



Abfallwirtschaft und Stadtreinigung Freiburg GmbH
Hermann-Mitsch-Straße 26
79108 Freiburg i. Br.

Deponie Eichelbuck

Verwertung von Deponieschwachgas in einer Mikrogasturbinenanlage

- Abschlussbericht -



Inhaltsverzeichnis

	Seite	
1	Veranlassung	3
2	Mikrogasturbinen	4
2.1	Leistung und Wirkungsgrad der Mikrogasturbine	5
3	Bestandssituation Deponie Eichelbuck	7
4	Beschreibung der Mikrogasturbinenanlage auf der Deponie Eichelbuck	9
4.1	Veranlassung für die Installation einer Mikrogasturbinenanlage	9
4.2	Realisierung der Anlage	9
4.3	Durchführung des Probebetriebs	12
5	Ergebnisse des Probebetriebes	13
6	Rohgasüberwachung / Aktivkohlestandzeit	15
7	Abgasüberwachung	16
8	Zusammenfassung und Ausblick	17
9	Literatur	18



1. Veranlassung

Mit Beendigung der Ablagerung von organischen Stoffen bzw. Ablagerung von nur noch begrenzt organisch abbaubaren Stoffen auf Deponien geht die Deponiegasproduktion zurück.

Zur Aufrechterhaltung einer dann für den Emissionsschutz ausreichenden Absaugung des dann noch entstehenden Deponiegases werden dann einerseits nur noch stark reduzierte Mengen und in ihrem Methanwert reduzierte Deponiegase abzusaugen sein.

Eine Verwertung von Deponiegasmengen in Verbrennungsmotoren wird dann nur noch teilweise und mit fortschreitender Nachsorgephase der Deponie letztendlich dann nicht mehr durchführbar sein.

Für diese Deponiegassituation werden dann umweltverträgliche Entsorgungsanlagen erforderlich, welche möglichst noch den Nebeneffekt einer Verwertung haben.

Für die Verwertung von Deponiegas nach der Deponiestilllegung bzw. bei bereits in der Nachsorge befindlichen Deponien werden deshalb Techniken gesucht, welche zum einen auch kleine Gas-mengen und zum anderen Deponiegas mit Methangehalten unter 45 % verwerten können.

Hierfür sind Mikrogasturbinen prinzipiell gut geeignet.

Zwischenzeitlich wurden Mikrogasturbinen so weiterentwickelt, dass diese Gase (ggf. nach vorheriger Aufbereitung bzgl. Siloxan und Schwefelverbindungen) bis zu minimalen Methanwerten von 30 – 35 Vol.-% störungsfrei nutzen können.

Damit könnte auch methanschwaches Deponiegas mit Methankonzentrationen zwischen 30 und 45 Vol.% emissionsarm, ressourcenschonend und umweltschonend verwertet werden.

Mikrogasturbinen weisen des Weiteren ausgezeichnete Abgaswerte auf, mit denen auch die aktuellen TA-Luftwerte gut eingehalten werden können.

Aufgrund der Baugröße der Aggregate können bereits kleine Gas-mengen (ab ca. 20 m³/h) in Mikrogasturbinen verwertet werden. Damit ist auch ein stufenweiser an die noch vorhandene Deponie-gasproduktion angepasster Aus- und Rückbau der Anlage sehr gut möglich.

Ein Einsatz von Mikrogasturbinen auf einer Deponie wurde bislang in größerem Maßstab nur in den USA durchgeführt.

Mit vorliegendem Vorhaben sollte nun erstmals auf einer Deponie in Baden-Württemberg gezeigt werden, dass Mikrogasturbinen für die Verbrennung von Deponieschwachgasen geeignet und wirtschaftlich einsetzbar sind.



2. Mikrogasturbinen

Als Mikrogasturbinen bezeichnet man kleine, schnelllaufende Gasturbinen mit niedrigen Brennkammerdrücken und –temperaturen in der Leistungsklasse von 20 bis 500 kWel. Sie basieren auf der Turboladertechnologie und den aus der Luftfahrt bekannten Hilfsantrieben (APU: Auxiliary Power Units) und bestehen im Wesentlichen aus den Komponenten Verdichter, Brennkammer, Turbine und Generator.

Im Gegensatz zu Kraftwerksgasturbinen werden bei Mikro-Gasturbinen häufig Rekuperatoren zur Vorwärmung der Verbrennungsluft eingesetzt.

Der Rekuperator dient zur internen Luftvorwärmung, wodurch diese kleinen Aggregate elektrische Wirkungsgrade von 25–30% erreichen.

