

# Emissionen bei der Stallmistkompostierung

*Die Freisetzung umweltrelevanter Gase während der Stallmistkompostierung wurde unter Praxisbedingungen untersucht. Es zeigte sich, dass die Emissionen von Ammoniak und Methan im Verlauf von drei bis vier Wochen abklingen. Die Freisetzung von Lachgas wies eine deutlich höhere zeitliche und lokale Variabilität auf. Maxima der Lachgasemission wurden hauptsächlich nach dem Abklingen der Ammoniak- und Methanemissionen beobachtet. Sowohl die mittlere Emission als auch das Emissionsverhältnis können zur Charakterisierung der Umwelteffekte dienen. Die gemessenen gasförmigen Stickstoffverluste während der Stallmistkompostierung lagen im Mittel bei 6%, die Kohlenstoffverluste bei 35%.*

Prof. Dr. rer. nat. habil. Hans Jürgen Hellebrand und Dr. sc. techn. Wolf-Dieter Kalk sind Mitarbeiter der Abteilung „Technikbewertung und Stoffkreisläufe“ des Institutes für Agrartechnik Bornim e. V., Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam (Wissenschaftlicher Direktor: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Zasko); e-mail: jhellebrand@atb-potsdam.de

Referierter Beitrag der Landtechnik, die Langfassung finden sie unter LANDTECHNIK-NET.com.

## Schlüsselwörter

Emissionsraten, Kompostieren, Stallmist, Lachgas, Ammoniak, Methan

## Keywords

Emission rates, composting, solid manure, nitrous oxide, ammonia, methane.

Literaturhinweise sind vom Verlag unter LT 00202 erhältlich oder über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

Emissionsdaten werden für die Bewertung der Umweltwirkungen landwirtschaftlicher Verfahren benötigt. Die wesentlichen Prozesse, die zur Bildung der Spurengase führen, sind bereits intensiv untersucht. Lachgasemissionen ( $N_2O$ ) aus der Tierhaltung sind meist geringer als düngerinduzierte Emissionen beim Pflanzenbau, können aber je nach Haltung bedeutend die betriebliche Umweltbilanz belasten. Hauptquelle der landwirtschaftlichen Methanemissionen ( $CH_4$ ) in Deutschland ist die Rinderhaltung. Aus den Exkrementen der Tiere entweicht darüber hinaus Ammoniak ( $NH_3$ ), das bei der enzymatischen Hydrolyse des Harnstoffs entsteht. Tier- und Haltungsart sowie Lagerung und Aufbereitung der Exkremente haben wesentlichen Einfluss auf die Bildungsrate von  $N_2O$ ,  $CH_4$  und  $NH_3$  [1 bis 3]. Für exakte Nährstoffbilanzen in ökologisch bewirtschafteten Betrieben waren unter anderem die Stoffausträge in die Atmosphäre bei der Mistkompostierung zu untersuchen. Unter Praxisbedingungen wurden deshalb die Kompostabgabe im Verlauf von sechs Kompostperioden 1998 und 1999 erfasst und ausgewertet.

## Stallmistaufbereitung durch Kompostieren

Die Untersuchungen zur Freisetzung von Gasen während der Stallmistkompostierung wurden auf dem Hof Marienhöhe in Bad Saarow durchgeführt, der seit 1928 ökologisch bewirtschaftet wird. Die Mistmenge aus dem Rinder- und Schweinestall (täglich

~ 1000 kg) wird in trapezförmigen Kompostmieten aufbereitet. Der Mietenaufbau erfolgt schichtweise mit Frischmistaufgaben im Zeitabstand von sechs bis 13 Wochen. Die jeweilige Schichtdicke der Frischmistaufgabe von etwa 30 cm gewährleistet eine gute Durchlüftung während des Kompostprozesses und erfordert kein Umsetzen. Bei maximal fünf Schichten entstehen infolge des Rotteprozesses Kompostmieten bis 1,2 m Höhe. Diese Form der Stallmistaufbereitung gehört seit Jahrzehnten zur Praxis des Biohofes und stellt nach den Erfahrungen des Betriebes eine schonende und aufwandreduzierte Art der Festmistaufbereitung dar.

