

Anne Kresse und Wolfgang Büscher

Minderung von Methanemissionen durch Flüssigmistbelüftung im Technikum

In Schweinemastställen ist das Flüssigmistlager der wichtigste Entstehungsort von Methan. Weiterhin ist es eine der wenigen Punktquellen von Treibhausgasen in der Landwirtschaft und damit am besten geeignet, klimarelevante Emissionen zu senken [7], [4]. Mit einer Pilotanlage konnten die Praxisbedingungen im Stall simuliert werden. Durch Flüssigmistbelüftung in der Anlage wurde eine Emissionsminderung von Methan um 70 % erzielt. Der optimale Luftdurchfluss für minimale Emissionen lag bei $7,2 \text{ m}^3$ Luft pro Kubikmeter FM und Tag.

Schlüsselwörter

Emissionen, Methan, Flüssigmistbelüftung, Ammoniak

Keywords

Emission, methane, slurry aeration, ammonia

Abstract

Kresse, Anne and Büscher, Wolfgang

Decrease of methane emissions by slurry aeration in a pilot plant

Landtechnik 64 (2009), no. 2, pp. 89 - 91, 5 figures, 1 table, 9 references

In barns for fattening pigs the main origin of methane is the slurry store under the slatted floor. Furthermore it is one of only a few selective sources of greenhouse gases in the agriculture and so on best suitable for decreasing the emissions of these gases. With a developed pilot plant the conditions in the animal barn were simulated. About 70 % of the methane emissions were decreased by slurry aeration in the pilot plant. The air flow for the lowest emissions was given with $7,2 \text{ m}^3$ air per m^3 slurry and day.

■ AMON et al. [2] haben durch Belüftung von Flüssigmist (FM) eine Minderung der Methanemissionen von 40 % erzielt. Die Belüftung erfolgte intermittierend mit 1 bis 3 m^3 Luft pro Kubikmeter FM und Tag. Auch STEINFELD et al. [8] haben durch die aerobe Behandlung des FM sinkende Methan-emissionen beobachtet. Angaben zum Minderungspotential unter aeroben

Bedingungen oder zum optimalen Luftdurchfluss fehlen. Weiterhin konnten die verwendeten Anlagen aufgrund fehlender Informationen, aber auch wegen anderer Fragestellungen, in den durchgeführten Versuchen nicht nachgestellt werden. Daher sollte in den eigenen Untersuchungen eine Pilotanlage entwickelt werden, um die Abhängigkeit der Emissionen von den Parametern in Technikumsversuchen zu quantifizieren und somit erste Grundlagen für Praxisversuche zu schaffen.

Methode

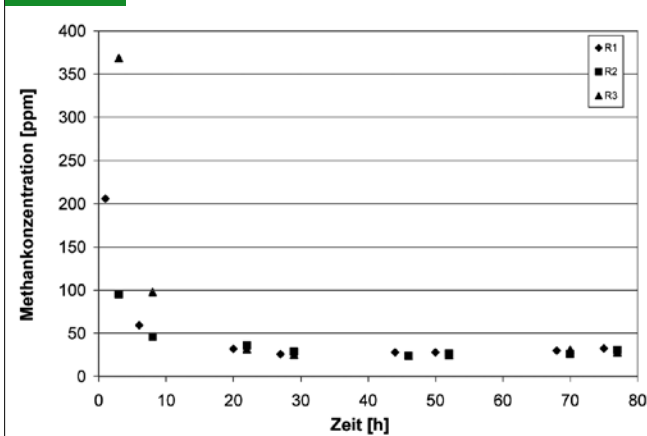
Pilotanlage. Für die Technikumsversuche wurde eine Pilotanlage aus drei Reaktionsbehältern und einem Analysenverfahren entwickelt (**Abbildung 1**). Jeder Reaktionsbehälter bestand aus einem 1,5 m langen, senkrecht stehenden PVC-Rohr mit einem Durchmesser von 16 cm, das oben und unten mit einem Deckel verschlossen war. Über zwei Ausströmsteine erfolgte die

