

Wirbelschichtfackel als Kernelement des Deponienachsorgesystems D-N-ESS

Volker Spiegelberg

ES⁺S Energy Systems & Solutions GmbH, Rostock

Landfill aftercare system D-N-ESS

Abstract

The new technology of small scale stationary bubbling bed combustion was developed at the chair of environmental technology, leading Prof. Dr.-Ing.habil. D. Steinbrecht, university of Rostock. The plant with this technology works since more than two years at the landfill near Rostock to dispose poor landfill gas. This plant was the basis for ES⁺S to develop a new system of landfill aftercare. With disposal of poor landfill gas from more than 40% down to 8 % methane, with the anaerobic reactivation of production of methane in dry landfill body parts, with disposal of leachate and production of electric energy in the poor gas time it is a closed system. Climate protection and reducing the time of aftercare are the main targets of this new system.

Inhaltsangabe

Mit der an der Universität Rostock, Lehrstuhl Umwelttechnik, unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. habil. D. Steinbrecht neuentwickelten Technologie der Wirbelschichtfeuerungsanlagen kleiner Leistung ist es nach umfangreichen Forschungen nunmehr möglich, Deponieschwachgas zuverlässig über viele Jahre zu entsorgen. Darüber hinaus kann der Energieinhalt des Deponieschwachgases mittels dieser Technologie eingesetzt werden zur Entsorgung von Sickerwasser, für die durch das Unternehmen ES⁺S GmbH entwickelte anaerobe Methan-Reaktivierung und zur Erzeugung von Strom. Die mehrjährigen Erfahrungen bei der Schwachgasentsorgung werden dargestellt und die technischen Randbedingungen zur Erfüllung der weiteren Aufgaben erläutert. Mit den einzelnen einsetzbaren Verfahren ist es möglich, ein Gesamtsystem der Deponienachsorge zu verwirklichen, mit dem einem Deponiebetreiber flexible einsetzbare Teilsysteme an die Hand gegeben sind. Damit kann letztlich dem Ziel einer weitgehenden anaeroben Umsetzung des in der Deponie enthaltenen organischen Anteils nähergerückt werden. Die Verkürzung der Nachsorgezeit für die betreffende Deponie, die gleichzeitige Einhaltung der Klimaschutzziele sowie eine Kostenminimierung während des Nachsorgezeitraumes sind so erreichbar.

Keywords

Deponienachsorgesystem D-N-ESS, Deponieschwachgas, Sickerwasserentsorgung, Methanreaktivierung, Wirbelschichtfackel, Deponie- Methanemission, Nachsorgekosten, Stromerzeugung aus Schwachgas,

Landfill aftercare system D-N-ESS, poor landfillgas, disposal leachate, methane reactivation, SFBC-flare, landfill methane emission, landfill aftercare costs, power from poor landfillgas,

1 Einführung

Die klimapolitisch ungünstigste Entsorgungsvariante stellt die Beseitigung der unbehandelten Restabfälle auf Deponien dar. Ursache sind die vergleichsweise sehr hohen Methananteile im emittierten Deponiegas aus der anaeroben Umsetzung der nativorganischen Anteile im Restabfall. Dieser Umstand bewirkt auch nach Abschluss der Ablagerung nicht vorbehandelter Abfälle ab dem 01.06.2005 ein jahrzehntelanges Emitieren von Deponiegas in die Atmosphäre, wobei sowohl die Anteile Methan als auch Kohlendioxid eine negative Klimarelevanz besitzen. Dabei hat CH₄ eine 21-fache Treibhauswirksamkeit über einen Verweilzeitraum von 100 Jahren gegenüber CO₂ (Global Warming Potential-GWP).