Emissionen bei der Lagerung und Kompostierung von Gülle und Festmist sind in den letzten Jahren von mehreren Autoren intensiver untersucht worden. Ein Anstieg des pH-Wertes, der Temperatur oder der Belüftung vermehrt die  $NH_3$ -Emissionen [4], bei hohen C/N-Verhältnissen sinken die  $NH_3$ -Emissionen [5]. Maximale Bildungsraten von  $N_2O$  beobachtet man bei nicht ausreichendem Sauerstoffangebot in der Rotte, etwa wenn durch hohe biologische Aktivität der Sauerstoffpartialdruck im Rottegut auf Null fällt [6]. Intensive Belüftung in Verbindung mit einem niedrigen C-Gehalt führt zu einer Nitrit-Akkumulation bei Gülle (bis zu 33% des Gesamtstickstoffgehaltes) [7] und unvollständiger Ammoniumoxidation. Emissionsmessungen während des Lagerns von Gülle und des Kompostierens von Festmist ergaben  $N_2O$ -N-Freisetzungen bis zu 6% des anfänglichen Stickstoffgehaltes. Die

Bild 1:  $NH_3$ -Emissionen mit exponentieller Schätzfunktion  $F(t) = 326 e^{-0,137 t}$  für 56 Komposttage und dem Bestimmtheitsmaß  $R^2 = 0,909$  im logarithmischen Maßstab (Mittelwerte aus sechs Kompostperioden)

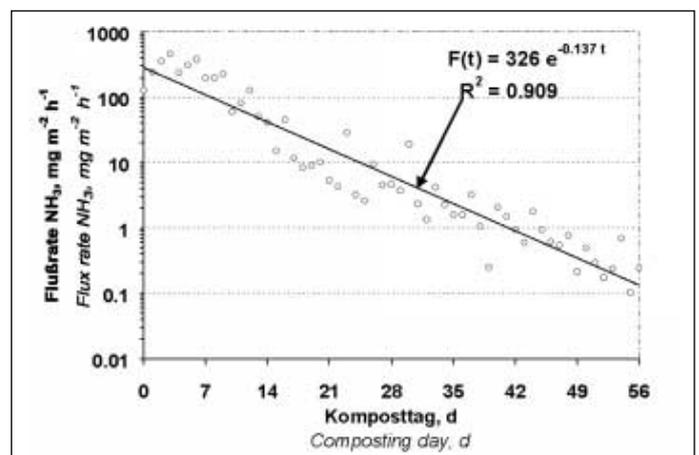


Fig. 1:  $NH_3$ -Emissions with exponential trend function  $F(t) = 326 e^{-0,137 t}$  for 56 composting days with a coefficient of determination of  $R^2 = 0,909$  on a logarithmic scale (Means of six composting periods)

