

Mathias Effenberger, Michael Lebuhn und Andreas Gronauer, Freising

Leistungsfähigkeit der Teilhygienisierung von Milchviehgülle durch mehrstufige anaerobe Behandlung

Die Leistungsfähigkeit einer mehrstufigen Biogasanlage zur Reduktion von Krankheitserregern in Milchviehgülle wurde im Pilotmaßstab untersucht. Die Anlage erzielte einen hohen Methanertrag von $0,24 \text{ m}^3 \cdot (\text{kgoTM})^{-1}$. Bei einer Temperatur von 54 bis 55 °C im thermophilen Fermenter wurde eine weitgehende Reduktion der Keimzahl Fäkalcoliformer, Coliformer und nativer intestinaler Enterokokken beobachtet. Die Vorschaltung einer mesophilen vor die thermophile Behandlung war für die Methanproduktivität nachteilig und für die Hygienisierungsleistung ohne erkennbare Vorteile.

Dipl.-Ing. M.Sc. Mathias Effenberger und Dr. Michael Lebuhn sind wissenschaftliche Mitarbeiter im Arbeitsbereich Umweltechnik der Landnutzung (Leitung: Dr. agr. Andreas Gronauer) am Institut für Landtechnik, Bauwesen und Umweltechnik der Bayer. Landesanstalt für Landwirtschaft, Am Staudengarten 3, 85354 Freising; e-mail: mathias.effenberger@lfl.bayern.de. Die Arbeiten wurden vom Bayer. Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten sowie vom Bayer. Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz finanziell gefördert.

Schlüsselwörter

Biogas, Wirtschaftsdünger, Hygiene, Pathogene

Keywords

Biogas, animal manure, hygiene, pathogens

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 05521 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/literatur.htm> abrufbar.

Die landwirtschaftliche Ausbringung von Wirtschaftsdüngern als Quelle für potenziell krankheitsregende Mikroorganismen wird zukünftig im Zustrombereich von Badegewässern strikter reguliert werden. Hierdurch, wie auch durch die Ausweitung von Wasserschutzgebieten, können sich für Betriebe mit Tierhaltung Konflikte ergeben. Zur Verringerung des Eintrags hygienisch relevanter Mikroorganismen in die Umwelt kann Gülle vor der Ausbringung einer weiteren Behandlung unterzogen werden. Gegenüber anderen Behandlungsverfahren liefert der Biogasprozess den vielseitig verwendbaren, erneuerbaren Energieträger Biogas. Zur weitestgehenden Reduktion einer Reihe von Indikatororganismen und Krankheitserregern wird beispielsweise in der Bioabfallverordnung eine thermophile anaerobe Behandlung (Prozesstemperatur um 55 °C) bei einer gesicherten Verweilzeit von 24 h gefordert. Landwirtschaftliche Biogasanlagen für die Vergärung von Gülle und gegebenenfalls nachwachsenden Rohstoffen verfügen meist über Rührkesselfermenter, die im mesophilen Temperaturbereich (etwa 35 bis 42 °C) betrieben werden [1].

Vorhergehende Untersuchungen wiesen darauf hin, dass durch eine Kombination von mesophiler und thermophiler Vergärung der Gasertrag aus Gülle erhöht und die Effizienz der Abtötung der Dauerstadien von parasitären Krankheitserregern gesteigert wurde [2, 3]. Forschungsbedarf besteht weiterhin für die Entwicklung und Überprüfung geeigneter molekularbiologischer Verfahren zum direkten spezifischen Nachweis unterschiedlicher Krankheitserreger in Gülle und Gärrest als Alternative / Ergänzung zu klassischen Kultivierungsverfahren. In einem gemeinsamen Projekt wissenschaftlicher Institute und eines lokalen Wasserversorgungsunternehmens wurden diese Aspekte anhand einer Pilot-Biogasanlage zur Vergärung von Milchviehgülle auf einem landwirtschaftlichen Betrieb im oberbayerischen Alpenvorland untersucht (Bild 1). Die zentrale Fragestellung war, ob Rindergülle durch eine entsprechende anaerobe Behandlung in einen hygienisch unbedenklichen Zustand gebracht werden kann, der auch in

Zukunft die Ausbringung als Wirtschaftsdünger - unter bestimmten Umständen auch in sensiblen Gebieten - rechtfertigt.

Anlagenbeschreibung und Methodik

Die Pilot-Biogasanlage - ausgelegt auf einen Gülleanfall von etwa 100 GV - bestand aus einer Kaskade von drei Fermentern (F1: Rührkessel - F2: liegender Fermenter - F3: Rührkessel), die auf unterschiedlichen Temperaturniveaus betrieben wurden (mesophil - thermophil - mesophil). Der Aufbau der Anlage sowie die Methoden der durchgeführten verfahrenstechnischen und mikrobiologischen Untersuchungen wurden bereits in vorhergehenden Veröffentlichungen beschrieben [4, 5, 6].

Ergebnisse und Diskussion

Vorgelegt werden Ergebnisse aus dem Regelbetrieb der Biogasanlage bei stündlicher und vierstündlicher Beschickung mit Milchviehgülle.

