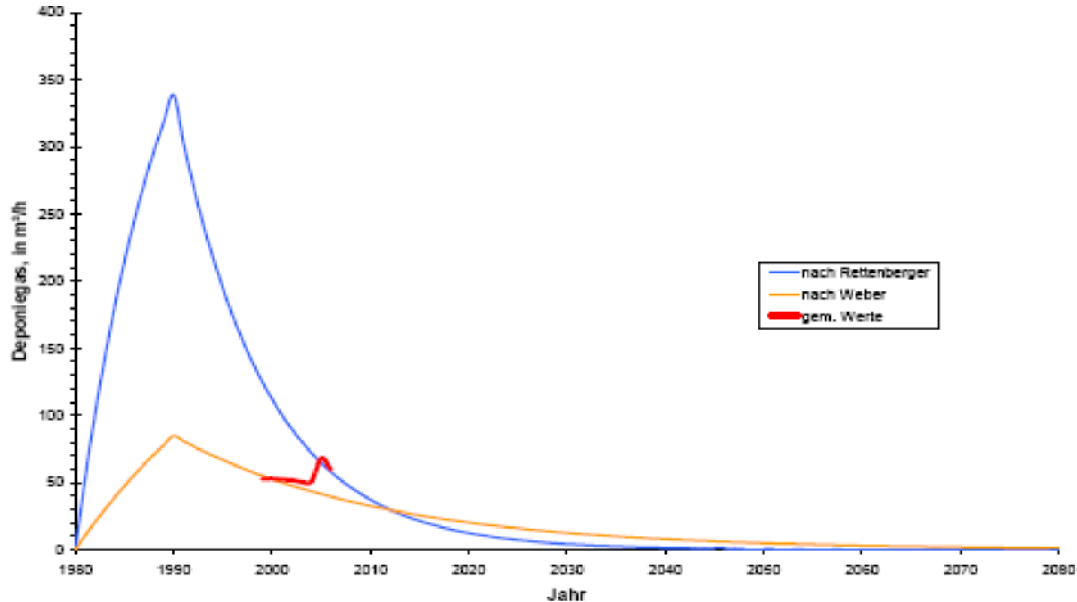


Abbildung 3: Entwicklung der Deponiegaserträge nach verschiedenen Modellen im Vergleich zu den gemessenen Werten

Eine Extrapolation der Gasmesswerte der Jahre 1999 bis 2006, in Abbildung 4 dargestellt, zeigt, dass der Anteil an Methan im Deponiegas in den nächsten 10 bis 15 Jahren nicht unter 25 Vol.-% fällt.

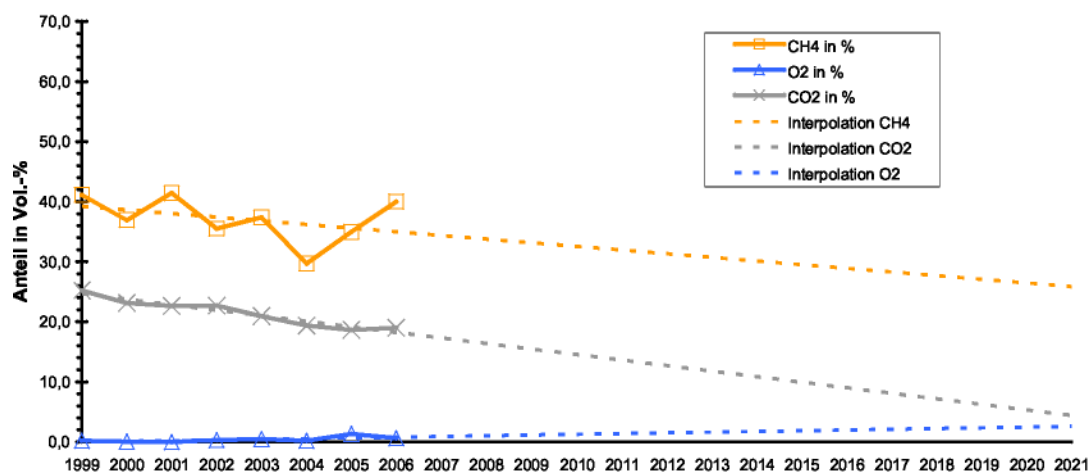
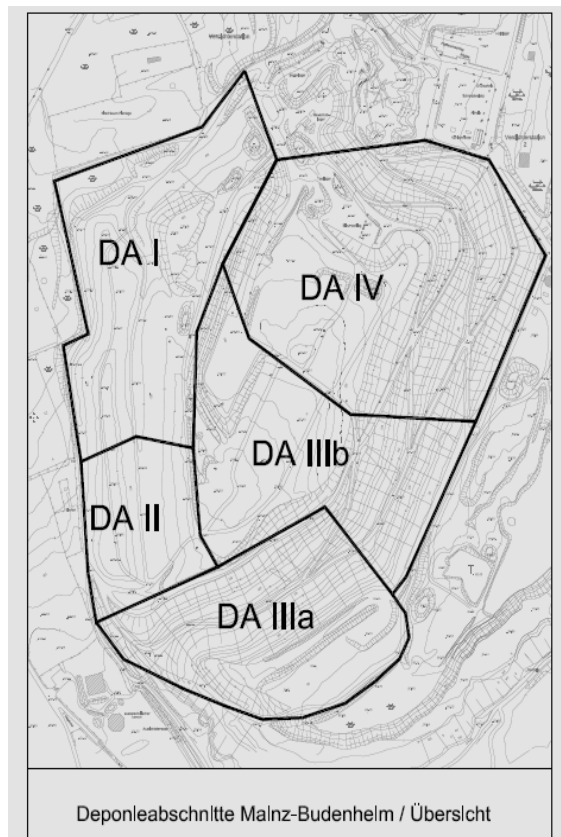


Abbildung 4: Extrapolierte Anteile am Deponiegas der Gase CH₄, CO₂ und O₂

Um der Verpflichtung einer umweltgerechten Beseitigung des anfallenden Deponiegases nachzukommen, ist daher für die Zukunft eine geeignete Deponiegasbehandlung vorzusehen, welche auch Methangehalte von < 25 Vol.-% und bei ≤ 50 m³/h entsorgt.

2.2 Deponie Budenheim

2.2.1 Besonderheiten Deponie Budenheim



- Die Deponie des Entsorgungsbetrieb der Stadt Mainz besteht aus 4 Deponieabschnitte mit einer Gesamtfläche von ca. 210.000 m² und einer Gesamteinlagerungsmenge von 11.742.462 Mg
- Die DA I und II werden durch 1982, 1993 und 2006 installierte Vertikalbrunnen abgesaugt.
- Für die Ableitung der abgesaugten Deponiegase besteht eine separate Gassammelleitung, welche an die jeweiligen Verdichtern angeschlossen ist und zu den Entsorgungseinheiten (BHKW, Muffel, Fackel) führt.
- Für die DA I und II ist in der Nachsorgephase ein Freizeit- und Erholungsgebiet (Golfplatz) geplant, welches z.Z. umgesetzt bzw. schon gebaut wird.

Abbildung 5: Übersicht Deponieabschnitte [Entsorgungsbetrieb Mainz 2007]

Sowohl eine liegende Muffel als auch eine Notfackel sind z.Z nicht mehr in der Lage, das Deponieschwachgas aufgrund des zu geringen Methangehaltes bzw. der zu geringen Deponiegasmenge zu verwerten.