- Das ist Grund genug, um das Deponiegas zu fassen und zu entsorgen neben den zusätzlichen Effekten wie der Verminderung der Geruchsbelästigung, der Explosionsgefahr und Brandgefahr sowie der Schadensverhütung im Florabestand auf und um Deponien.
- Solche Entsorgungskonzepte sind wirtschaftlich umsetzbar, wenn gesetzliche Regelungen wie das erneuerbare Energiegesetz (EEG) genutzt werden, z. B. Gasmotor-Generatoranlagen mit Deponiegas betrieben werden und Elektroenergie bereitgestellt wird. Das allerdings setzt ein heizwertreiches, d. h. methanreiches Deponiegasaufkommen voraus. Bekannt ist das zeitliche Ausgasungsverhalten von Deponien sowohl was die Gasmenge (etwa 15 bis 30 m³/h auf 100000 m³ Deponievolumen bezogen) als auch den Methananteil (von 50 bis 60 % auf kleiner als 10 % sinkend) betrifft.
- Die verwertbaren Starkgasaufkommen (größer ca. 40 % CH₄-Anteil) sind über relativ nur kurze Zeiträume der gesamten Ablagerungsphase zu erwarten. Danach kann eine klimawirksame Beseitigung des Deponiegases nur noch durch offene Verbrennung über eine Fackel erfolgen, deren Einsatz ohne Fremdenergie etwa bei ca. 30 % Methananteil im Deponiegas beendet ist. Für einen sehr langen Zeitraum produziert die Deponie ein Schwachgas mit Methankonzentrationen von 30 % bis unter 10 %. Über die nächsten Jahrzehnte ist deshalb mit bedeutsamen klimawirksamen CH₄-Emissionen aus Deponien zu rechnen, deren Beseitigung gesetzlichen Forderungen entspricht und klimabewusst geboten ist.
- Die IVU- Richtlinie des Rates der Europäischen Union, umgesetzt in nationales Recht, fordert den Einsatz bestverfügbarer Technik zum Schutze der Umwelt und des Klimas auch im Bereich des Betriebes und der Nachsorge von Deponien. Dafür stehen Entwicklungen zur Oxidation der schwachen Deponiegase auf chemischer oder biologischer Basis zur Verfügung. Eine neue,

hocheffiziente Technologie auf der Basis der Wirbelschichtverbrennung komplettiert diese Palette und ist das einzige Prinzip, das sowohl den Einsatzbereich der Fackel als auch nahezu die gesamte Schwachgasphase langfristig wirksam abdeckt.

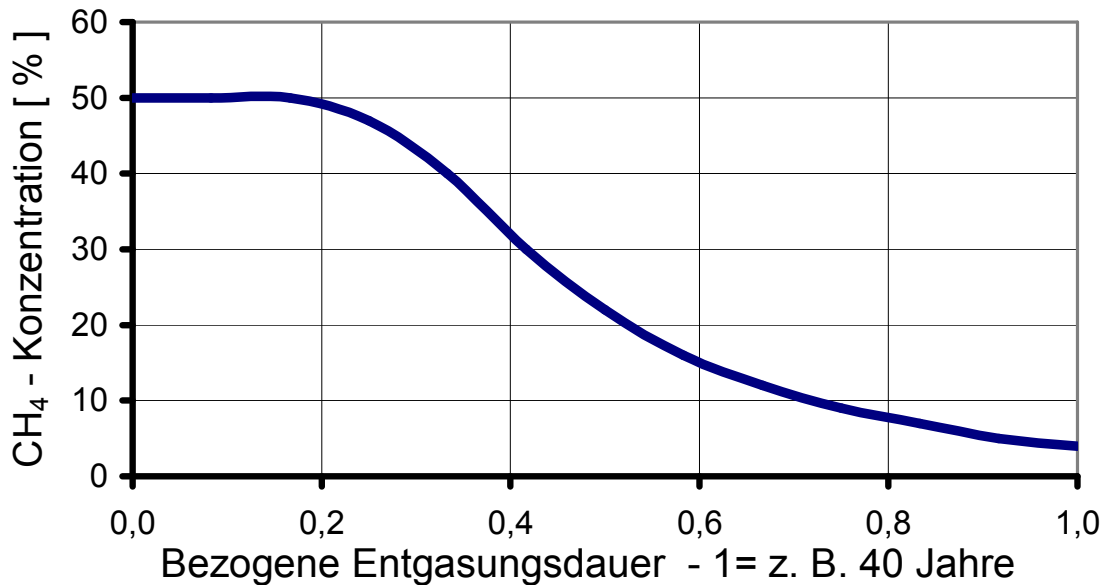


Abbildung 1 Entwicklung der Methan - Konzentration in Abhängigkeit von der Zeit (schematisch)

