

SONDERDRUCK AUS

LANDBAUFORSCHUNG VÖLKENRODE



Methanemissionen aus der Schweinemast

HEINZ-JÜRGEN AHLGRIMM und JÜRGEN BREFORD

Institut für Technologie

1 Einführung

Über die Bedeutung und Wirkungen von Methan in der Atmosphäre wurde bereits an anderer Stelle ausführlich gesprochen (Ahlgrimm u. Gädeken 1990, Ahlgrimm u. Dämmgen 1994 sowie Ahlgrimm 1995). Darin wurde auch der Beitrag der Landwirtschaft an nationalen und globalen Emissionen dargestellt. Die Höhe aber auch die Unsicherheit von entsprechenden Emissionen aus der Tierhaltung ließ es notwendig erscheinen, diesbezüglich eigene Messungen durchzuführen. Nun ist zwar die Rinderhaltung der größte landwirtschaftliche Methanemittent überhaupt, doch ist es dabei besonders schwierig, in einem Stallsystem die wesentlich geringeren Emissionen aus den im Stall lagernden Exkrementen gegenüber denen durch die Tiere selbst zu ermitteln. Außerdem gibt es eine

Fülle von Informationen über die CH₄-Freisetzung durch Rinder. Einfacher lassen sich hingegen Methanemissionen bei der Haltung von Schweinen ermitteln, da die Schweine als Monogastrier selbst keine nennenswerten Emittenten von Methan darstellen. Für solche Messungen bot sich daher der interdisziplinäre, mehrjährige Großversuch des Instituts für landwirtschaftliche Bauforschung der FAL „Grüner Stall“ (Projektleiter: Dr. Dirk Hesse) an, in dem unterschiedliche Haltungsverfahren von Mast Schweinen unter praxisrelevanten, gut definierten und kontrollierten Bedingungen untersucht wurden. Dazu wurden gleichzeitig jeweils 10 Schweine in je drei Varianten (siehe zum Beispiel Abbildung 1) über eine volle Mastperiode gehalten. Jeder Versuch bestand aus drei aufeinander folgenden gleichartigen Durchgängen mit Mastversuchen von ca. 100 Tagen Dauer.

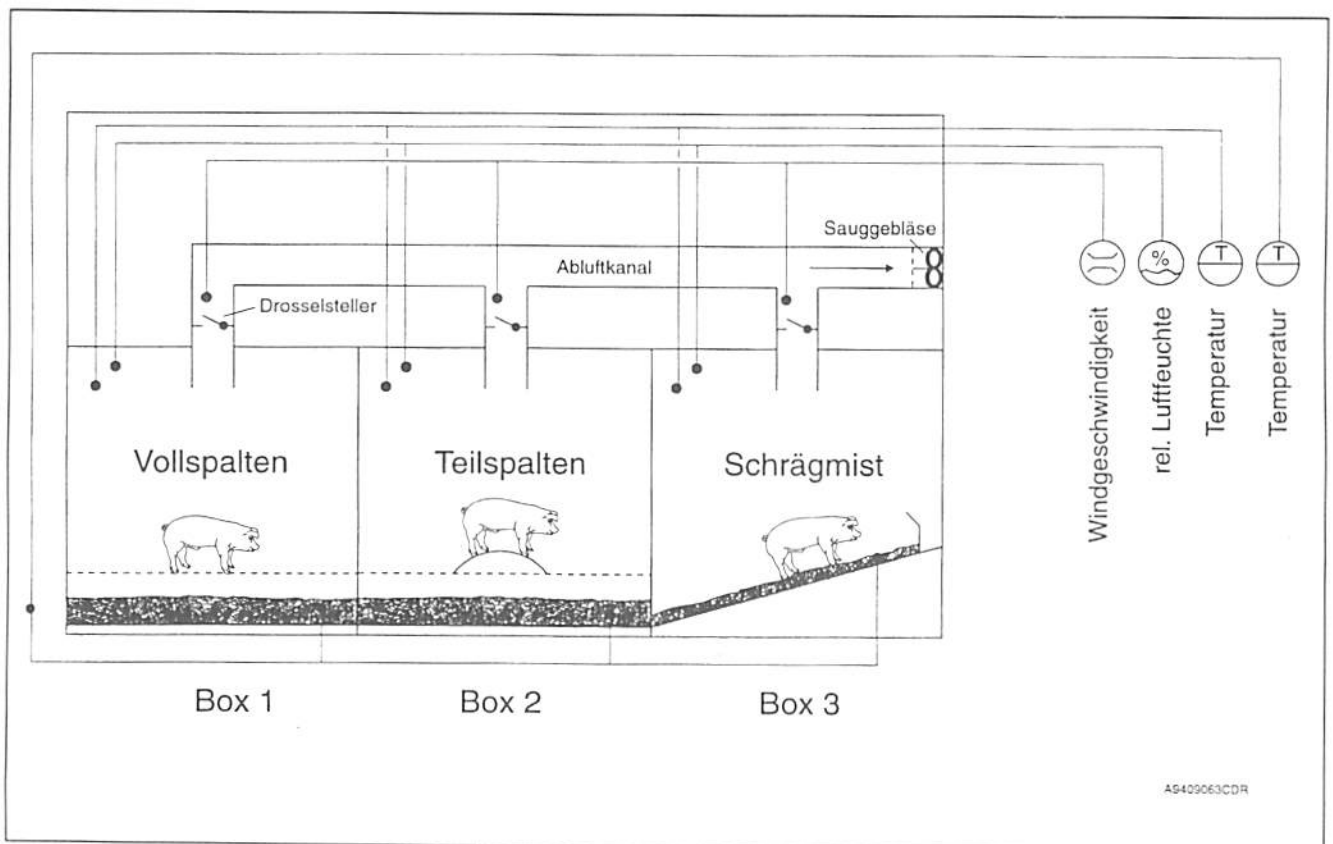


Abbildung 1: Unterschiedliche Formen der Schweinehaltung wie sie beispielhaft im „Projekt Grüner Stall“ der FAL untersucht wurden. Die Ställe oder Abteile wirken wie zwangsbelüftete geschlossene Boxen (mit je etwa 10 m² Grundfläche und ca. 42 m³ Volumen).

Das Institut für Technologie hat sich von Mitte Februar 1993 (dritter Durchgang 1393 des ersten Versuchs mit den Varianten Tiefstreu, Kompost- und Schrägmiststall) mit Methan-messungen im Stall bis zum Ende dieser Versuche im Sommer 1997 an diesem Vorhaben beteiligt. Ergebnisse aus dem ersten Versuch können daher nur für etwa 2/3 der Zeit des letzten Durchgangs (1393) dargestellt werden. Durch die noch nicht abgeschlossene Auswertung für die Jahre 1995 bis 1997 haben die Aussagen in diesem Beitrag zunächst noch vorläufigen Charakter.

