

Erhöhung der Deponiegasausbeute durch Optimierung der Gasbrunnen

J. Kanitz, CDM Consult GmbH

1 Veranlassung für Investitionen in die Gasfassung

Auf vielen Deponien mit installierter Gasfassung ist ein Rückgang der gefassten Gasvolumina zu beobachten. Obwohl in den meisten Fällen noch ausreichend Organik im Deponat vorhanden ist und über die Oberflächen nur geringe oder keine Emissionen feststellbar sind, geht das fassbare Gasvolumen zurück. Auch bei nur gering angesetzten Fassungsgraden der produzierten Gasmengen werden die erwarteten Volumina nicht erreicht. Bestehende Gasmotoren werden nicht mehr ausgelastet, ihr Betrieb unwirtschaftlich.

Zur Verbesserung der Gasfassung und –ausbeute kann hier das DEPO⁺ Verfahren der CDM Consult GmbH (CDM) in vielen Fällen Abhilfe bringen. Dieses Verfahren umfasst den Umbau bestehender Gasbrunnen in der Weise, dass diese ihre Saugwirkung auch auf tiefere Bereichen des Deponiekörpers entfalten. CDM verfügt über weitreichende und langjährige Erfahrungen mit tiefabsaugenden Gasbrunnen und der Möglichkeit mit derartigen Brunnen Deponien wieder intensiv zu besaugen und dabei zusätzlich anaerobe Abbauvorgänge wieder zu aktivieren. Darüber hinaus lassen sich derartige Brunnen zu einem späteren Zeitpunkt zur Verkürzung der Nachsorge zur Aerobisierung nicht weiter energetisch nutzbaren Deponates einsetzen.

Die Investitionen in die Optimierung der Gasfassung amortisieren sich bereits innerhalb von Monaten über die unmittelbar erhöhte Gasausbeute.

2 Grundlagen

Allgemeines

Auch wenn Deponien als sehr verschieden angesehen werden können, so wird heute noch als Standard angesehen, dass der im Hausmüll und hausmüllähnlichen Abfällen vorhandene Anteil biogener Inhaltsstoffe vorwiegend unter anaeroben Bedingungen mit einer Halbwertszeit von ca. 6 - 8 Jahren abgebaut wird. Je nach Literaturstelle werden ca. zwischen 150 und 300 m³ Deponiegas je Mg Siedlungsabfall gebildet, wobei üblicherweise von einer Gasbildungsrate von 100 – 150 m³/h ausgegangen wird. Aufgrund der installierten Fassungssysteme wird eine Gasfassung von 30 - 50% des gebildeten Gases erwartet. Es wird postuliert, dass das restliche Gas offensichtlich unkontrolliert über die Oberfläche entweicht.

Eigene Untersuchungen und Erfahrungen an Deponien belegen ein gänzlich anderes Verhalten. Die biogene Organik wird nicht zwangsweise abgebaut. In vielen Fällen stoppt oder verlangsamt sich der Abbau massiv aufgrund vielfältiger Einflüsse, so dass ab Tiefen von meist nicht mehr als 10 Metern beim Abbau biogener Organik mit Halbwertszeiten von zwanzig oder mehr Jahren zu rechnen ist. Dies führt zu einem deutlich größeren Restgehalt

an biogener Organik als üblicherweise angenommen. Bei nahezu allen Bohrungen auf Hausmülldeponien werden i.d.R. bereits in geringer Tiefe organische Reste wie Blätter und andere Bioabfälle angetroffen. Papier ist in diesen Bereichen nicht mehr zerstört, bedrucktes Zeitungspapier kann üblicherweise noch gelesen werden. In diesen Bereichen findet, obwohl ausreichend feucht, keine weitere oder nur eine sehr geringe Umsetzung statt.

Aus den Erfahrungen mit tiefenbesaugenden Gasbrunnen z.B. im Bereich von Deponiesanierungen über eine Aerobisierung hat sich herauskristallisiert, dass das die Gasfassung stark beeinflussende Problem der Gasbrunnenaufbau und die damit verbundene Besaugung darstellt.

