

Universität für Bodenkultur Wien  
Department für Nachhaltige Agrarsysteme  
Institut für Landtechnik  
A-1190 Wien, Peter Jordanstraße 82

Telefon: +43 1 47654-3502  
Fax: +43 1 47654-3527  
Email: barbara.amon@boku.ac.at



**Wirkung des Zusatzstoffes „Effektive Mikroorganismen (EM)“ auf  
den Umfang von Ammoniak-, Methan- und Lachgasemissionen und  
auf das Geruchsemissionspotential während der Lagerung von Rin-  
der- und Schweineflüssigmist**

AMON, BARBARA; KRYVORUCHKO, VITALIY; AMON, THOMAS; MOITZI, GERHARD

Ergebnisbericht, Februar 2004

Im Auftrag von Multikraft Gesellschaft mbH., A - 4631 Haiding / Wels

# 1 Einleitung

Das Zusatzmittel „Effektive Mikroorganismen (EM)“ wurde von der Multikraft Gesellschaft mbH zur Verfügung gestellt. EM wird als Zusatzmittel zur Reduzierung von Geruch, Ammoniak und klimarelevanten Gasen dem Wirtschaftdünger zugesetzt. In praxisnahen Exaktversuchen sollte geklärt werden, welche Wirkung EM-Zusatz zu Rinder- und Schweineflüssigmist und zu Schweinefutter hat. Dazu wurden die Emissionen von CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub> und TOC während der Lagerung von Rinder- und Schweineflüssigmist gemessen.

## 2 Material und Methode

### 2.1 Versuchsstandort „Groß Enzersdorf“

Die Emissionsmessungen wurden auf der Versuchsstation der Universität für Bodenkultur in Groß Enzersdorf, nahe Wien durchgeführt. In Groß Enzersdorf ist pannonisches Klima vorherrschend. Im Sommer ist es meist heiß und trocken. Die Winter sind kalt mit nur wenig Schneefall. Die mittlere Jahrestemperatur beträgt 9.8 °C bei einer Luftfeuchtigkeit von durchschnittlich 75%. Im Mittel fallen 547 mm Regen pro m<sup>2</sup> und Jahr.

Die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) stellte Stundenmittelwerte für die Lufttemperatur, die relative Luftfeuchte, Niederschläge und den Luftdruck während der Messungen in Groß Enzersdorf zur Verfügung. Abbildungen 1 und 2 zeigen die monatlichen Mittelwerte für Lufttemperatur und Niederschlag während der Emissionsmessungen (März bis Juni) und im langjährigen Durchschnitt. Im Jahr 2003 lag die Temperatur von März bis Juni leicht über dem langjährigen Mittelwert, die Niederschläge waren geringer als im langjährigen Durchschnitt.

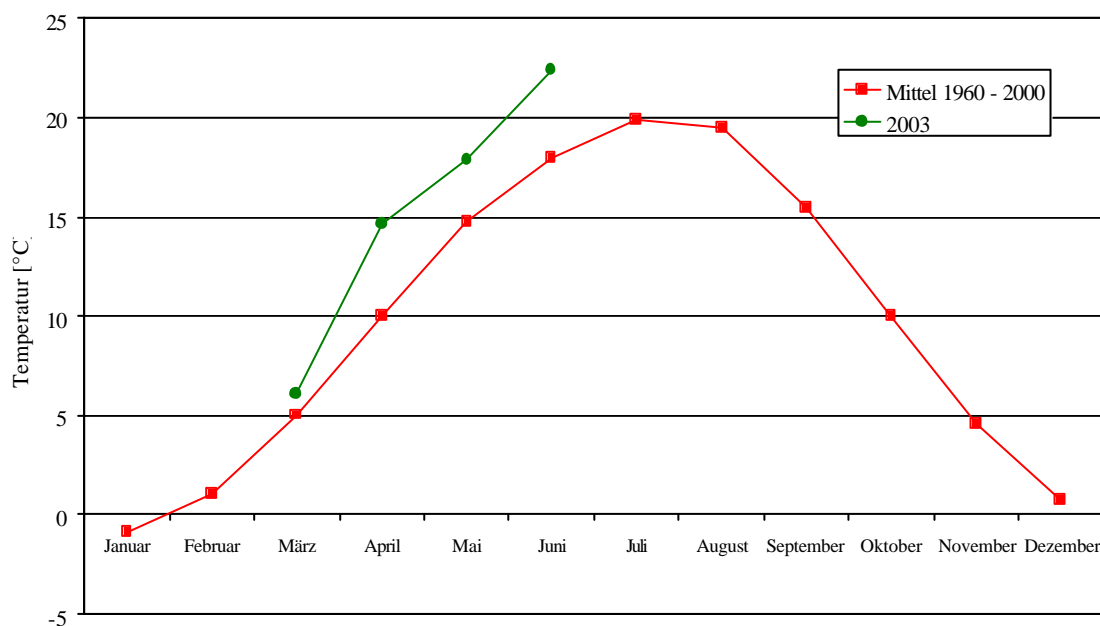
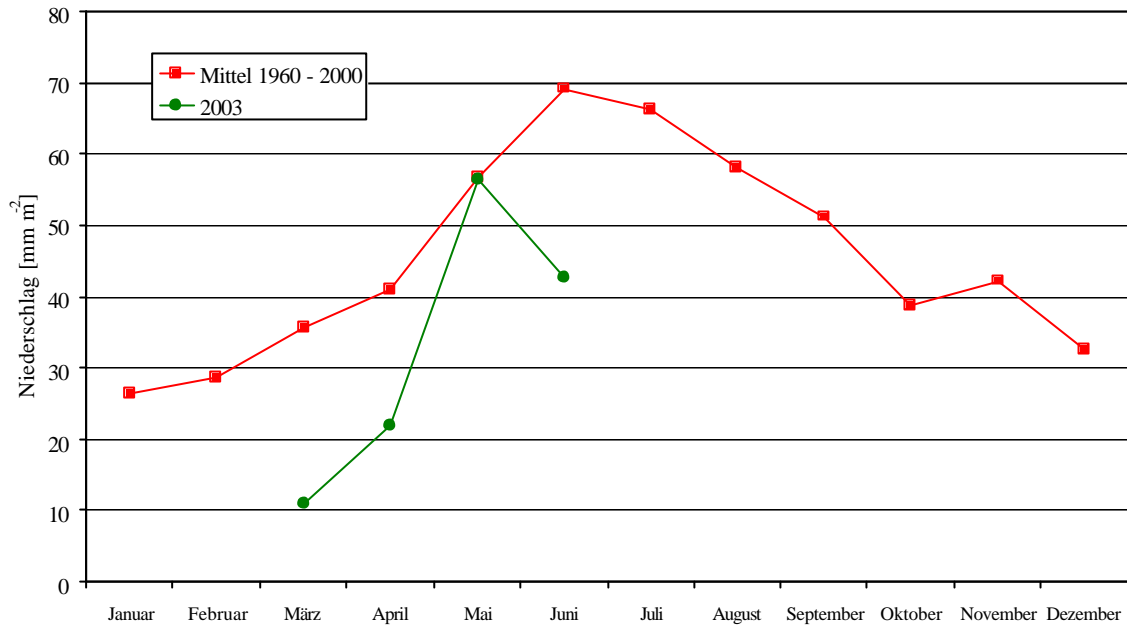