Biogasprozess

Proben der Milchviehgülle, die in den beiden untersuchten Zeiträumen in der Pilot-Biogasanlage vergoren wurde, wiesen einen mittleren Trockenmassegehalt von 7,7 und 8,1 % und einen mittleren Gehalt an organischer Trockenmasse von 6,0 und 6,3 % auf (Tab. 1). Der beträchtliche Anteil mineralischer Bestandteile in der Rohgülle (rund 23 %) bestand vermutlich zum größten Teil aus Sandabrieb des Stallbodens.

Aus den kumulierten Biogasmengen abzüglich der eingeblasenen Luftmenge errechnete sich für den ausgewerteten Zeitraum mit stündlicher und vierstündlicher Beschickung ein mittlerer Methangehalt des Biogases von 58,7 und 56,8 Vol.-%. Während des gesamten Beobachtungszeitraumes bewegten sich die mindestens einmal täglich ermittelten Messwerte des Methangehaltes im Mischgas aus allen drei Fermentern und dem gasdicht abgedeckten Gärrestlager zwischen 47,2 und 62,6 Vol.-% (um die zur Entschwefelung zugeführte Luftmenge korrigierte Methangehalte: 54,6 bis 62,9 Vol.-%).

Werte unter 53% traten durch Einsaugung von Luft in den Gasraum bei der Entnahme größerer Mengen an Gärrest auf.

Für den Zeitraum mit stündlicher und vierstündlicher Beschickung ergaben sich bei einer mittleren Raumbelastung der Anlage von 1,36 und 1,49 kg oTM•(m³•d)⁻¹ bezogen auf das summierte Gärraumvolumen der Fermenter 1 bis 3 (ohne Gärrestlager) dieselben Werte für die mittlere Biogas- und Methanabgabe bezogen auf die zugeführte organische Trockenmasse von 0,41 und 0,24 m³•(kg oTM)⁻¹ (Tab. 2). Bezogen auf die Frischmasse entsprach dies einer Biogasabgabe von 24,9 und 25,8 m³•m⁻³; die Methanabgabe errechnete sich für beide Zeiträume zu 14,6 m³•m⁻³. Die Methanproduktivität errechnete sich zu 0,32 und 0,34 m³•(m³•d)⁻¹. Insgesamt war auf der verfügbaren Datengrundlage kein Einfluss des Beschickungsintervalles auf die angegebenen Leistungskennwerte nachweisbar. Die in der Pilot-Biogasanlage erzielte Methanabgabe bezogen auf die zugeführte organische Trockenmasse erscheint im Vergleich zu praxisrelevanten Literaturangaben für Rinder- oder Milchviehgülle als sehr günstig (Tab. 3). Aufgrund der seriellen Anordnung der Reaktoren war der relativ kleine, mesophil betriebene Fermenter 1 (rund 1/5 des beheizten Gärraumes) limitierend für die Raumbelastung der Fermenterkaskade.

Auf Basis der chemischen Analysen von Rohgülle und Fermenterinhalt ergab sich für den gesamten Beobachtungszeitraum (Mai bis November) bis zum Fermenter 3 ein Abbaugrad der oTM von 34 % und bis zum Gärrestlager von 43 %. Demnach fanden im Gärrestlager weitere 9 % Abbau der

Beschickungsintervall		1 h	4 h
Trockenmasse (TM)-Gehalt	Massen-% d. Frischmasse	7,7 ± 0,9	8,1 ± 0,3
organischer TM-Gehalt	Massen-% d. Frischmasse	6,0 ± 0,7	6,3 ± 0,3
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	mg/l	86,7 ± 8,6	
pH	-	7,4 ± 0,1	7,4 ± 0,1
Flüchtige Fettsäuren	mg/l	6844 ± 530	
NH ₄ -N	mg/l	1963 ± 216	2959 ± 1227
Alkalinität	g CaCO ₃ /l	12,1 ± 0,5	

Tab. 2: Ermittelte Leistungskennwerte der Pilot-Biogasanlage

Beschickungsintervall		1 h	4 h
Biogasabgabe	m ³ •(kg oTM _{zugeführt}) ⁻¹	0,41	0,41
Methanabgabe	m ³ •(kg oTM _{zugeführt}) ⁻¹	0,24	0,24
Biogasabgabe FM	m ³ •m ⁻³	24,9	25,8
Methanabgabe FM	m ³ •m ⁻³	14,6	14,6
Biogasproduktivität	m ³ •(m ³ •d) ⁻¹	0,55	0,59
Methanproduktivität	m ³ •(m ³ •d) ⁻¹	0,32	0,34

Tab. 3: Zusammenstellung von Kennwerten der Vergärung von Rindergülle

Verfahren [Quelle]	Raumbelastung kg oTM•(m ³ •d) ⁻¹	Methanabgabe m ³ •(kg oTM _{zugeführt}) ⁻¹
Richtwert landwirtschaftliche Biogasanlagen [7]	3,5	0,15
37 °C, einstufige, halbtechnische Anlage [8]	2,9	0,20
Mesophile Praxisanlagen [9]	4,1	0,17