2 Zu erwartende Emissionen

Über die Bildung von Methan beim anaeroben Abbau organischer Masse sind grundlegende Kenntnisse über Wirkungsmechanismen allein schon aus der Biogastechnologie hinreichend vorhanden. Als ein Maß für die Methanmenge gilt die organische Trockensubstanz (OTS) oder auch englisch „Volatile Solids“ (VS), von der jedoch - je nach Zusammensetzung, und/oder Herkunft - nur ein bestimmter Anteil B_0 (Methanpotential) vollständig abgebaut und zu Methan umgesetzt wird. Ein noch besseres Maß für die Methanbildung soll der Chemische Sauerstoffbedarf (CSB) sein.

Weitere wichtige Faktoren für die Methanbildung sind neben anderen die strikte Anaerobie (Sauerstoff-Freiheit), der pH-Wert, Feuchtegehalt und die Temperatur des Mistes. Diese Größen reichen allgemein aus, um Aussagen über die Höhe von Methanemissionen bei vorgegebenen Randbedingungen zu machen.

Für die Schweinemast mit Lagerung der Exkremente im Stall (z. B. als Gülle unter dem Spaltenboden) selber hat man Emissionen aus den Exkrementen und aus den Tieren zu erwarten. Die Abgabe von Methan durch die Tiere selbst ist gering: Sie beträgt nach Angaben von Gädken (1995) sowie Crutzen et al. (1986) maximal zwischen 5 und 6 l/d. Nach noch neueren, bisher noch nicht veröffentlichten eigenen Ergebnissen bzw. aus der Literatur (Schneider und Menke, 1982) können aber auch höhere Emissionen von bis zu 8 l/Tier und Tag auftreten.

Die CH_4 -Emissionen durch den Mist lassen sich nicht so einfach angeben, da die wichtigen Mistparameter (VS-Gehalt, Temperatur usw.), insbesondere die genauen Lagerbedingungen, in der Regel nicht oder nicht genau bekannt sind. Zur Berücksichtigung des Einflusses der Lagerbedingungen haben Casada und Safley (1990) Methankonversionsfaktoren M_{CF} eingeführt (Tabelle 1), die (sehr grob) angeben, welcher Anteil vom Methanpotential B_0 bei einem bestimmten Mistlager- oder -managementsystem als Methan emittiert wird. Solche Konversionsfaktoren liegen inzwischen stärker differenziert und in modifizierter Form vor (IPCC-1996 Update). In Tabelle 1 sind Methankonversionsfaktoren nach Casada und Safley für gemäßigt feuchte Klimabedingungen angegeben, wie sie US-amerikanischen Verhältnissen entsprechen. Sie können auch auf die meisten Industrieländer, wie z. B. Deutschland, angenähert übertragen werden. Hieraus er-

Tabelle 1: Methankonversionsfaktoren abgeschätzt von Casada und Safley (1990)

System	Methankonversionsfaktor M_{CF} in % von B_0
Tägliche Ausbringung (fest/halbfest)	5
Miststapel, Misthaufen	10
Anaerobe Lagune, Erdbecken	90
Güllebehälter	20
Freilufhaltung (trocken) ¹⁾	10
Grubenspeicherung < 1 Monat	10
Grubenspeicherung > 1 Monat	20
Tiefstapelspeicherung (fest, Geflügelhaltung)	5
Einstreu	10
Weidehaltung ¹⁾	10
Pferdeweide	10

¹⁾ Angaben nach Chen (1988) in Casada und Safley (1990)

kennt man, daß die höchsten Methanmengen aus anaeroben Lagunen (tiefe Erdbecken) entweichen, die vor allen Dingen in den USA üblich sind.

Die Lagerung von Gülle unter dem Stall würde für einen Lagerzeitraum von mehr als 1 Monat demnach (entsprechend der Speicherung von Gülle in der Grube) zu Methanemissionen von etwa 20 % des theoretischen Methanpotentials führen.

Damit soll nun eine Abschätzung versucht werden, welche Methanemissionen im konkreten Fall der vorliegenden praktischen Versuche zu erwarten wären. Als Beispiel hierfür werden Daten aus dem Durchgang 2294 des 2. Versuchs (Vollspaltenboden, Teilspaltenboden, Schrägmiststall: siehe Abbildung 1) für die Teilspalte von Januar bis April 1994 herangezogen:

Die täglich aus dem Stall emittierte Methanmenge setzt sich aus einem Anteil durch die Tiere selbst V_{tier} und dem des unter dem Stall (z. B. Spaltenboden) lagernden Mistes V_{mist} zusammen:

$$V_{CH_4} = V_{\text{tier}} + V_{\text{mist}} \quad [l/d] \quad (1)$$

Die von einem ausgewachsenen Schwein (mit vereinfacht 100 kg Lebendgewicht) emittierte Methanmenge wird mit bis zu 5 l/d entsprechend den Angaben von Gädken (1995) angenommen. Es wird ferner unterstellt, daß die Tiere bei ihrer Einstellung mit ca. 25 kg Lebendgewicht nur ein Viertel dieser Methanmenge emittieren, daß diese Menge aber linear bis zum Ende der Mastdauer (im vorliegenden Fall nach nur 96 Tagen) auf 5 l/d steigt. Das ergibt dann:

$$V_{\text{tier}} = 1,25 + 0,0391 \cdot \text{Mastdauer} \quad [l/d] \quad (2)$$

Die aus der Gülle täglich emittierte Menge errechnet sich dabei aus

$$V_{\text{mist}} = M_{\text{mist}} \cdot (c_{\text{VS}}/100) \cdot B_0 \cdot (M_{\text{CF}}/100) / \text{Mastdauer} \quad [l/d] \quad (3)$$

Für Gleichung (3) ist durch zahlreiche Messungen in diesem Projekt für den Schrägmiststall belegt, daß die im Stall anfallende gesamte Mistmenge M_{mist} nahezu linear mit der Mastdauer ansteigt. Dies wird in gleicher Weise auch für die Teilspalte dieses Versuchs vorausgesetzt, wofür sich bis zum Ende der Mastdauer 3400 kg Gülle unter dem Spaltenboden angesammelt hatten. Diese wies im Mittel einen Anteil c_{VS} von 11,3 % OTS (oder VS) auf. Wird für das Methanpotential B_0 wie von Casada und Safley (1990) sowie von Gibbs and Woodbury (1993) ein Wert von $0,45 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 / \text{kg VS}$ sowie für den Methankonversionsfaktor ein Wert von 20 % (Tabelle 1) verwendet, so ergibt sich für die resultierenden täglichen Methanemissionen aus dem Stall die untere, in Abbildung 2 dargestellte lineare Abhängigkeit (Gülle theor.). Mit dem Anteil zu den Methanemissionen durch die Schweine stellen sich noch höhere Werte ein (Ges.-Emiss. theor.), wobei gegen Ende der Mastperiode dann bis zu $400 \text{ l CH}_4 / \text{d}$ erreicht werden. In Abbildung 2 wurden die wirklich im Stall gemessenen Emissionen ebenfalls mitaufgenommen (durch volle Punkte dargestellt), zusätzlich ist darin auch ein über Regression aus Güllemenge und Gülletemperatur errechneter Zusammenhang enthalten. Diese Darstellung mit einer Abweichung um etwa den Faktor 4 zwischen errechneten