Abb. 1



Pilotanlage im Technikum.
Fig. 1: Pilot plant

Abb. 2

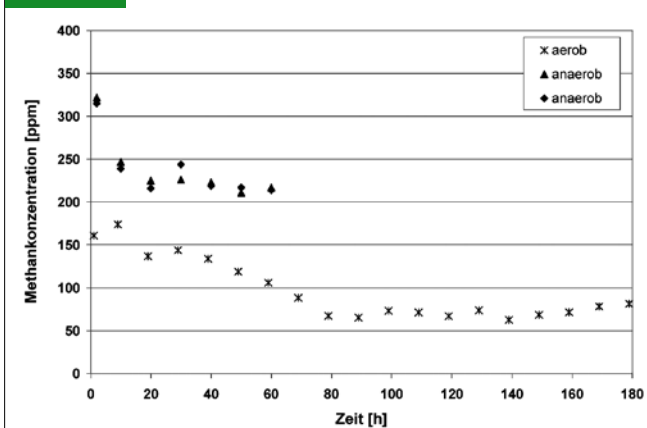


Überprüfung der Pilotanlage auf Reproduzierbarkeit unter aeroben Bedingungen
 Fig. 2: Test for reproducibility in the pilot plant under aerobic conditions

Belüftung von 19 l Flüssigmist (FM) 12 cm über dem Boden. Die darüber liegenden Hähne gewährleisteten einen schnellen, einfachen Auslass des FM nach den Versuchen. Im oberen Bereich über dem FM, befanden sich vier Bohrungen im Deckel und vier Bohrungen 40 cm unterhalb des Deckels. Sie dienten zum Druckausgleich und als Messstelle.

Die Regelung des Gasdurchflusses erfolgte durch eine Apparatur mit einem Druckluftfilter, einem Druckminderer und drei Durchflussreglern. So wurden Feststoffpartikel und Wassertröpfchen aus der Luft entfernt, so dass die feinen Poren in den Ausströmsteinen nicht verstopften. Der Kompressordruck konnte von 10,0 bis 1,0 bar reguliert und der Durchfluss für jeden Reaktionsbehälter separat von 2,5 bis 5000 ml min⁻¹ eingestellt werden. Die Messungen wurden je nach Versuch von Hand oder durch Magnetventile über eine Software gesteuert. Als Analysenverfahren wurde der Multigasmonitor 1312 der Firma LumaSense Technologies eingesetzt, der mit IR-Spektroskopie als Messprinzip arbeitete und sich in früheren Arbeiten bewährt hatte [5].

Abb. 3



Methankonzentration in Abhängigkeit von der Zeit, Durchfluss 800 ml min⁻¹ von Luft oder Stickstoff, Raumtemperatur
 Fig. 3: Concentration of methane depending on time, air or nitrogen flow of 800 ml min⁻¹, room temperature

Tab. 1

Charakteristische Kenngrößen der aeroben und anaeroben Reaktionen des FM im Technikum für Methan
 Table 1: Characteristic of the aerobic and anaerobic slurry reactions in the pilot plant producing methane

Tränergas	Charakteristische Kenngrößen	
	C _{konst} [ppm]	m _{1d} [mg]
Luft	70	52
Stickstoff	212	159
Stickstoff	215	161

tet und sich in früheren Arbeiten bewährt hatte [5]. **Reproduzierbarkeit.** Zunächst wurde die Anlage in zwei voneinander unabhängigen Versuchsreihen auf Reproduzierbarkeit überprüft. In **Abbildung 2** sind die Methankonzentrationen gegen die Zeit mit einem Luftdurchfluss von 800 ml min⁻¹ bei Raumtemperatur dargestellt. Die Werte von allen drei Reaktionsbehältern (R1, R2, R3) liegen sehr eng beieinander und lassen sich durch eine Ausgleichkurve beschreiben. Weiterhin liegt der Variationskoeffizient bei 10,7 % und der Messfehler, mit dem die Werte behaftet sind, bei 2,9 %. Die Anlage lieferte somit reproduzierbare Ergebnisse und wurde zur Klärung der oben aufgeführten Fragestellungen genutzt.

Aerobe und anaerobe Bedingungen. Die drei Reaktionsbehälter wurden mit je 19,0 l FM befüllt, der Gasmonitor wurde angeschlossen, durch den einen Reaktionsbehälter wurde Luft und durch die zwei anderen Stickstoff mit jeweils einem Durchfluss von 800 ml min⁻¹ bei Raumtemperatur geleitet. Der Gasmonitor erfasste online in festgelegten Zeiten die Methankonzentration in den beiden Trärgasen. In **Abbildung 3** ist diese gegen die Zeit graphisch aufgetragen. Als charakteristische Kenngrößen der Kurven werden die Methankonzentration in ihrem konstanten Bereich c_{konstant} und die hier an einem Tag entwickelte Masse m_{1d} definiert. Sie sind in **Tabelle 1** angegeben.