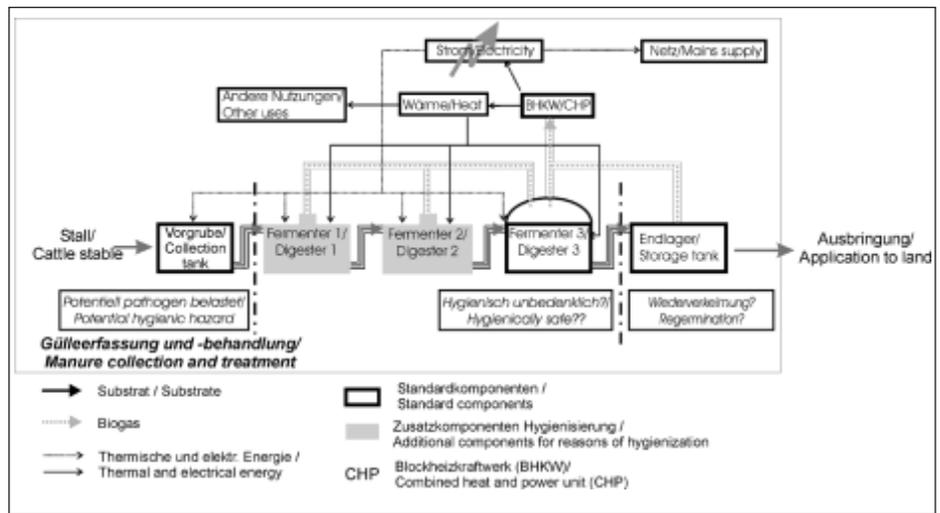


Bild 1: Gesamtübersicht über das untersuchte Behandlungsverfahren für Milchviehgülle

Fig. 1: Overview of the investigated treatment process for dairy cattle liquid manure

mit der Rohgülle zugeführten oTM oder anteilmäßig 21 % des gesamten oTM-Abbaus statt. Dies bedeutet, dass aus dem Gärrest noch eine erhebliche Gasproduktion erfolgte. Die Temperatur im unbeheizten und nicht wärmegeprägten Gärrestlager lag in den Sommermonaten über 20 °C. Der größte Anteil des oTM-Abbaus in den drei Fermentern wurde mit etwa 55 % im F1 beobachtet, im thermophilen Fermenter hingegen nur ein geringer Anteil von etwa 16 bis 20 %.

Mikrobiologie

Von der Rohgülle bis zur vergorenen Gülle in Fermenter 3 wurde eine Verringerung der Keimzahl nativer Fäkalcoliformer um annähernd 5 log-Stufen, Coliformer um 4 log-Stufen und nativer intestinaler Enterokokken um etwa 2,5 log-Stufen beobachtet. Die Änderung des Beschickungsintervalles

von einer auf vier Stunden hatte hierauf keinen erkennbaren Einfluss. Voraussetzung für diese Keimreduktion war das Erreichen einer Prozessstemperatur von 55 °C in der thermophilen Stufe. Die Mindestverweilzeit im thermophilen Fermenter ergab sich aus Markierungsexperimenten mit acht bis neun Stunden. Sporenbildner wurden erwartungsgemäß durch die Behandlung kaum beeinträchtigt. Eine allenfalls geringe Rückverkeimung des Gärrestes im Endlager fand den Daten zufolge durch subletal geschädigte fäkalcoliforme, coliforme und intestinale Enterokokken statt (maximal eine log-Stufe). Die Ergebnisse zu weiteren untersuchten Mikroorganismen, das sind verschiedene Viren sowie Kryptosporidien (Protozoen), werden an anderer Stelle veröffentlicht.

Die Hygienisierungsleistung der Pilot-Biogasanlage wurde von der thermophilen Prozessstufe bestimmt. Eine mesophile Behandlung allein bewirkte keinesfalls eine ausreichende Keimzahlreduktion, und es war unter den obengenannten Voraussetzungen keine Verbesserung der Hygienisierungsleistung durch die mesophil-thermophil-mesophile Behandlung erkennbar.

Fazit

Die anaerobe Behandlung von Milchviehgülle in der dreistufigen Pilot-Biogasanlage mit zusätzlicher Erfassung des Biogases aus dem Gärrestlager lieferte einen vergleichsweise hohen Methanertrag bezogen auf die zugeführte organische Trockenmasse. Für eine effiziente Keimzahlreduktion war die thermophile Behandlung entscheidend. Die vorgeschaltete mesophile Stufe mit relativ kurzer Verweilzeit war zur Hygienisierung unnötig, limitierte jedoch die Methanproduktivität der Anlage. Eine lediglich zweistufige, thermophil-mesophile Behandlung wird als mögliche effizientere Lösung vorgeschlagen und ist noch zu untersuchen.

Tab. 1: Ergebnisse der chemischen Untersuchungen der Milchviehgülle

Table 1: Results of chemical analyses of dairy cattle manure

Table 2: Biogas and methane yields achieved in the pilot biogas plant

Table 3: Selected parameters for methane yields of liquid cattle manure