Die Luft tritt in den Generator ein und wird von dort zum Radialverdichter weitergeleitet, gleichzeitig wird auf diese Weise der Generator gekühlt. Die angesaugte Luft wird im Radialverdichter auf etwa 4 bar Überdruck komprimiert. Der Rekuperator nutzt die Wärmeenergie aus den Turbinenabgasen und erwärmt damit die Verdichteraustrittsluft, bevor sie in die Brennkammer gelangt. Der Brennstoff wird in der Brennkammer eingedüst und dort verbrannt. Die heißen Verbrennungsgase werden in der Turbine entspannt und treiben so Verdichter und Generator an. Einen Teil ihrer Wärmeenergie geben die Abgase im Rekuperator an die Verbrennungsluft ab und verlassen dann die Mikro-Gasturbine durch den Abgasauslass in Richtung Abgaswärmetauscher bzw. Kamin.

Mikro-Gasturbinen werden im Vergleich zu herkömmlichen Gasturbinen mit hohen Luftüberschüssen von $\lambda=6-8$ betrieben.

In der Abbildung 1 ist ein Schnitt durch eine Mikrogasturbine des Herstellers Capstone zu sehen.

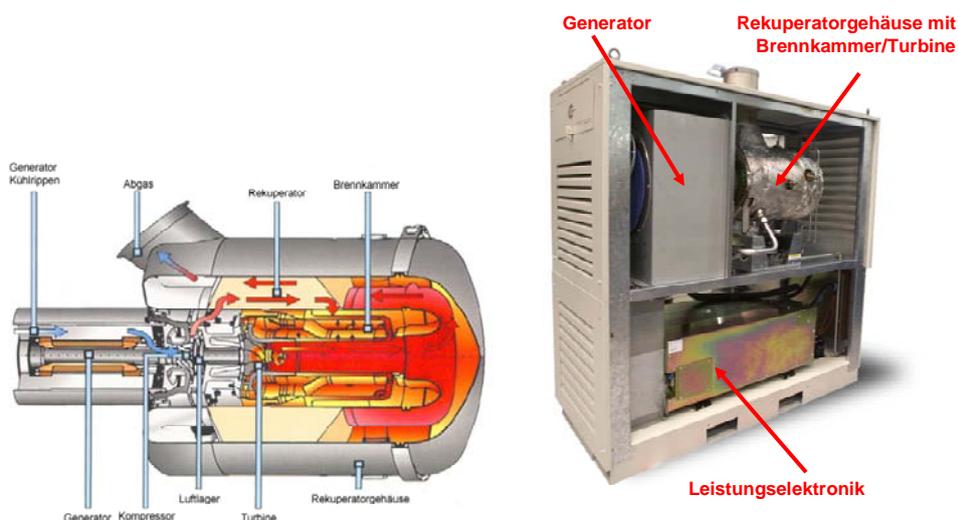


Abb.1: Schnitt durch eine Mikrogasturbine der Firma Capstone



2.1 Leistung und Wirkungsgrad der Mikrogasturbine

Der elektrische Wirkungsgrad beträgt ohne Nachschaltung eines ORC-Prozesses je nach Turbinengröße 26 bis 32,5 %.

Dieser Wirkungsgrad gilt bei einer Außentemperatur von maximal 24 °C (bei Meereshöhe) und ohne Berücksichtigung des Energieverbrauchs für die Gasverdichtung auf 5bar und eine eventuelle Gas-aufbereitung.

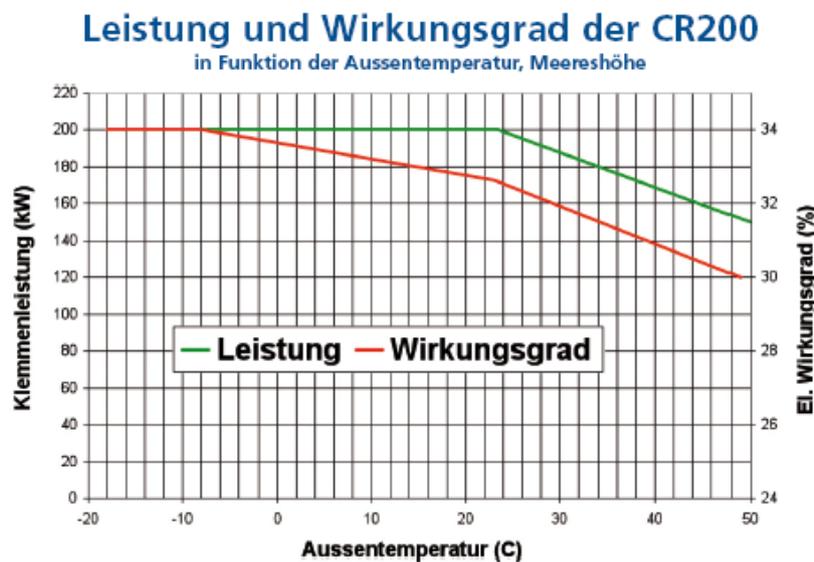


Abb. 2: Leistung und Wirkungsgrad der CR 200

CR200 Wirkungsgrade im Teillastbereich

(bei ISO-Bedingungen)