und gemessenen Werten zeigt, daß es nicht so ohne weiteres möglich ist, mit vereinfachten Annahmen (hier insbesondere über den Methankonversionsfaktor) immer auf reale Verhältnisse zu schließen. Bei dem hier verwendeten sehr einfachen Ansatz wurde allerdings auch zur Vereinfachung vernachlässigt, daß eine bestimmte Menge (frische) VS innerhalb einiger Tage ein Maximum der Methanemission erreicht, die dann im Laufe der Zeit (nach 20 bis 30 Tagen) allmählich wieder abklingt und nach (unendlich) langer Zeit wieder Null erreicht. Hierdurch würde die Gesamtemission kleiner ausfallen. Im konkreten Fall wurde vereinfachend vorausgesetzt, daß das Massenelement VS über die gesamte Mastzeit (Lagerzeit unter dem Teilspaltenboden) Methan in gleicher Höhe emittiert.

3 Meßtechnik

Da Methan ein infrarotaktives Treibhausgas darstellt, kann die Methankonzentration mit Gasanalysatoren bestimmt werden, die das Infrarotabsorptionsprinzip verwenden. Bei einer Umgebungskonzentration von ca. 2 ppm und zu erwartenden Meßwerten, die darüber liegen, war mit einem Meßbereich von 100 ppm eine ausreichende Auflösung und Genauigkeit zu erwarten. Im konkreten Fall wurde ein, auf einen Meßbereich von 100 ppm umgerüsteter Analysator, Typ UNOR 6N der Fa. Mayhak eingesetzt. In Abbildung 3 ist das Fließbild des gesamten Meßaufbaus dargestellt. Das Meßgas wird aus den Abluftkanälen der einzelnen Stallabteile (Boxen) über Schläuche und über einen Gasmeßstellenumschalter (Eigenentwicklung des

Instituts für Technologie) und Meßgaskühler (Kondensation von störendem Wasserdampf) durch eine im Gasanalysator eingebaute Pumpe abgesaugt. Bis zu 6 unterschiedliche Meßstellen können an dem Gasmeßstellenumschalter angeschlossen werden. Dieser kann periodisch für wählbare Zeitspannen die einzelnen Meßstellen nacheinander an den Gasanalysator anschalten.

Zur Spülung der Schläuche, für das Einschwingen des Meßwertes usw. betrug die Meßzeit bei einem Gasdurchfluß von 40 bis 60 l/min zwischen 15

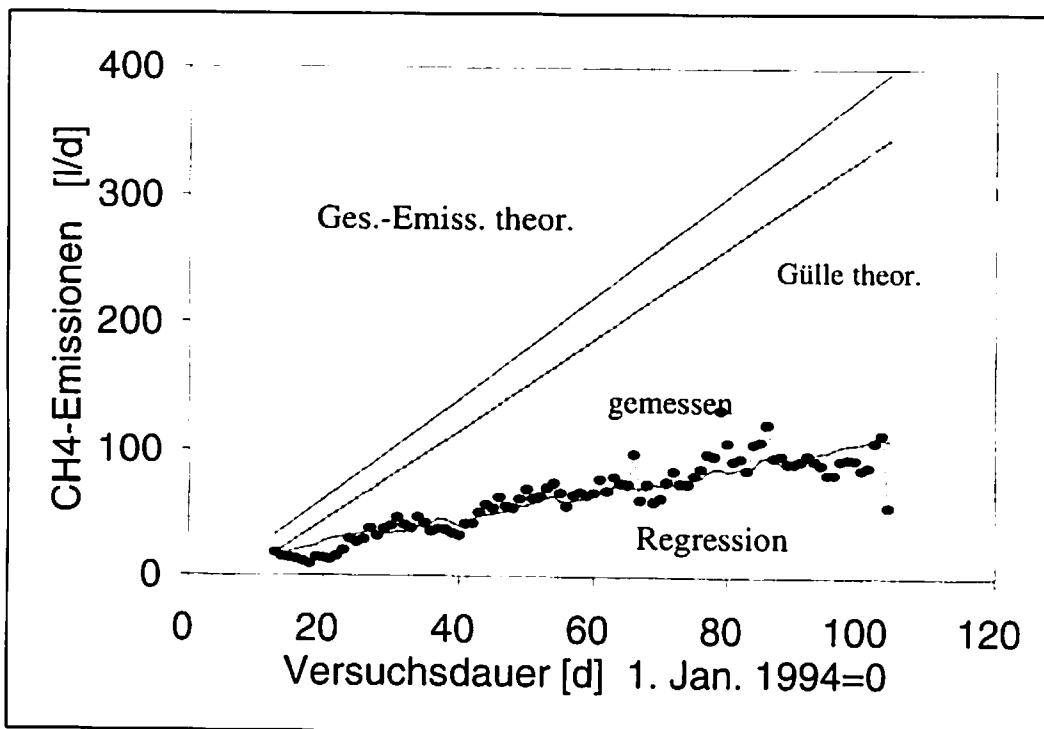


Abbildung 2: Errechnete und gemessene Methanemissionen aus der Schweinemast über der Mastdauer für den Teilspaltenbodenstall im Versuchsdurchgang 2294. Weitere Erläuterungen im Text

und 20 Minuten. Das entspricht etwa 12 bis 15 Messungen pro Meßstelle und Tag.

Ein der Methankonzentration proportionales elektrisches Meßsignal des Gasanalysators wurde sowohl analog aufgezeichnet wie auch computergestützt registriert. Hierbei erfolgte eine Synchronisation zwischen Gasmeßstellenumschalter und Computer. Der Gasanalysator wurde in regelmäßigen Abständen mit reinem Stickstoff (Nullwert) und einem Prüfgas 100 ppm Methan in Reinstickstoff (Messer-Griesheim, Typ N 5, $\pm 10\%$) kalibriert. Anzeige und elektrisches Ausgangssignal des Analysators sind über dem gesamten Meßbereich linearisiert. Die Differenz zwischen der Methankonzentration in der Stallabluft und in der Umgebung liefert über die Produktbildung mit dem Luftdurchsatz (gemessen mit Ganzstromanemometern vom Typ MULTIFAN, Venlo, NL) durch die einzelnen Stallabteile den Methanfluß aus den Ställen.