Die Verwertung konnte mit den bisher bekannten Verfahren nur bis zu einem Methananteil um ca. 40 % ohne Zusatzbrennstoffe gelöst werden. Die Entsorgung stößt bei Methananteilen kleiner ca. 30 % an Ihre Grenzen (Fackel). Erst bei deutlich unter 10 % Methan setzen wieder aufwändige Entsorgungsmöglichkeiten ein. Der dazwischen liegende Zeitraum von z.B. 30 Jahren ist derzeit nicht oder nur mit Hilfsenergie einer Entsorgung zugänglich. Eine energetische Nutzung in der Schwachgasphase (d.h. unterhalb einer motorischen Verbrennung) wird derzeit nicht realisiert.

Mit dem Einsatz der Wirbelschichtfackel, die auf dem Prinzip der Stationären Wirbelschichtfeuerung beruht, ist es nunmehr möglich, auch in dieser Schwachgasphase sowohl die Klimaschutzziele zu erreichen, weitergehende Aufgaben der Deponienachsorge zu verwirklichen als auch eine energetische Nutzung des Deponieschwachgases zu ermöglichen.

2 Deponienachsorgesystem D-N-ESS

Die meisten der in den letzten Jahren geschlossenen Deponien verfügen über komplette Systeme zur energetischen Nutzung des Deponiegases in der Starkgasphase.

Diese Systeme bestehen überwiegend aus:

- < Gassammelsystem
- < Gasreinigungstechnik
- < Gasmotor / -turbine
- < Fackelanlage
- < Stromeinspeisung
- < Genehmigung für den Standort

Mit abnehmender Methankonzentration im Deponiegas ist die Nutzbarkeit dieser Anlagen oft nicht mehr gegeben. Damit sind andererseits aber wesentliche Elemente bereits vorhanden, die mit der, nachfolgend vorgestellten, Technologie genutzt werden können. Damit reduziert sich der erforderliche Investitionsumfang erheblich. Auch wird der über viel Jahre „ruhende“ Deponiekörper nicht verändert. So kann zum Beispiel das Gassammelsystem vollständig und unverändert eingesetzt werden zur Erfassung in der Schwachgasphase.

2.1 Schwachgasentsorgung

Die theoretischen und praktischen Grundlagen der Verbrennung von Schwachgas wurden an der Universität Rostock, Lehrstuhl Umwelttechnik gelegt und spiegeln sich in folgendem Diagramm wider. Daraus wird deutlich, dass die theoretische Grenze bei Einhaltung der 17.BImSchV bei ca. 6% Methan und bei einer Unterschreitbarkeit der dort vorgeschriebenen Temperatur sogar 4 % beträgt.