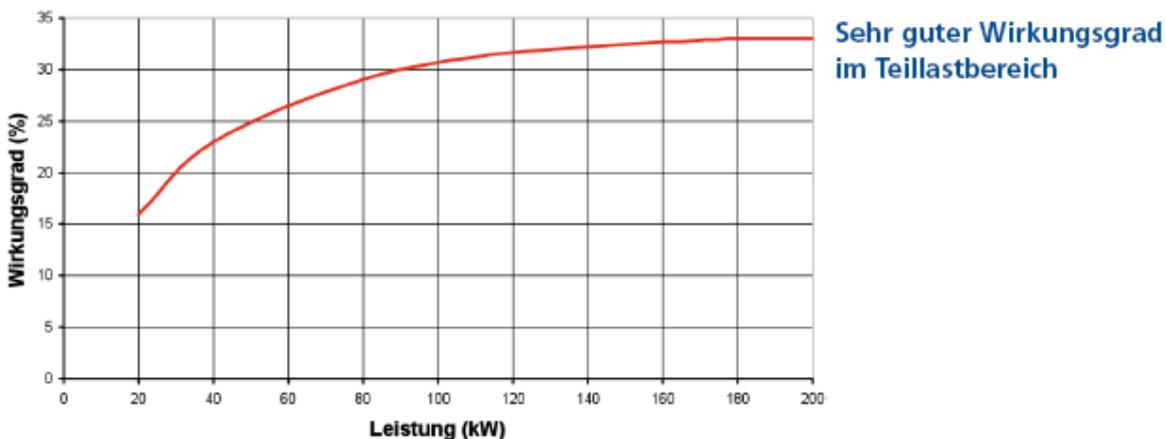


Abb. 3: Wirkungsgrad der CR 200 bei Teillastbetrieb



**Deponie Eichelbuck
Verwertung von Deponieschwachgas
in einer Mikrogasturbinenanlage
Abschlussbericht**

Für die Gastrocknung und die Verdichtung des Gases auf 5 bar ist überschlägig ein elektrischer Leistungsbedarf von 8 % der erzeugten Nettoleistung der Turbine zu kalkulieren (bei einem Methangehalt des Deponiegases von 35 Vol%).

Capstone Mikrogasturbine		CR30	CR65	CR200
Brennstoffleistung	kW	115	224	615
Elektrische Leistung _{brutto}	kW	30	65	200
ORC Elektrische Leistung _{netto}	kW	-	-	-
Elektrische Leistung _{total}	kW	30	65	200
Thermische Leistung	kW	60	120	320
Wirkungsgrad el.	%	26,1	29,0	32,5
Gesamtwirkungsgrad	%	78,3	82,6	84,6
NOx @15%O ₂	ppm	< 9	< 9	< 15

Abb.4: Leistungsdaten von Mikrogasturbinen der Fa. Capston



3. Bestandssituation Deponie Eichelbuck

Die Deponie Eichelbuck der Stadt Freiburg wurde 1972 errichtet und bis 1980 als Rotteponie betrieben.

Ab 1983 wurde die Deponie nach Zwischenabdeckung des alten Teils als Haldendeponie für Haus- und Gewerbeabfall betrieben.

Das Einbauvolumen betrug ca. 140.000 t/Jahr.

Bis zur Stilllegung am 31.05.2005 wurden ca. 6,15 Mio. m³ Abfälle verfüllt.

Die Deponiefläche beträgt 21 ha.

Die Entgasung der Deponie erfolgt über 64 senkrechte Gaskollektoren, die an 9 Gasregelstationen größtenteils einzeln angeschlossen sind. Von den Gasregelstationen, in denen eine Trennung des Gases in Gutgas bzw. Schwachgas vorgenommen wird, führt eine Doppelleitung zur Gebläsestation.

Das Gutgas wird in der Blockheizkraftwerkstation (alternativ Hochtemperaturmuffel) der Badenova verwertet, das Schwachgas, welches für die Nutzung im Blockheizkraftwerk zu geringe Methankonzentrationen aufweist, wird in einer Muffel mit eigener Verdichterstation verbrannt.

