

Zur zweistufigen anaeroben Fermentation von Rindergülle

Dr. rer. nat. R. Vollmer/Dipl.-Chem. Gudrun Franzke, Institut für Düngungsforschung Leipzig – Potsdam der AdL der DDR, Bereich Potsdam
Dr. agr. J. Franz/Ing. H. Holzapfel, VEG(Z) Tierzucht Nordhausen

Verwendete Formelzeichen und Abkürzungen

TS	Trockensubstanz
oTS	organische Trockensubstanz
C _{rs}	Konzentration wasserdampfflüchtiger organischer Säuren
N _k	Gesamtstickstoff
NH ₄ ⁺ -N	Ammoniumstickstoff
BSB ₅	biochemischer Sauerstoffbedarf (5 Tage)

1. Einleitung

Die Effektivität der Methangärung in einem vorgegebenen Reaktionsvolumen wird wesentlich durch die Qualität des bereitgestellten Substrats beeinflusst. Für die Fermentation von Gülle ist neben dem Trockensubstanzgehalt (TS-Gehalt) die Konzentration an wasserdampfflüchtigen organischen Säuren ein wichtiges Qualitätskriterium. Durch hohe TS-Gehalte sind große Biogasbildungsgeschwindigkeiten je Reaktorvolumen- und Zeiteinheit erreichbar.

Für Rindergülle werden im mesophilen Bereich Verweilzeiten zwischen 12 und 25 Tagen angegeben [1]. Kürzere Verweilzeiten führen zur Instabilität im Reaktionsablauf und damit zum Absinken der spezifischen Biogasausbeute [2]. Ziel von Untersuchungen war es, durch definierte Vorbehandlung des Substrats eine Verkürzung der Verweilzeit der Reaktionsmasse unter 12 Tagen zu erreichen, was die Rentabilität von Biogasanlagen erhöhen könnte.

2. Versuchsdurchführung

Als Versuchsanlage diente ein horizontaler Pilotreaktor mit einem Reaktionsvolumen von 200 l. Ein mit Heizeinrichtung und Kontaktthermometer versehenes Wasserbad erwärmte das Reaktionsmedium auf 33 °C. Zur Durchmischung der Reaktionsmasse wurde ein Rührwerk installiert. Das entstehende Biogas wurde in einem Gasometer aufgefangen und gemessen, der CO₂-Anteil mit einem Orsat-Gerät bestimmt bzw. die Gaszusammensetzung gaschromatographisch ermittelt. Als Substrat diente Gülle aus einer Junggründeranlage mit einem TS-Gehalt von 8 bis 11 %.

3. Versuchsvorbereitung und Ergebnisse

Die biotechnologische Verwertung von Gülle zu Biogas kann in 3 Stufen beschrieben werden:

– Fermentationsstufe

– Säurebildungsstufe

– Methanbildung.

Die Fermentationsstufe ist durch die Hydrolyse hochmolekularer Biopolymeren (Proteine, Kohlenhydrate, Fette, Nucleinsäuren) in kleinere Bausteine (Aminosäuren, Zucker, Glycerol, Fettsäuren, Nucleotide) gekennzeichnet. In der Säurebildungsstufe werden diese Bausteine in niedermolekulare organische Säuren sowie Kohlendioxid und Wasserstoff umgesetzt. Schließlich werden die organischen Säuren (Essigsäure), Kohlendioxid und Wasserstoff zu Methan und Kohlendioxid konvertiert.

Die für die drei Stufen charakteristischen Mikroorganismen sind zu einer syntrophen Mischkultur aus fermentativen, acetogenen und methanogenen Bakterien vereinigt, unterscheiden sich aber in ihren Kulturbedingungen.