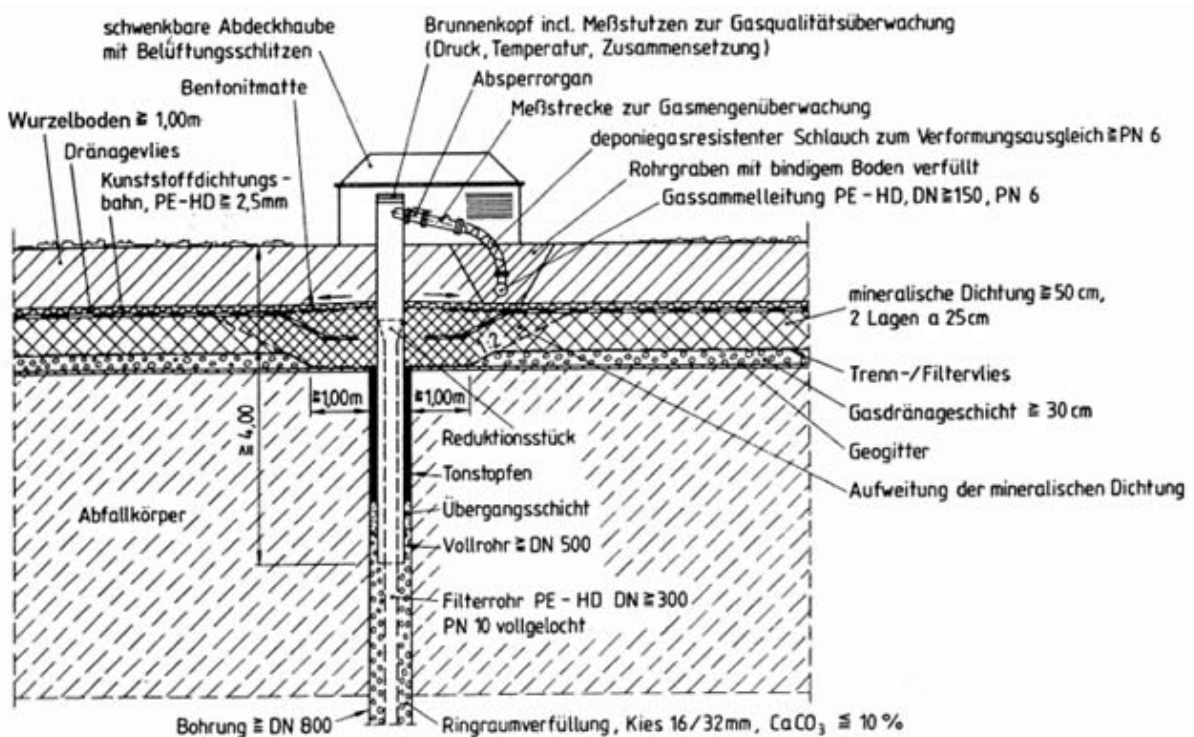


Bild 2-18.1
Beispiel für einen Gasbrunnen

Abb. 1: Gasbrunnenaufbau

Die Filterkiesstrecke eines Brunnens reicht im Allgemeinen bis auf zwei bis drei Meter unter die Oberfläche, sodass in vielen Fällen bei einer nicht gedichteten Deponie schon bei Anlegen eines milden Unterdruckes geringe Volumina Außenluft angesaugt werden. Der mit eingetragene Sauerstoff wird unter Abbau biogener Organik bakteriell zu CO_2 veratmet. Dieser Abbauweg führt teilweise schon innerhalb weniger Monate zur Schaffung besserer Wegsamkeiten für Außenluft über die Oberfläche und damit einem zunehmenden Außenlufteintrag in das abgesaugte Deponiegas des Brunnens, dem nur mit Reduzierung der Besaugung an dem entsprechenden Brunnen begegnet werden kann. Durch diese Saugdruckreduzierung verringert sich die Reichweite des Brunnens in horizontaler wie auch in vertikaler Richtung, da mit zunehmender Tiefe aufgrund von Verdichtungseffekten u.a. die Gasgängigkeit abnimmt und ein Druckausgleich immer stärker über oberflächennahe Schichten erfolgt.

Es ergibt sich ein Absaugbereich (schematisiert) wie in der nachfolgenden linken Abbildung dargestellt.

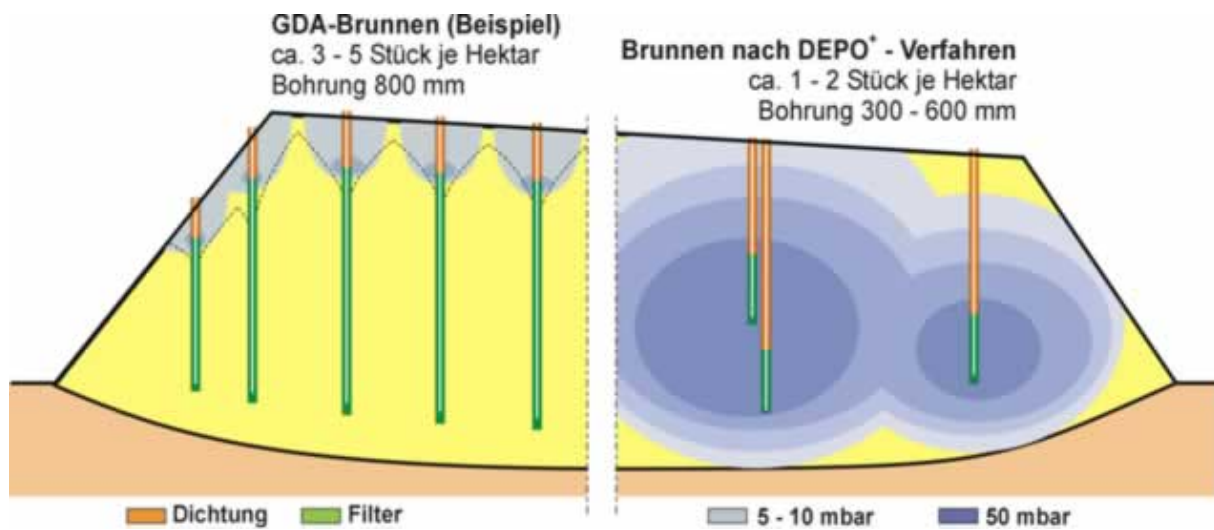


Abb. 2: Einfluss des Brunnenaufbaues auf die Besaugung

Der untere Deponiebereich (gelber oder heller Bereich) wird durch eine Besaugung nicht mehr oder nur noch untergeordnet besaugt. Dieser Effekt führt zu einem reduzierten, teilweise bis gegen Null tendierenden Abbau biogener Organik im Deponat. Das Deponat erkaltet, die Abbautätigkeit geht weiter zurück.

U.a. aus Biogasanlagen ist bekannt, dass sich durch Anlegen eines Unterdruckes teilweise Hemmungen der Abbaukinetik beseitigen lassen, wodurch der bakterielle Abbau wieder aktiviert wird.

Das Anlegen eines erhöhten Unterdruckes kommt bei normalen Gasbrunnen aus den oben erwähnten Gründen jedoch im Normalfall nicht in Betracht. Hier kann nur mit neuen oder modifizierten Gasbrunnen mit tief besaugenden Filterstrecken eine Lösung gefunden werden.

Ziel bei der Gasbrunnenmodifizierung ist es, den gesamten Filterbereich eines jeweiligen Brunnens mindestens auf 6 – 8 Meter unter Geländeoberkante (GOK) so zu dichten, dass der gesamte Porenraum des Filterkieses irreversibel geschlossen wird, so dass bei Besaugen des jeweiligen Brunnens Deponiegas nur ab dieser Tiefenstufe abgesaugt wird. Erfahrungen an anderen Deponien haben gezeigt, dass bei Besaugung ab einer Absaugtiefe von 8 – 10 Metern die Gefahr eines Kurzschlusses zur Deponieoberfläche nahezu ausgeschlossen werden kann (z.B. ehem. Deponie Stenwarde: 20 Meter tiefe Gasbrunnen, Filterstrecke 10 – 20 m unter GOK, werden z.T. seit Mai 2000 kontinuierlich mit einer Saugleistung vom 2000 m³/h, 10 Brunnen mit einer Saugrate von jeweils ca. 200 m³/h, bei einem Δp von ca. 60 – 80 mbar abgesaugt). Bisher wurde in keinem der Gasbrunnen ein Sauerstoffeinbruch festgestellt.