Da hierfür nur drei Stallluft- und eine Frischluftmeßstelle benötigt wurden, konnten die beiden übrigen Gasmeßstellen zur Beobachtung der Methanemissionen aus dem lagernden Festmist eingesetzt werden. Dieser Festmist wurde regelmäßig in kurzen Abständen aus dem Schrägmiststall - der immer eine Variante aller bisherigen Versuche war - in ein Festmistlager überführt. Übliche Festmistlager sind in der Praxis dreiseitig umwandet, allerdings nach oben und zu einer Seite hin offen. Deshalb können Emissionen daraus nicht so ohne weiteres erfaßt werden. Daher wurde das Lager (mit einer Lagerfläche von ca. $2,5 \times 2,5 \text{ m}^2$) von innen mit einer gasdichten Folie ausgekleidet sowie durch eine Abdeckung oben und zur Seite hin ebenfalls abgedichtet (Abbildung 4). Ein Sauggebläse mit einem Durchsatz von $30 \text{ m}^3/\text{h}$ hat aus dem teilabgedichteten Lager permanent einen Gasstrom abgesaugt, aus dem über den Gasanalysator ein Teilstrom zur Gasanalyse abgezweigt wurde. Die Abdichtung des Mistlagers war im Fußbereich mit einer Zuluftöffnung versehen, über die die entsprechende Menge Frischluft nachströmen konnte, ohne daß sich im Innern ein Unterdruck ausbilden konnte. Die Öffnung war so einzustellen, daß über die Wirkung des Sauggebläses hier nachweisbar Luft in das Festmistlager einströmen mußte und somit an keiner anderen Stelle des Lagers außer über den Gebläsekanal ein Gasaustritt möglich war.

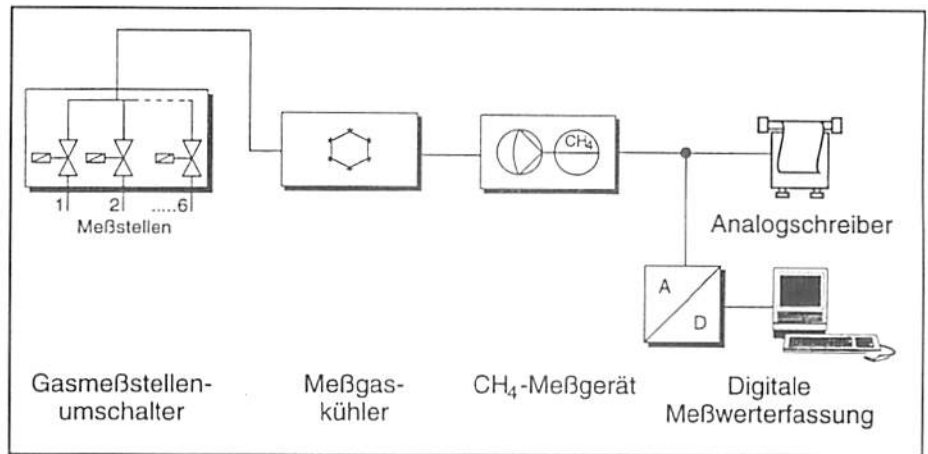


Abbildung 3: Fließbild des Systems zur Messung der Methankonzentration in den Versuchstierställen

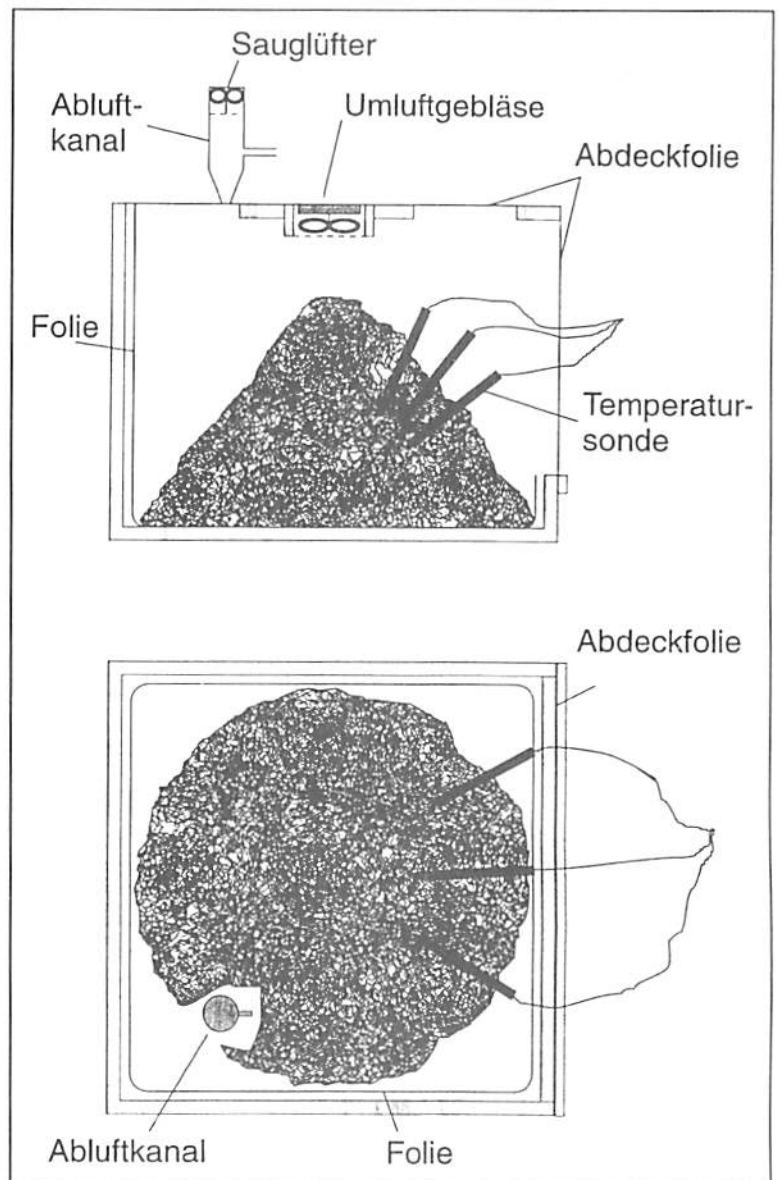


Abbildung 4: Querschnitt (oben) und Aufsicht auf das abgedichtete Festmistlager (schematisch)

Hierdurch wurde sichergestellt, daß wirklich am Saugkanal die gesamte Abluft erfaßt werden konnte. Vielfache Messungen des Sauerstoffgehaltes im Lager wiesen trotz der Abdichtung auch bei hoher Stoffumsatzrate infolge von Selbsterhitzungsvorgängen im Festmist und/oder bei hohen Umgebungstemperaturen auf aerobe Verhältnisse hin mit Sauerstoffgehalten zwischen 20 und 21 %. Ein Umluftgebläse im Lager sorgte für eine dauernde gute Durchmischung des Gasraumes. Damit waren weitgehend natürliche Bedingungen im Festmistlager gegeben, mit der Möglichkeit, die von dem Lager ausgehenden Emissionen zu erfassen.

