

12.16

Müll und Abfall

Fachzeitschrift
für Abfall-
und
Ressourcen-
wirtschaft

48. Jahrgang
Dezember 2016
Seite 613–664
21001

www.MUELLundABFALL.de



Straßenreinigung und Winterdienst in der kommunalen Praxis

Rechtsgrundlagen – Organisation – Aufgaben

Von Dr. Manfred Wichmann

7., neu bearbeitete und erweiterte Auflage 2013

Weitere Informationen:

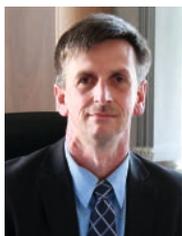
 www.ESV.info/15465



Der sichere Weg vom Faulgas zu Wärme und Strom

The sure way from digester gas to heat and electricity

Dr. Bernd Dutschmann und Peter Kienke



Dr. Bernd Dutschmann
Verbandsvorsteher des Abfallentsorgungsverbands „Schwarze Elster“ in Lauchhammer

Zusammenfassung

Die EG-Deponierichtlinie von 1999 mit ihren Einschränkungen der Deponienutzung hat zur Entwicklung alternativer Abfallbeseitigungsverfahren geführt. In Deutschland liefert die 30. BImSchV dazu einen Rahmen für die Errichtung von Mechanisch-Biologischen Abfallbehandlungsanlagen (MBA) mit energetischer Verwertung des entstehenden Faulgases. Die auf dieser Grundlage errichtete MBA Schwarze Elster ist seit Jahren erfolgreich in Betrieb, woran eine leistungsfähige Gasanalysetechnik zur mehrstufigen Überwachung des Prozesses auf H_2S -Konzentrationen bis 10.000 ppm einen entscheidenden Anteil hat.

Abstract

The EC Landfill Directive of 1999 with its restrictions on landfill use has led to development of alternative waste management processes. In Germany, a Federal Ordinance for Pollution Control provides the framework for construction of mechanical/biological treatment plants with thermal recycling of the produced digester gas. The Black Elster MBT plant constructed on this basis has been operating successfully for years. A powerful gas analysis technology for multi-stage monitoring of the process for H_2S concentrations to 10 000 ppm has been a major factor in this success.

1. Faulgas wird „gesellschaftsfähig“

Faulgas ist eigentlich ein Naturprodukt, welches in stehenden Gewässern und Sümpfen oder in der Landwirtschaft bei z. B. intensiver Rinderhaltung auftritt. Dieses übelriechende Gas hat jedoch im Zusammenhang mit der modernen Abfallwirtschaft einen Wandel hin zu einem wichtigen alternativen Energieträger vollzogen und ist damit gesellschaftsfähig geworden. Faulgas bildet sich bei der Zersetzung organischer, d. h. kohlenstoffhaltiger Substanzen mittels Bakterien unter Luftabschluss durch anaerobe Gärung. Der Kohlenstoff reagiert dabei zu brennbarem Methan, welches zu 30–60 % im Faulgas enthalten ist und dieses mit seinem Energieinhalt von ca. 10 kWh/m^3 zu einem attraktiven Energieträger macht. Die übrigen Bestandteile sind Kohlendioxid (CO_2), Schwefelwasserstoff (H_2S), Wasserdampf sowie Restgase. Dieser in der Natur selbständig ablaufende Prozess wird in der modernen Abfallwirtschaft gezielt eingesetzt, um Reststoffe zu entsorgen und das dabei entstehende Gas als Energiequelle zu nutzen. Verwertbare „Rohstoffe“ sind dabei sowohl der Klärschlamm aus Kläranlagen als auch der organische Anteil von Haushalt- und Industrieabfällen, wie sie in den Fermentern von Abfallverwertungsbetrieben wie den modernen MBA verarbeitet werden. Ein wichtiger Begleiteffekt der thermischen Nutzung des Methans ist der Sachverhalt, dass dessen Verbren-

nungsprodukte eine weit geringere Umweltbelastung darstellen als das Methan.