Abb. 1 Lufttemperatur in Groß Enzersdorf: mittlere Temperatur 1960 – 2000 und

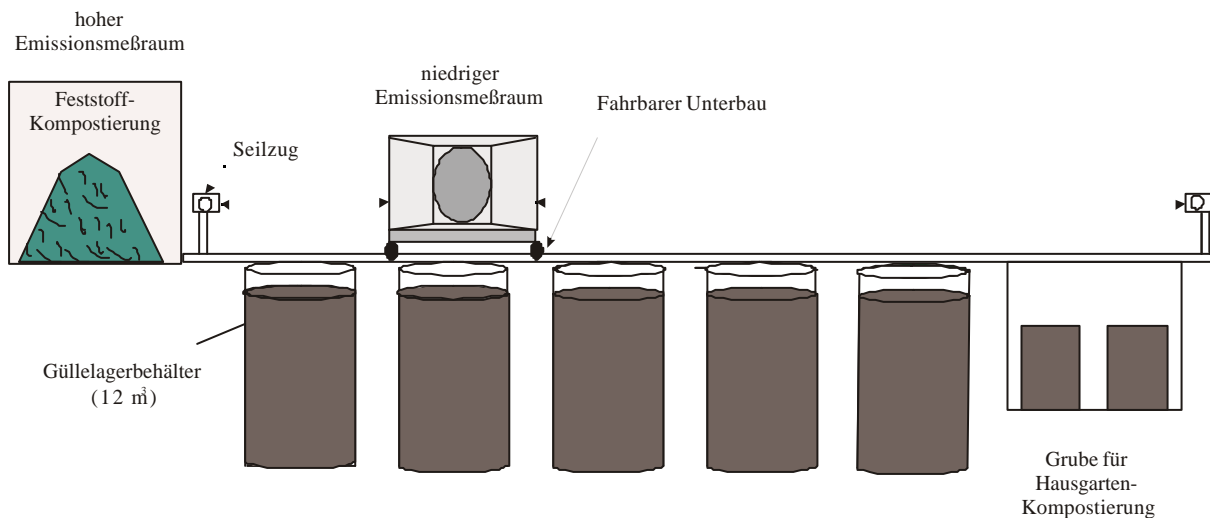
## Temperatur während der Emissionsmessungen 2003.



**Abb. 2** Niederschlag in Groß Enzersdorf: mittlerer Niederschlag 1960 – 2000 und Niederschlag während der Emissionsmessungen 2003.