Auf Deponien, die bereits über ein Gasfassungssystem verfügen, ist die Installation neuer, tiefenabsaugender Gasbrunnen aus ökonomischen Gründen nicht vertretbar. Der Aufwand vorhandene Gasbrunnen z.B. zu ziehen oder zu überbohren um sie danach neu auszubauen ist unverhältnismäßig. Bohrt man zwischen die in den meisten Fällen dicht gesetzten

Gasbrunnen weitere, wenn auch tiefenabsaugende Brunnen, so kann hier durch Kurzschlussströmungen leicht der entgegengesetzte Effekt auftreten.

Aus diesem Grund erschien es sinnvoll, ein Verfahren zu entwickeln, bei dem vorhandene Gasbrunnen auf tiefenbesaugende Brunnen umgerüstet werden. Bei sinnvollem Ausbau wird sich eine Druckausbreitung wie in Abb. 2, rechts ausbilden, es wird sich bei einer Besaugung in etwa nachfolgendes Strömungsbild ergeben.

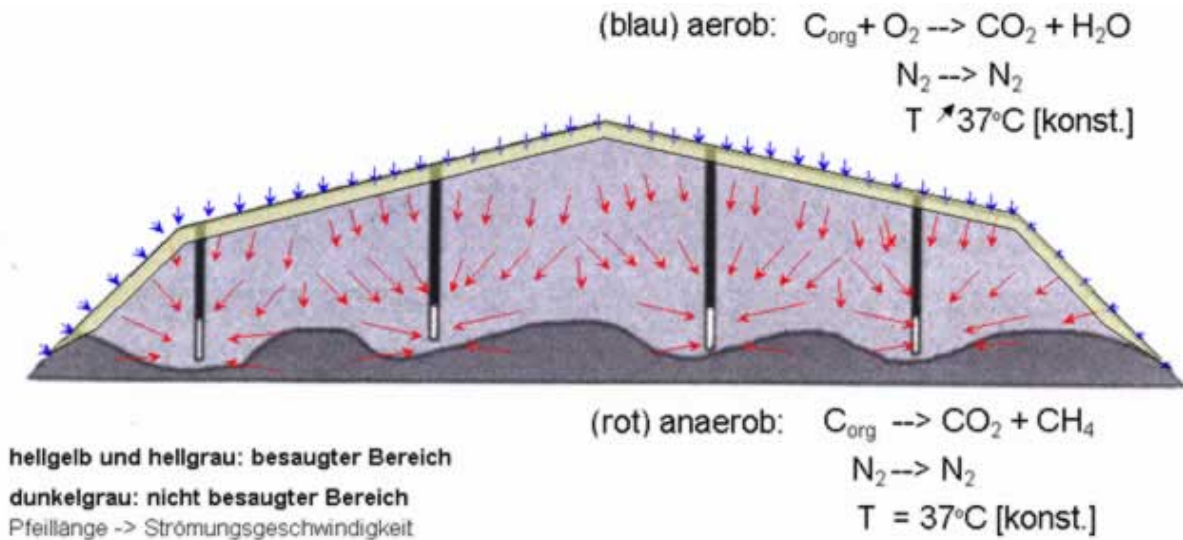


Abb. 3: idealisiertes Strömungsbild bei Tiefenbesaugung nach DEPO⁺ Verfahren

Viele Deponiegasabsaugsysteme sind mit Kondensatsammlern mit getauchtem Ablaufrohr im Feld versehen. Hier ist vor der Ertüchtigung darauf zu achten, dass diese Systeme den höheren Unterdrücken angepasst sind. Im Allgemeinen bereitet dieses jedoch keine Probleme.

3 Beispiel für Ertüchtigungsmaßnahmen

An zwei ausgewählten Beispielen soll dargestellt werden, wie bei der Optimierung vorgegangen wird.

Als erstes Beispiel wird die Deponie Wernsdorf der Berliner Stadtreinigungsbetriebe (BSR) dargestellt. Hier ging die Gasbildung innerhalb der letzten zwei Jahre massiv zurück.

Als zweites Beispiel wird die Deponie Donnerberg der Bottroper Entsorgung und Stadtreinigung (BEST) vorgestellt.

3.1 Ertüchtigung Gasfassung Deponie Wernsdorf

3.1.1 Historie

- Seit 1958 Verfüllung ehemaliger Kiesgruben mit Abfall
- 1982 geordnete Deponie auf Antrag des VEB Stadtreinigung Berlin, Ablagerung von Bau und Siedlungsabfällen
- 31.03.2000 Einstellung der Annahme von Siedlungsabfall

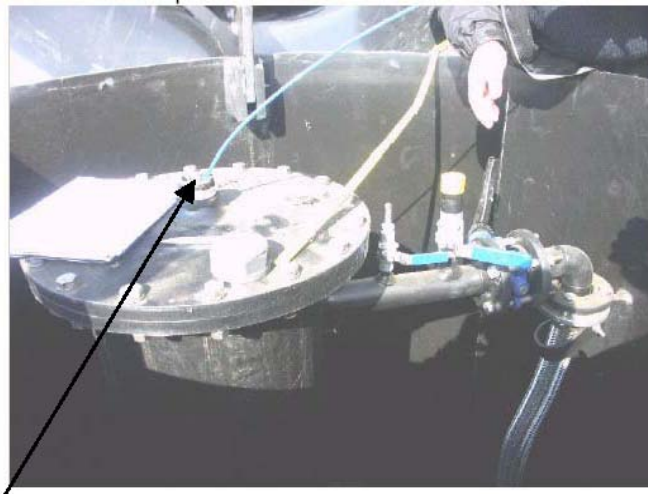
- 06-09.2003 Deponiegasabsaugversuch
- 12.2004 Inbetriebnahme der Gasfassungs- und -verwertungsanlage
- 01.06.2005 Stilllegung der Deponie
- 04.2006 Messprogramm zur Ertüchtigung der Gasfassung
- 08.2006 Ausbau Probebrunnen nach A3 Verfahren
- 10-11.2006 Ertüchtigung von 9 der 17 Gasbrunnen nach dem A3 Verfahren
- Seit 11.2006 Monitoringprogramm zur Ertüchtigung der Gasfassung