2. Langsames „Aus“ für europäische Deponien

Die Nutzung von Faulgas als Energiequelle hat einen mächtigen Befürworter durch die bereits 1999 in Brüssel verabschiedete europäische Deponie-Richtlinie 1999/31/EG, welche für die Mitgliedsländer die Ablagerung von Abfällen auf Deponien bis auf wenige Ausnahmen untersagt und damit neue Verfahren zur Abfallverarbeitung zwingend notwendig macht. Den Mitgliedsländern wurde zur Umsetzung in nationales Recht eine Übergangsfrist bis Juli 2003 zugestanden. Bis Juli 2009 mussten dann die Deponien entweder geschlossen sein oder den neuen strengen Anforderungen genügen. Deutschland hat die Umsetzung mit seiner Deponieverordnung (DepV) und der 30. BImSchV (Verordnung über Anlagen zur biologischen Behandlung von Abfällen) fristgerecht vorgenommen. Diese enthält u. a. die Rahmenbedingungen für die Zulassung Mechanisch-Biologischer Abfallbehandlungsanlagen als Alternative zur Ablagerung auf Deponien. Eine zweite Quelle von Faulgas sind Kläranlagen mit ihren Faultürmen, bei welchen jedoch die energetische Nutzung des Gases noch keinesfalls durchgängig erfolgt: Schätzungen zu Folge ist das in Deutschland erst bei etwa 20 % der ca. 10 000 Anlagen der Fall.

3. Vom Abfall zum Biogas

Der Abfallentsorgungsverband „Schwarze Elster“ betreibt in Freienhufen (Brandenburg) seit 2006 eine Mechanisch-Biologische-Abfallbehandlungsanlage zur Aufbereitung von Haus- und Sperrmüll. Nach Anlieferung des Mülls und Entfernung von Störstoffen und nicht zulässiger Abfälle durchläuft das verbleibende Abfallmaterial mehrere Verfahrensschritte.

Die mechanische Aufbereitung beginnt mit der manuellen Sichtung bei der Anlieferung und endet in der Auftrennung des Stoffstroms in verschiedene Fraktionen. Hierfür wird der Stoffstrom zerkleinert, gesiebt, von Metallen und hochkalorischen Anteilen (z. B. Kunststoffe) befreit. Der Teilstrom mit Korngrößen kleiner als 35 mm wird der biologischen Aufbereitung und Behandlung zugeführt; die hochkalorischen Anteile und die Metalle werden in Container gefüllt und einer separaten Verwertung zugeführt.

In der Nassaufbereitung wird der Teilstrom kleiner 35 mm in Pulpfern (Stofflösern) in Wasser aufgelöst, so



Abbildung 1
MBA Schwarze Elster in Freienhufen (Brandenburg)

dass eine pumpfähige Dispersion mit einem Trocken- substanzgehalt von ca. 5 bis 10 % entsteht. Dadurch lassen sich Inertstoffe, das sind schwere Partikel wie Glas, Sand, etc. und Schwimmstoffe (Kunststoffe wie Styropor etc.) von dem biologisch behandelbaren Stoffstrom abtrennen. Die Inertstoffe werden gewaschen, entwässert und zur Deponierung abgegeben.

Die biologische Behandlung beginnt mit der Aufbe- reitung des Substrates zur Vergärung durch Hydrolyse, wobei die organischen Bestandteile aufgeschlossen werden (Spaltung langer Kohlenstoffketten). Das so ent- standene Gärsubstrat wird nachfolgend in den beiden Fermentern unter anaeroben Bedingungen bei einer Temperatur von 34 °C in durchschnittlich drei Wochen biologisch abgebaut. Dabei werden die meisten Bestand- teile zu Methan, Kohlendioxid, Wasser und Bakterien- masse umgesetzt. Das so entstehende Biogas wird durch Verbrennung in einem BHKW zur Wärme- und Stromer- zeugung sowie einem Heizkessel energetisch genutzt. Für den Ausnahmefall, dass das Biogas nicht verwertet werden kann, steht eine Gasfackel zur Verfügung.

Der verbleibende Gärrest wird entwässert und ge- trocknet. Das entstehende Prozesswasser verbleibt in der Anlage und wird wieder für die Nassaufbereitung des Abfalls genutzt. Der Feststoff wird mit einem Trommeltrockner auf eine Restfeuchte von ca. 35 bis 40 % getrocknet. Er wird nach Zwischenlagerung an potenzielle thermische Verwerter abgegeben.