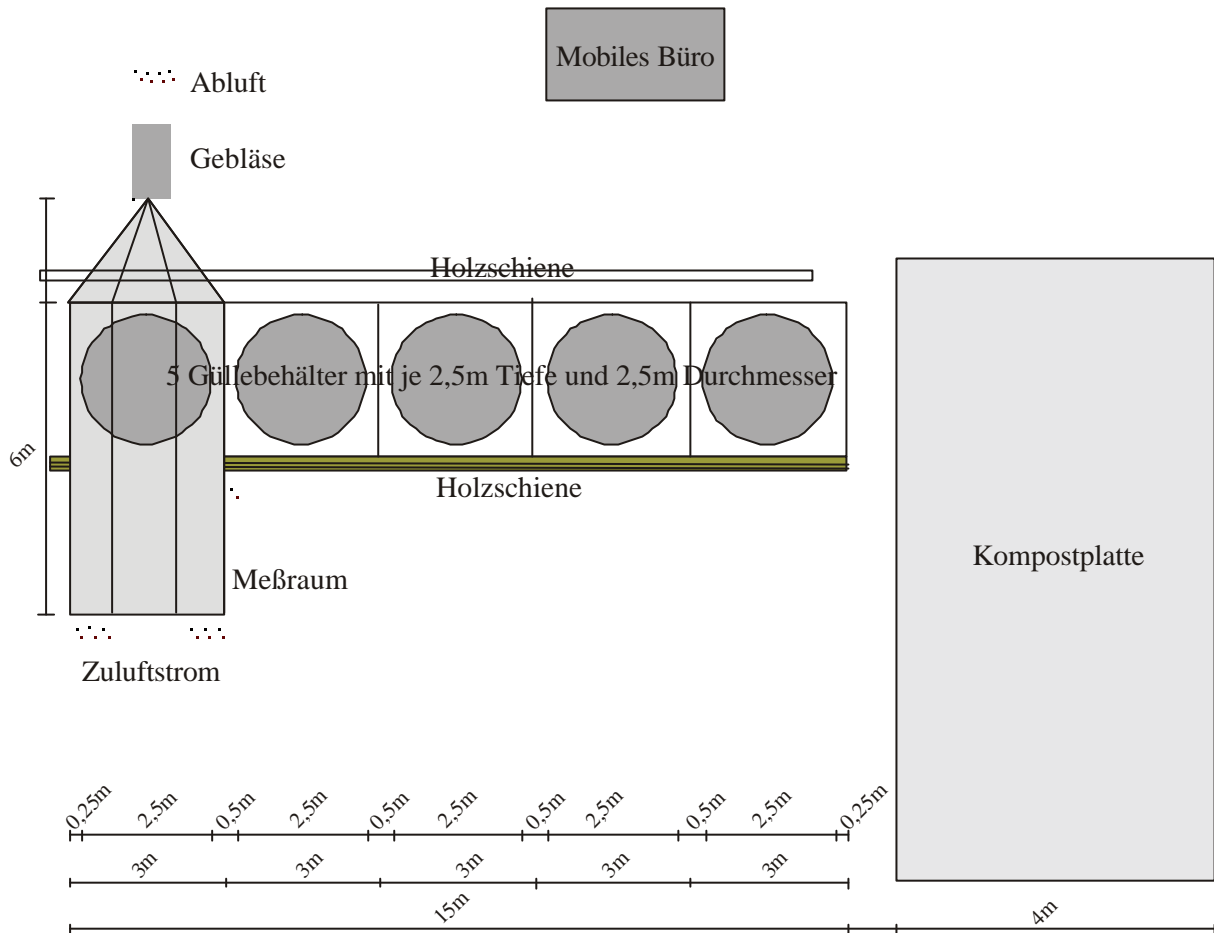
### 2.2 Flüssigmistlagerbehälter

Im März 1999 wurden fünf Flüssigmistlagerbehälter und eine Kompostierungsplatte auf der Versuchsstation in Groß Enzersdorf errichtet. Die Flüssigmistlagerbehälter sind 2,5 m tief und haben einen Durchmesser von 2,5 m. Sie sind aus Beton und in die Erde versenkt. Neben den Flüssigmistlagerbehältern befindet sich eine 4 \* 10 m große Kompostierungsplatte, auf der Festmist kompostiert werden kann. Abbildungen 3 und 4 zeigen schematisch den Aufbau der Versuchseinrichtung. Parallel zu den Flüssigmistlagerbehältern verläuft eine Holzschiene, auf der der mobile Emissionsmessraum von einem Behälter zum nächsten verschoben werden kann.



**Abb. 3** Versuchseinrichtung zum Quanti- Quantifizieren von Emissionen während der

## Wirtschaftsdüngerlagerung (Seitenansicht)



**Abb. 4** Versuchseinrichtung zum Quantifizieren von Emissionen während der Wirtschaftsdüngerlagerung (Draufsicht)

Jeder Lagerbehälter ist mit rund  $10 \text{ m}^3$  Flüssigmist gefüllt.  $\text{NH}_3$ -,  $\text{N}_2\text{O}$ - und  $\text{CH}_4$ -Emissionen werden quantifiziert, indem der mobile Emissionsmessraum auf einen Lagerbehälter gestellt wird und die frei werdenden Emissionen sammelt. Da die Emissionen eine ausgeprägte zeitliche Variabilität aufweisen, war es notwendig, jede Variante möglichst oft zu messen und die Zeitabstände zwischen den Messintervallen gering zu halten. Jede Variante wurde mindestens zweimal pro Woche gemessen. Während jeder Messungen wurden die Emissionen für jeweils 8 – 12 Stunden kontinuierlich erfasst. Die Versuchseinrichtung ermöglicht es, den mobilen Emissionsmessraum innerhalb weniger Minuten von einem Lagerbehälter auf den nächsten zu verschieben.

Die Flüssigmisttemperatur wurde in jedem Behälter auf zwei Höhen kontinuierlich gemessen. Proben für die Flüssigmistanalyse wurden alle zwei Wochen genommen. In Summe wurden 41 Proben analysiert. Um eine repräsentative Probe zu erhalten, wurde bei jeder Probenahme aus fünf verschiedenen Höhen Flüssigmist entnommen. Daraus wurde eine Probe gemischt, die bis zur Analyse tiefgefroren gelagert wurde. Folgende Inhaltsstoffe wurden analysiert:

- Trockensubstanzgehalt
- Gehalt an organischer Trockensubstanz

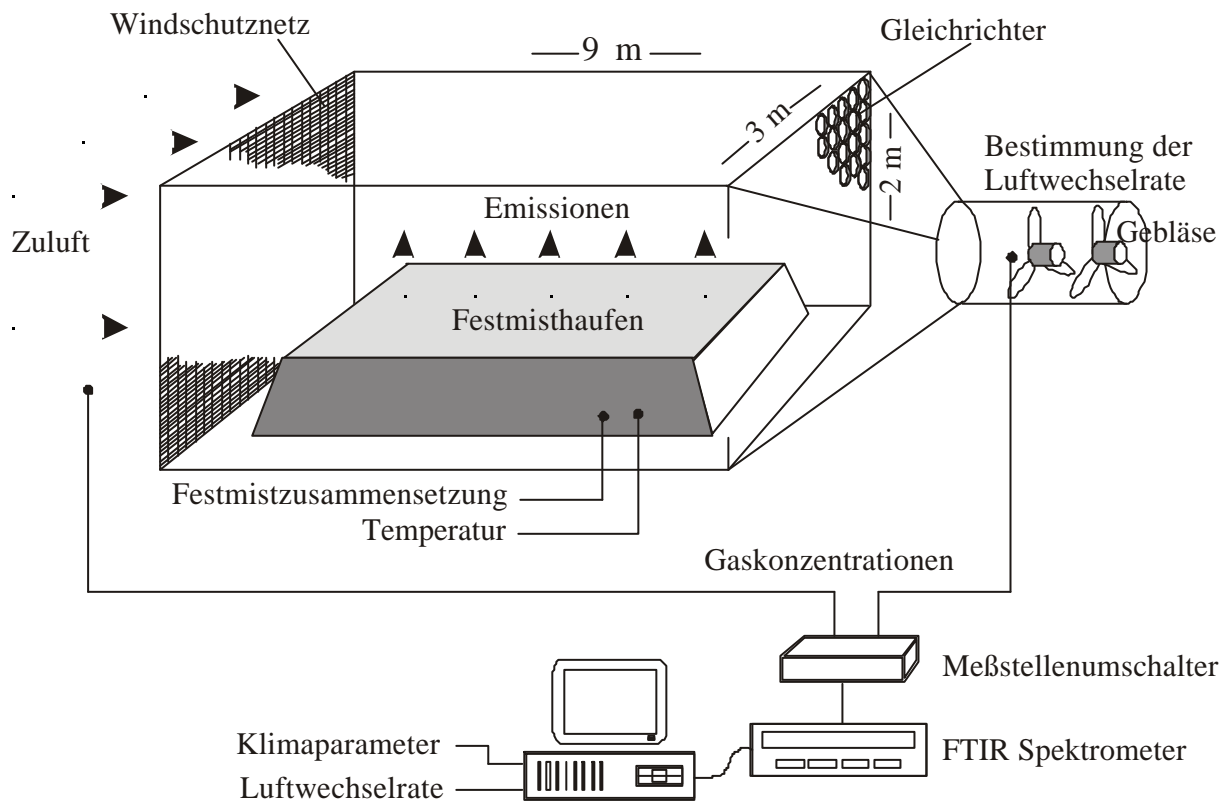
- Aschegehalt
- pH-Wert
- NH<sub>4</sub>-N-Gehalt
- Gesamtstickstoffgehalt
- Gesamtkohlenstoffgehalt

### 2.3 Mobiler Emissionsmessraum

Um Emissionsraten quantifizieren zu können, müssen sowohl die Gaskonzentration als auf der Luftvolumenstrom bekannt sein. Die Emissionsrate errechnet sich wie folgt:

$$\text{Emissionsrate [g/h]} = \text{Gsakonzentration [g/m}^3\text{]} * \text{Volumenstrom [m}^3\text{/h]}$$