3.1.2 Voruntersuchungen

Um zu erkunden, welche Tiefenbereiche besaugt werden sollten, wurden Voruntersuchungen durchgeführt, bei denen in 1m-Tiefenstufen unter Besaugung des jeweiligen Brunnens die Gaskonzentrationen sowie die Gastemperaturen im Brunnenrohr ermittelt wurden.

Die vorhandenen Gasbrunnen auf der Deponie Wernsdorf wurden von April bis Anfang Mai 2006 in 1- Meter-Schritten von oben nach unten auf die Hauptkomponenten von Deponiegas sowie die Temperaturen untersucht.

Abb. 4: Untersuchung bestehender Gasbrunnen



Über einen Messgasstutzen im Brunnenkopf wurde dazu ein Messgasschlauch mit einem Thermoelement an der Schlauchspitze meterweise in den Brunnen gelassen. Der Messgasschlauch wurde dabei mittels eines Gasmessgerätes besaugt und das angesaugte Messgas nach ausreichendem Spülen auf den Gehalt an Methan, Kohlendioxid und Sauerstoff hin untersucht.

Die Temperatur wurde über ein Auslesegerät separat gewonnen. Aufgrund der Anordnung des Temperaturfühlers und seiner geringen thermischen Masse stellt sich die Temperatur innerhalb von ca. 10 sec. ein, sodass mit Auslesen der Konzentrationen nach einer ca. 2-minütigen Probennahmezeit auch die Temperatur abgenommen werden konnte.

Nachfolgend sind zwei Konzentrations- und Temperaturprofile aus verschiedenen Brunnen dargestellt:

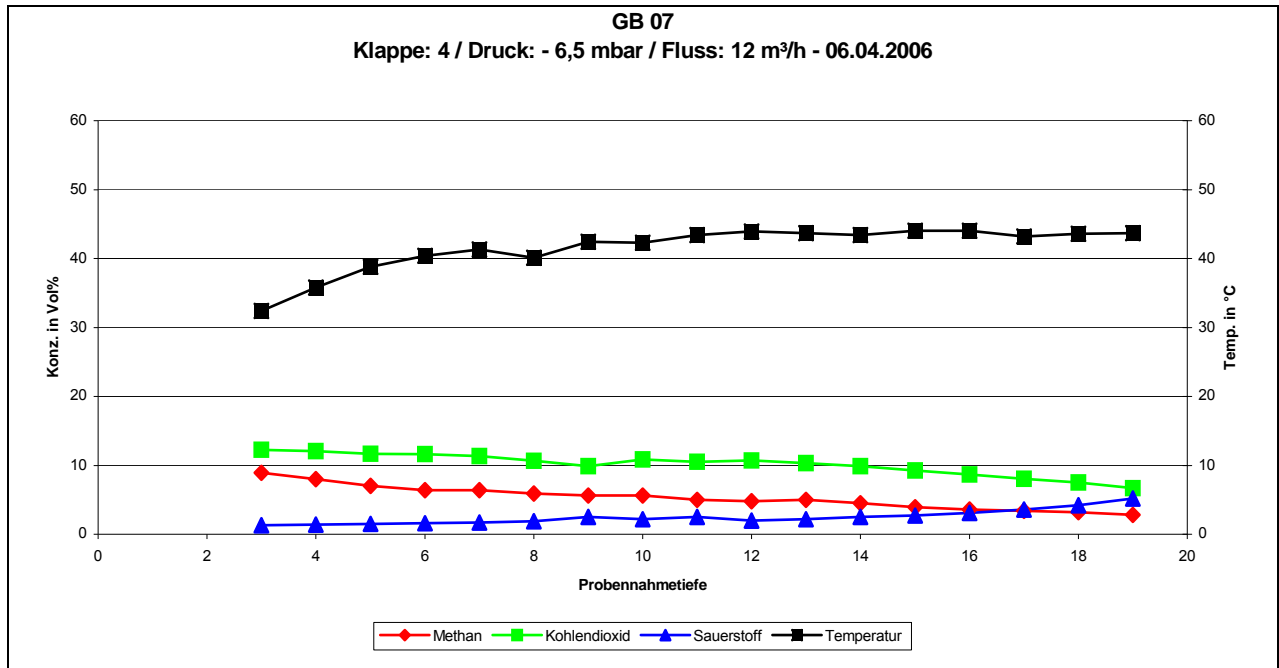


Abb. 5: Gaszusammensetzung und Temperatur über die Horizonte, GB 07

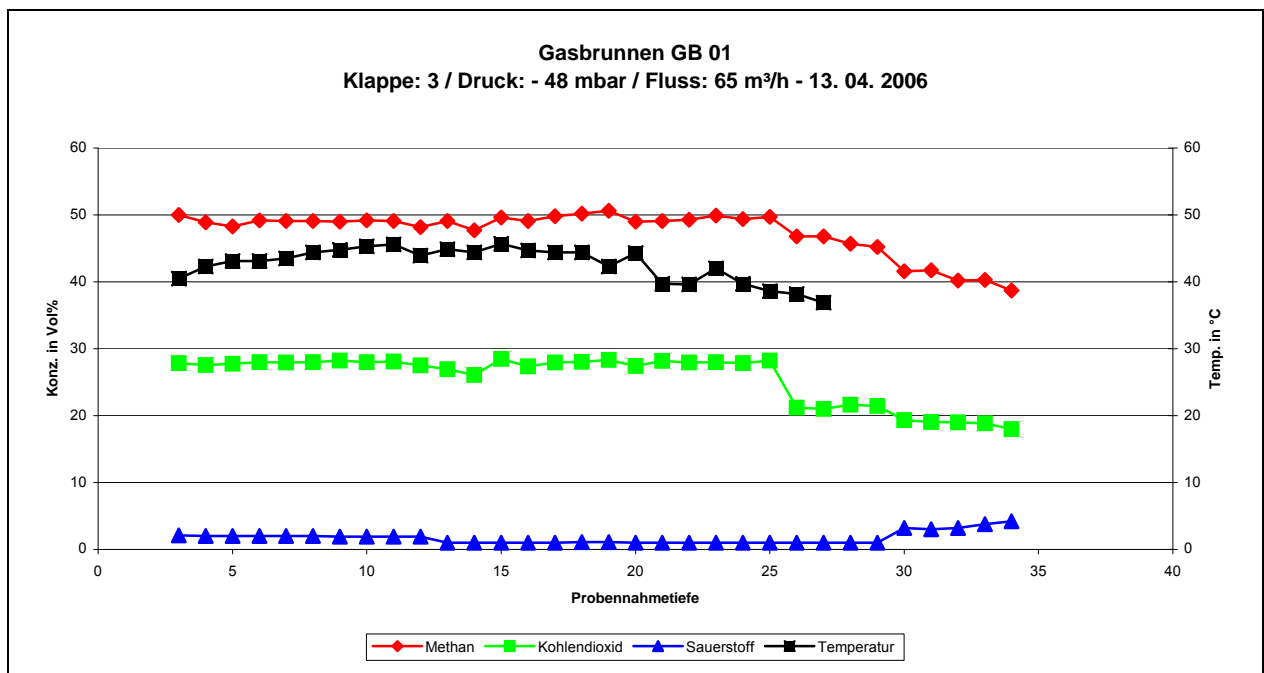


Abb. 6: Gaszusammensetzung und Temperatur über die Horizonte, GB 01

Im Bereich des GB 07 ist nur eine geringe Gasbildung belegbar, im Bereich des GB 01 ist eine gute Gasbildung, hier vorwiegend im oberen Bereich belegbar. Im unteren Bereich tritt offensichtlich Luft ein. Die gemessenen Temperaturen erscheinen in beiden Brunnen geeignet für eine anaerobe mesophile Deponiegasproduktion.

3.1.3 Gasbrunnenertüchtigung auf der Deponie Wernsdorf

Auf der Deponie Wernsdorf sind die Gasbrunnen gem. Vorgaben der TASI/ GDA mit im Deponiebereich üblichen Brunnenköpfen versehen.

Alle Brunnen wurden mit 800 mm gebohrt und mit PEHD- Filterrohr, da 250 bzw. da 315 mm (Teleskopverbindungen) ausgebaut. Der jeweils obere Bereich der Brunnen 1 – 7 ist bis 2,6 m unter GOK und für die Brunnen 8 – 17 jeweils 3,6 m als Vollrohr ausgelegt. Bis zur Unterkante des jeweiligen Vollrohres ist der Ringraum zwischen Brunnenrohr und Bohrdurchmesser mit Filterkies \varnothing 16-32 mm aufgefüllt. Der Bereich parallel zum oberen Vollrohr ist tongedichtet.

Ein 2,6 – 3,6 Meter starker Tonstopfen erweist sich bei den meisten Deponien, wie auch hier als zu gering zur sicheren Unterbindung eines Kurzschlusses. Beim Besaugen des Brunnens kann parallel zum Stopfen Luft bis in das Kiesfilter und somit in das abgesaugte Gas gelangen (s.o.).

Um zu testen, in wie weit eine Ertüchtigung als sinnvoll angesehen werden kann, wurde in einem Vorversuch ein Gasbrunnen auf eine Tiefenabsaugung umgerüstet.

Zur Ertüchtigung des Brunnens wurde wie folgt vorgegangen. In den Gasbrunnen wurde ein PEHD_{er}- Vollrohr von der Oberkante des vorhandenen Brunnenrohres bis auf eine vorgegebene Tiefe (hier 11 Meter) als neues Saugrohr eingesetzt. Das Rohr wurde mittig so angeordnet, dass es konzentrisch zum vorhandenen Filterrohr hängt. Im unteren Bereich des Rohres wurde ein Packer gesetzt, der einerseits das Rohr auf der Höhe des Packers zentriert und andererseits den Ringraum zwischen Filterrohr und Vollrohr im Bereich von 10 - 11 Metern abdichtete. Ebenso wurde mittels eines weiteren Packersystems der Bereich zwischen 2 und 3 Metern in gleicher Weise geschlossen. In den entstandenen nach oben und unten abgedichteten Ringraum wird anschließend ein spezieller Polyurethanschaum unter Druck so eingegeben, dass nicht nur der Ringspalt sondern auch der freie Porenraum des Kiesel durch den aus den Filteröffnungen austretenden Schaum vollständig gefüllt wird, wobei die noch nicht aufgeschäumte PUR- Mischung durch einen durch den oberen Packer reichenden Schlauch in den auszuschäumenden Bereich gedrückt wird. Der Schaum verzahnt sich letztendlich mit dem Müll, so dass eine gasdichte Säule im gesamten Bereich der Bohrung entsteht und ein pneumatischer Kurzschluss durch den Kies nicht mehr erfolgen kann. Bei Besaugung des Brunnens wird nach der Ertüchtigung der angelegte Unterdruck ab einer Tiefe von 11 Metern wirksam.