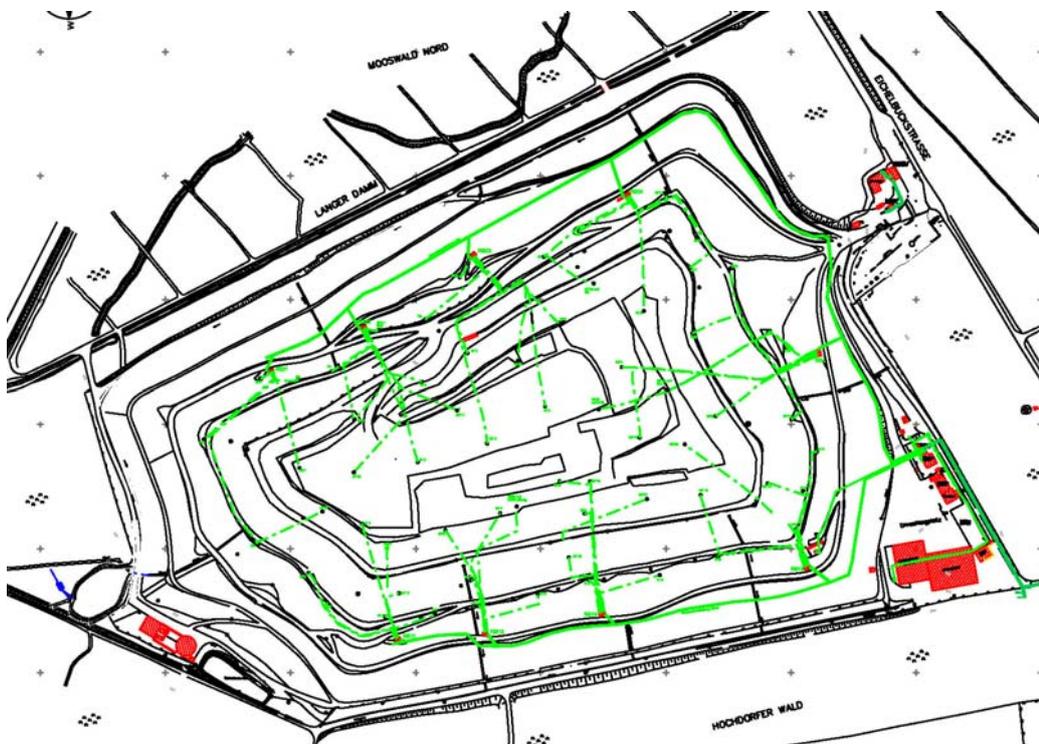


Abb. 5: Deponie Eichelbuck, Deponiegasbestand

Im Jahr 2005 wurden ca. 5,9 Mio. m³ Gutgas verwertet und ca. 1,1 Mio. m³ Schwachgas über die Fackelanlagen entsorgt.



**Deponie Eichelbuck
Verwertung von Deponieschwachgas
in einer Mikrogasturbinenanlage
Abschlussbericht**

Im Jahr 2006 reduzierte sich die Gesamtmenge an absaugbarem Deponiegas auf 5,6 Mio. m³, davon konnten nur noch 4,6 Mio. m³ im Kraftwerk genutzt werden. Dabei war in diesem Jahr ab dem 2. Quartal ein deutlicher Einbruch in der Gasproduktion festzustellen. Die noch im Jahr 2005 und Anfang 2006 erreichbaren Gasabsaugmengen von ca. 600.000 m³/Jahr reduzierten sich auf durchschnittlich 400.000 m³/Jahr.

Diese Reduzierung in der absaugbaren Gasmenge wird auf eine nach der Beendigung des Ablagerbetriebs (2005) nur noch reduzierte Gasproduktion zurück geführt. Die theoretischen Gasprognoseberechnungen bestätigen dies.

Für die weiteren Jahre war damit eine weitere Reduzierung in der Gasproduktion zu erwarten.



4. Beschreibung der Mikrogasturbinenanlage auf der Deponie Eichelbuck

4.1 Veranlassung für die Installation einer Mikrogasturbinenanlage

Auf Grund der im Jahr 2006 beobachteten und für die weiteren Jahre zu erwartenden Reduzierung in der Gasproduktion und damit in der erfassbaren Gasmenge wurde eine Möglichkeit gesucht, auch kleine Deponiegasmengen mit zeitlichen Mengen- und Qualitätsschwankungen so wie mit geringen Brennwerten und hohen Verunreinigungen nicht nur zu entsorgen sondern gleichzeitig möglichst effektiv energetisch zu nutzen.

Diese Anlage sollte eine Ergänzung zum bereits betriebenen Blockheizkraftwerk (Bedarf an hohem Brennwert und gleichbleibender Mindestgasmenge auf Grund der Aggregatgrößen) werden.

Zur gleichen Zeit wurde eine Anlage zur Aufbereitung von Speiseresten mit einem hohen Bedarf an thermischer Energie (Hygienisierung, Behälterwaschanlage) realisiert.

Hierfür wurde der Einsatz von Mikrogasturbinen in einer kleinen Baugröße (65Kw) und einer guten Verfügbarkeit der Wärmeabnahme als technisch und wirtschaftlich gut geeignet in einer Studie ermittelt.

4.2 Realisierung der Anlage

Ab Mitte 2006 wurde auf der Deponie Eichelbuck mit der Realisation der Mikrogasturbinenanlage auf der Deponie Eichelbuck begonnen.