Während Methanbakterien hinsichtlich der Milieubedingungen anspruchsvoll sind, kann die Stoffwechseltätigkeit der anderen Mikroorganismengruppen relativ einfach realisiert werden, möglicherweise schon während der Substratbereitstellung. In die Betrachtung muß allerdings einbezogen werden, daß eine völlige Trennung von saurer und methanogener Stufe schwer möglich ist, da die acetogenen Bakterien auf Methanbakterien als wasserstoffverbrauchende Begleitorganismen angewiesen sind und der von ihnen produzierte Wasserstoff ihre Stoffwechseltätigkeit bereits in geringsten Konzentrationen hemmt. Die Untersuchungen waren von vornherein darauf orientiert, für den Gesamtprozeß erforderliche Teilreaktionen und nicht vollständige Reaktionsstufen außerhalb des Fermentors kontrolliert ablaufen zu lassen.

Die Stoffwechseltätigkeit der acetogenen Bakterien ist über die Bestimmung der Konzentration an wasserdampfflüchtigen organischen Säuren gut kontrollierbar. Zunächst wurde die Konzentrationsänderung der wasserdampfflüchtigen organischen Säuren von frischer Rindergülle während der Lagerung über die Zeit verfolgt (Bild 1).

Nach 10 bis 15 Tagen ist keine Erhöhung der Konzentration an wasserdampfflüchtigen organischen Säuren mehr meßbar, d. h., die Vorsäuerung der Gülle ist abgeschlossen.

Bei Temperaturen über 20 °C kann die Konzentration der wasserdampfflüchtigen orga-

nischen Säuren im selben Zeitraum auf Werte über 6 g/l ansteigen, umgekehrt werden bei tieferen Temperaturen Konzentrationen unter 4 g/l gemessen. Für die Organisation der Entmistung der Stallanlage bedeutet dies, daß die Gülle erst nach rd. 14 Tagen aus der Entnahmegrube gefördert werden sollte, was über die Bestimmung der Konzentration der wasserdampfflüchtigen organischen Säuren als Regelgröße einfach kontrollierbar ist. Die sich innerhalb der Güllekanäle in den Stallanlagen bietenden Milieubedingungen sind für die Stoffwechseltätigkeit fermentativer und acetogener Bakterienpopulationen ausreichend.

Weiter durchgeführte Untersuchungen zur Lagerung und Analysen der Stallabluft zeigen, daß durch diese Stoffwechseltätigkeit keine für die Methanbildung utilisierbaren Inhaltsstoffe der Gülle verlorengehen.

Eine derartig „vorbereitete“ Gülle kann den Biogasreaktor mit hohem Raum-Zeit-Ausbeuten durchlaufen. So konnten bei mittleren Verweilzeiten von 10 bzw. 7,5 Tagen im Pilotreaktor der Prozeß stabil realisiert und die sowohl für den mesophilen Bereich [1, 2] als auch für thermophile Verfahren [3] angegebenen Biogasbildungsgeschwindigkeiten übertroffen werden (Tafel 1).

Für eine mittlere Verweilzeit von 10 Tagen konnten 1,3 bis 1,45 m³ Biogas je m³ Reaktionsvolumen und Tag ermittelt werden, bei 7,5 Tagen rd. 1,6 m³ je m³ Reaktionsvolumen und Tag.

Für den Versuch mit einer mittleren Verweilzeit von 10 Tagen beträgt die spezifische Biogasausbeute 0,20 l/g zugeführte oTS (41 % CO₂), für die mittlere Verweilzeit von 7,5 Tagen 0,17 l/g zugeführte oTS (45 % CO₂). Andererseits konnten mit einer mittleren Verweilzeit von 30 Tagen 0,24 l/g zugeführte oTS (35 % CO₂) ermittelt werden.

Der H₂S-Anteil bei 30 Tagen Verweilzeit ist 0,12 %, während er bei 10 Tagen Verweilzeit 0,45 % beträgt, so daß die Erhöhung der Raumbelastung neben der Verminderung des Methananteils des Biogases (Erhöhung des Kohlendioxidanteils) mit einem Anstieg der H₂S-Konzentration verbunden ist.