Um den Luftvolumenstrom über freibelüfteten Flächen wie beispielsweise Flüssigmistlagerbehältern bestimmen zu können, entwickelte das ILUET einen großen mobilen Emissionsmessraum (Abb. 5). Er bedeckt eine Fläche von 27 m<sup>2</sup> und kann als 2 m hohe und als 0,5 m hohe Variante errichtet werden. Zuluftseitig gelangt Frischluft in den Messraum hinein. Der Messraum reichert sich die Luft mit Gasen an und verlässt den Messraum abluftseitig wieder. Gsakonzentrationen werden abwechselnd in der Zuluft und in der Abluft gemessen. Die Differenz zwischen der Konzentration in Zu- und Abluft ist auf die Emissionen aus dem zu untersuchenden Material zurückzuführen. Der Luftvolumenstrom wird abluftseitig kontinuierlich mit einem Schleppflügelanemometer gemessen.



**Abb. 5** Großer mobiler Emissionsmessraum, der vom ILUET entwickelt wurde

Der mobile Emissionsmessraum verändert die natürlichen Umgebungsbedingungen nicht, wenn er auf die emittierenden Substrate gestellt wird. Durch den kontinuierlichen Luftdurchfluss kommt es zu keiner Erwärmung im Inneren des Messraumes. Die Luftrate kann zwischen 1.000 und 11.000 m<sup>3</sup>/h variiert werden. Der Messraum ist aus lichtdurchlässigen Polycarbonatplatten gemacht. Ammoniakemissionen adsorbieren nicht an den Polycarbonatplatten.

Für Emissionsmessungen während der Flüssigmistlagerung wird der mobile Emissionsmessraum verwendet, der eine Höhe von 0,5 m hat. Die Luftgeschwindigkeit in diesem Messraum kann zwischen 0,18 und 2,04 m/s variiert werden.

#### 2.4 Analyse der Konzentration von NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> und TOC

**FTIR Spektrometer.** Die Umweltwirkung von Wirtschaftsdüngersystemen kann nur dann umfassend beurteilt werden, wenn ein ganzheitlicher Bewertungsansatz verfolgt wird. Das bedeutet, alle Gaskomponenten, die eine negative Umweltwirkung haben, müssen gleichzeitig betrachtet werden. Mit der FTIR Spektroskopie ist es möglich, die Konzentrationen von NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O und CH<sub>4</sub> hoch exakt on-line unter Praxisbedingungen zu messen.

Die FTIR Spektroskopie beruht auf dem Prinzip, dass Gase infrarotes Licht in für sie charakteristischen Wellenlängenbereichen absorbieren. Dadurch kann die Konzentration mehrerer Gase mit nur einem Messgerät erfasst werden. Jedes IR Spektrum enthält die Information aller Gase, die Licht zwischen einer IR Quelle und einem Detektor absorbiert haben.

Abluft aus Stallungen und von Lagerstätten für Wirtschaftsdünger ist eine Mischung aus bis zu 200 verschiedenen Gaskomponenten. Um Querempfindlichkeiten zwischen diesen Gasen zu vermeiden, die zu falschen Konzentrationswerten führen würden, muss das verwendete FTIR Spektrometer ein hohes Auflösungsvermögen haben. Das in den Messungen verwendete Spektrometer hat ein Auflösungsvermögen von 0,25 cm<sup>-1</sup>. Es wird mit einer Gaszelle betrieben, in der die Spiegel nach White angeordnet sind. Die optische Pfadlänge beträgt 8 m. Die Nachweisgrenze für NH<sub>3</sub> beträgt 0,5 ppm. Für CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O liegt sie im Bereich der atmosphärischen Hintergrundkonzentration dieser Gase oder darunter. Die mit dem FTIR Spektrometer aufgenommenen Absorptionsspektren werden mit multivariaten Kalibriermethoden ausgewertet.

**Gesamtkohlenwasserstoffanalysator.** Die organischen Spurengasemissionen (TOC = total organic carbons) wurden als Summenparameter mit einem Gesamtkohlenwasserstoffanalysator (J.U.M Engineering®, Gesamtkohlenwasserstoff Analysator Model VE 7) gemessen. Der Analysator hat einen Flamenionisationsdetektor, der flüchtige organische Substanzen im Meßgas mißt. Mittels einer Gaspumpe wird ständig Meßgas in eine Brennkammer geführt, die eine sehr kleine Wasserstoffflamme beinhaltet. Die Brennkammer ist auf 190°C beheizt. Die Kohlenwasserstoffe werden aufgespalten und erzeugen elektrisch aktive Kohlenstoffionen, die in einem elektrischen Feld einen geringen Ionenstrom bewirken. Die Stärke des Ionenstroms ist abhängig von der Menge an oxidierten Kohlenwasserstoffen. Der im Detektor erzeugte Ionenstrom wird dem Elektrometerverstärker zugeführt und als Analogsignal in Form einer Gleichspannung am Gerätedisplay angezeigt sowie in einem Data-logger (Keithley ®Integra Hochleistungs – DMM – Datenerfassungssystem Modell 2700 mit 20 Kanal Multiplexer Modell 7700) alle 5 Minuten abgespeichert. Der TOC-Analysator wird jeden zweiten Tag mit einem Nullgas (N<sub>2</sub>) und einem Prüfgas (CH<sub>4</sub>) kalibriert. Mit der Kalibrierung kann die ausgegebene Gleichspannung direkt in eine Konzentrationsangabe in ppm umgerechnet werden.

Der TOC-Gehalt in der Abluft kann als Indikator für das Potential für Geruchsemissionen be-

rangezogen werden. Je höher der TOC-Gehalt, desto höher ist das Potential für Geruchsemissionen.

## 2.5 *Computerprogramm für die Datenaufnahme*

Ein Computerprogramm ermöglicht die kontinuierliche Messung von Gaskonzentrationen und Luftwechselrate. Das Programm kontrolliert einen Messstellenumschalter und das FTIR Spektrometer. Es startet mit der Analyse der Gaskonzentrationen in der Zuluft. Zuluft wird mit einem Durchsatz von rund 1 l/min durch die Gaszelle des FTIR Spektrometers gesaugt. Für die Gaskonzentrationsanalyse werden drei Absorptionsspektren mit Zuluft aufgenommen. Anschließend öffnet das Computerprogramm das Abluftventil. Die Gaszelle wird 10 Minuten lang mit Abluft gespült, dann werden wieder drei Absorptionsspektren aufgenommen. Nun startet das Programm wieder die Zufuhr von Zuluft. Dieser Zyklus wird kontinuierlich wiederholt, so lange, bis das Programm von Hand gestoppt wird.