Die Entscheidung fiel auf Grund wirtschaftlicher und technischer Gründe so wie der nachweisbaren Erfahrungen auf die Installation von Turbinen der Firma Capston. Die Lieferung und Installation der Anlage wurde an die Firma Verdesis (Vertragspartner der Firma Capstone für Deutschland) vergeben.

Die peripheren Anlagenteile (Anschluss an bestehende Gebläsestation, Gasleitungsverbindungen, Einbindung in die Steueranlage wurde von der Firma Lambda ausgeführt.

Es wurde folgende Anlage installiert:

- 2 Mikrogasturbinen CR65 der Firma Capstone
- 2 x 225 kW Brennleistung, Einspeisung von 2 x 62 m³ Deponiegas mit 35 Vol.-% CH₄
- 2 x 65 kW elektrische Leistung
- Gasverdichter- und Gasaufbereitungsstation (A-Kohle Filter 2,3 m³, Entwässerung)
- Insgesamt Nutzung von 192 kW thermischer Leistung (Stufe 1: 165 – 300 °C, Stufe 2: 120 °C)
- Wärmenutzung in der Speiserestaufbereitung (Hygienisierung, MGB-Waschanlage)
- Investitionskosten der Anlagentechnik ca. 250.000,00 EUR (netto)



**Deponie Eichelbuck
Verwertung von Deponieschwachgas
in einer Mikrogasturbinenanlage
Abschlussbericht**

Die beiden Turbinen wurden in die bestehende Gasabsaug- und Verdichteranlage eingebunden, so dass sie parallel zum Gutgasverwertungsbetrieb laufen können. Die Einbindung ist in folgendem Bild dargestellt.

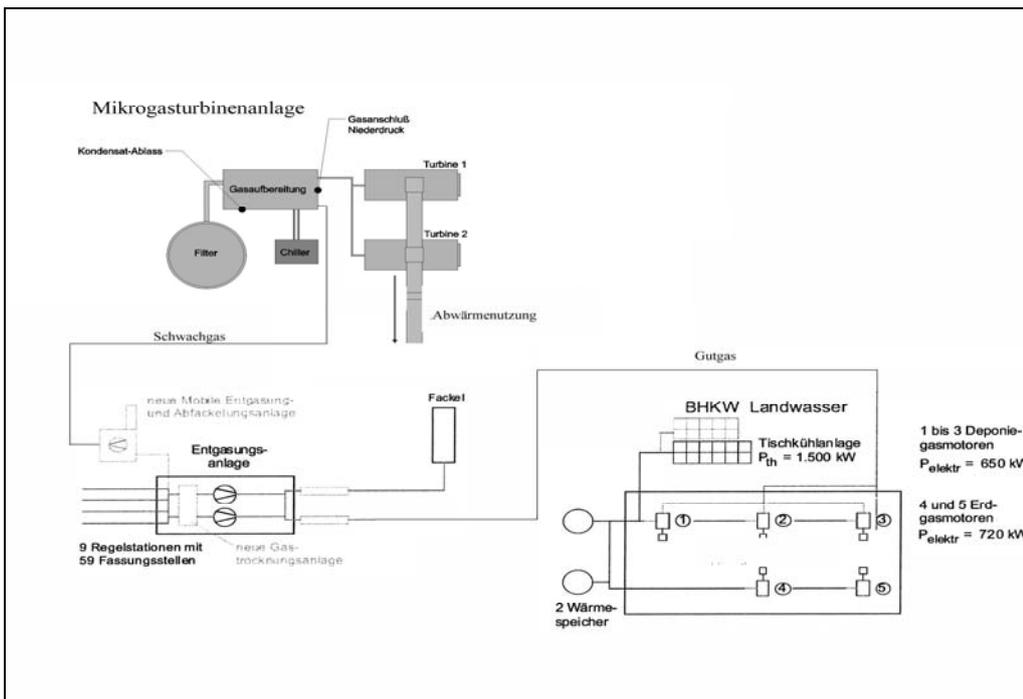


Abb. 5: Mikrogasturbinenanlage mit Einbindung in bestehende Anlage

Die Anlage ging Ende Oktober 2006 in den Versuchsbetrieb, ab Dezember 2006 in den einjährigen Probebetrieb.

Die folgenden beiden Bilder zeigen die gesamte Installation der Mikrogasturbinenanlage auf der Deponie Eichelbuck und als Ausschnitt das Detail der Mikrogasturbinen.