4 Meßergebnisse aus den Ställen

Die Ergebnisse der einzelnen Versuchsreihen können hier aus Platzgründen nicht alle dargestellt werden. Außerdem sind sie sich in ihrer Charakteristik sehr ähnlich. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse (Emissionssummenwerte) der ersten beiden Versuche enthält Tabelle 2, die an entsprechender Stelle auch kommentiert wird.

Da die digitale Meßwerterfassung beim Start des Meßbetriebes (Januar bis April 1993) noch nicht zur Verfügung stand, wurden die Methankonzentrationen hierfür noch manuell dem analogen Meßschrieb entnommen. Die Auswertung der späteren Versuche erfolgte dank der eingesetzten automatisierten Meßwerterfassung mit Hilfe der WINDOWS-Versionen des Tabellenkalkulationspro-

gramms QUATTRO PRO mit eigens dafür erstellten Makros zur weiteren Datenverdichtung und -vorverarbeitung.

Stellvertretend für alle übrigen Daten zeigt Abbildung 5 den zeitlichen Verlauf der Methankonzentration im Vollspaltenbodenstall des Durchgangs 2294 (Januar bis April 1994) gegen Ende des Versuchs. Diese Darstellung soll mehrere Sachverhalte verdeutlichen:

- Es fällt im linken Teil des Bildes die starke Streuung der Methankonzentrationen im Stall auf, die hier um den Faktor 2 bis 2,5 schwanken. In anderen Ställen und Durchgängen wurden teilweise auch noch weit höhere Schwankungen beobachtet. Hieraus muß gefolgert werden, daß aus einzelnen Messungen (wie sie in der Literatur mitunter angegeben werden, teils über die IR-Meßtechnik oder FTIR, teils über Gaschromatographie und über andere Verfahren ermittelt) kein sicherer Aufschluß über die Höhe solcher Emissionen zu gewinnen ist. Dies ist nur aus einer Vielzahl von Messungen über einen längeren Zeitraum möglich. Zur Ermittlung der mittleren Methanflüsse pro Stall und Tag wurde jeweils ein Tagesmittelwert der Methankonzentration gebildet.
- Es konnte in keinem Versuch ein deutlicher Tageszyklus der Methanemissionen beobachtet werden. Der Stall hatte keine Fenster, Tageslicht wurde durch Kunstlicht ersetzt. Könnte das eine Ursache für den fehlenden Tagesgang bei den Methanemissionen sein?

Tabelle 2: Summe der (bezogenen) Methanemissionen für alle bis September 1994 durchgeführten Versuche

Durchgang	Variante	Temperatur (Mittelwert) °C	CH ₄ -Emissionen L /Mastperiode	CH ₄ -Emissionen kg CH ₄ /GV*a ³⁾	CH ₄ -Emissionen g CH ₄ /kg Gew.-Zun.
1393 ¹⁾	Tiefstreu	17,6	8088	14,7	10,7
	Kompost	26,2	9652	17,5	12,8
	Schrägmist	14,4	4037	7,3	5,2
	Festmistlager		659 ²⁾	1,2	1
	Festmistlager +Schrägmist		4696	8,5	6,2
2193	Vollspalte	17,6	5477	9,9	5,1
	Teilspalte	17	5636	10,22	5,0
	Schrägmist	17,5	3014	5,45	2,3
2294	Vollspalte	15,9	6047	11	6,1
	Teilspalte	15,8	5936	10,8	5,7
	Schrägmist	16,3	3443	6,3	3,3
	Festmistlager	11,3	1040 ²⁾	1,8	1
	Schrägmist +Festmistlager		4483	8,1	4,3
2394	Vollspalte	22,4	11068	20,1	10,8
	Teilspalte	23,1	9267	16,8	9,1
	Schrägmist	22,9	3171	5,8	2,7
	Festmistlager	25,9; Selbsterhtzg.	3081	5,5	2,2
	Schrägmist+Festmistlager		6252	11,3	4,9
¹⁾ Keine vollständige Mastperiode ²⁾ Mangelnde Abdichtung Festmistlager ³⁾ 7 Schweine entspr. 1 GV; 3,65 Mastperioden/a					

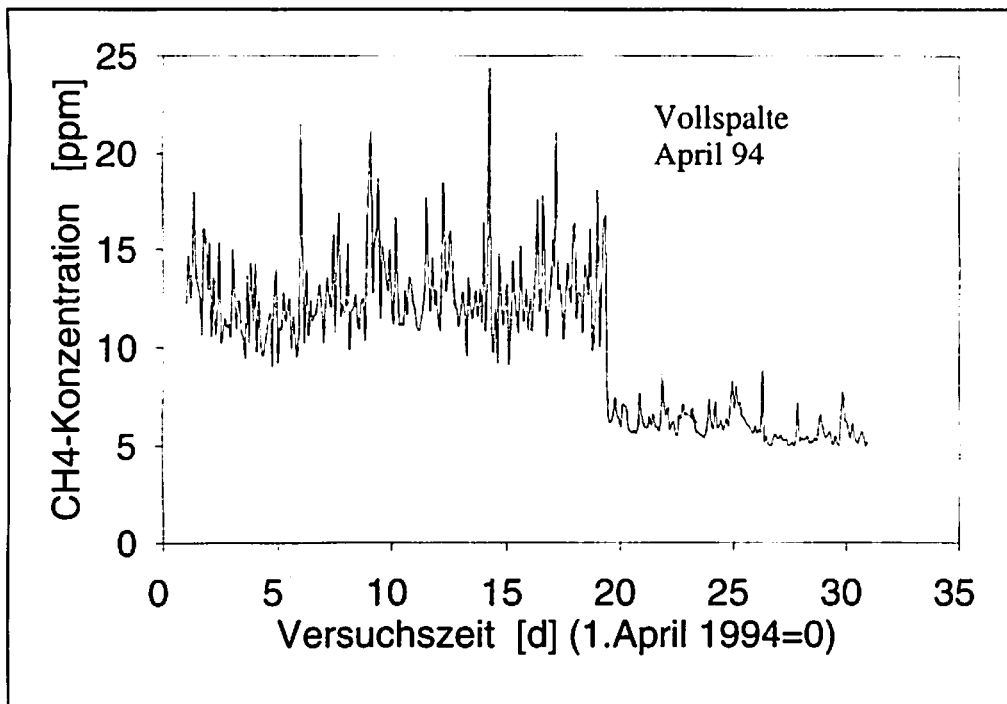


Abbildung 5: Zeitlicher Verlauf der gemessenen Methankonzentration im Vollspaltenbodenstall des Durchgangs 2294 (Januar bis April 1994). Weitere Erläuterungen im Text