Variation des Luftdurchflusses. Je 19,0 l FM wurden in die drei Reaktionsbehälter gefüllt und der Luftdurchsatz erfolgte von 10 bis 4000 ml min⁻¹ bei Raumtemperatur in 7 Schritten. Bei den niedrigen Durchflüssen von 10 und 50 ml min⁻¹ wurde die Gasentnahme mit einem Probenbeutel durchgeführt, der dazu seitlich direkt über der FM-Oberfläche angebracht und mit der durchströmenden Luft aufgefüllt wurde. Bei den höheren Durchflüssen erfolgte die Gasentnahme online am oberen Deckel. Die Einzelheiten zu den Versuchsbedingungen und den Ergebnissen beinhalten die **Abbildungen 4 und 5**.

Ergebnisse und Diskussion

Aerobe und anaerobe Bedingungen. In **Abbildung 3** sind die Methankonzentrationen unter aeroben und unter anaeroben Bedingungen gegen die Zeit aufgetragen. Unter aeroben Bedingungen liegen die Konzentrationen im konstanten Kurvenbereich bei ca. 70 ppm. Hingegen liegen sie unter anaeroben Bedingungen mit ca. 210 ppm bei gleichem Gasdurchfluss deutlich höher. Dieser Abfall steht in Übereinstimmung

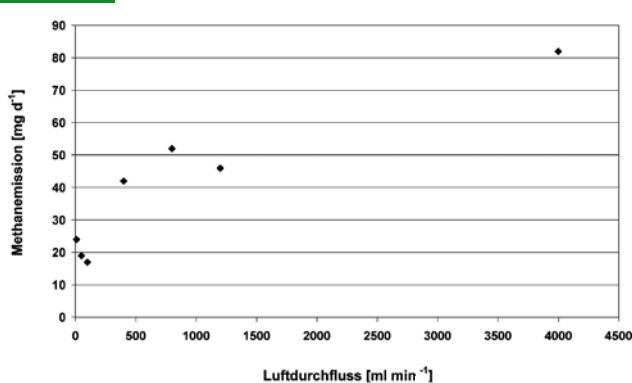
mit den Angaben in der Literatur [1], [2], [3] und [6]. Der positive Effekt der Belüftung zeichnet sich zusätzlich in den charakteristischen Kenngrößen in dieser Kurve in **Tabelle 1** ab. Bei einem Wechsel von anaerob zu aerob wird die Emission von ca. 160 auf rund 50 mg d⁻¹ gesenkt, was einer Minderung von 70 % entspricht.

Variation des Luftdurchflusses. Durch Variation des Luftdurchflusses konnte der optimale Durchfluss zur Minderung der Methanemissionen ermittelt werden. In **Abbildung 4** sind die Tagesemissionen gegen den Luftdurchfluss dargestellt. Es wird deutlich, dass mit steigendem Durchfluss auch die Methanemissionen steigen. Bei einer Steigerung von 1 200 ml min⁻¹ auf 4 000 ml min⁻¹ kommt es sogar zu einer Zunahme von knapp 100 %. Weiterhin zeigt **Abbildung 5**, dass bei zu niedrigen Durchflüssen, wie 10 ml min⁻¹, stark streuende Werte erzeugt werden. Es zeichnet sich kein stetiger Kurvenverlauf ab, so dass keine konstanten Konzentrationen ermittelt werden konnten, was auf Mischverhältnisse zwischen aeroben und anaeroben Bereichen hindeutet. Auch THAER (1978) [9] berichtet von nicht kontrollierbaren Emissionen bei derartigen Mischverhältnissen. Der optimale Luftdurchfluss muss somit bei möglichst niedrigen Werten gleichmäßig aerobe Bedingungen erzeugen, um minimale Emissionen sicher zu stellen. Mit einem Durchfluss von 100 ml min⁻¹ konnte diese Forderung erfüllt werden, so dass dieser Wert als Kalkulationsgrundlage für die späteren 300 l Luft pro Kubikmeter FM und Stunde in den Praxismessungen diene.