Die DAS – IB GmbH wurde im Herbst 2007 beauftragt, eine Konzeption zur Schwachgasbehandlung für das in den DA I und II entstehenden Deponiegas und für den Umbau der vorhandenen Technik zu erstellen. Die Konzepte zur Umsetzung wurden der AGin in zwei Bearbeitungsphasen im Dez. 2007 und Jan. 2008 übergeben.

2.2.2 Deponiegasdaten (IST – Zustand)

Für den Zeitraum 1983 bis 2006 ist der Verlauf der Absaugmengen insgesamt sehr stark fallend (vgl. Abb. 6).

Die Deponiegasmenge (aus DA I und II) im Jahre 2006 liegt bei 230.200 m³ bzw. 26,64 m³/h.

Aufgrund der zur Verfügung stehenden Daten, ist nur eine grobe Einschätzung der qualitativen Deponiegaszusammensetzung möglich. Bei Betrachtung des Verlaufs der Deponiegaszusammensetzung in Abhängigkeit von der Zeit nach Rettenberger & Mezger (1992), befindet sich die Deponie MZ - Budenheim mindestens in der Phase

V (Langzeitphase), eher aber in einer späteren Phase VI (Lufteindringphase) der insgesamt IX Phasen.

2.2.3 Deponiegasdaten (Voraussichtliche Entwicklung)

Für die Deponie Budenheim wurde wie bei der Deponie Wörth auf verschiedene Deponiegas-Prognose-Modelle mit Anpassungen an den Standort, durch eigene Erfahrungen sowie die Kombinationen der Modelle miteinander angewandt.

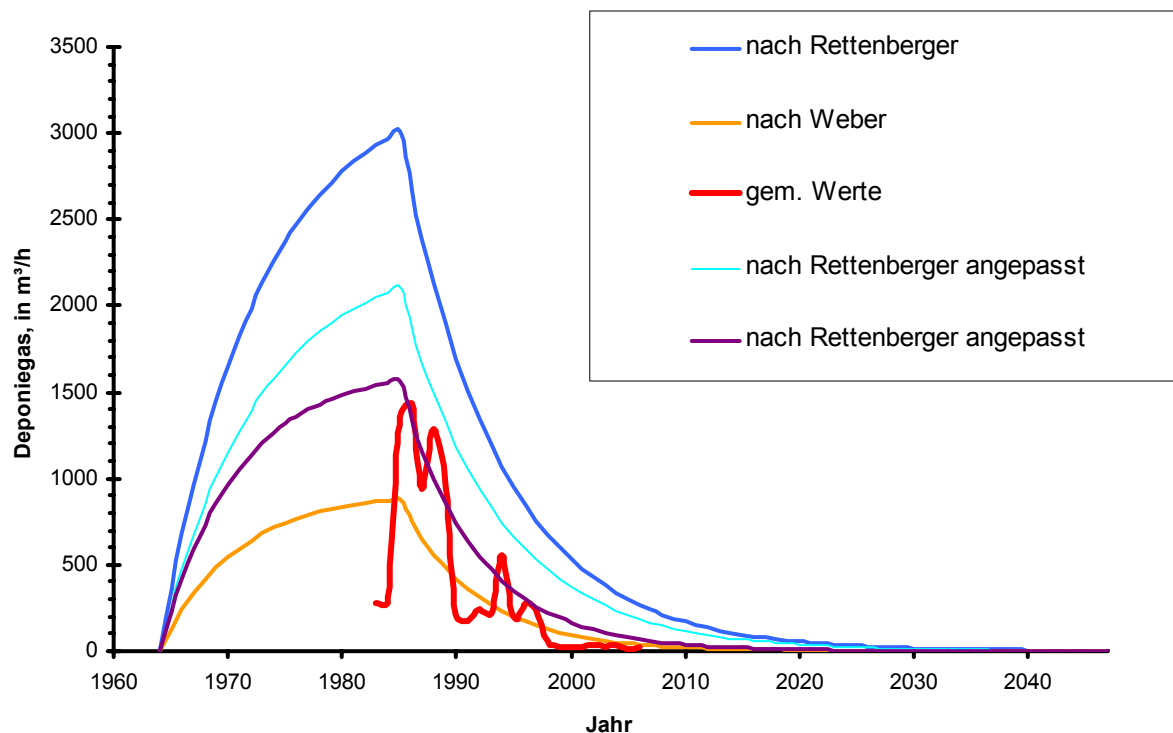


Abbildung 6: Entwicklung der Deponiegaserträge nach verschiedenen Modellen im Vergleich zu den gemessenen Werten

Wir konnten feststellen, dass die angewendeten und angepassten Modelle nicht ohne weiteres in der Lage sind, den „gemessenen Verlauf“ wiederzugeben.

Wir sind zudem immer vom „schlechtesten Fall“ ausgegangen, d.h. der kürzeste Zeitraum, in der der Methangehalt < 10 Vol.-% wird. Bei der Deponie MZ - Budenheim wäre das nach einem Modell von Rettenberger 2016. Wir gehen davon aus, dass innerhalb der nächsten 8 Jahre der Deponiegasertrag nicht auf < 10 m³/h sinken wird, bezogen auf einen Methangehalt von ca. 25 Vol.-% und einer kontinuierlichen Absaugleistung.

Um der Verpflichtung einer umweltgerechten Beseitigung des anfallenden Deponiegases nachzukommen, ist daher für die Zukunft eine geeignete Deponiegasbehandlung vorzusehen. Die hierfür in Frage kommende Technik ist a) die so genannte Schwachgastechnik, die auf die Verwertung / Entsorgung von niederkalorischen Gasgemische spezialisiert ist oder b) verbesserte HTVs mit ggfs. einem Stützgasbetrieb.

2.3 Deponie Buckenhof

2.3.1 Besonderheiten Deponie Buckenhof

Die Deponie Buckenhof unterliegt der Stadt Erlangen und wurde von 1964 bis 1980 betrieben.

In diesem Zeitraum wurden ca. 1.000.000m³ Abfälle abgelagert. [UMWELTAM STADT ERLANGEN 1990]

Laut Sperl 2004 [ZVA Erlangen 2007] beträgt die verfüllte Abfallmenge 1,1 Mio. t, wovon 550.000 t gasproduktionsrelevant sind.

Seit Herbst 2005 betreut der ZVA ER-ERH die Deponieentgasungsanlage im Auftrag der Stadt Erlangen.

Ursprünglich wurden 24 Gasbrunnen zur Fassung des Deponiegases betrieben und ab Ende 1986 ca. 300 - 400 m³/h Deponiegas gefasst.

Die rückläufigen Gaserträge, hervorgerufen durch zunehmende biologische Inaktivität, führten dazu, dass bei einer Messung am 30. VII. 2007 nur noch 9 Gasbrunnen einen Gasertrag von mehr als 3 m³/h Deponiegas je Gasbrunnen hatten.

Das gefasste Deponiegas, welches sich von Januar bis August 2007 auf ca. 40 m³/h beläuft, wird über eine Deponiegasfackel diskontinuierlich entsorgt.

Bis Mitte 2006 fand keine kontinuierliche Absaugung statt.

Mit Beginn der kontinuierlichen Absaugung stiegen die Werte zeitweise auf mehr als 80 m³/h, fielen jedoch im Winter 2006/07 bis auf 30 m³/h ab.

Die Deponie ist abgedeckt und rekultiviert.