**Deponie Eichelbuck
Verwertung von Deponieschwachgas
in einer Mikrogasturbinenanlage
Abschlussbericht**



Abb.6: Mikrogasturbinenanlage auf der Deponie Eichelbuck, Überblick



Abb.7: Mikrogasturbinenanlage, Detail Capstone Turbinen



4.3 Durchführung des Probetriebs

Die Installation der Anlage einschließlich der peripheren Anlagenteile und der Einbindung der Wärmenutzung in die Speiseresteaufbereitung war Ende Oktober 2006 abgeschlossen.

Die relativ lange Installationszeit war hierbei nicht von der Turbineninstallation selbst sondern der Fertigstellung der Abwärmenutzung in der parallel erstellten Speiseresteaufbereitungsanlage bedingt.

In dem Monat November 2006 erfolgte dann ein Versuchsbetrieb, in welchem als wesentliche Leistung die Optimierung der Gaszuführung (Entwässerung) und der Abwärmeeinbindung erfolgte.

So wurden im Bereich der Druckhalteventile und Überdrucksicherungen separate Abblaseleitungen nachgerüstet, die Kondensatabscheidung optimiert und nach dem Kompressor eine zusätzliche Kondensatablassmöglichkeit installiert.

Vor Inbetriebnahme der Anlage wurde diese von einem sicherheitstechnischen Gutachter abgenommen.

Der Probetrieb wurde dann am 1.12.2006 aufgenommen.

Der Probetrieb endete am 30.11.2007.

Während des Probetriebes wurden folgende Anlagenfahrweisen überprüft:

- Betrieb mit niedrigen Brennwerten
- Grenze des Methangehalts für Betrieb und Anfahren
- Auswirkung auf Mengenschwankungen
- Auswirkung auf kurzfristige Qualitätsschwankungen

Es wurden im Probetrieb folgende Anlagenparameter überprüft:

- Betriebsstunden
- Energieerzeugung Strom
- Verfügbarkeit Wärmeauskopplung
- Gasqualität Einspeisung
- Reinigungsleistung Gasaufbereitung
- Abgasqualität
- Wirkungsgrade in Abhängigkeit von Teillastbetrieb und Außentemperatur
- Wartungsintervalle
- Störungen



5. Ergebnisse des Probetriebes

Leistungsdaten (1.12. 2006 – 30.11.2007):

Betriebsstunden Turbine 1	7.800 h
Betriebsstunden Turbine 2	7.200 h
Stillstandszeiten	37 Tage (Umbau/Sanierung Gasversorgung, Wärmeabnahme)
Effektive Betriebszeit (ohne Stillstand)	328 Tage = 7872 h
Betriebsstunden/Betriebszeit Turbinen	95 %
Erzeugter Strom	750.000 kWh
Durchschnittliche Leistung je Turbine	48 kW
Verarbeitete Gasmenge	780.000 m ³
Durchschnittliche Gasverwertung	99 m ³ /h
Durchschnittlicher Methangehalt	37 Vol %
Minimaler Methangehalt	28 Vol %
Maximaler Methangehalt	50 Vol %
Durchschnittlicher elektrischer Wirkungsgrad	26 %
Wärmeabnahme Speiseresteanlage	190 kW
Durchgeführte Wartungen	3 Stück je 6 h



Aufgetretene Störungen

Im Zeitrahmen des 1-jährigen Probebetriebs der Mikrogasturbinenanlage kam es zu keinen Störungen an der Turbinenanlage selbst.

Störungen traten jedoch auf durch:

- Gasversorgungssystem, und dort durch Kondensatansammlungen im Leitungssystem. Dadurch wurden dann auch Gasförderprobleme verursacht (Störungszeit: 30 Tage)
- Starke Ablagerungen im Aktivkohlefilter durch Schwefel, erforderlicher Kohlewechsel mit Ersatz durch Mehrstufenfilter wurde durchgeführt (Störungszeit: 2 Tage)
- Einbau Druckhalteventil vor Anlage (Störungszeit: 3 Tage)
- Störung in Gasversorgung durch Wartung/Umbau (Störungszeit: 4 Tage)

Allgemeine Betriebsergebnisse

In den Sommermonaten war tagsüber eine Leistungsreduktion (jede Turbine ca. 10 kW_{el}) aufgrund der Außentemperaturen festzustellen. Die Anlage wurde darauf hin mit einer Überdachung versehen, um Witterungseinflüsse zu minimieren.

Seitens der Deponie wurden verschiedene Gaszustände (hoher CH₄-Gehalt, niederer CH₄-Gehalt) realisiert. Dabei wurde festgestellt, dass sich bei einer definierten Turbineneinstellung zu starke und schnelle CH₄-Schwankungen in einer Verschlechterung des elektrischen Wirkungsgrades niederschlagen.

Bei einem Ausfall der Gutgasschiene der Deponie kam es gelegentlich zu Schwankungen bis zu 20 Vol.-% CH₄. Bis zu CH₄-gehalten von 30 Vol.-% lief die Turbine problemlos durch, ein Turbinenstart war allerdings erst ab 35 Vol. % möglich.