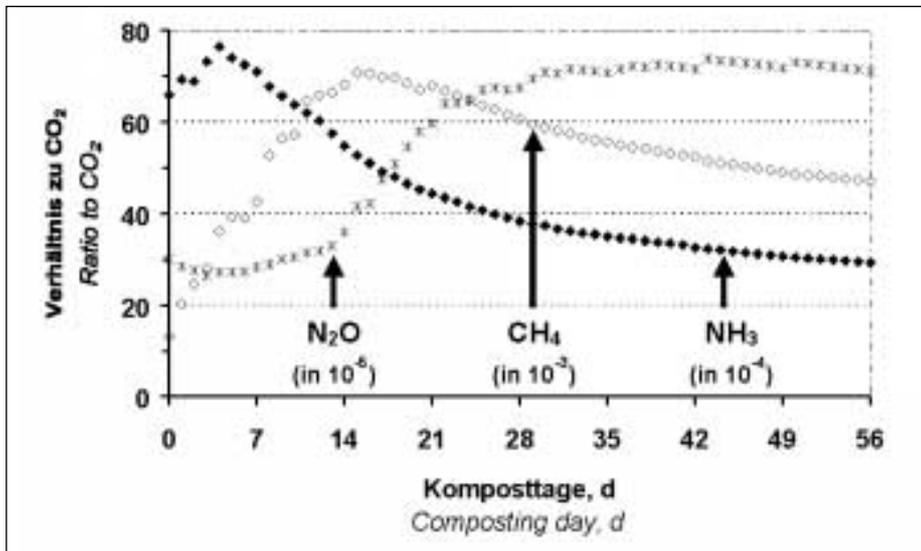


Bild 2: Akkumulierte Emissionen im Verhältnis zu den akkumulierten CO<sub>2</sub>-Emissionen (Mittelwerte aus sechs Kompostperioden)

Fig. 2: Accumulated emissions in relation to accumulated CO<sub>2</sub>-emissions (Means of six composting periods)

NH<sub>3</sub>-Emissionen bei Festmistkompostierung betragen in der Regel weniger als 5% des Stickstoffanfangsgehaltes [4, 8].

### Gewinnen der Gasproben

Wöchentlich wurden zwei Gasproben an sieben Messstellen entnommen, an denen Frischmist von sieben aufeinanderfolgenden Tagen abgelegt war. Damit war mit wöchentlichen Probenahmen eine tägliche Zeitauflösung bei der Untersuchung des Emissionsverhaltens möglich. Zum Ermitteln der Emissionen aus dem Kompost wurde die Gasflusskammertechnik verwendet. Die zylindrischen Kammern aus PVC hatten ein Volumen von 0,189 m<sup>3</sup> und eine Grundfläche von 0,292 m<sup>2</sup>. Nach zehn Minuten Auffangzeit wurden die Gasbeutel abgefüllt und mittels Fourier-Transformations-Infrarot-Spektroskopie (FTIR) analysiert. An jedem Messtag wurden vor Ort drei Außenluftproben (vor, während und nach Abschluss der Gasprobenahme) genommen, da bei der Berechnung der Emissionswerte Konzentrationsdifferenzen zur Außenluft eingehen.

### Emissionsverlauf bei der Stallmistkompostierung

Im Verlauf einer Kompostperiode nehmen die Emissionen von Ammoniak und Methan innerhalb der ersten drei Wochen fast vollständig ab. Die Lachgasemissionen zeigen über die gesamte Kompostperiode eine hohe Streuung mit der Tendenz, dass mit der NH<sub>3</sub>- und CH<sub>4</sub>-Abnahme die N<sub>2</sub>O-Emissionen zunehmen und Maximalwerte nach zwei bis sechs Wochen gemessen werden. Danach geht die N<sub>2</sub>O-Bildung langsam zurück. Diese typischen Verläufe wurden bei allen untersuchten Kompostperioden beobachtet. Die höchsten Werte der Ammoniakfreisetzung werden zwei bis fünf Tage nach dem Auflegen des Stallmistes gemessen, dann sinken die Emissionswerte. Die Maxima der NH<sub>3</sub>-Emissionsraten liegen im Bereich von etwa 0,1 bis 0,9 g m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> bei einem mittleren Maximalwert von etwa 0,3 g m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>. Das Abklingverhalten der Ammoniakemissionen (Bild 1) kann näherungsweise bis etwa acht Wochen nach Beginn mit einem exponentiellen Abfall beschrieben werden. Diese Form des Verlaufes ergibt sich bei konstanten Abbaureaktionen, also Proportionalität zwischen Abbauraten (Emission) und umsetzbarem Material. Ausgangsstoffe für die