2.3.2 Deponiegasdaten (IST - Zustand)

Nach Baumaßnahme an den Brunnenköpfen und Rohrleitungen im Mai und im Juni 2007 wurden Werte um die 40 m³/h mit einem Methangehalt von rund 40 Vol.-% erreicht. Die nach den Baumaßnahmen geförderten Spitzenmengen gehen auf Staugas zurück, welches u.a. durch die Gasqualität zu diesen Zeitpunkten (siehe Abbildung 7) bestätigt wird.

Im Juli 2007 bestand das Deponiegas durchschnittlich aus 40,8 Vol.-% Methan und 28,3 Vol.-% Kohlendioxid. Der Sauerstoffgehalt liegt dabei unter 0,3 Vol.-%.

Die Abbildung 8 zeigt den Zusammenhang zwischen gefasster Gasmenge und Gasqualität.

Wird der abgesaugte Volumenstrom erhöht, sinkt mit einer gewissen Verzögerung der Methangehalt des Deponiegases. Eine Reduzierung der Volumenströme führt dann im Gegenzug wieder zu steigenden Methangehalten.

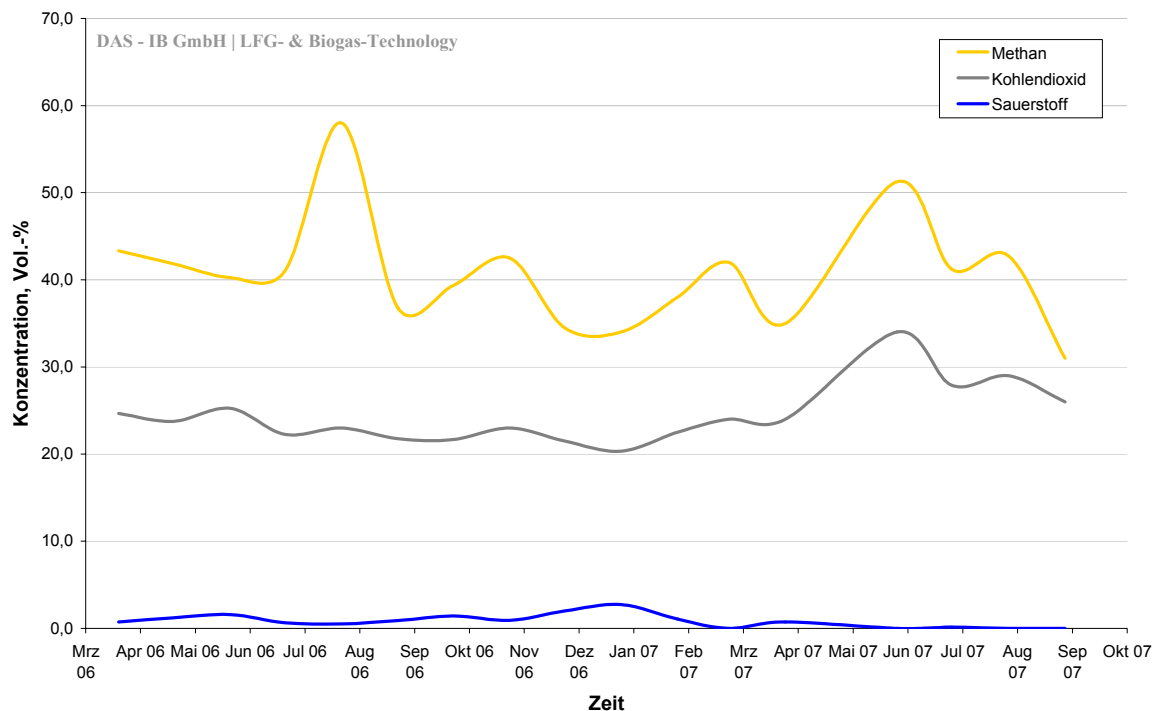


Abbildung 7: Verlauf der Deponiegaszusammensetzung der Deponie Buckenhof auf der Basis von Monatsmittelwerten einzelner Messungen. Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage „Messwerte Deponiegasqualität und -quantität“.

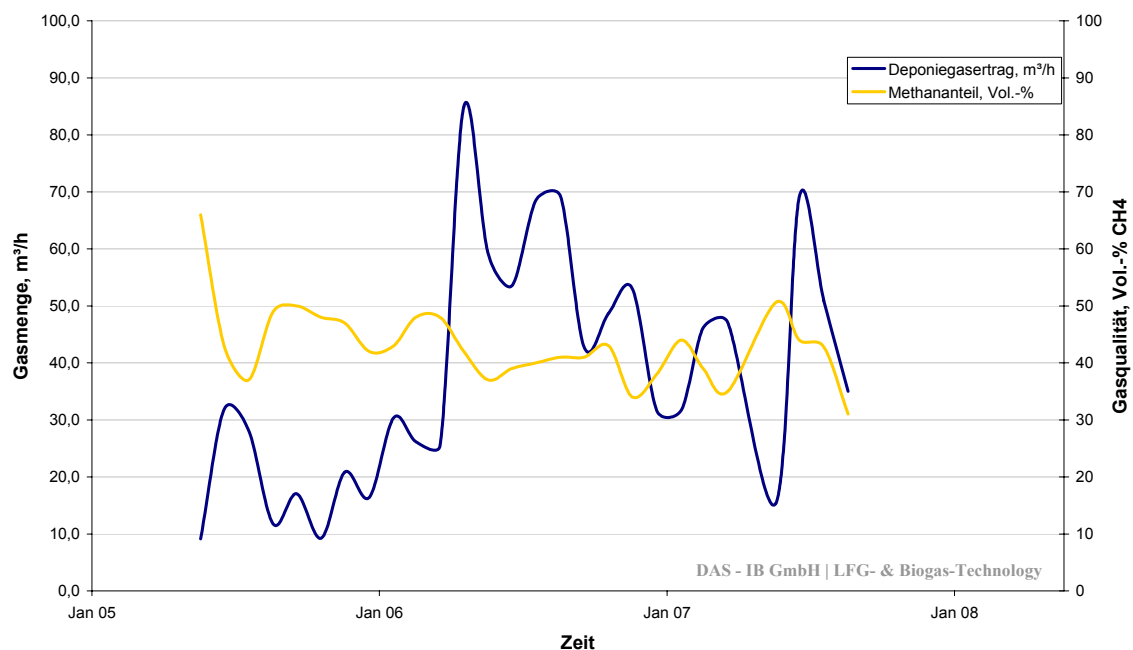


Abbildung 8: Entwicklung der gefassten Gasmenge und -qualität auf Basis von Monatsmittelwerten. Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage „Messwerte Deponiegasqualität und -quantität“.

2.3.3 Deponiegasdaten (Voraussichtliche Entwicklung)

Für die Prognose der Entwicklung der Gasmengen für die Deponie Buckenhof werden ebenfalls die Modelle von Tabasaran / Rettenberger (RETTENBERGER 1992) und das Modell von Weber (WEBER 1990) herangezogen. Da die Deponie, wie zu Anfang erwähnt, nicht über eine Oberflächenabdeckung nach DepVo verfügt, greift hier das Modell von Weber zur Gasprognose.