Nach Durchbruch des Aktivkohlefilters nach 7 Monaten kam es zu spontanen Schwefelablagerungen in den nachfolgenden Anlagenteilen, was eine größere Wartung nach sich zog. Ein zeitiger Wechsel der Aktivkohle ist empfehlenswert.

Die gesamten Wartungskosten incl. eines Aktivkohlewechsels betragen im Probebetriebsjahr ca. 9.000 EUR.

Die Mitverbrennung von Abluft aus der Speiseresteanlage war nicht möglich, da diese Abluft zu feucht und zu warm ist.



6. Rohgasüberwachung / Aktivkohlestandzeit

Das Deponiegas vor und nach der Reinigungsstufe wurde an vier Terminen auf Spurenstoffe untersucht (an 2 Terminen zusätzlich die siliziumorganischen Verbindungen).

Parameter	Messtermin an Gasreinigungsstufe							
	①		②		③		④	
	vor	nach	vor	nach	vor	nach	vor	nach
Methan [Vol.-%]	42,2	44,5	41,4	41,5	32,5	32,7	37,1	37,1
CO ₂ [Vol.-%]	29,7	29,8	29,7	29,7	25,5	25,4	27,7	27,9
O ₂ [Vol.-%]	1,5	1,4	0,6	0,6	0,9	0,9	1,9	1,8
H ₂ S [mg/m ³ N]	459	< 1	497	< 1	25	< 1	173	< 1
VC [mg/m ³ N]	20,1	< 0,1	0,3	1,1	0,3	1,2	1,1	1,0
Benzol [mg/m ³ N]	1,4	< 0,1	1,2	< 0,1	0,7	< 0,1	1,0	< 0,1
ΣSi _(org) [mg/m ³ N]	9,6	0,1	n. b.	n. b.	3,5	< 0,1	n. b.	n. b.
ΣCl [mg/m ³ N]	4,6	4,9	3,1	2,5	1,9	2,0	3,5	6,5
ΣF [mg/m ³ N]	3,2	3,6	3,5	4,2	1,5	4,0	3,2	5,1
ΣS _{ges} [mg/m ³ N]	449	7,7	488	4,3	22,3	0,9	123	< 0,4

Es hat sich gezeigt, dass die Gasreinigung bezüglich der wesentlichen Parameter H₂S, ΣS_{ges} und ΣSi_(org) sehr gut arbeitet.

Bei einem Schadstoffdurchbruch kommt es zu Schwefel- bzw. Siliziumablagerungen an der Turbine, was zu Unwucht und Zerstörung der Turbine führen kann.

Die im Rahmen der Anlagenwartung ermittelte Standzeit der Aktivkohle beträgt derzeit etwas über ½ Jahr.



7. Abgasüberwachung

Ebenfalls an diesen 4 Terminen wurden die folgenden Spurenstoffe im Abgas einer Turbine untersucht (an 2 Terminen zusätzlich die Parameter Dioxine / Furane und Formaldehyd).

Die in der nachfolgenden Tabelle angegebene Werte (Mittelwerte aus 3 Messungen) sind auf einen Sauerstoffgehalt von 15 Vol.-% bezogen.

Parameter	Messtermine			
	①	②	③	④
CO [mg/m ³ N]	27,8	44,2	131,5	109,8
NO ₂ [mg/m ³ N]	10,1	13,3	10,2	6,2
HF [mg/m ³ N]	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4
HCl [mg/m ³ N]	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6
SO ₂ [mg/m ³ N]	< 26	< 14	< 14	< 16
C _{ges} [mg/m ³ N]	< 2	< 2	< 2	< 2
Staub _{ges} [mg/m ³ N]	0,4	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Formaldehyd [mg/m ³ N]	< 3,0	n. b.	n. b.	< 2,0
Dioxine / Furane [ng/m ³ N]	0,00097	n. b.	n. b.	0,00099

Die Spurenstoffkonzentrationen im Abgas der Turbine liegen auf sehr niedrigem Niveau und deutlich unter den Grenzwerten nach TA-Luft und auch deutlich unter den Konzentrationen eines Gasottomotors.

Auffällig sind die geringen Schwankungen beim Parameter NO₂ und die stärkeren Schwankungen beim Parameter CO (diese sind abhängig vom Methangehalt des Deponiegases). Diese Schwankungen waren auch während der Langzeitmessung über mehrere Tage zu beobachten.