4. Prozessüberwachung und -steuerung

Die Prozesssteuerung bildet einen Schwerpunkt der Anlagentechnik, wobei die Analyse des Biogases an mehreren Stellen der Anlage auf seine Zusammensetzung (Bild 2) für die spätere Nutzung des Gases von entscheidender Bedeutung ist: Durch die inhomogene und jahreszeitlich stark schwankende Zusammensetzung des angelieferten Restabfalls unterliegt auch die Biogasqualität starken Schwankungen. Dabei ist die Konzentration an Schwefelwasserstoff (H₂S) wegen dessen schädlicher Eigenschaften (hochgiftig und stark korrosiv) entscheidend für die Verwertbarkeit des Biogases. Zur Senkung des H₂S-Gehaltes werden in der Anlage zwei Verfahren angewendet:

- ◆ Durch Zugabe von Eisenhydroxid in den Fermentern wird Schwefelwasserstoff als Eisensulfid gebunden und mit den Gärresten aus dem Prozess entfernt. Durch ständige Messung der H₂S-Konzentration im Biogas wird die Dosierung des Eisenhydroxids optimiert.
- ◆ Zum Abbau von Restkonzentrationen von H₂S wird das Biogas in einer biologischen Entschwefelung nachbehandelt. Dabei wird H₂S durch Bakterien in Schwefelsäure umgewandelt. Der dafür benötigte Sauerstoff wird als Luft über ein Gebläse zugeführt. Durch die Messung des Sauerstoffgehaltes im gereinigten Biogas wird die optimale Versorgung der Bakterien sichergestellt und gleichzeitig verhindert, dass sich durch eine Überversorgung ein explosives Gemisch bilden kann.

5. Anforderung an den Gasanalysator

Die Gasanalyse des Biogases hat also maßgeblichen Einfluss auf den Betrieb der Anlage. Besonders wichtig

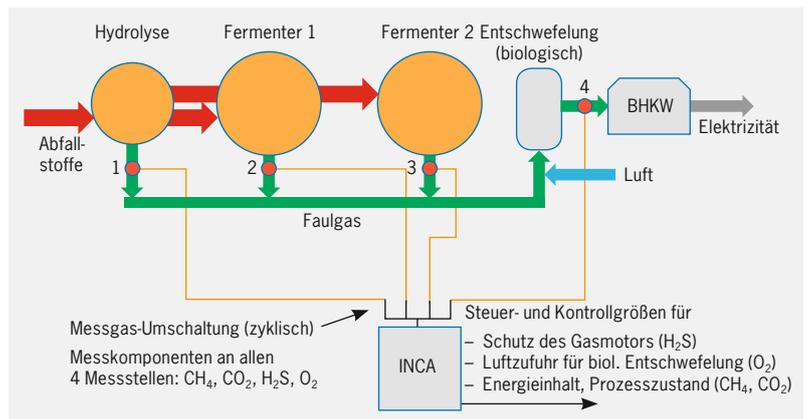


Abbildung 2
Gasanalyse mit Umschaltung des Analysators auf vier Messstellen

ist dabei die Fähigkeit des Gasanalysators, die H₂S-Kon- zentration über einen sehr großen Messbereich sicher bestimmen zu können: Die Konzentration am Ausgang der Hydrolyse (Messpunkt 1) kann bis zu oder über 10.000 ppm betragen, liegt aber nach der biologischen Entschwefelung (Messpunkt 4) nur noch im Bereich einiger ppm.

6. H₂S-Bestimmung mit dem Gasanalysator INCA

INCA ist ein modular aufgebauter Mehrkomponenten- Gasanalysator (Bild 4) mit besonderer Eignung zum Einsatz im Bio- und Erdgasbereich. Der Hersteller (UNION Instruments GmbH) ist bei INCA bzw. dessen Gas-Sensorik völlig neue Wege gegangen, indem er die sensitiven Elemente, etwa elektrochemische Zellen, mit einer Mikroprozessor-Elektronik und weiteren Bausteinen wie Ventile und Durchflussmesser zu eigenständigen, mit zusätzlichen Funktionen ausgestat- teten Sensor-Modulen (Bild 3) kombiniert.

Damit ist INCA in der Lage, auch sehr schwierige Applikationen durch im Sensormodul ablaufende Vor- behandlungsfunktionen zu lösen. Ein Beispiel hierfür ist die zuverlässige Bestimmung von H₂S im Wechsel zwischen niedrigen und sehr hohen Konzentrationen und das über lange Zeiträume. Die hierfür verwendeten elektrochemischen Zellen reagieren auf Grund von „Vergiftungseffekten“ an der Oberfläche sehr emp- findlich auf hohe und schwankende H₂S-Konzentri-