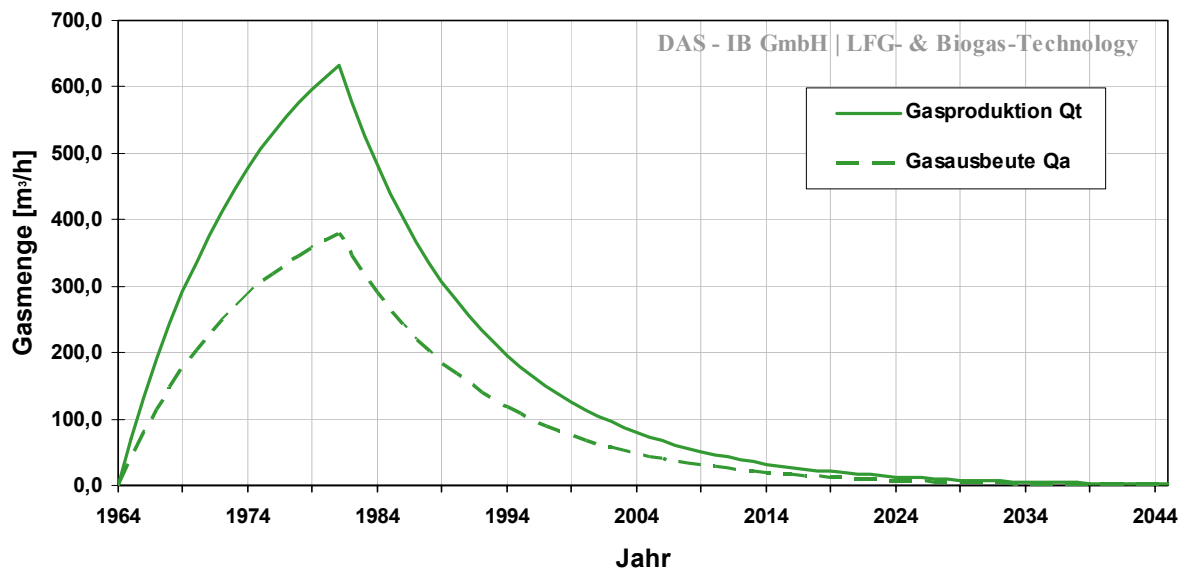


Abbildung 9: Prognostizierte Deponiegasproduktion und -ausbeute (bei einer angenommenen Effizienz des Fassungssystems von 60 % und einem CH₄-Gehalt von 50 Vol.-%) der Deponie Buckenhof, basierend auf dem Modell Weber.

Aufgrund des Vergleiches der prognostizierten Deponiegaserträge und der tatsächlich gefassten Deponiegasmengen kann davon ausgegangen werden, dass der Deponiegasertrag innerhalb der nächsten 10 Jahre auf schätzungsweise 20 m³/h sinken wird, bezogen auf einen Methangehalt von 40 Vol.-% und eine kontinuierliche Absaugleistung. 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 nicht abzuschätzen sind.

Um der Verpflichtung einer umweltgerechten Entsorgung des anfallenden Deponiegases nachzukommen, ist daher für die Zukunft eine geeignete Deponiegasverwertung oder -behandlung vorzusehen.

2.4 Deponie Penig

2.4.1 Besonderheiten Deponie Penig

Betreiber der Deponie war ab 1991 der Landkreis Rochlitz bzw. ab 1994 der Landkreis Mittweider.

Seit 1996 unterliegt der Betrieb und die Stilllegung sowie Nachsorge des Standortes des Abfallwirtschaftsverband Chemnitz (AWVC).

Der Deponiestandort gliedert sich in einen Alt- und in einen Neubereich, wobei der Altbereich von 1967 bis 1989 betrieben wurde.

Im Anschluss daran wurde von 1990 bis 1997 der Neubereich erschlossen und zur Abfallablagerung genutzt.

In diesem Zeitraum wurden im Neubereich insgesamt ca. 250.000 t Abfälle aus dem Einzugsgebiet des Landkreises Mittweider abgelagert.

Der Deponiestandort liegt ca. 1 km nördlich der Stadt Penig auf dem Gelände einer ehemaligen Kiessandgrube.

Das Gelände der Grubendeponie umfasst insgesamt (Alt- und Neukörper) ca. 16 ha, wobei der Neubereich eine Fläche von 2,2 ha hat.

Der Standort befindet sich in einer Höhe von 273 m ü. HN im nördlichen und bis 234 m ü. HN im südlichen Bereich.

Vor Beginn der Abfallablagerung im Neubereich wurde der dort vorhandene Boden soweit abgetragen, dass im Untergrund überwiegend bindiges Material anstand. Hydrologisch betrachtet ist nicht mit ausgeprägten Grundwasserleitern zu rechnen.

Da lediglich der Neubereich der Ablagerung Gegenstand unserer Untersuchung ist, beschreibt im folgenden der Begriff „Deponie Penig“ ausschließlich den Neubereich der Ablagerung.

2.4.2 Deponiegasdaten (Ist - Zustand)

Der Neukörper der Deponie hat 5 Gasbrunnen, wovon heute noch 4 besaugt werden.

Die Verbrennung des Deponiegases über die Hochtemperatur-Fackel erfolgt diskontinuierlich.

Im Deponiegas reichert sich während der Stillstandphase ein Methan-Anteil von 75 Vol.-% an.

Bei der anschließenden Verbrennung über die HTV sinkt dieser Wert jedoch rapide ab, bis nach kurzer Zeit der Methan-Anteil für eine Verbrennung nicht mehr ausreicht.

Während der Verbrennungsphase besteht ein konstanter Volumenstrom von 10-15 m³/h Deponiegas.

Aufgrund der diskontinuierlichen Betriebsweise steht das Deponiegas lange mit dem Wasser im Deponiekörper im Kontakt. Dies führt dazu, dass das Kohlenstoffdioxid im erhöhten Maße absorbiert werden kann, sodass ein relativ hohes CH₄/CO₂ Verhältnis von rund 2,9 vorherrscht [SCHNAPKE 2006].

Für das Jahr 2009 ist der Bau einer Photovoltaik-Anlage geplant, um die freistehenden Flächen der Deponie sinnvoll zu nutzen.

Deponiegasdaten (Voraussichtliche Entwicklung)

Bei der Betrachtung der Entwicklung der Deponie Penig bis 2030 dient als Quelle u.a. die Diplomarbeit von Frau Schnapke aus dem Jahr 2006. Die Gasprognosen basieren sowohl auf der Berechnung nach Tabasaran / Rettenberger (RETTEBERGER 1992), als auch nach Weber (WEBER 1990).