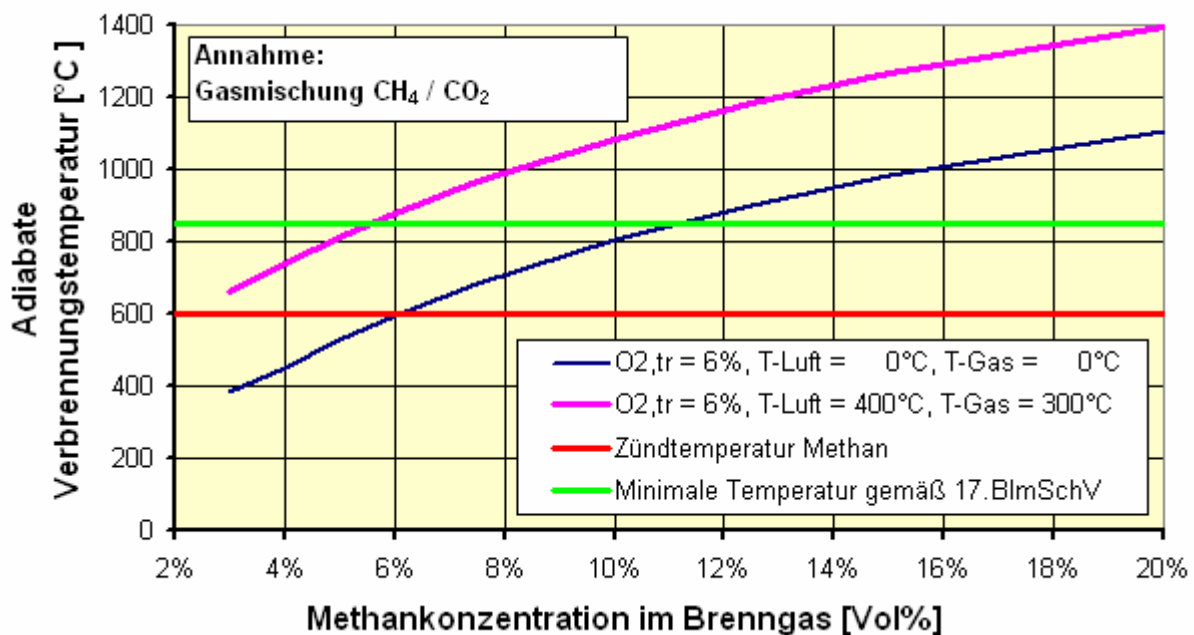


Abbildung 2 Berechnete adiabate Verbrennungstemperatur (Quelle: Universität Rostock)

Im Sommer 2004 wurde eine nach diesem Prinzip arbeitende Schwachgas-Wirbelschichtfackel (SWSF) neben der vorhandenen stillgelegten Fackel auf einer Deponie (65 km von Rostock) errichtet (siehe Foto unten). Die Anlage wird mit flammenloser Verbrennung bei einer konstant geregelten Betriebstemperatur von $852^{\circ}\text{C} \pm 1 \text{ K}$ betrieben. Zur Absicherung gegen schnelle zeitliche Schwankungen der Deponiegasqualität wurde die Anlage von Anfang an mit Luftvorwärmung betrieben. Die auftretenden Veränderungen der Gasqualität von zu Beginn 43% auf heute 14,8% Methananteil haben keine Störungen der Anlage verursacht. Die SWSF- Fackel konnte ab November 2004 mit sehr großer Zuverlässigkeit im vollautomatischen, fernüberwachten Dauerbetrieb laufen. Die Deponie wird seit dem Beginn des automatischen Betriebes kontinuierlich besaugt. Die Ergebnisse dieses Dauerbetriebs lassen sich in folgenden Daten zusammenfassen (Deponie: 288 000m³ Hausmüll):

- < Erstes Jahr Dauerbetrieb - ca. 7400 Betriebsstunden
- < Zweites Jahr Dauerbetrieb - erwartet ca. 8400 (Ausfall bis 30.09.06 = 49h !!)
- < Abfall der Methankonzentration seit Beginn von 43 % auf 14,8 % heute
- < abgesaugte Deponiegasmenge ca. 35 m³ (N) / h
- < fernüberwacht, 3-wöchige Inspektionen vor Ort
- < entsorgte Menge Methan: ca. 75 000 m³ (N)



Abbildung 3 Schwachgas-Wirbelschichtfackel (SWSF)

Bei der Genehmigung der Anlage durch das zuständige StAUN in Stralsund wurde eine Dioxinmessung während des Betriebs vorgeschrieben. Die Ergebnisse sind wie folgt:

Deponie-Restgas-SWSF in Rönkendorf

Mecklenburg-Vorpommern

Messungen durch die akkreditierte Firma
RUK Umweltanalytik GmbH, Prof. Rettenberger