4. Zusammenfassung

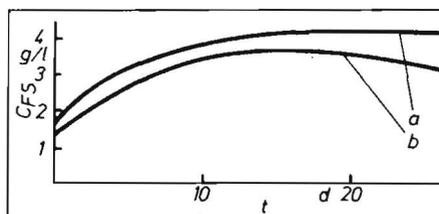
Eine definierte Substratvorbehandlung läßt eine erhebliche Erhöhung der Raumbelastung von Biogasreaktoren während der anaeroben Fermentation von Rindergülle zu. Neben der Bereitstellung einer trockensubstanzreichen Gülle ist in diesem Zusammenhang die Konzentration der wasserdampfflüchtigen organischen Säuren ein wichtiger Stoffkennwert.

Innerhalb der Stallanlagen oder in einem Zwischenlagerbehälter ist eine Vorsäuerung der Gülle durch definierte Lagerung möglich, wobei die Konzentration an wasserdampfflüchtigen organischen Säuren als Regelgröße genutzt wird. Dabei werden die unterschiedlichen Kulturbedingungen der an der Methangärung beteiligten Bakterienpopulationen beansprucht.

Tafel 1. Mittlere Stoffkennwerte von vorbehandelter Rindergülle (a) sowie fermentierter Rindergülle, mittlere Verweilzeit 10 Tage (b) und 7,5 Tage (c), in g/l

	a	b	c
TS	90,8	77,2	78,8
oTS	72,0	58,4	60,0
C _{rs}	3,75	1,15	1,2
N _k	2,7	2,7	2,7
NH ₄ ⁺ -N	0,9	1,0	1,0
BSB ₅	8,4	1,5	2,8
pH	7,7	8,0	8,0

Bild 1. Konzentrationsänderung der wasserdampfflüchtigen organischen Säuren (Lagerungstemperatur 17 bis 19 °C);
a Masseanteil Kot:Harn 2:1, TS = 12 %
b Masseanteil Kot:Harn:Wasser 2:1:1, TS = 8,7 %



Fortsetzung auf Seite 511

Graugußspaltenfußboden mit verringertem Materialeinsatz für die Mastschweinehaltung

Dr.-Ing. F. Wenzlaff, KDT/Dipl.-Ing. Gundula Richter/Ing. R. Zitzmann

Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

Dr. agr. K. Dreihsig, Forschungszentrum für Tierproduktion Dummerstorf-Rostock der AdL der DDR

Ing.-Ök. G. Eich, VEB Webstuhlbau Karl-Marx-Stadt

1. Problematik

Entsprechend den Forderungen des X. Par- teitages der SED ist der spezifische Material- ein- setz der Erzeugnisse jährlich um 6,3 bis 6,5 % zu senken [1]. Unter diesem Aspekt ist festzustellen, daß die Investitionen und die Aufwendungen an Material für Standausrü- stungen einen wesentlichen Anteil der Ge- samt- aufwendungen für die landtechnische Ausrüstung von Tierproduktionsanlagen bil- den. In der Schweineproduktion wird z. B. zur einstreulosen Haltung ein beträchtlicher Aufwand für Spaltenfußböden betrieben. Beim Einsatz des im VEB Ausrüstungskombi- nat für Rinder- und Schweineanlagen Nauen hergestellten Spaltenfußbodens aus korro- sionsträgem Stahl (KTS) betragen die Auf- wendungen rd. 55 % des Gesamtausrü- stungssystems in der Mast [2]. Außerdem ist der Fußboden ein Hauptbeanspruchungsteil von Standausrüstungen, vor allem aufgrund der direkten mechanischen Belastung durch die Tiere in Verbindung mit den aggressiven Medien Kot, Harn und Futtersäuren.