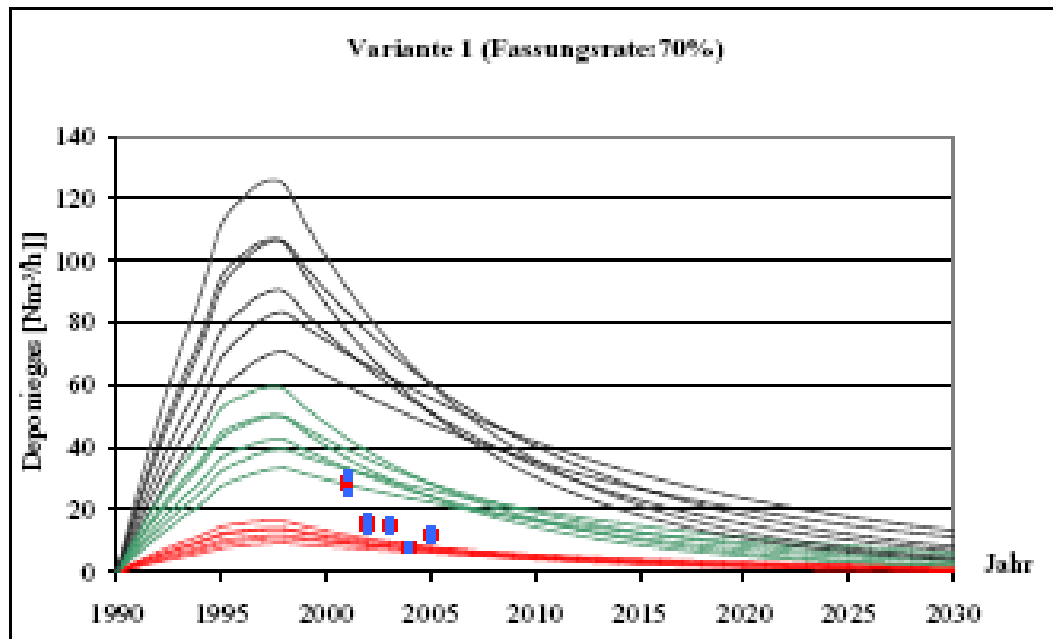


Abbildung 10 : Gasprognose nach Tabasaran / Rettenberger für die Deponie Penig

Die Abbildung 10 stellt die Gasprognose nach Tabasaran / Rettenberger (RETTEBERGER 1992) dar.

Die rot markierten Funktionsgraphen beschreiben die Ergebnisse für einen Wassergehalt von 30 %. Die Grünen Funktionsgraphen stehen für Gasvolumenströme bei einem Wassergehalt von 40 % und die schwarzen für Gasvolumenströme bei einem Wassergehalt von 50 %.

Hierbei ist zu erkennen, dass das Maximum der Gasproduktion im Jahr 1998 lag, drei Jahre bevor eine Oberflächeabdichtung aufgebracht wurde.

Zudem ist ersichtlich, dass der Wassergehalt im Deponiekörper zwischen 30 und 40 % als realistisch anzunehmen ist.

Folgend wird die Gasprognose nach dem Modell von Weber aufgezeigt.

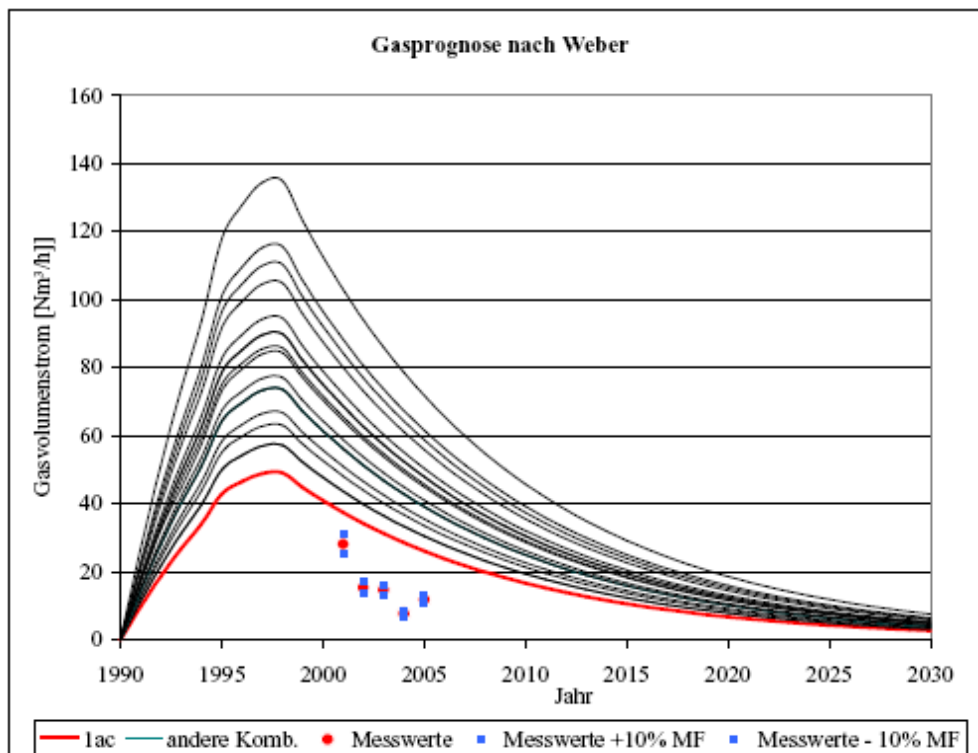


Abbildung 11: Gasprognosen nach Weber für die Deponie Penig

Die Abbildung 11 zeigt die Gasprognosen nach Weber (WEBER 1990) für die Deponie Penig. Auch hier fällt das Maximum der Gasproduktion auf das Jahr 1998. Die Parameterkombination mit der größten Annäherung an die tatsächlich gemessenen Gasvolumenströme ist im Diagramm als roter Funktionsgraph dargestellt.

Bei den beiden Modellen ist zu beachten, dass Gaswerte auf der Deponie lediglich in einem Zeitraum von 5 Jahren gemessen wurden, von 2001 bis 2005. Dies bedeutet, dass aufgrund des kleinen Zeitraumes theoretisch keine verlässliche Datenbasis für einen Vergleich vorhanden ist. Zudem muss berücksichtigt werden, dass die Messungen in einem Zeitraum nach erfolgter Oberflächenabdeckung erfolgten. Dies hat Einfluss auf die Halbwertszeit des Abfalls, da es nach Aufbringung einer Oberflächenabdichtung durch Wassermangel zu einer Art „Trockenstabilisierung“ kommt und damit zu einer Verlängerung der Halbwertszeit des Abfalls.

Nach Betrachtung beider Modelle und Beachtung unterschiedlicher Rahmenbedingungen und Fehlerfaktoren lässt sich folgende Prognosetabelle für die Gasvolumenströme bis 2030 für die Deponie Penig darstellen.

Jahr	Deponiegas _{orig.} [Nm³/h]	Jahr	Deponiegas _{orig.} [Nm³/h]
2006	11,0	2019	3,0
2007	9,9	2020	2,7
2008	9,0	2021	2,5
2009	8,1	2022	2,2
2010	7,4	2023	2,0
2011	6,7	2024	1,8
2012	6,0	2025	1,6
2013	5,5	2026	1,5
2014	4,9	2027	1,3
2015	4,5	2028	1,2
2016	4,0	2029	1,1
2017	3,7	2030	1,0
2018	3,3		

Tab.2: Gasvolumenströme der modifizierten Gasprognose für die Deponie Penig
[Schnapke 2006]

3. Thermische Verfahren zur Deponieschwachgasbehandlung

Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass Deponiegas mit einem Methangehalt von über 25 Vol.-% über Hochtemperaturfackeln zuverlässig entsorgt wird. Bei geringeren Methangehalten muss zusätzliche Energie zugeführt werden, damit eine vollständige Oxydation des Methans erreicht wird oder eine andere Technik (Schwachgastechnik) verwendet werden.

Derzeit geben die verschiedenen Hersteller hier unterschiedliche Mindestqualitäten und Quantitäten für das Rohgas mit minimaler Feuerungsleistung an. Wir gehen daher davon aus, dass bei weiterer und stärkerer Marktnachfrage noch Optimierungen (technisch + kaufm.) durch die Hersteller möglich sind.