Messtag: 15. Juni 2005

		Grenzwert	Dimension	Messung Nr.			Mittelwert
				1	2	3	
Kohlenmonoxid	CO	0,10	g/m ³	< NW	< NW	< NW	< NW
Stickoxide	NO ₂	0,35	g/m ³	0,046	0,047	0,046	0,046
Anorganische gasförmige Fluorverbindungen	HF	3	mg/m ³	1,8	2,4	2,1	2,1
Anorganische gasförmige Chlorverbindungen	HCl	30	mg/m ³	0,9	3,6	2,1	2,2
Schwefeloxide	SO ₂	0,35	g/m ³	< NW	< NW	< NW	< NW
Dioxine & Furane		0,1	ng/m ³	0,002			

NW = Nachweisgrenze

Abbildung 4 Emissionsmessungen

Mit diesem System der Schwachgasentsorgung kann grundsätzlich auch die Teilnahme am CO₂-Zertifikatshandel erreicht werden. Für eine reale Deponie ergäbe dies beispielsweise über 21 Jahre die Vermeidung von 38 800 t CO₂, bei 15 €/t CO₂ wären dies ca. 580 000 Euro.

2.2 Sickerwasserentsorgung

Auch auf vollständig abgedeckten Deponien fällt aus unterschiedlichen Gründen Sickerwasser an. Dieser Anfall kann sowohl kontinuierlich als auch sporadisch stattfinden. In der Wirbelschichtfackel können definierte Mengen dieses Sickerwassers thermisch entsorgt werden. Die eingedüστε Sickerwassermenge ist abhängig von der Menge und dem Energiegehalt des Deponiegases und von Verbrennungsparametern. Alle organischen Bestandteile des Sickerwassers werden vollständig verbrannt. Für die auf der Deponie in Rönkendorf, Landkreis Nordvorpommern, stehende Wirbelschichtfackel ergäbe z.B. sich folgender Zusammenhang:

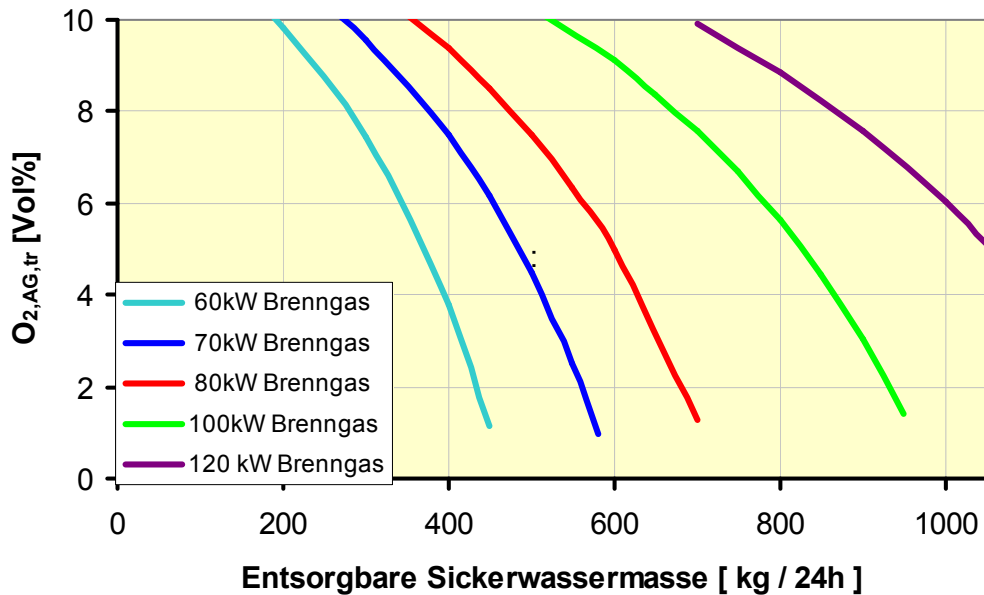


Abbildung 5 Thermische Entsorgung von Deponiesickerwasser: SWSF DN 400 Rönkendorf (Modellberechnung, Quelle: Universität Rostock)

Für die Einbindung der Sickerwasserentsorgung in ein Gesamtsystem gilt:

Die Anbindung an eine Sickerwasserentnahmestelle ist auch nachträglich kostengünstig möglich. Die Einbindung in die Anlagensteuerung kann so gestaltet werden, dass auch ein sporadischer Anfall des Sickerwassers selbsttätig eingesteuert wird. Die Zusammensetzung des Sickerwassers könnte jedoch zusätzliche Maßnahmen für die Rauchgasreinigung erfordern.