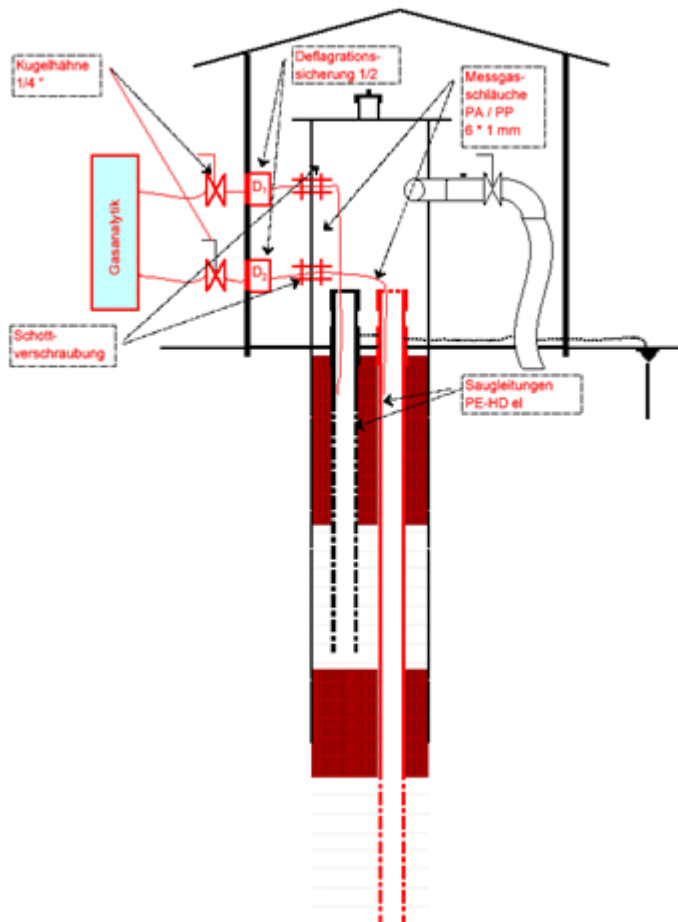


Abb. 7: ertüchtigter Gasbrunnen (Schema)

In dem o.a. Schema sind zwei neue Gasrohre eingezogen. Hiermit wird die Möglichkeit dargestellt, auch zwei voneinander getrennt zu besaugende Horizonte zu erzeugen. Nach der bisherigen Auswertung wird bei dem/den zu ertüchtigendem(n) Brunnen auf der Deponie Wernsdorf nur ein Saughorizont gewählt werden. Die eingezeichnete Gasanalyse stellt keine notwendige Dauereinrichtung dar. Sie ergibt nach der Ertüchtigung die Möglichkeit, vor allem beim Einsatz von zwei Saugstrecken diese getrennt zu analysieren. Beim Einsatz nur einer Saugstrecke wird die Analyse im Brunnenkopf an der vorhandenen Messstelle vorgenommen.

Das neu eingezogene Brunnenrohr wird außerhalb geerdet.

Bei der Ertüchtigung auf nur einen zu besaugenden Horizont werden nur Veränderungen im eigentlichen Brunnenrohr durchgeführt. Es gibt keine Veränderungen des Brunnenkopfes, so dass der Gasbrunnen direkt nach einer Ertüchtigung wieder besaugt und das Gas verwertet werden kann.

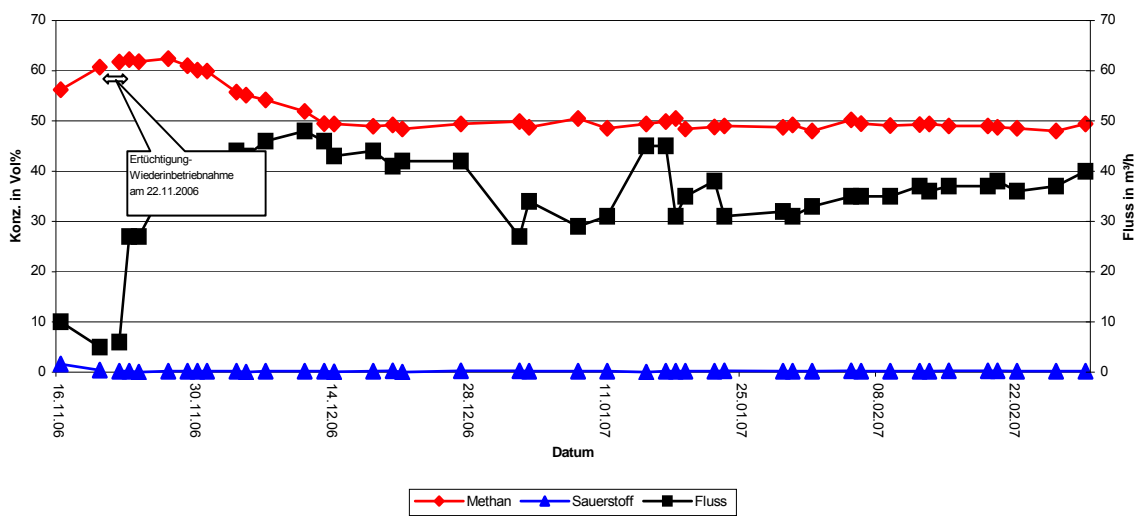
Der Gasbrunnen saugt jedoch aus einer größeren Tiefe als vorher ab. Hier ist das Deponat aufgrund der Auflast in der Regel stärker verdichtet. Dies kann bedeuten, dass zur Erzeugung eines vergleichbaren Volumenstromes wie vor der Ertüchtigung, ggf. ein höherer Unterdruck angelegt werden muss. Dieses kann dazu führen, dass ein Brunnen, der vorher mit 5 mbar besaugt wurde, nach der Ertüchtigung mit 30 – 50 mbar besaugt werden muss. Mit dem in Wernsdorf installierten Verdichtersystem können diese Drücke problemlos erzielt werden.

Die Ertüchtigung dieses ersten Brunnens wurde am 28.08.2006 durchgeführt. Es konnte eine um den Faktor 2 verbesserte Gasfassung belegt werden.