Abbildung 3
Sensormodul des Gasanalysators zur Bestimmung von H₂S und O₂

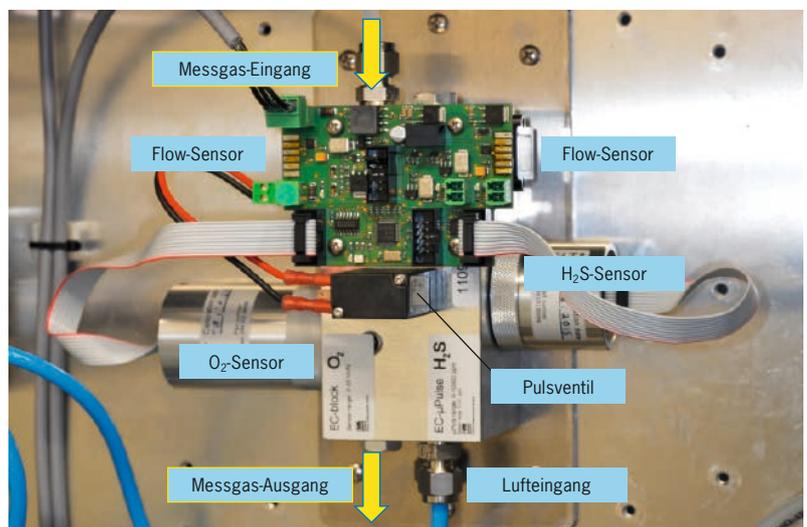




Abbildung 4
**INCA Gasanalysator
in Wandmontage und
Anzeigefeld**

onen, was häufig zu Falschmessungen oder Ausfall der Messung führt.

Die H₂S-Sensoren von INCA sind gegen diesen Effekt durch eine patentierte Verdünnungs- und Auswertetechnik geschützt. Das mit hoher H₂S-Konzentration beladene Probegas wird vor Erreichen der elektrochemischen Zelle mit Umgebungsluft sehr genau und kontrolliert bis auf eine für die Zelle weitgehend unschädliche niedrige Konzentration (z. B. 30 ppm) herab verdünnt und dauerhaft dort gehalten. Der dafür je nach H₂S-Konzentration des Probegases erforderliche Mischungsfaktor wird ständig ermittelt und ist ein Maß für die jeweilige H₂S-Konzentration. Dieses technologisch anspruchsvolle Verfahren basiert auf einem im Sensormodul integrierten System aus Drucksensoren, Blenden, Pulsventil und Steuerung. Die unvermeidbaren natürlichen Alterungseffekte der Zelle können dank der auf dem Modul abgespeicherten Kalibrierkurve einfach kompensiert werden. Auch der Austausch gegen ein bereits werksseitig vorkalibriertes neues Modul ist mit wenigen Handgriffen möglich.

Seine Leistungsfähigkeit für die H₂S-Bestimmung zeigt INCA tagtäglich in der MBA Schwarze Elster. Dort

werden die Gase von vier Entnahmestellen (gerätetechnisch möglich ist die Aufschaltung von bis zu 10 Messstellen) zyklisch auf den Analysator geschaltet, so dass ein ständiger Wechsel zwischen sehr hohen (von Messstelle 1) und sehr niedrigen (von Messstelle 4) Konzentrationen erfolgt. Zusätzlich zu H₂S werden von INCA auch die Konzentrationen von CH₄, CO₂ und O₂ gemessen, die direkt in die Prozesssteuerung eingehen.

7. Fazit

Die Entlastung von Deponien und der Gewinn alternativer Energien aus Abfall sind gesellschaftliche Themen hoher Priorität. Die Behörden haben entsprechende Verordnungen erlassen und die Industrie ist dem mit Entwicklung geeigneter Anlagen- und Messtechnik gefolgt. Bei der Messtechnik spielt die Gasanalyse eine wichtige Rolle. Hier ist die im Gasanalysator INCA realisierte Technik zur sicheren H₂S-Bestimmung auch in sehr hohen und wechselnden Konzentrationen ein entscheidender Baustein, der seine Eignung in der MBA Schwarze Elster täglich beweist.

Anschrift der Autoren

Dr. Bernd Dutschmann
Verbandsvorsteher
Abfallentsorgungsverband „Schwarze Elster“
Hüttenstraße 1 c, 01979 Lauchhammer
Tel.: (0 35 74) 467 71 01
Fax: (0 35 74) 467 72 01
E-Mail: b.dutschmann@schwarze-elster.de
www.schwarze-elster.de

Peter Kienke
Geschäftsführer
UNION Instruments GmbH
Maria-Goeppert-Str. 22, 23562 Lübeck
Tel.: (07 21) 680 38 10
Fax: (07 21) 952 43 33
E-Mail: Peter.Kienke@union-instruments.com
www.union-instruments.com