## 2.6 *Berechnung der Emissionsrate*

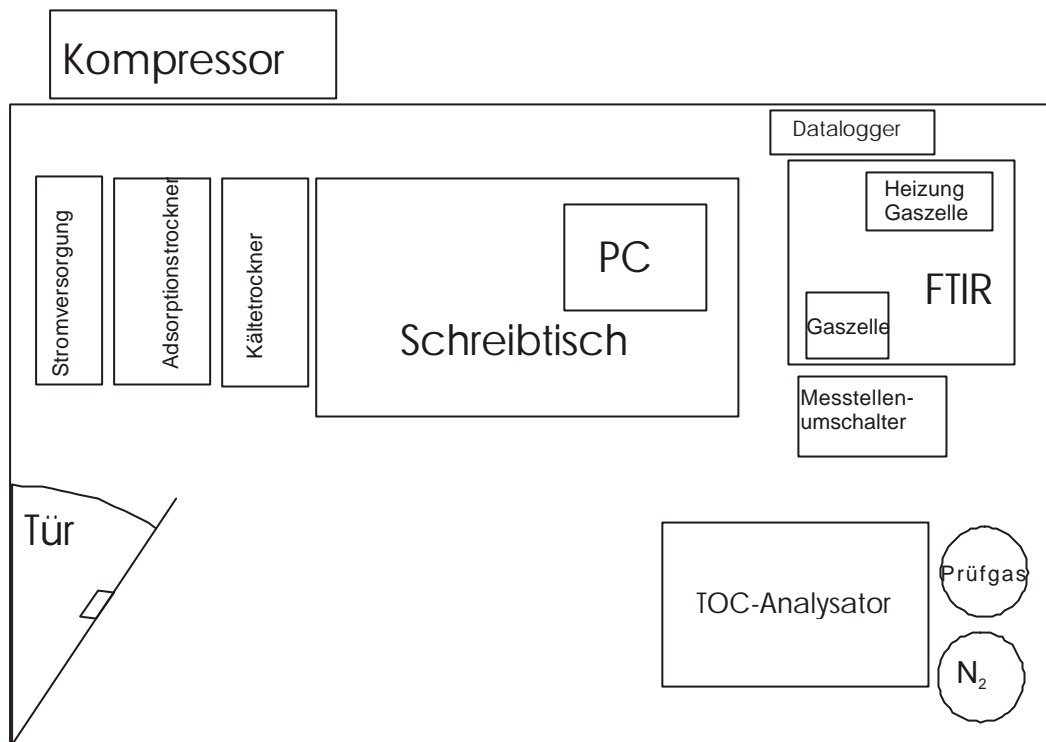
Die Emissionsrate (g/h) wird berechnet durch Multiplikation von Gaskonzentration ( $\text{g/m}^3$ ) und Luftwechselrate im mobilen Messraum ( $\text{g/m}^3$ ). Das FTIR Spektrometer gibt die Gaskonzentrationen in ppm an. Diese Einheit muss in  $\text{g/m}^3$  umgerechnet werden. Dazu muß das molare Volumen der Gase bekannt sein, das u.a. vom Luftdruck und von der Temperatur abhängig ist. Die Temperatur in den Gasleitungen und in der Gaszelle wurde konstant auf 45 °C gehalten. Der Luftdruck wurde stündlich gemessen und zur Berechnung der Gaskonzentrationen heran gezogen.

Gaskonzentrationen wurden abwechselnd in der Zuluft und in der Abluft gemessen. Die Emissionsrate ergibt sich aus der Differenz zwischen Zuluft- und Abluftkonzentration multipliziert mit der Luftwechselrate, die mit dem Schleppflügelanemometer bestimmt wird.

## 2.7 *Mobiles Büro*

Online Messungen in der Praxis sind nur dann möglich, wenn die Meßgeräte und der Computer vor Ort installiert werden. Das ILUET richtete deshalb ein „mobiles Büro“ ein, das in einem Anhänger umgebracht ist. Es kann am jeweiligen Ort der Emissionsmessungen aufgebaut werden. Der Anhänger beherbergt einen Schreibtisch, den Computer, das FTIR Spektrometer, den TOC Analysator, den Messstellenumschalter und die Datalogger zur Aufzeichnung der Flüssigtemperatur und der Luftwechselrate (Abb. 6).

Das FTIR Spektrometer ist geschützt in der hinteren Ecke des Anhängers untergebracht und durch eine Holzkiste vor Staub und Schmutz geschützt. Die Gaszelle und die Probenahmeleitungen werden mit einer Heizung auf 45 °C temperiert. Der Messstellenumschalter steht in der Nähe des FTIR Spektrometers. Das Innere des Spektrometers muss kontinuierlich mit trockener und CO<sub>2</sub>-freier Luft gespült werden. Hierfür ist der Adsorptionstrockner zuständig, der neben der Eingangstüre steht. Der erforderliche Luftdruck im Trockner wird durch einen Kompressor erzeugt, der außerhalb des Anhängers steht. Der TOC Analysator steht auf einem Tisch im hinteren Bereich des Anhängers. Hier befinden sich auf Kalibriergase und reiner Stickstoff, der für die regelmäßige Spülung der Gaszelle benötigt wird.



**Abb. 6** Mobiles Büro für die Bestimmung von  $\text{NH}_3$ -,  $\text{N}_2\text{O}$ -,  $\text{CH}_4$ - und TOC-Emissionen unter Feldbedingungen.

## 2.8 Statistische Analyse der Daten

Die statistische Datenanalyse wurde mit dem Programm SPSS, Version 10.0 durchgeführt. Regressionskurven wurden den kumulierten Emissionen angepasst. Die Regressionsgleichung und das Bestimmtheitsmaß sind in den jeweiligen Abbildungen im Ergebnisteil dargestellt. Unterschiede in den Regressionsgleichungen wurden mit einem paarweisen Vergleich der Regressionsparameter durch den t-Test auf statistisch gesicherte Unterschiede untersucht. Das Signifikanzniveau wurde auf mindestens 0.05 festgelegt.

## 2.9 Untersuchte Varianten

Die Emissionsmessungen umfaßten folgende Varianten:

- Milchviehflüssigmist ohne Zusatz von EM (Rind\_ohne)
- Milchviehflüssigmist mit Zusatz von EM (Rind\_EM)
- Schweineflüssigmist ohne Zusatz von EM (Schwein\_ohne)
- Schweineflüssigmist mit Zusatz von EM (Schwein\_EM)
- Schweineflüssigmist aus einem Betrieb, auf dem EM dem Futter der Schweine zugesetzt wird (Schwein\_Futter)

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Emissionsmessungen. Am 03. März 2003 wurden alle 5 Flüssigmistlagerbehälter mit rund  $10 \text{ m}^3$  Flüssigmist befüllt.