Bauseitige Untersuchungen haben ergeben, das sich für Stallgebäude ein Instandhal- tungsintervall von 20 Nutzungsjahren ab- zeichnet [3]. Unter Berücksichtigung dieses wichtigen Aspekts ist es das strategische Ziel der landtechnischen Forschung auf dem Ge- biet der Haltungstechnik, die Nutzungsdauer der Standausrüstung – als komplettes Teilsy- stem der landtechnischen Ausrüstung – auf 20 Jahre zu erhöhen, und zwar bei gleichzei- tiger Verringerung des spezifischen Material- ein- setzes und damit Senkung der volkwirt- schaftlichen Aufwendungen sowie Verbesse- rung der Umweltparameter für das Tier. Da- mit kann gleichzeitig ein wesentlicher Bei- trag zur Erhöhung der Ökonomie von Tier- produktionsanlagen geleistet werden.

Aus dem Verlauf der jährlichen Kostenbelas- tung (M/100 M Investitionen) über die Nut- zungsdauer geht hervor, daß beispielsweise eine Verlängerung der Nutzungsdauer von 10 Jahren auf 20 Jahre eine Verringerung der Kostenbelastung in einer Größenordnung von 40 bis 50 % ermöglicht (Bild 1). Die ge- genwärtig in der Schweineproduktion der DDR eingesetzten Gußspaltenfußböden wei- sen einen verhältnismäßig hohen Material-

verbrauch von 130 bis 170 kg/m² auf. Daraus leitet sich die Forderung nach einer wesentli- chen Senkung des spezifischen Materialver- brauchs bei Gußspaltenfußböden ab. Unter Berücksichtigung der bisherigen Materialauf- wendungen wurden Gußspaltenfußböden als volkwirtschaftlich nicht so günstig einge- schätzt. Mit der Senkung des spezifischen Materialeinsatzes wird hier eine günstigere Konstellation geschaffen. Gleichzeitig wer- den die schon erreichten positiven Parame- ter hinsichtlich der tiergerechten und hal- tungshygienischen Eigenschaften des Guß- spaltenfußbodens, wie guter Klauenabrieb, gute Trittsicherheit, gute Reinigungseignung und lange Nutzungsdauer, auf die in der Lite- ratur bereits ausführlich eingegangen wurde und die von zahlreichen industriemäßigen Schweinemastanlagen aufgrund langjähriger praktischer Erfahrungen bestätigt werden, beibehalten bzw. verbessert [4, 5]

2. Parameter

Die Hauptmaße eines Spaltenfußbodenele- ments betragen 1600 mm × 500 mm × 30 mm. Es hat eine nutzbare Fußbodenfläche von 0,8 m² und besteht aus 12 Längsstegen mit trapezförmigem Querschnitt, wobei die Stegbreite an der Oberseite 25 mm und an der Unterseite zur Gewährleistung einer hohen Belastbarkeit auch bei geringer Bauhöhe etwa 6 mm beträgt.

Berücksichtigt wird dabei, daß die Druck- festigkeit von Grauguß bedeutend hö- her als seine Zugfestigkeit ist (Bild 2). Zwi- schen den Längsstegen bestehen gestufte Querverbindungen, wodurch bei Belastung des Einzelstegs durch das Tier die Belastbar- keit dieses Einzelstegs infolge der Stützwir- kung der benachbarten Stege bedeutend er- höht wird. Die Spaltenbreite beträgt rd. 16,5 mm und die Spaltenlänge 288 mm. Der Spaltenanteil liegt bei 36,1 % und wurde so- mit im Vergleich zu bisher in der DDR einge- setzten Graugußspaltenfußböden der Schweineproduktion erhöht. Er liegt auch über dem Spaltenanteil von rd. 25 % bei KTS-Spaltenfußböden. Bei diesem neuen Gußspaltenfußboden ist eine relativ hohe Feingliedrigkeit, verbunden mit einem ho- hen Spaltenanteil ohne übermäßig große

Spaltenbreite, vorhanden. Die Auflagebreite des Spaltenfußbodenelements beträgt an je- der Seite wenigstens 25 mm.