3.1 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 2008]

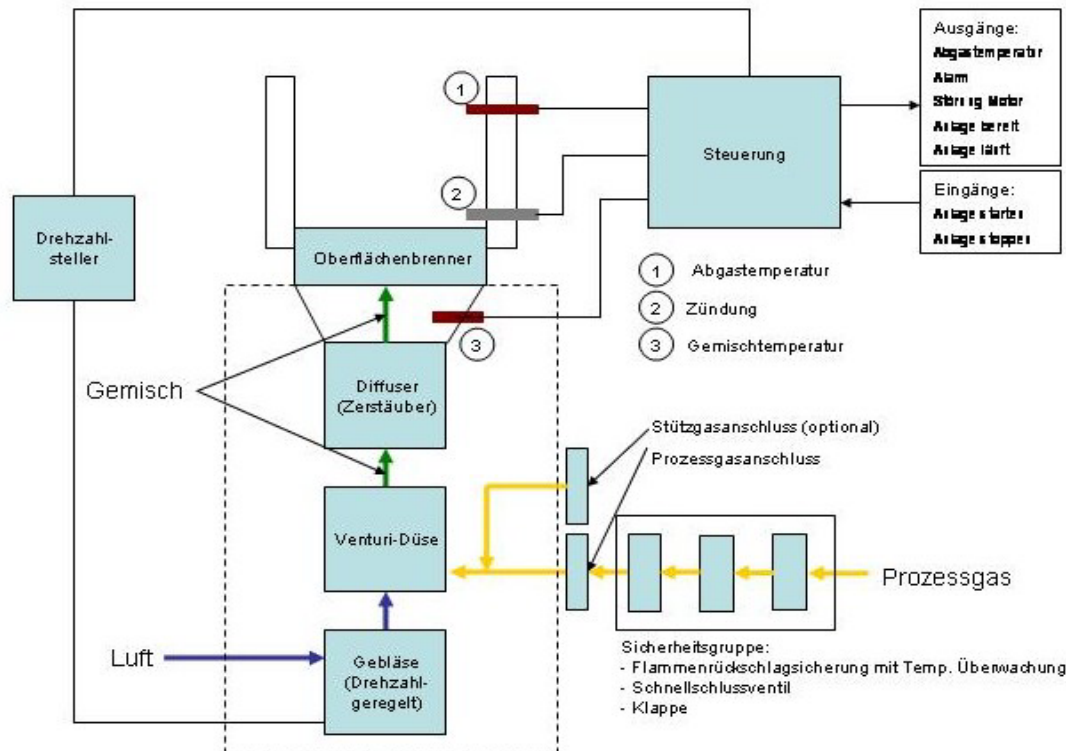


Abbildung 12: Funktionsschema des LAMBDA Kohlenstoff - Converters (CHC), die Gasförderung und -analyse muss bauseits gestellt werden [PARRAGI, ESCHEY UND HAUBRICHS 2007]

3.2 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. Unterhalb von 10 Vol.-% Methan kann der Betrieb durch Stützgaszugabe gewährleistet werden.

Diese Schwachgasfackeln können in der Größe (d.h. thermische Leistung) individuell an den Standort angepasst werden.

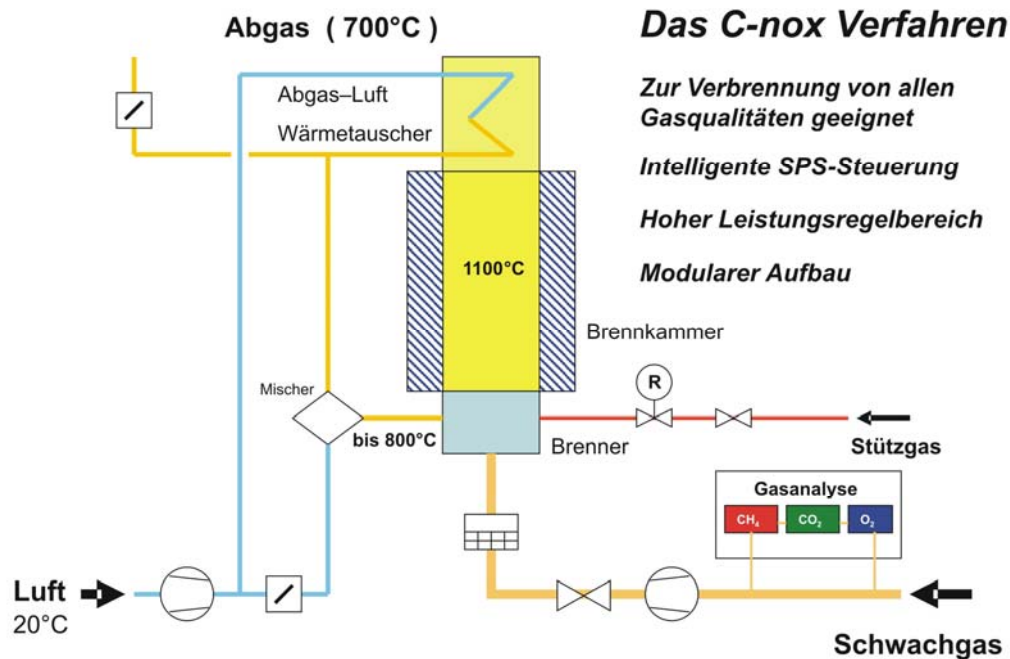


Abbildung. 13: Funktionsschema der C-nox Schwachgasfackel [HEGEMANN UND KÜGLER 2007]

3.3 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 2007].

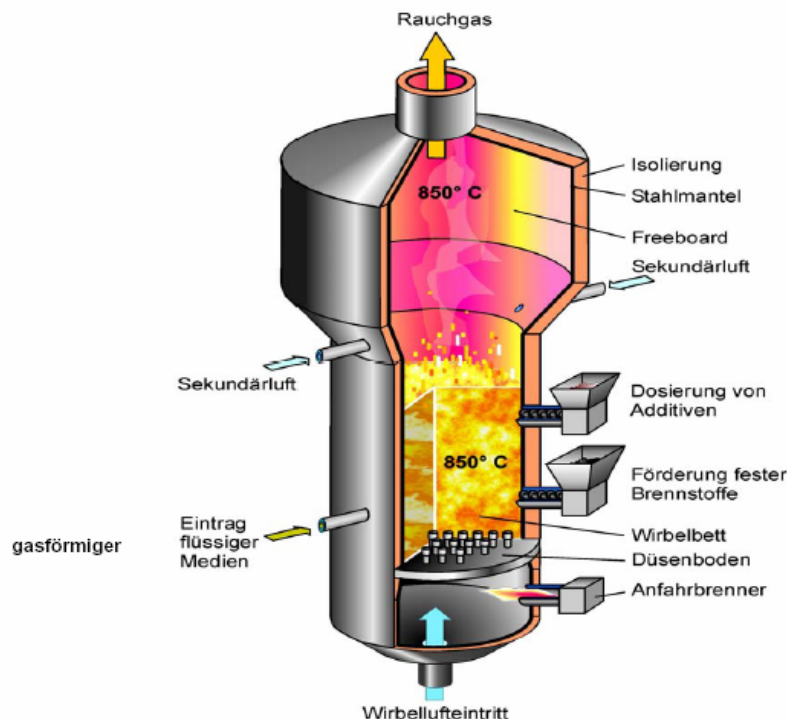


Abbildung. 14: Schematischer Querschnitt der ES+S Stationären Wirbelschicht [ES+S 2006]