**Tab. 1** Emissionsmessungen zur Wirkung des Zusatzes „EM“ auf NH<sub>3</sub>-, N<sub>2</sub>O-, CH<sub>4</sub>- und TOC-Emissionen während der Flüssigmistlagerung

Variante	Messzeitraum	Länge [Tage]	Dauer der Emissionsmessungen [h]	Füllmenge [m <sup>3</sup> ]
Rind_ohne	03.03.2003 – 02.07.2003	122	467	8,84
Rind_EM	03.03.2003 – 01.07.2003	121	465	10,31
Schwein_ohne	03.03.2003 – 06.06.2003	96	381	9,18
Schwein_EM	03.03.2003 – 05.06.2003	95	401	8,79
Schwein_Futter	03.03.2003 – 05.06.2003	95	312	10,46

## 2.10 Flüssigmistherkunft

**Rinderflüssigmist.** Der Rinderflüssigmist stammte vom Betrieb Johann Schibich in Laaben bei Neulengbach. Der Betrieb hält 36 Mutterkühe der Rassen Fleckvieh, Limousine und Murbodner) nach Grundsätzen des biologischen Landbaus. Er ist Mitglied bei Bio Ernte Austria. Die Tiere werden mit Grassilage, Heu und etwas Gerstenstroh gefüttert. Der Stall, in dem die Nachzuchtrinder gehalten werden, hat im Freßbereich einen Spaltenboden und im Liegebereich Liegeboxen. Dem Stall ist ein Auslauf angeschlossen. Der Flüssigmist stammt überwiegend vom Jungvieh. Der Flüssigmist läuft vom Stall über einen Güllekanal in den Lagerbehälter.

Vom Betrieb Johann Schibich wurden rund 20 m<sup>3</sup> frischer Flüssigmist bezogen und in zwei Lagerbehälter in der Versuchsanlage Groß Enzersdorf eingelagert. Einem Lagerbehälter wurden unmittelbar nach der Einlagerung 10 l EM zugesetzt. Dies entspricht einer Menge von rund 1 Liter EM je m<sup>3</sup> Flüssigmist. Die Vorbereitung der EM-Lösung erfolgte durch Frau Mag. Hader. Flüssigmist mit und ohne EM-Zusatz wurde ohne Abdeckung gelagert.

**Schweineflüssigmist.** Der Schweineflüssigmist für die Varianten „Schwein\_ohne“ und „Schwein\_EM“ wurde vom Betrieb Josef Ollinger in Laa/Thaya bezogen. 300 Mastschweine werden auf Teilspaltenboden gehalten. Der Flüssigmist wird mit Regenwasser und Waschwasser verdünnt. Die Flüssigmistlagerung erfolgt in einem Erdbehälter außerhalb des Stalls. Das Trockenfutter besteht aus Vollsoja, Erbsen, Kartoffeleiweiß, Gerste, Triticale und Mais. Es wird ad libitum vorgelegt. Die Fütterung erfolgt in zwei Phasen. In der ersten Phase bis zu einem Gewicht von 70 – 80 kg enthält die Ration 19 % RP. In der zweiten 2. Phase bis zu einem Gewicht von 120-130 kg wird der Rohproteingehalt auf 18 % gesenkt.

Vom Betrieb Josef Ollinger wurden rund 20 m<sup>3</sup> frischer Flüssigmist bezogen und in zwei Lagerbehälter in der Versuchsanlage Groß Enzersdorf eingelagert. Einem Lagerbehälter wurden unmittelbar nach der Einlagerung 9 l EM zugesetzt. Dies entspricht einer Menge von rund 1 Liter EM je m<sup>3</sup> Flüssigmist. Die Vorbereitung der EM-Lösung erfolgte durch Frau Mag. Hader. Flüssigmist mit und ohne EM wurde ohne Abdeckung gelagert.

Der Schweineflüssigmist für die Variante „Schwein\_Futter“ stammte vom Betrieb Thomas Halbmaier in Aschbach-Markt. Es handelt sich um einen geschlossener Schweinebetrieb mit 35 Zuchtsauenplätzen und 230 Mastplätzen. Die Mastschweine werden auf Teilspaltenboden gehalten.

Der Flüssigmist wird außerhalb des Stalles in einem geschlossenen Behälter gelagert. Die Fütterung erfolgt über eine automatische Vorratsfütterung. Das Futter besteht aus Weizen, Soja, CCM und einer Wirkstoffmischung. Der Wirkstoffmischung ist EM zugesetzt. Das CCM wird mit EM konserviert. So erhalten die Schweine das Zusatzmittel EM bereits über das Futter. Der Betrieb nimmt am ÖPUL-Programm „N-reduzierte Fütterung“ teil. Bis zu einem Mastgewicht von 65 kg wird ein Vormastfutter gefüttert. Anschließend erhalten die Schweine ein proteinreduziertes Endmastfutter (17,5 % RP).

Vom Betrieb Halbmaier wurden rund 10 m<sup>3</sup> Schweineflüssigmist bezogen und ohne weitere Behandlung in einen Lagerbehälter in Groß Enzersdorf eingefüllt.

### *2.11 Bestimmung der maximalen Methanproduktionskapazität im Labor*

Die maximale Methanproduktionskapazität des Schweineflüssigmistes mit EM-Zusatz zum Schweinefutter wurde im Labor bestimmt. Der Flüssigmist wurde in Eudiometer-Messzellen bei 40 °C anaerob inkubiert. 60 Tage lang wurde die Methanproduktion gemessen. Das methodische Vorgehen ist im Bericht „Untersuchungen zum Gärverhalten, zum Methanbildungsvermögen und zur anaeroben Abbaubarkeit einer Rindergülle–Silomaissilage-Mischung unter besonderer Berücksichtigung der Wirkung des Zusatzes Effektiver Mikroorganismen“ detailliert beschrieben. Die Laborversuche zeigen, welche Methanmenge aus dem Flüssigmist maximal gebildet werden kann. Die praxisnahen Versuche geben Auskunft über die tatsächliche Methanbildung während der Flüssigmistlagerung. Aus dem Vergleich beider Werte kann der „Methankonversionsfaktor“ berechnet werden. Er gibt an, wieviel % der maximal möglichen Methanmenge unter praktischen Bedingungen gebildet werden und ist eine wichtige Größe für das Erstellen der nationalen Emissionsinventur nach IPCC-Richtlinien.