- Nach dem Ausstallen der Schweine am 19. April 1994 (Mastende) sinkt die Methankonzentration in dem Stall schnell und drastisch auf sehr kleine Werte ab, mit sehr viel geringeren Schwankungen gegenüber vorher. Es liegt die Annahme nahe, daß dies nun auf die fehlende Emission durch die Tiere selbst zurückzuführen ist. Hierdurch wären aber bei 10 Schweinen bestenfalls nur etwa 50 l CH₄/d weniger zu erwarten. Allerdings liegt die Differenz mit weit über 80 l/d für Abbildung 5 jedoch deutlich höher, könnte aber auch entsprechend der vorher gemachten Aussage immer noch von den Tieren stammen. Falls diese Differenz aber nicht nur Methanemissionen aus dem tierischen Stoffwechsel anzulasten wäre, könnte der in Abbildung 5 dargestellte starke Rückgang der Emissionen durch einen weiteren Effekt verursacht werden: Es fehlt hier die Aktivität der Schweine, die normalerweise zusätzlich auch zu einer höheren Emission führt: Speisereste, Stroh, Harn und Kot fallen in Anwesenheit der Tiere immer wieder in unregelmäßigen Zeitabständen durch Spalten des Spaltenbodens in die darunter lagernde Gülle. Das hierdurch bedingte kurzfristige Aufreißen der Gülleoberfläche führt immer wieder zu Methanausbrüchen aus der Gülle mit teilweisen hohen Spitzenwerten wie auch zu einer Anhebung des allgemeinen Emissionsniveaus. Ruhende Gülle (evtl. mit Ausbildung einer Oberflächenhaut oder Schwimmschicht) emittiert dementsprechend wohl auch viel weniger CH₄ als „bewegte Gülle“. In welcher Weise sich beide Effekte hier auswirken, ist momentan noch nicht ganz geklärt.

über der Versuchszeit dargestellt.

Die Emissionen von Voll- und Teilspaltenboden sind bis auf die letzte Phase etwa gleich hoch, während die Emissionen aus dem Schrägmiststall durch den ständigen Austrag des Festmistes in das Mistlager erheblich geringer ausfallen. Alle Emissionen aus den Ställen enthalten immer auch die Emissionen durch die Tiere selbst.

Durch eine bessere Abdichtung dieses Mistlagers bei einer Versuchszeit von ca. 175 Tagen wird daraus auch mehr CH₄ erfaßt. Infolge hoher Umgebungstemperaturen im Sommer 1994 wurden in diesem Durchgang auch die höchsten Methanemissionen aller bisherigen Versuche ermittelt. In den Ställen wurden Spitzenwerte der Temperatur von teilweise über 30 °C gemessen. Für die übrigen Durchgänge lag das allgemeine Temperaturniveau niedriger, was insgesamt auch zu geringeren Methanemissionen führte (siehe Tabelle 2), bei gleichartiger oder ähnlicher zeitlicher Charakteristik des Emissionsverlaufs.

Eine Zusammenfassung der Meßergebnisse aller Durchgänge zeigt Tabelle 2. Die Summe der Emissionen ist dabei sowohl auf die Mastperiode wie aber auch auf die Großviecheinheit pro Jahr und auf die Tiergewichtszunahme bezogen. Die mittlere Temperatur in Gülle bzw. Festmist wie auch in Schrägmiststall und Mistlager ist ebenfalls mit angegeben. Erwartungsgemäß läßt sich bei den Emissionssummen ein deutlicher Einfluß des Temperaturniveaus beobachten (Durchgänge 1 und 2 gegenüber 3 im 2. Versuch). Faßt man die Methanemissionen aus Schrägmiststall und Festmistlager zusammen, so stellt sich der Schrägmiststall hinsichtlich der Emissionen nicht wesentlich gün-

5 Methanflüsse aus den Ställen

Aus dem Produkt der Konzentrationsdifferenz für Methan zwischen Stallabluft und Frischluft sowie dem Luftdurchsatz durch den Stall läßt sich der stündliche bzw. tägliche Methanfluß aus dem Stall errechnen. Stellvertretend für die Emissionsverläufe aller übrigen Versuche ist die Zeitabhängigkeit der Methanemissionen für den letzten Durchgang des zweiten Versuchs 2394 (Vollspaltenboden, Teilspaltenboden und Schrägmiststall: Mai bis September 1994) zusammen mit den Methanemissionen des Mistlagers 2 (Austrag aus dem Schrägmiststall) in Abbildung 6

stiger dar als die übrigen Varianten.

Insgesamt gesehen sind die Methanemissionen aus der Schweinehaltung in dieser Form - zumindest diesen Versuchsergebnissen entsprechend - erheblich geringer als durch die theoretischen Modellansätze oder (einfache) Konversionsfaktoren vorausgesagt, auch wenn der Anteil durch die Schweine selbst berücksichtigt wird. Vermutlich müssen die Bedingungen für die Konversionsfaktoren weiter differenziert werden. Somit ist Vorsicht geboten bei Emissionsabschätzungen, die auf der Basis von Konversionsfaktoren oder Emissionsfaktoren durchgeführt wurden.

6 Emissionen aus dem Mistlager

Über die Meßtechnik zur Erfassung der Methanemissionen aus dem Mistlager wurde schon weiter vorn berichtet (Abschnitt 3). Es kommt dabei im wesentlichen darauf an, daß einerseits durch die Abdichtung die Gasflüsse vollständig erfaßt werden können, andererseits bis auf die natürliche Befeuchtung durch Niederschläge die übrigen Bedingungen - insbesondere die Belüftung - den natürlichen weitgehend entsprechen. Erstmals gelang dies zufriedenstellend mit dem Durchgang 2394. In Abbildung 7 sind die Methanemissionen dieses Mistlagers (Mistlager 2) über einen langen Beobachtungszeitraum aufgetragen. Da während