3.4 DEPOTHERM®-Thermoreaktor

Im DEPOTHERM®-Thermoreaktor der Roediger BioEnergie (vormals UMAT) erfolgt die Oxidation der organischen Gasinhaltsstoffe des Deponiegases in der zentralen Brennkammer bei Temperaturen über 800°C. Unterhalb der Brennkammer sind zwei Wärmerückgewinnungskammern angeordnet, 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 bzw. Roediger Bioenergie GmbH 2007]

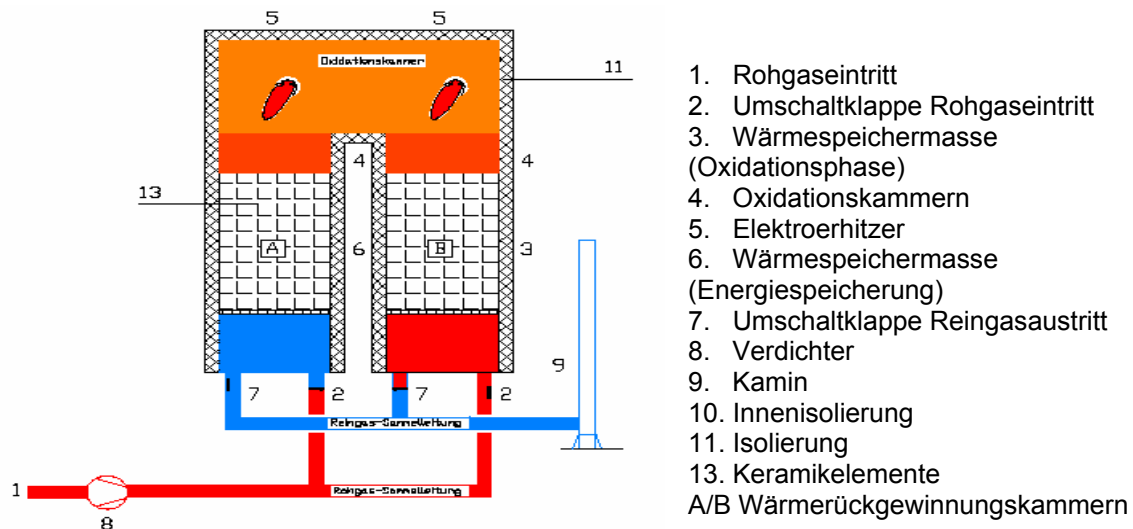


Abbildung. 15: Verfahrensschema der Nachverbrenung im DEPOTHERM®-Reaktor (Druckbetrieb) [UMAT 2005]

3.5 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 2007].

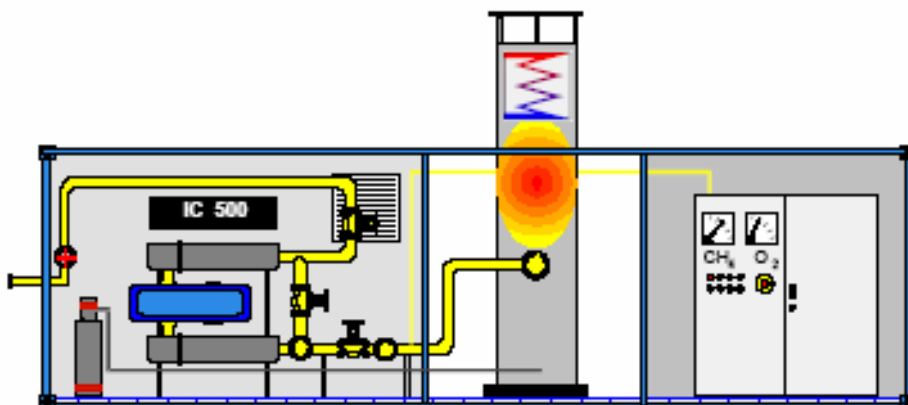


Abbildung. 16: Schematischer Schnitt durch das IC-Modul von PRO2 [PRO2 2006]

4. Biologische Verfahren zur Deponieschwachgasbehandlung

4.1 In-Situ-Stabilisierung

Bei diesem Verfahren wird durch das Einbringen von Luft in den Deponiekörper der aerobe Abbau der Restorganik des abgelagerten Abfalls angeregt und eine Stabilisierung des Abfalls in kürzerer Zeit 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 sollen.

Die Kosten einer solchen Behandlung werden von HEYER, HUPE, UND STEGMANN 2007 auf 0,5 bis 3 € / m³ Deponievolumen beziffert, bzw. 0,5 bis 1 € / m³ Deponievolumen für große Deponien [HEYER 2008]. Die höchsten spezifischen Kosten fallen demnach bei kleinen Altdeponien ohne bestehende Infrastruktur an.

Angeboten werden solche Verfahren u.a. von CDM-Consult GmbH und dem Ingenieurbüro für Abfallwirtschaft Prof. Dr. Stegmann und Partner (IFAS) in Hamburg.

4.2 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 pH- und 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]

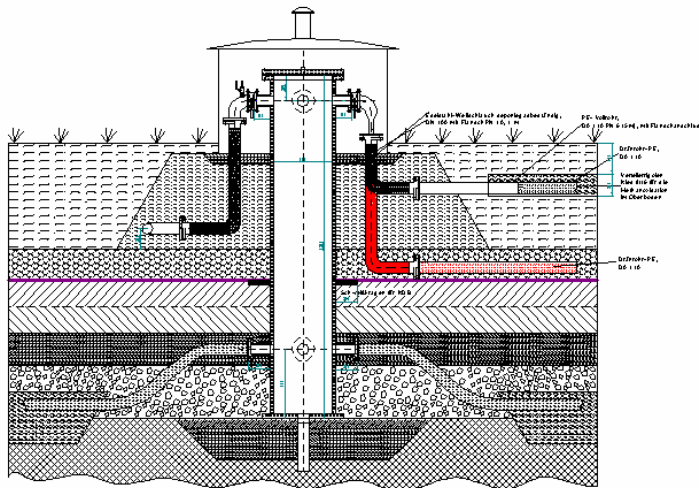


Abb. 17: Rekultivierungsschicht als Biofilter

Quelle: ähnlich [Seyfert SEF Energietechnik GmbH, Tagungsbuch Dessau 2008]

4. Individuelle Lösungen für Deponie Wörth, Budenheim, Penig und Buckenhof

Die Konzeptlösungsvorschläge für die Deponien Wörth, Budenheim, Penig und Buckenhof wurden unter Berücksichtigung der spezifischen Standort- und Rahmenbedingungen individuell erarbeitet. Dabei wurden die vorhandene Technik am Standort, die ökonomischen Vorgaben, die Wirtschaftlichkeit und die Machbarkeit der möglichen Schwachgasbehandlungstechniken als auch die ökologischen Aspekte betrachtet.

4.1 Schwachgaskonzept für die Deponie Budenheim

Aufgrund der Rahmenbedingungen der Deponie Budenheim, erfolgt die Umsetzung zur Beseitigung des Schwachgases über den konstruktiven Umbau der bestehenden Fackel an eine geringere Feuerungsleistung (insb. Methangehalt).

Um eine kontinuierliche Verbrennung zu gewährleisten, ist eine Stützgasbefeuerung nötig. Als Möglichkeit hierfür bietet sich die Verwendung von Gutgas (Deponiegas) an. Dieses wird vor dem BHKW über eine zusätzliche Rohrführung abgezweigt und anschließend der Fackel zugeführt. Der Vorteil in dieser Methode liegt in der einfachen und kostengünstigen Umsetzung, unter der Berücksichtigung einer geringeren EEG – Einspeisung für die bestehende BHKW - Anlage.