Die maximale Methanproduktionskapazität aus Rinderflüssigmist und aus dem Schweineflüssigmist, dem EM am Beginn der Lagerung zugesetzt wurde, wurde bislang auf Grund mangelnder Laborkapazität noch nicht bestimmt.

### 3. Ergebnisse

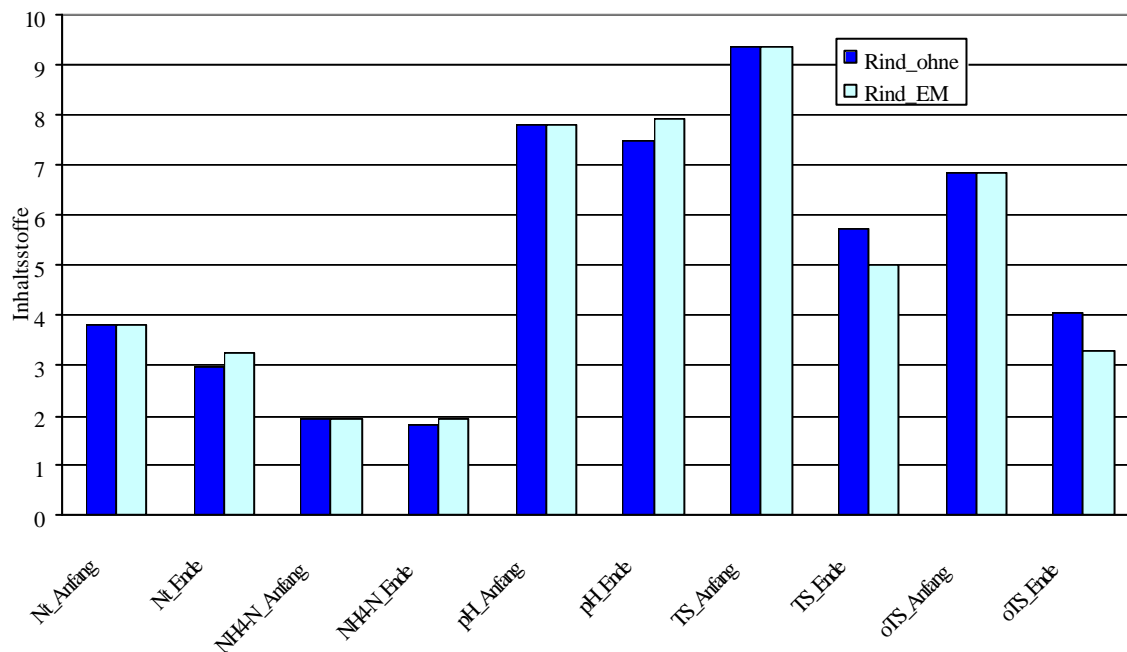
#### 3.1 Rinderflüssigmist

##### 3.1.1 Flüssigmistzusammensetzung

Tabelle 2 und Abbildung 7 zeigen die Zusammensetzung des Rinderflüssigmistes am Beginn und am Ende der Versuche. Der Trockensubstanzgehalt betrug am Anfang 9,39 % in der Frischmasse. Es sank in der Variante ohne EM-Zusatz auf 5,73 % ab. Mit EM-Zusatz wurde am Ende der Versuche ein TS-Gehalt von 5,03 % gemessen. Der oTS-Gehalt reduzierte sich von 6,85 % i.d. FM auf 4,06 % (Rind\_ohne) und 3,30 % (Rind\_EM). Beim Gesamtstickstoffgehalt wurde ein Rückgang von 3,82 g/kg FM auf 2,97 (Rind\_ohne) und 3,26 (Rind\_EM) gemessen. Der pH-Wert sank bei der Variante ohne EM-Zusatz im Laufe der Lagerung von 7,79 auf 7,48 ab. Mit EM-Zusatz stieg er leicht an auf 7,93.

**Tab. 2** Flüssigmistzusammensetzung zu Versuchsbeginn und –ende

		N <sub>t</sub> [g/(kg FM)]	NH <sub>4</sub> -N [g/(kg FM)]	C [g/(kg FM)]	C : N	TS [% FM]	oTS [% FM]	pH
Rind_ohne	Beginn	3,82	1,93	35,80	9,38	9,39	6,85	7,79
	Ende	2,97	1,80	19,77	6,65	5,73	4,06	7,48
Rind_EM	Beginn	3,82	1,93	31,51	8,25	9,39	6,85	7,79
	Ende	3,26	1,92	17,02	5,23	5,03	3,30	7,93



**Abb. 7** Zusammensetzung des Rinderflüssigmistes mit und ohne Zusatz von EM zu Ver-

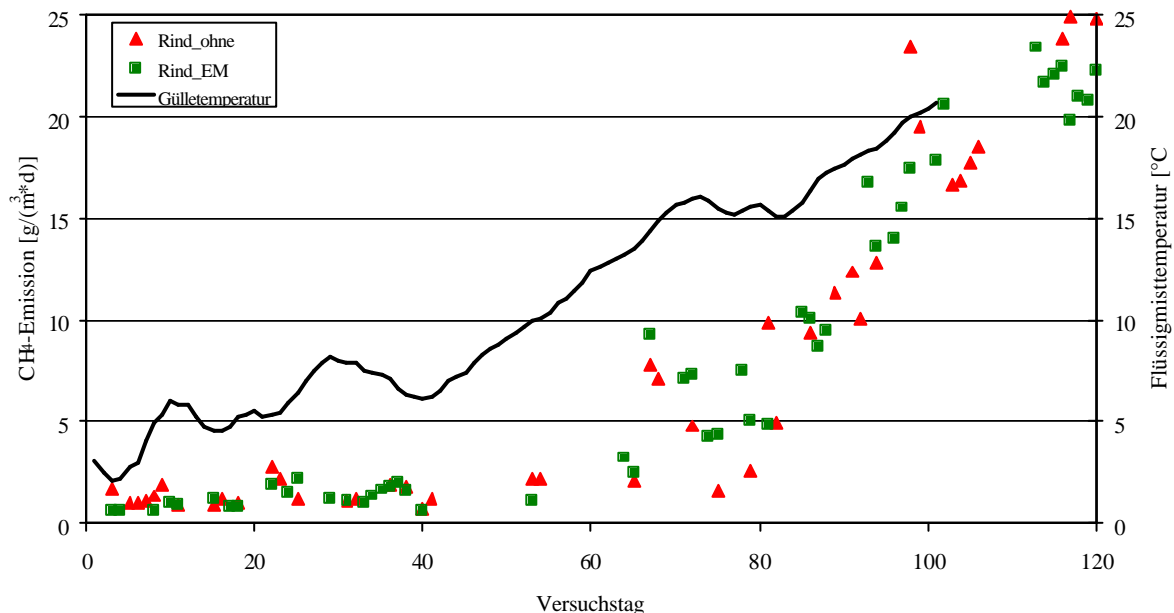
suchsbeginn und am Ende der Versuche.