Entsprechend der geforderten sicheren Nut- zungsdauer von mindestens 20 Jahren wurde ein Abnutzungsbetrag von 6 mm an der Oberseite vorgesehen. Unter Zuhilfenahme der aus der Literatur bekannten werkstoff- spezifischen Abnutzungsparameter und der zugehörigen Berechnungsgrundlagen [6]

$$t_g = \frac{A_{zul.}}{(v \cdot P + k) \cdot i}$$

t_g Grenznutzungsdauer in a (hier $t_g > 20$ a gefordert)

$A_{zul.}$ Abnutzungsgrenze in mm (hier 6 mm vorhanden)

i Belastungsintensität (hier $i = 1$ [6])

v Verschleißgeschwindigkeit in mm/a · kN (hier $v = 0,15$ mm/a · kN [6])

k Korrosionsgeschwindigkeit in mm/a (hier $k = 0,12$ mm/a [6])

P Punktlast in kN (hier $P = 0,35$ kN für Vormast und $P = 0,6$ kN für End- mast [7])

ergibt sich für den vorliegenden Gußspalten- fußboden eine zu erwartende Nutzungsdauer in der Größenordnung von 26 bis 33 Jahren für den Einsatz in der Vor- und Endmast bei Schweinen. Nach dieser zu er- wartenden Nutzungsdauer und dem damit verbundenen Abtrag des vorgesehenen Ab- nutzungsbetrags liegt die Stegbreite dann noch bei 20 bis 21 mm, und die Spaltenbreite vergrößert sich auf 19 bis 20 mm bei den Versuchsmustern, was für den vorgegebenen Einsatzfall noch als gangbar betrachtet werden kann. Grundsätzlich ist im Rahmen der weiteren Entwicklung vorgesehen, den Gußspaltenfußboden so zu gestalten, daß in der Nutzungsdauer eine Spaltenerweiterung von ≤ 2 mm auftritt, wobei die beschriebene vorhandene Oberflächengeometrie erhalten bleibt. Die Herstellung der Spaltenfußboden- elemente ist auch in anderen Längen als 1600 mm, beispielsweise 1690 mm, mög- lich. Die Bruchlast des neuen Graugußspal- tenfußbodenelements als ein wesentlicher Parameter liegt bei rd. 19 kN (Bild 3, Kur- ve I). Bei einer um den Abnutzungsbetrag von oben auf 24 mm verringerten Steghöhe wird noch eine Bruchlast in der Größenord- nung von 12 kN erreicht (Kurve II). Selbst bei der halben Elementbreite von 250 mm wer- den Bruchlasten von etwa 9,5 kN bei 30 mm Steghöhe (Kurve III) bzw. 6 kN bei voller Be- rücksichtigung des Abnutzungsbetrags er- reicht (Kurve IV). Diese Bruchlasten liegen auch im Vergleich mit den bisher eingesetz- ten Gußspaltenfußböden auf der sicheren Seite. Gegenüber der im Standard geforder- ten Belastbarkeit von 1,5 kN wird also selbst hier immer noch eine 4fache Sicherheit er- reicht, wobei die Durchbiegungen bei dieser Last in allen 4 Fällen deutlich unter 10 mm liegen. Alle Kurven haben einen leicht pro- gressiven Anstieg. Die Durchbiegung in der

Fortsetzung von Seite 510

Die Stabilität in der Prozeßführung bei mittlere- ren Verweilzeiten zwischen 7 und 8 Tagen eröffnet die Möglichkeit einer weiteren Erhö- hung der Raumbelastung.

Literatur

[1] Wenzlaff, R.: Erfahrungen mit Biogas im prakti- schen Betrieb. KTBL-Schrift, Darmstadt (1981) 266.

[2] Neumann, W.; Rückauf, H.; Breitschuh, G.: Zur Kinetik der anaeroben Fermentation von Misch- gülle im mesophilen Bereich. agrartechnik, Ber- lin 32 (1982) 12, S. 529–530.

[3] Beck, D.: Biogas – Gewinnung und Nutzung in der Landwirtschaft. Spektrum, Berlin (1982) 10, S. 11–14.