4.2 Schwachgaskonzept für die Deponie Wörth

Wie unter 2.1.3 beschrieben, wird voraussichtlich in den nächsten 10 bis 15 Jahren der Anteil an Methan im Deponiegas auf ca. 25 Vol.-% fallen. Der diskontinuierliche Betrieb der Deponiegasbeseitigung ist jedoch nur so lange möglich, wie die minimale Feuerungsleistung der Hochtemperaturverbrennung nicht unterschritten wird. Diese technische Grenze liegt bei herkömmlichen Fackeln bei 25 Vol.-% Methan im Deponiegas.

Somit ist für die Zukunft eine geeignete Deponiegasbehandlung zur umweltgerechten Beseitigung des Gases vorzusehen.

In Abhängigkeit der vor Ort bestehenden Rahmenbedingungen bietet sich hier die Methode eines Kohlenstoff-Converters (CHC) der Firma Lambda an. Die notwendigen Ausschreibungen werden vorbereitet.

4.3 Schwachgaskonzept für die Deponie Penig.

Die sinkenden Gasmengen sowie der abfallende Methangehalt und damit auch der sinkende Heizwert führen auf der Deponie Penig dazu, dass die Entsorgung des anfallenden Deponieschwachgases mit Problemen behaftet ist.

Die Entsorgung des Schwachgases wird derzeit über das diskontinuierliche Betrieb der vor Ort installierten HTV-Anlage gewährleistet.

Um die HTV-Anlage fahren zu können sind ein Mindest-Methangehalt von 30 Vol.-% und ein ausreichender Volumenstrom erforderlich.

Da diese qualitativen und quantitativen Rahmenbedingungen jedoch nicht kontinuierlich bestehen, wird das Deponiegas in einem definierten Intervall angestaut und anschließend diskontinuierlich entsorgt.

Langfristig könnte jedoch in Zukunft ein alternatives Verfahren zur Deponierestgasbehandlung notwendig werden.

Frau Schnapke erörterte in Ihrer Diplomarbeit (2006) die Vor- und Nachteile der verschiedenen Verfahren in Bezug auf die vorhandenen Rahmenbedingungen der Deponie Penig und kam zu dem Schluss, dass der DEPOTHERM®-Thermoreaktor die beste Alternative sei.

In Abhängigkeit der technischen, ökonomischen und ökologischen Umsetzbarkeit spricht Frau Schnapke in ihrer Diplomarbeit die Handlungsempfehlung für dieses Verfahren aus.

4.4 Schwachgaskonzept für die Deponie Buckenhof

Die ursprünglichen Rahmenbedingungen aus Herbst 2007 zur Nutzung des Deponiegases mittels Zündstrahlmotor oder Turbine haben sich seitdem so geändert, dass im Mai 2008 eine CHC-Anlage zum weiteren Testbetrieb eingesetzt wurde.

6. Quellenverzeichnis

- Entfellner, G., Hiemstra, R., DAS-IB GmbH (2008): Schwachgas – Konzept für die Deponie Buckenhof bei Erlangen
In: DAS-IB GmbH: [Hrsg.]: Bio- & Deponiegas Fachtagung 2008, Synergien nutzen und voneinander lernen II. April 2008
- ES+S GmbH (2005): Die IMGES+S Wirbelschichtfackel – Eine neue Qualität in der Deponienachsorge. http://www.es-plus-s.de/Expose_ES_S_Wirbel-schichtfackel.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.
- Haubrichs, R. (2008): Veränderte Bedingungen – Rückbau und Anpassung von Gasanlagen auf Deponien, 2008.
In: DAS-IB GmbH: [Hrsg.]: Bio- & Deponiegas Fachtagung 2008, Synergien nutzen und voneinander lernen II. April 2008
- Hegemann, J und Kügler, L. (2007): Grundlagen der Schwachgasverbrennung.
In: DAS-IB GmbH: [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: DAS-IB GmbH: [Hrsg.]: Deponie- & Biogasanlagen, Synergien nutzen - voneinander lernen. April 2007;
- Heyer, K.-U. (2008): Aerobe in situ Stabilisierung der Deponie Dörentrop: Technik und Auswirkungen zur Emissionsreduzierung in der Stilllegungsphase
In: DAS-IB GmbH: [Hrsg.]: Bio- & Deponiegas Fachtagung 2008, Synergien nutzen und voneinander lernen II. April 2008.
- Parragi, D., Eschey, H. und Haubrichs, R. (2007): Durchgängiges Deponiegas-Behandlungskonzept mit herkömmlichen und innovativen Verfahren über den gesamten Methanbereich.
In: DAS-IB GmbH: [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.
- Rettenberger, G. (1992): Der Deponiegashaushalt in Altablagerungen. In: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.): Leitfaden Deponiegas. Materialien zur Altlastenbearbeitung, Vol. 10. 1992.
- 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.
- Schnapke, A., Stachowitz, W.H., DAS-IB GmbH (2007): Entwicklung eines Konzeptes zur Schwachgasbehandlung auf einer Deponie.
In: DAS-IB GmbH: [Hrsg.]: Bio- und Deponiegas Fachtagung 2007 – Synergien nutzen und voneinander lernen April 2007
- Seyfert, A. (2008): Passive Systeme zur Deponiegasverteilung und Methanoxidation im Oberboden Auslegung, Kosten und Messergebnisse.
In: DAS-IB GmbH: [Hrsg.]: Bio- und Deponiegas Fachtagung 2008, Synergien nutzen und voneinander lernen II. April 2008

- Specht, N. (2006): Deponiefolgenutzung mit einem Freizeit-, Sport- und Erholungspark,
In: DAS- IB GmbH: [Hrsg.]: Deponie- & Biogasanlagen der gemeinsame Einstieg,
Tagungsband Dresden 9./10. Mai 2006
- Stachowitz, W.H. (2005): Carbon trading and carbon credits with landfill gas (LFG) - JI- and CDM-
projects. In: Cossu, R. and Stegmann, R. (Hrsg.): Proceedings (CD-ROM) of Sardinia 2005 -
Tenth International Waste Management and Landfill Symposium. October 2005.
- Stachowitz, W.H. (2007): Biogas- und Deponiegashandbuch. DAS – IB GmbH, Kiel. 7. Auflage, April
2008.
- Stachowitz, W.H., DAS-IB GmbH (2007): Schwachgaskonzepte anhand der Deponien Wörth sowie
Budenheim; Umbau von BHKW – Anlagen am Beispiel ZD Deiderode und Breinermoor
In: DAS-IB GmbH: [Hrsg.]: Bio- und Deponiegas Fachtagung 2008 Synergien nutzen und
voneinander lernen II. April 2008
- UMAT (2005): DEPOTHERM®-Thermoreaktor, nichtkatalytische thermische Oxidation, Oktober 2005.
- Wabersich, R. und Stachowitz, W.H., (2008): Technische Behandlung von Deponierestgasen -
Verfahrensvergleich
In: KUMAS – Kompetenzzentrum Umwelt: [Hrsg.]: 9. Bayerische Abfall – und Deponietage,
Augsburg, 12./13. III. 2008
- Weber, B. (1990): Minimierung der Emissionen der Deponie. Dissertation, Universität Hannover, Heft
74, 1990.