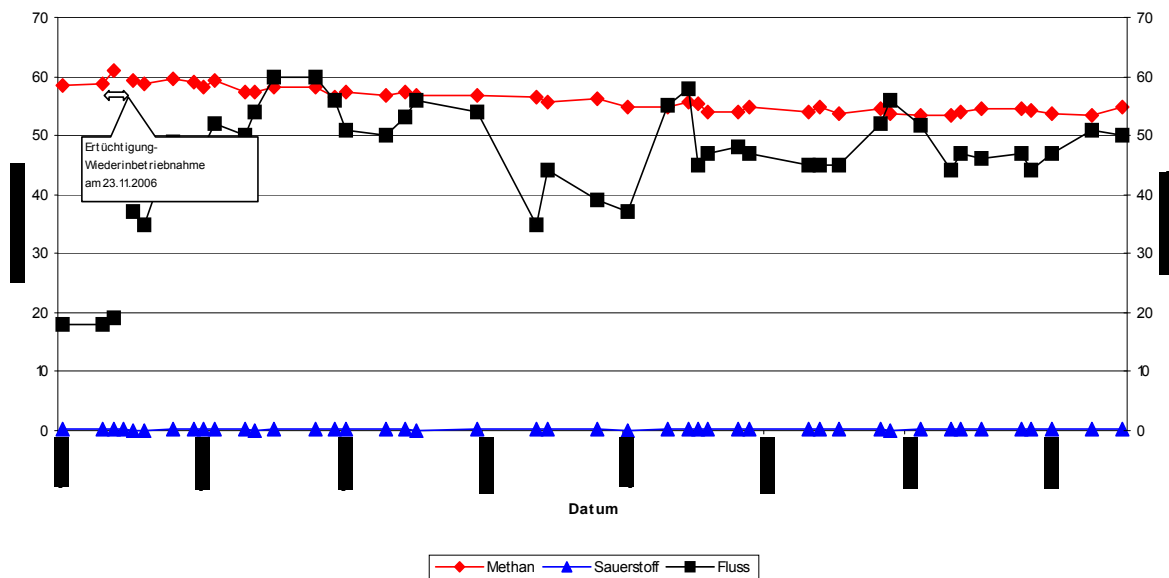
3.1.4 Ergebnisse

Aufgrund der Ergebnisse in diesem Gasbrunnen wurden bisher acht weitere Gasbrunnen nach dem gleichen Verfahren ertüchtigt und in die Besaugung aufgenommen. Die Ergebnisse der Besaugung sind nachfolgend exemplarisch dargestellt.

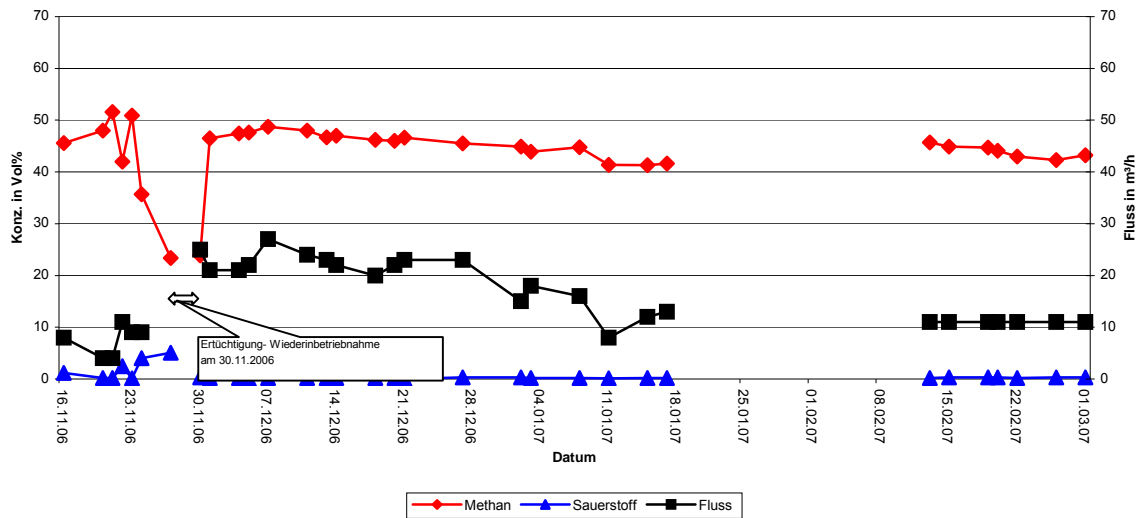
Wernsdorf - Gasbrunnen 4
ertüchtigt am 21.11.2006



Wernsdorf - Gasbrunnen 5
ertüchtigt am 22.11.06



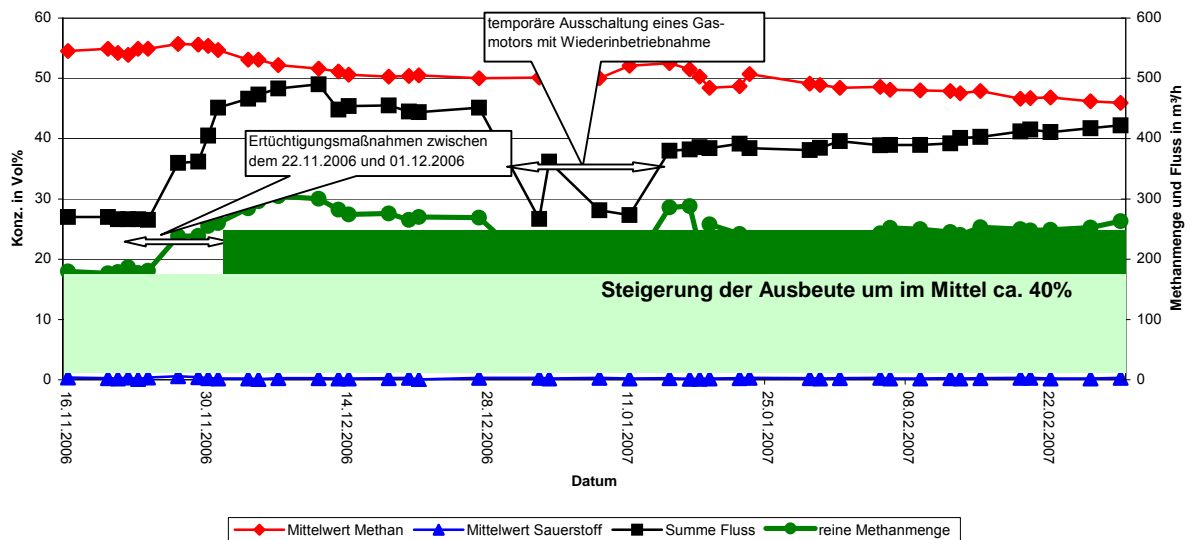
Wernsdorf - Gasbrunnen 7 ertüchtigt am 29.11.2006