2.3 Methanreaktivierung

Das geschützte Verfahren der Methanreaktivierung basiert auf folgenden Gegebenheiten und Verfahren: In das vorhandene Gassammelsystem wird Feuchtigkeit in einem bestimmten Brunnen in Form von Dampf injiziert. Diese Feuchtigkeit dringt über die Rigole in den Deponiekörper ein und erreicht durch seine Dampfform deutlich entferntere Bereiche als dies mit Wasser möglich ist. Zum Eintrag werden die oberen Öffnungen der Rigolen so umgestaltet, dass keinerlei Luft eindringen kann. Mit dem Dampf selbst wird ebenfalls keine Luft eingetragen. Die Erzeugung des Dampfes erfolgt in einem der Wirbelschicht angegliederten Dampferzeuger. Grundsätzlich ist es jedoch möglich, den Dampf auch ohne Wirbelschichtfackel zu erzeugen. Dazu wurde eine spezielle Anlage durch das Unternehmen ES+S GmbH entwickelt.

Zur Unterstützung des Dampftransportes wird weiterhin über die Saugleitung des bedampften Gasbrunnens inertes Gas aus den anderen Brunnen eingeblasen. Dazu wird das Gasgebläse der Wirbelschichtfackel genutzt. Von besonderer Bedeutung sind dabei die Sicherheitsaspekte.

Das Verfahren wird - mit Unterstützung des StAUN Stralsund- seit Oktober 2005 auf der Deponie in Rökendorf, Landkreis Nordvorpommern, durchgeführt. Dazu wird in diesem Versuchsstadium jeweils nur in einen Brunnen injiziert. Deshalb ist die eingetragene Dampfmenge begrenzt. Naturgemäß ist es viel zu früh, um quantitativ zuverlässige Aussagen zu treffen. Jedoch lassen sich bereits erste qualitative Aussagen ableiten.

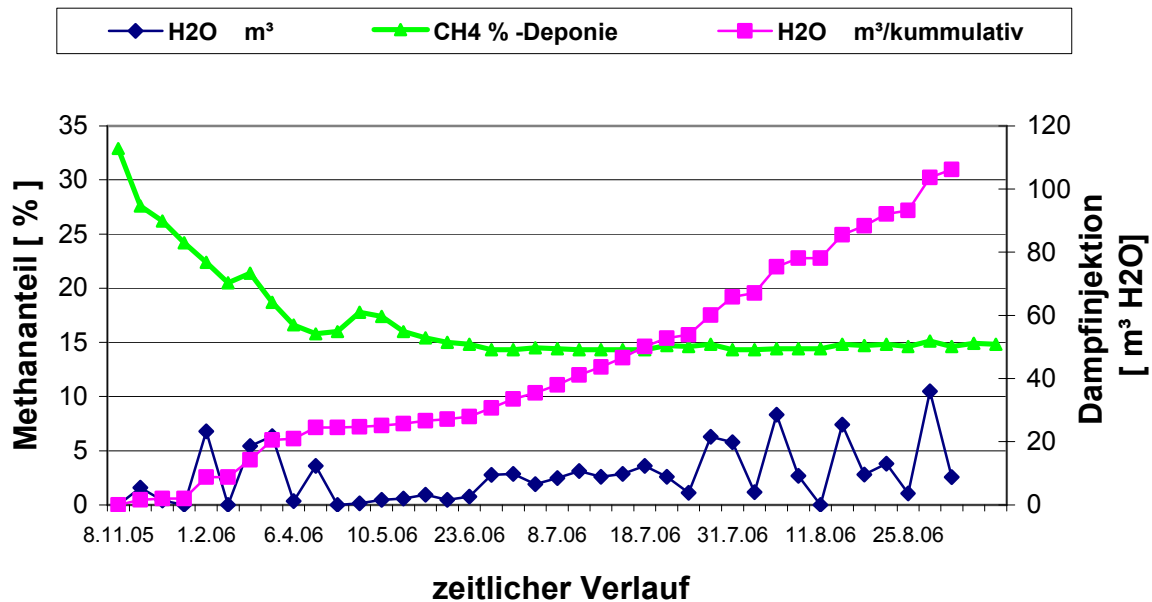


Abbildung 6 Versuch Methangasreaktivierung Deponie Rökendorf

Der über die gesamte Deponie deutlich und kontinuierlich seit 2004 sinkende Methananteil im Deponiegas ist seit Mitte 2006 konstant geblieben.