8. Zusammenfassung und Ausblick

Auf der Deponie Eichelbuck, Freiburg wurde Ende 2006 eine Mikrogasturbinenanlage installiert. Die Auswertung des 1-jährigen Probebetriebes ergibt folgende Ergebnisse:

- die Mikrogasturbine verbrennt Deponiegas sehr emissionsarm
- eine vorgeschaltete Gasreinigung ist erforderlich, die Standzeit der Aktivkohle beträgt ca. ½ Jahr
- vor dem Kompressor muss ggf. ein Druckhalteventil eingebaut werden
- eine Kondensatabscheidung vor und nach dem Kompressor ist erforderlich und für den reibungslosen Betrieb entscheidend
- eine Wärmenutzung aus dem Abgas der Turbinen ist ohne größeren Aufwand gut realisierbar
- die Anlage ist sehr wartungsarm (geringe Wartungskosten)
- die Anlage verarbeitet Schwachgase bis ca. 30 Vol.-% CH₄
- der elektrische Wirkungsgrad ist von der Außentemperatur abhängig
- bei zu starken und schnellen Schwankungen im CH₄-Gehalt schwankt der elektrische Wirkungsgrad ebenfalls
- nach Beseitigung der Anfangsprobleme läuft die Anlage fast ohne Störungen, so dass für die Zukunft von einer Verfügbarkeit von mindestens 8.500 Betriebsstunden pro Jahr ausgegangen wird unter der Voraussetzung einer sicheren Gasversorgung
- Unter Berücksichtigung eines realistischen Betriebes mit Außentemperatureinfluss, schwankenden Gasverfügbarkeiten und des Eigenverbrauchs der Anlage kann von einem elektrischen Wirkungsgrad von 26 % ausgegangen werden.
- Für die Verdichtung und Kühlung des Gases ist ein Strombedarf von ca. 8 – 10% des erzeugten Bruttostroms auszugehen

Auf Basis der im Probebetrieb gewonnenen Erkenntnisse werden folgende Entwicklungen verfolgt:

- Entwicklung einer größeren Turbine (Kostensparnis bei Investitionen und Wartung/Turbinenüberholung so wie verbesserter elektrischer Wirkungsgrad)
- Optimierung der Turbinensteuerung, um den elektrischen Wirkungsgrad bei starken Methanschwankungen zu halten
- Optimierung der Kondensatabscheidung (auch auf der Hochdruckseite)
- Entwicklung von Standard-Anlagengrößen für Deponien

Fazit: Der einjährige Versuchsbetrieb der Mikrogasturbinenanlage auf der Deponie Eichelbuck hat gezeigt, dass Mikrogasturbinen sehr gut geeignet sind, Deponieschwachgase bis ca. 30 Vol-% Methangehalt und bei geringen und schwankenden Gasverfügbarkeiten emissionsarm und wirtschaftlich zu verwerten.



9. Literatur

Für den vorliegenden Bericht wurden Daten aus folgender Literatur entnommen.

1. Deponie Eichelbuck, Mikrogasturbinenanlage, Anlagendokumentation, Fa. Verdesis, Dezember 2007
2. Deponie Eichelbuck, Erklärung zum Deponieverhalten 2006, Roth & Partner GmbH, Dezember 2007
3. Gasverwertung mit Mikrogasturbinen am Beispiel der Deponie Eichelbuck, J. Roth, Januar 2007 (Vortrag in Trier, erschienen im Trierer Berichte zur Abfallwirtschaft Band 14)
4. Einsatz von Mikrogasturbinen auf der Deponie Eichelbuck, J. Roth, Vortrag auf der 24. Sitzung des Arbeitskreises „Deponiegas Baden-Württemberg“
5. Schwachgasnutzung Deponie Eichelbuck, J. Roth, Vortrag auf der 25. Sitzung des Arbeitskreises „Deponiegas Baden-Württemberg“
6. Umgang mit Schwachgas / Optimierung der Entgasung und Techniken zur Verwertung, J. Roth, Januar 2008 (Vortrag in Karlsruhe, erschienen LUBW Abfallwirtschaft 2008)
7. Kurzbericht und Messdaten Eichelbuck, Messkampagne 01.12.2006 – 31.07.2007, Ökozentrum Langenbruck, 14.08.2007
8. Kurzbericht und Messdaten Eichelbuck, Messkampagne 01.08.2007 – 31.11.2007, Ökozentrum Langenbruck, 12.12.2007
9. Bericht über die Durchführung der Emissionsmessungen an der Mikrogasturbine der Deponie Eichelbuck, RUK Umweltanalytik, 15.06.2007, 17.12.2007, 07.01.2008
10. Rohgasmessungen vor und nach dem Aktivkohle-Filter, RUK Umweltanalytik, 08.05.2007, 23.10.2007, 28.11.2007
11. Wartungsprotokolle der Fa. Verdesis (2006/2007)
12. Deponie Eichelbuck, Schwachgaskonzentrations- und Schwachgasmengenmessungen, ASF, 2006-2007

Karlsruhe, 02.04.2008

INGENIEURBÜRO ROTH
& PARTNER GMBH

ppa. Dipl.-Ing. Volker Bischoff