NH<sub>3</sub>-Freisetzung sind gelöstes NH<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-Ionen und Harnstoff sowie weiterer organisch gebundener Stickstoff im Substrat. Für NH<sub>3</sub> ergibt die Schätzfunktion ein Bestimmtheitsmaß R<sup>2</sup> von 0,909 mit einer Abklingzeit (1/e-Abfall) von sieben Tagen. Als Quelle des Methans wird ein anaerober Abbau in Exkrementpartikeln angenommen. Methanemissionen weisen bis etwa zehn Wochen nach Beginn einen exponentiellen Abfall auf. Bei CH<sub>4</sub> erhält man ein R<sup>2</sup> von 0,737 mit einer Abklingzeit von zehn Tagen sowohl für acht Wochen als auch zehn Wochen Dauer der Kompostierung.

Als mittlere Emission der sechs Kompostperioden wurden pro Kompostperiode 1322 g m<sup>-2</sup> für CH<sub>4</sub>, 76,9 g m<sup>-2</sup> für NH<sub>3</sub> und 19,8 g m<sup>-2</sup> für N<sub>2</sub>O freigesetzt. Wenn diese Gesamtemissionen auf den Mittelwert der in den Kompostperioden gebildeten CO<sub>2</sub>-Mengen bezogen werden, erhält man Indikatorwerte von etwa 4,6 · 10<sup>-2</sup> für CH<sub>4</sub>, 2,7 · 10<sup>-3</sup> für NH<sub>3</sub> und 6,9 · 10<sup>-4</sup> für N<sub>2</sub>O. Diese Emissionsverhältnisse sind keine konstanten Größen, sondern hängen als Quotient vom Verlauf der akkumulierten Emissionen ab (Bild 2). Erst nach dem Ende der Rotte stellen sich konstante Werte ein, da dann keine weiteren Emissionen in die Akkumulation eingehen können. Bilanziert man die durchschnittlichen Emissionen der Kompostperioden (Tab. 1), ergibt sich für Methan ein Verlustanteil von 4,1% Kohlenstoff gegenüber dem Kohlenstoffgehalt in der Trockenmasse des Frischmistes. Der Stickstoffverlust über NH<sub>3</sub>-N-Austrag betrug 5,2% der Stickstoffausgangsmenge, der N-Verlust über N<sub>2</sub>O-N-Freisetzung etwa 1%. Im Vergleich zu den oben zitierten Ergebnissen bei der Kompostierung von Festmist [4] haben die Ammoniakemissionen die gleiche Größenordnung, die Lachgasemissionen sind geringer. Im Mittel der Kompostperioden werden etwa 35% des anfänglichen Kohlenstoffgehaltes als Energiequelle für die mikrobielle Umsetzung des Kompostes verbraucht.

### Schlussfolgerungen

Die Mistkompostierung führt zu vergleichsweise hohen Kohlenstoffverlusten. Ammoniakemissionen verursachen den Hauptanteil der Stickstoffverluste. Die hier unter Praxisbedingungen gemessenen Emissionswerte entsprechen den Literaturkenntnissen. Die relativ geringen, auf den Anfangsgehalt bezogenen Lachgasemissionen sind Beleg ausreichender Belüftung und Umweltfreundlichkeit der Schichtkompostierung. Methanemissionen können trotz schichtweiser Frischmistaufgaben nicht vermieden werden. Als Methanquelle wird der Exkrementanteil im Stallmist angenommen.

Tab. 1: Stallmistdaten und Gesamtemissionen (Mittelwerte aus sechs Kompostperioden)

Stallmistdaten [kg]		Emissionen als Anteil von C oder N in TM [%]	
Frischmistmenge	7473	CO <sub>2</sub> -C-Anteil	31,3
Trockenmasseanteil	1831	CH <sub>4</sub> -C-Anteil	4,1
Kohlenstoffanteil	824	NH <sub>3</sub> -N-Anteil	5,2
Stickstoffanteil	41	N <sub>2</sub> O-N-Anteil	1,0

Table 1: Composition of solid manure and total emissions (Means of six composting periods)