Es finden „Wanderungsbewegungen“ des injizierten Deponiegas-Dampfgemisches zu den besaugten Nachbarbrunnen statt. Deren Methananteil steigt bzw. sinkt nicht weiter. Dieser Effekt der Beeinflussung der Nachbarbrunnen ist in zwei von einander entfernten Teilbereichen der Deponie aufgetreten.

Bei der Injektion in einen bisher völlig „toten“ Brunnen erfolgte in den ersten Tagen eine aerobe Reaktion und nach etwa zwei Wochen kam es dann zur einer starken anaeroben Methanbildung. Seitdem liefert dieser Brunnen wieder stabil Gas.

2.4 Energetische Nutzung in der Schwachgasphase

Die energetische Nutzung der auch im Deponieschwachgas enthaltenen Energie ist das wirtschaftliche Kernelement der Anlage. In Abhängigkeit von der nachhaltigen Methanproduktion (Reaktivierung!) ist hiermit auch eine langjährige Vergütung des erzeugten (Brutto-) Stromes über das EEG erzielbar. Bei hohen eigenen Stromkosten des Deponiebetreibers (höher als EEG) ist die Verdrängung des Fremdbezuges wirtschaftlich

interessant. Für die energetische Nutzung des Rauchgases im kleinen Leistungsbereich ist die Anzahl verfügbarer Komponenten stark begrenzt. Die verbleibenden Technologien sind entweder zu teuer oder nicht ausgereift für den beabsichtigten Dauerbetrieb auf einer Deponie. Wir haben uns am Standort K. für den Dampfkraftprozess entschieden. In der Entwicklung ist eine alternative Lösung, um den überwachungspflichtigen Betrieb zu vermeiden.