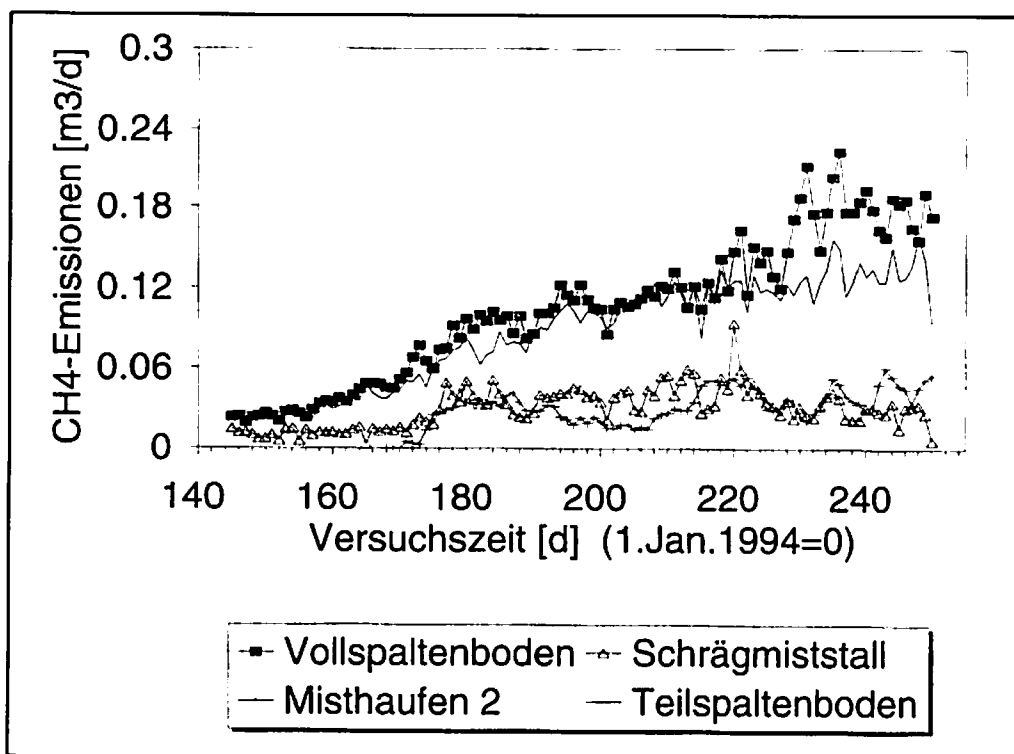


Abbildung 6: Zeitlicher Verlauf der Methanemissionen aus den Ställen und aus dem Mistlager 2 über der Versuchszeit im Durchgang 2394 Mai bis September 1994

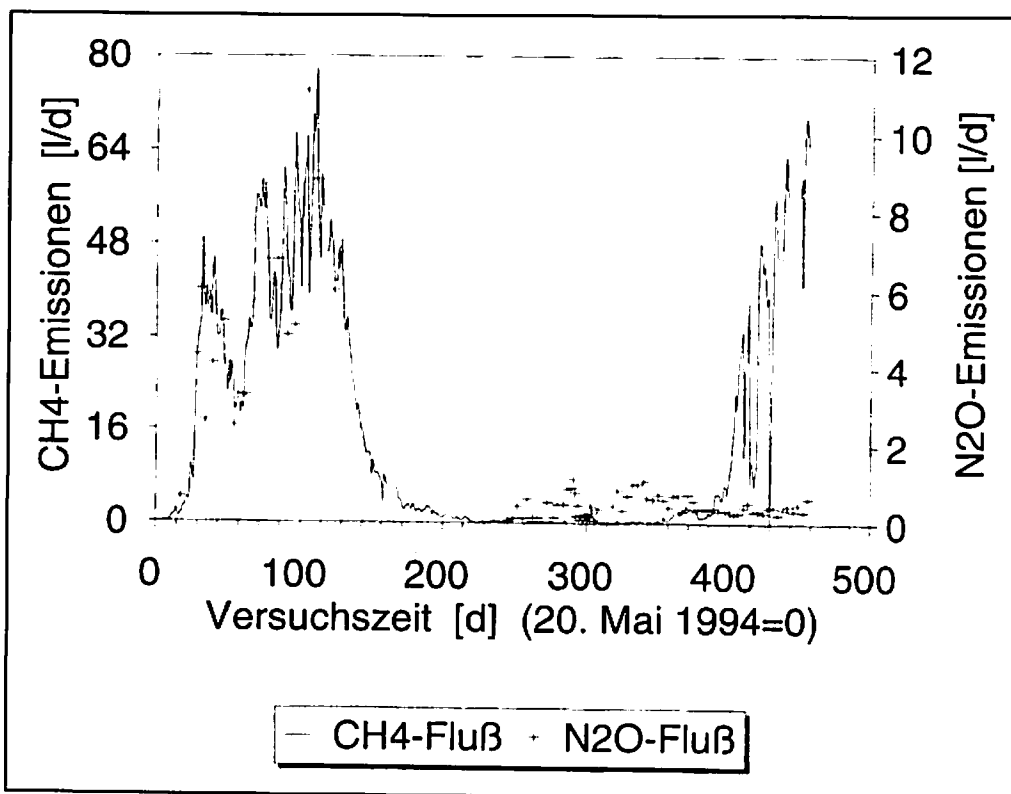


Abbildung 7: Methan- und Lachgasemissionen aus dem Mistlager 2, das durch Auslagerung des Festmistes aus dem Schrägmiststall im Durchgang 2394 angelegt wurde

dieses Versuchs im Rahmen eines BMBF-Forschungsvorhabens auch Lachgasproben gezogen und analysiert wurden (Entnahme aus den Ställen über Membranpumpe in evakuierte Gasfläschchen und anschließende Analyse über GC, Hüther et al. 1995), sind diese Einzelmessungen (als Kreuze) in das Diagramm mit aufgenommen worden. Die Beobachtungen dieses Mistlagers wurde bis Anfang 1997 fortgesetzt und erstreckten sich somit über einen Zeitraum von mehr als zweieinhalb Jahren.

In den ersten 100 Tagen wird das Mistlager durch regelmäßigen Austrag aus dem Schrägmiststall angelegt. Zum Ende dieser Periode erreicht die Mistmenge (inklusive Jauche) ca. 3900 kg. Der untere Teil des Mistlagers steht in der Jauche (wannenförmige Ausbildung des unteren Lagerraumes). Die Methanemissionen steigen in dieser Phase bis auf einige, derzeit nicht erklärbare Einbrüche an. Wie man weiter erkennen kann, nehmen in gleicher Weise auch die Lachgasemissionen zu. Im Mistlager werden etwa nach 50 Tagen (Anfang Juli) mit 37 °C (Selbsterhitzung) die höchsten Temperaturen erreicht. Aber die Emissionen steigen weiter, weil noch bis Anfang September nach ungefähr 100 Tagen immer wieder Mist eingelagert wird. Danach nehmen sie allmählich ab.

Bis zum Ende der Mastperiode werden ca. 3100 l Methan und ca. 630 l N₂O emittiert.

Nach Ende des Versuchs (und der Festmisteinlagerung) wird Lachgas bis Ende Januar 1995 leider nicht mehr gemessen. Die Methanemissionen nehmen weiter ab, da auch die Temperatur im Mistlager allmählich zurückgeht. Im Minimum erreicht diese im Januar/Februar 1995 nur ca. 6 bis 7 °C. Die Methanbildung kommt vollkommen zum Erliegen (Methanmenge bis Ende Januar 1995 ca. 5100 l), während Lachgas in immer noch gut meßbaren Mengen emittiert wird. Obgleich die Mistlagertemperatur nach 330 Tagen (April 1995) wieder 10 °C und nach 360 Tagen (Mai 1995) sogar 17 °C erreicht, beginnt die Methanbildung erneut erst wieder im Juni 1995 mit sehr hohen Raten, wie sie auch bei der Misteinlagerung beobachtet werden konnten. Die N₂O-Emissionen bleiben dagegen gering. Die Aufzeichnung endet hier erst einmal Ende August 1995.