Alle Gasbrunnen werden bis zum heutigen Tage ausgemessen und beurteilt. Es hat sich an den Gasbrunnen 4 und 5 eindrucksvoll gezeigt, dass durch eine Ertüchtigung Gasbereiche erfasst werden, die vorher offensichtlich nicht oder nur untergeordnet besaugt wurden. Der Gasfluss ließ sich bei nur geringfügigem Konzentrationsabfall mehr als verdoppeln. Der Gasbrunnen 7 zeigte schon bei der Voruntersuchung ein negatives Bild. Dieses wird auch nach der Ertüchtigung bestätigt. In diesem Bereich liegt entweder kein reaktives Material vor oder organikhaltiges Material muss erst wieder aktiviert werden. Hier sind die Ergebnisse derzeit noch nicht aussagekräftig.

Insgesamt kann jedoch jetzt schon gezeigt werden, dass die Ertüchtigung von 9 der insgesamt 17 Gasbrunnen zu einer wesentlichen Verbesserung der Gasfassung geführt hat.

Wernsdorf - Sammelbalken



Mit den derzeitigen Flüssen und den dabei ermittelten Methankonzentrationen hat sich der Methanaustrag um ca. 40% gegenüber der vor der Ertüchtigung bestehenden Situation verbessert. Z. Zt. Ist das System wahrscheinlich noch nicht im optimalen Betriebspunkt eingestellt.

3.2 Ertüchtigung der Gasfassung Deponie Donnerberg

3.2.1 Historie

- Seit 01.07.1979 Verfüllung einer ehemaliger Formsandgrube auf ca. 4,2 ha mit Siedlungsabfall
- 30.04.1987 Ende Einstellung der Ablagerung von Siedlungsabfall, Einlagerung ca. 400.000 t
- 1989 – 1990 Oberflächenabdichtung
- 1991 – 2000 Gasfassung und –verwertung auf normalem Niveau unter gleichzeitiger Einspeisung von Biogas
- 2000 – 2006 Restbesaugung und Intervallbetrieb der Gasverwertung
- 12.2006 Ausbau von 2 Gasbrunnen nach DEPO+ Verfahren
- Seit 02.2007 erneute Inbetriebnahme der Gasfassung und der Gasverwertung

3.2.2 Veranlassung

Bis Okt. 2006 war die Gasfassung auf der Deponie Donnerberg in Bottrop quasi außer Betrieb. Abgesaugtes Deponiegas wies einen so hohen Sauerstoffgehalt auf, dass selbst ein Abfackeln problematisch war.

Im Randbereichen der Deponie wurden bei FID- Begehungen 2006 geringfügige Methanemissionen festgestellt. Um diese zu beseitigen, wurde diskutiert, die Absauganlage nach einer Überarbeitung der Gasfassung wieder in Betrieb zu nehmen.

Die Gasfassung besteht aus 14 Gasbrunnen, die auf eine Sauganlage aufgeschaltet sind. Es existiert eine Gasnutzungsanlage zur energetischen Nutzung des methanhaltigen Deponiegases sowie eine Gasfackel. Die Verwertungsanlage ist mit einem 190 KW-Gasmotor mit einer Generatorleistung von 168 KWH ausgestattet. Der Gasmotor war in der Zeit von Mai 2000 bis Ende 2006 ca. 4000 Betriebsstunden gelaufen. Seit Mai 2004 bis Ende 2006 war der Gasmotor noch 12 Stunden in Betrieb. Die Gasfackel war in den letzten zwei Jahren ca. 250 Stunden in Betrieb.

Aufgrund eigener Untersuchungen und Berechnungen sollte im Deponat noch ausreichend Organik vorhanden sein, ein energetisch nutzbares Gas zu fördern.



Abb.8: Lageplan Deponie Donnerberg

3.2.3 Ergebnisse

Aufgrund der extremen Witterungsverhältnisse konnte die Anlage noch nicht in Betrieb genommen werden. Die Inbetriebnahme unter Standardbedingungen mit gleichzeitiger Analyse aller Daten erfolgt am 22.03.2007.

Vorab wurde die Anlage versuchsweise schon in Betrieb genommen. Bisher konnte ein Betrieb der Anlage über 328 Stunden aufrecht erhalten werden. Im Mittel wurden bisher je Stunde ca. 140 kWh eingespeist.

Die ersten detaillierten Ergebnisse werden im Rahmen des Vortrages am 27.04.2007 vorgestellt.

4 Zusammenfassung

Durch die Optimierung von Gasbrunnen auf eine Besaugung tief liegender Deponatbereiche lassen sich in der Regel direkt nach Optimierung deutlich erhöhte Gasvolumina fassen, so dass die erhöhte Gasfassung bei korrekter Ausführung über Jahre Bestand haben kann.

Die Gefahr des Sauerstoffeinbruches von der Oberfläche im Umfeld des Gasbrunnens ist weitestgehend ausgeschlossen.

Die Investitionen in die Optimierung der Gasfassung amortisieren sich bereits innerhalb von Monaten.

Die optimierten Gasbrunnen können nach Abschluss der energetischen Nutzung des Deponiegases bei Bedarf ohne weitere Maßnahmen für eine Aerobisierung des Deponiekörpers zur Verkürzung der Nachsorgezeiträume und –kosten einsetzen.