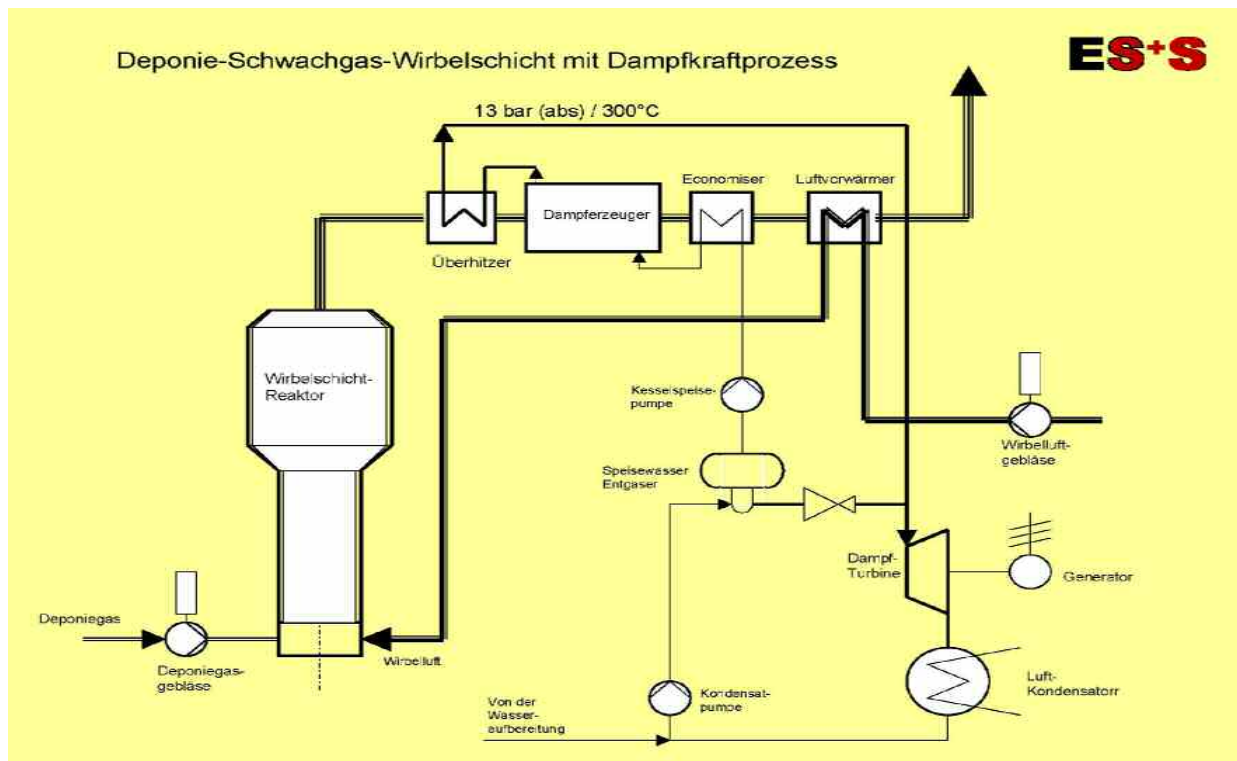


Abbildung 7 Deponie-Schwachgas-Wirbelschicht mit Dampfkraftprozess

Grundlage für die Verwirklichung eines solchen Energienutzungskonzeptes ist die Gasprognose. Die bisher erstellten Prognosen liefern üblicherweise keine langfristigen Aussagen über die Methananteile im Deponiegas unter Absaugbedingungen. Für den Standort K. ist deshalb bereits in der motorisch schwierigen Phase ab ca. 45 % der Einsatz der Wirbelschichtfackel zur energetischen Nutzung vorgesehen. Damit kann voraussichtlich die Zeit von 20 Jahren zur Stromerzeugung genutzt werden. Nach Abzug der Kosten für den Betrieb, die Wartung und Überwachung kann immer noch mit einem positiven finanziellen Ertrag am Standort K. gerechnet werden. Damit ist selbst ohne die hier mögliche Förderung aus dem Klimaschutzfonds ein deutlicher Wettbewerbsvorteil gegeben.

3 Zusammenfassung

Das hier vorgestellte System einer umfassenden Deponienachsorge, D-N-ESS, geht in seinem innovativen Kern auf eine seit mehr als zwei Jahren erfolgreich vorgenommene Dauererprobung mit einer Wirbelschichtfackel zurück. Die daran angefügten Teilsyste-

me lassen sich sowohl als Einzellösungen als auch als Gesamtsystem standortbezogen einsetzen. Die Effekte aus dem Einsatz eines solchen Systems sind klimapolitisch wichtig und für den Deponiebetreiber betriebswirtschaftlich interessant. Mit diesem Konzept soll ein wichtiger Beitrag zur Verkürzung der Nachsorgezeit von Deponien geleistet werden.

4 Literatur

- | | | |
|--|------|---|
| Steinbrecht, Dieter | 2003 | Deponierestgasverwertung in Mecklenburg-Vorpommern, Bericht an das LUNG, |
| Steinbrecht, Dieter | 2004 | Entsorgung von heizwertarmen Deponie - Restgasen mit einer Wirbelschichtfeuerung; Vortrag Depotech 2004, Leoben |
| <u>D. Steinbrecht</u> ¹ , H.-J. Wolff ¹ , R. Matzmohr ¹ , V. Spiegelberg ² | 2006 | Thermal Utilization of Low Calorific Fuel Gases in SFBC Plants ; Vortrag FBC- Tagung , Wien |

Anschrift des Verfassers

Dipl.-Ing., Ing. Volker Spiegelberg
ES+S Energy Systems & Solutions GmbH, Rostock
Tel. 49 (0) 381 44072 11
Fax 49 (0) 381 44072 14
email : vspieg@es-plus-s.de
website: www.es-plus-s.de