Obgleich eine solch lange Lagerzeit für Festmist nicht üblich ist, besteht doch ein bestimmtes wissenschaftliches Interesse an einer Langzeitbeobachtung. Die Messungen wurden deshalb weiter fortgesetzt und erst Anfang 1997 eingestellt. Während der Wintermonate 1995/96 sind die Methanemissionen wieder auf nicht mehr meßbare Mengen zurückgegangen. Auch die Lachgasemission hat sich weiter vermindert.

Zusammenfassung

Zur Erfassung von Methanemissionen in Versuchstierställen - hier am Beispiel der Schweinehaltung - reicht hinsichtlich Auflösung und Genauigkeit die IR-Gasanalysetechnik aus. Zur Ermittlung der durchschnittlichen Methanflüsse sind aufgrund starker zeitlicher Schwankungen in der Methankonzentration jedoch eine größere Anzahl

aufeinander folgender Einzelmessungen notwendig. Emissionen aus einem Festmistlager können unter weitgehend natürlichen Bedingungen durch eine geeignete Abdichtung des Lagers erfaßt werden.

Es wurde gezeigt, daß die Abschätzung von Emissionen über die Annahme von Methan-Konversionsfaktoren mit einfachen Modellen auf zu hohe Emissionswerte führen kann. Praktische Ergebnisse liegen um den Faktor 3 bis 4 niedriger. Das bedeutet, daß für eine Verwendung der Konversionsfaktoren für die Abschätzung von Emissionen die speziellen Bedingungen im jeweiligen Fall genauer betrachtet werden müssen (Differenzierung).

Die Versuchsergebnisse aus den einzelnen Ställen (Varianten) zeigen, daß bei Ställen mit Einstreu (Kompost und Tiefstreu) höhere Methanemissionen zu erwarten sind als für Güllespaltenböden. Der Schrägmiststall emittiert (durch den regelmäßigen Austrag des Festmistes in ein Festmistlager) am wenigsten Methan; rechnet man die CH₄-Emissionen des Festmistlagers noch dazu, so sind die Emissionen mit denen der Güllespaltenböden vergleichbar.

Die Höhe des Emissionsniveaus hängt dabei erwartungsgemäß von der Gülle- bzw. Stall- und Lagertemperatur ab: Deutlich erhöhte Werte treten in warmen Perioden auf.

Methane emissions from different forms of pig fattening

During the years 1993 to 1997 methane emissions were measured, developed by different forms of pig fattening. Ten pigs for each experiment stayed during fattening periods of about 100 to 110 days inside of stables working as aerated closed boxes, keeping nearly practical conditions for feeding, aeration, manure management etc. These measurements have been only one small part of further experiments of the topic „Grüner Stall“ of the FAL-Institute of Agricultural Building Research. Due to three equivalent boxes available in this stable building, it was possible to run three experiments at the same time.

Methane concentrations could be determined by a NIR-gasalyzer system using a 100 ppm measuring range. From the difference of the concentrations in the fresh incoming air as well as that in the exhaust air stream of the stables multiplied by the aeration rate, the methane flux from the stables could be calculated.

According to this long time of more than four years, there exists a lot of data (but not all evaluated until now) from several experiments, regarding different types of stables for pig fattening, using dry litter, compost, fully slatted floor (liquid manure), partly slatted floor (liquid manure) or a slightly inclined concrete floor (litter). From the last type of stable the manure was periodically moved out into a dung heap. From this type of stable we observed the smallest contribution to the methane emissions. But adding to this amount that of the dung heap, the methane release from this system is comparable to that of other systems. The methane emissions from slatted floor systems seem to be smaller than those from litter and compost systems.

Literatur

- Ahlgrimm, H.-J.; Gädeken, D. (1990): 2. Methan (CH₄) - In: Sauerbeck, D.; Brunnert, H. (Hrsgb.): „Klimaveränderungen und Landbewirtschaftung“, Teil I - Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 117, S. 28-46.
- Ahlgrimm, H.-J.; Dämmgen, U. (1994): Beitrag der Landwirtschaft zur Emission von klimarelevanten Spurengasen.- In: Brunnert, H. und Dämmgen, U. (Hrsgb.): „Klimaveränderungen und Landbewirtschaftung“, Teil II - Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 148, S. 75-106.
- Ahlgrimm, H.-J. (1995): Beitrag der Landwirtschaft zur Emission klimarelevanter Spurengase - Möglichkeiten der Reduktion? - Landbauforschung Völkenrode 45, H 4, S. 191-204.
- Casada, M. E.; Safley, L. M. Jr. (1991): Global Emissions from Livestock and Poultry Manure. - Report submitted to the US Environmental Protection Agency (EPA), June 1990.
- Crutzen, P. J.; Aselmann, I.; Seiler, W. (1986): Methane production by domestic animals, wild ruminants, other herbivorous fauna and humans - Tellus 38 B (1986), Nr. 3-4, S. 271-284.
- Gädeken, D. (1995): Persönliche Mitteilung.
- Gibbs, M. J.; Woodbury, J. M. (1993): Methane emissions from livestock manure. - International Workshop Methane and Nitrous Oxide, 3.-5. February, Amersfort (zitiert aus J. Heyer, Studie C: „Methan“ für die Enquete-Kommission „Schutz der Erde“ vom 30. 5. 1993).
- Hüther, L.; Schuchardt, F.; Willke, Th.; Ahlgrimm, H.-J.; Vorlop, K.-D. (1995): Gaschromatographische Untersuchungen zur Freisetzung von Methan und Distickstoffmonoxid bei der Lagerung und Kompostierung von Exkrementen aus der Rinderhaltung - VDI-Tagung Landtechnik, 12. bis 13. 10. 1995, Braunschweig und VDI-Berichte 1211, 1995, S. 219-222.
- IPCC-Greenhouse Gas Inventory, Volume III: Reference Manual, 1996-Update: Appendix A.
- Schneider, W.; Menke, K. H. (1982): Untersuchungen über den energetischen Futterwert von Melasseschnitzeln in Rationen für Schweine. - Z. Tierphysiol., Tierernährung und Futtermittelkunde 48, S. 233-240.
- Verfasser: Ahlgrimm, Heinz-Jürgen, Dr. rer. nat.; Breford, Jürgen, Institut für Technologie der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL), Leiter: Prof. Dr. rer. nat. Klaus-Dieter Vorlop.