Fazit und Ausblick

Mit der entwickelten Pilotanlage konnten reproduzierbare Werte ermittelt und Praxisbedingungen gut simuliert werden. Durch Einsatz von verschiedenen Trägergasen erfolgte die Einstellung von aeroben und anaeroben Bedingungen. Mit einer Methanminderung von 70 % durch aerobe Bedingungen konnte der positive Effekt der Flüssigmistbelüftung bewiesen werden. Bei Variation des Luftdurchflusses zeichneten sich bei zu niedrigen Durchflüssen Mischverhältnisse

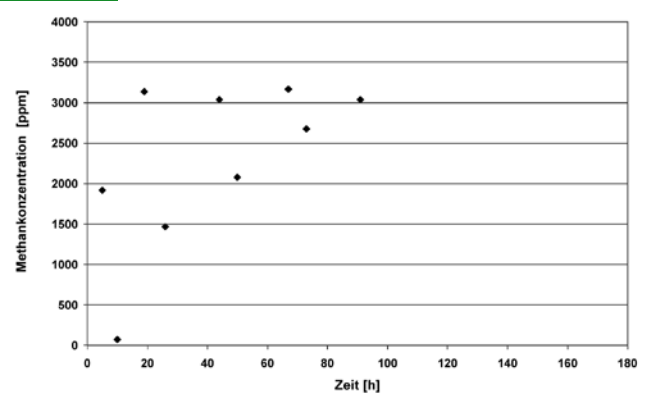
Abb. 4



Methanemissionen bei verschiedenen Luftdurchflüssen

Fig. 4: Emissions of methane depending on different air flows

Abb. 5



Methankonzentration in Abhängigkeit von der Zeit bei 10 ml min⁻¹ Luftdurchfluss

Fig. 5: Concentration of methane depending on time with 10 ml min⁻¹ air flow

ab, die schwer kontrollierbar sind. Sehr hohe Belüftungsraten hatten wiederum eine Steigerung der Methanemissionen zur Folge. Danach ist für den Stall ein Belüftungssystem so zu konstruieren, das es eine gleichmäßige Belüftung über das ganze Volumen gewährleistet und aerobe Bedingungen garantiert. Als Kalkulationsgrundlage sollte dabei der im Technikum empirisch ermittelte Durchfluss von 100 ml min⁻¹ dienen.

Literatur

- [1] AHLGRIMM, H.-J.; BREFORD, J.: Methanemissionen aus der Schweinemast. *Landbauforschung Völknerode*, 1, 26-34; (1998)
- [2] AMON, B.: NH₃-, N₂O- und CH₄-Emissionen aus der Festmistabdehnung für Milchvieh Stall - Lagerung - Ausbringung. Dissertation, Wien; (1998)
- [3] BENNDORF, R.: Klimarelevante Wirkungen von Lachgas und Methan. Emissionen der Tierhaltung, KTBL Schrift 406, KTBL-Verlag, Darmstadt; (2001)
- [4] CLEMENS, J.: Treibhausgasemissionen aus Flüssigmist und Biogasgülle. 23. Wissenschaftliche Fachtagung, 29.01.2008 der Universität Bonn, Lehr- und Forschungsschwerpunkt „Umwelt- und Standortgerechte Landwirtschaft“; (2008)
- [5] FROSCHE, W.; BÜSCHER, W.: Einsatz chemischer Flüssigmist-Additive zur Emissionsminderung. Emissionen der Tierhaltung und Beste Verfügbare Techniken zur Emissionsminderung, KTBL-Schrift 406, KTBL-Verlag, Darmstadt; (2001)
- [6] HARTUNG, E.: Methan- und Lachgas-Emissionen der Rinder-, Schweine- und Geflügelhaltung. Emissionen der Tierhaltung und Beste Verfügbare Techniken zur Emissionsminderung, KTBL-Schrift 406, KTBL-Verlag, Darmstadt; (2001)
- [7] HOLM-MÜLLER, K.: Einbeziehung der Landwirtschaft in den Europäischen Emissionshandel für Klimagase - Auswirkungen auf Wohlfahrt und landwirtschaftliches Einkommen. 23. Wissenschaftliche Fachtagung, 29.01.2008 der Universität Bonn, Lehr- und Forschungsschwerpunkt „Umwelt- und Standortgerechte Landwirtschaft“; (2008)
- [8] STEINFELD, H.; GERBER, P.; WASSENAAR, T.; CASTEL, V.; ROSALES, M.; DE HAAN, C.: Livestock's long shadow. Environmental issues and options Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). http://www.virtualcentre.org/en/library/key_pub/longshad/A0701E00.pdf; (2006)
- [9] THAER R.: Probleme der aeroben Behandlung von Flüssigmist in flüssiger Phase. *Grundlagen Landtechnik*, (1978), 28, 36-47

Autoren

Dr. Anne Kresse, E-Mail: anne.kresse@ecolab.com, ist wissenschaftliche Mitarbeiterin, Prof. Dr. Wolfgang Büscher ist Leiter der Abteilung „Verfahrenstechnik der Tierischen Erzeugung“ am Institut für Landtechnik der Universität Bonn, Nussallee 5, 53115 Bonn.