### 3.1.2 Emissionen im Verlauf der Lagerung

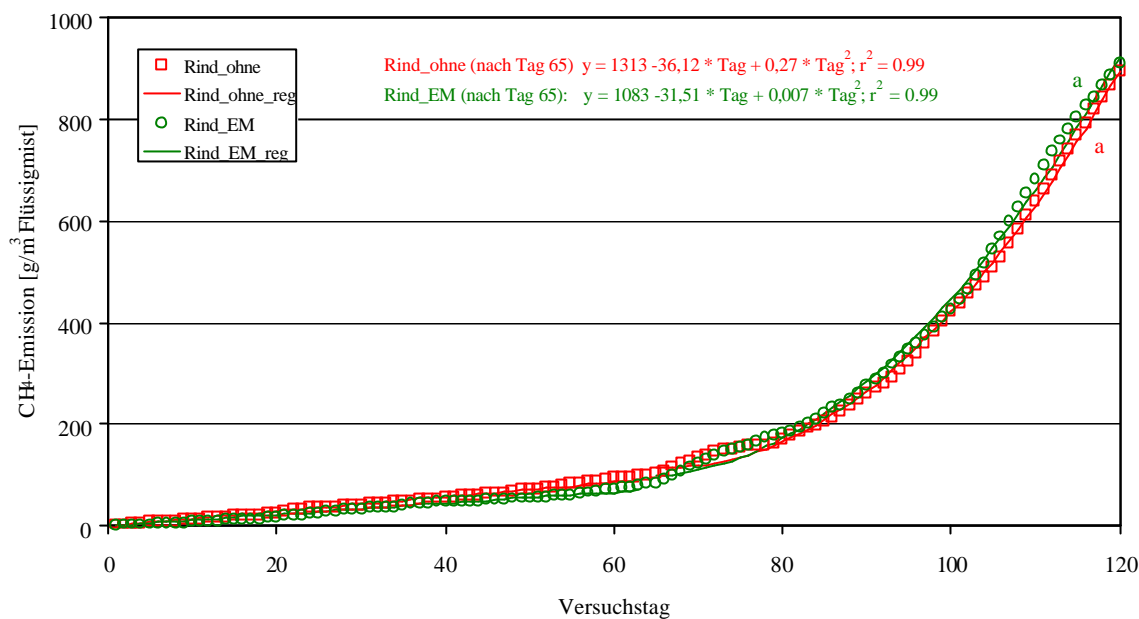
Nachfolgend sind die Ergebnisse der Emissionsmessungen aus Rinderflüssigmist mit und ohne Zusatz von EM dargestellt. Zunächst werden die täglichen Emissionen und die Flüssigmisttemperatur im Verlauf der Versuche von März bis Juni 2003 gezeigt. Die Emissionen sind in g je m<sup>3</sup> Flüssigmist und Tag angegeben. Die täglichen Emissionen wurden summiert, um die kumulierten Emissionen angeben zu können. Diese sind in einer weiteren Abbildung dargestellt. Hier kann die zum jeweiligen Versuchstag in Summe entwichene Menge an Emissionen abgelesen werden. Die Angabe erfolgt in g je kg Flüssigmist-Frischmasse.

Dem Verlauf der kumulierten Emissionen wurden Regressionskurven angepaßt. Die Regressionsgleichung, das Bestimmtheitsmaß und statistisch gesicherte Unterschiede zwischen den Regressionskurven sind in den Abbildungen ebenfalls enthalten.

Die Unterschiede in den täglichen Methanemissionen zwischen den Varianten mit und ohne Zusatz von EM waren sehr gering (Abb. 8). In den kumulierten Emissionen konnte kein Unterschied zwischen beiden Varianten statistisch abgesichert werden (Abb. 9). Zu Beginn der Versuche bewegten sich die Methanemissionen auf niedrigem Niveau. Von März bis Juni stieg die Außentemperatur und somit auch die Flüssigmisttemperatur kontinuierlich an. Parallel dazu erhöhten sich auch die Methanemissionen.

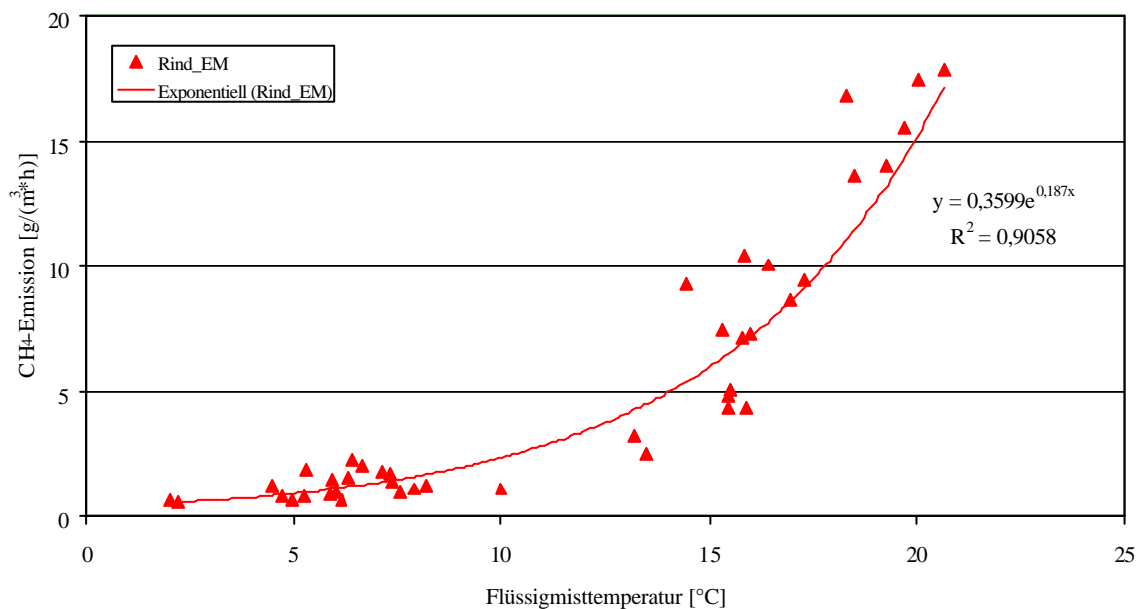


**Abb. 8** Tägliche Methanemissionen von Rinderflüssigmist mit und ohne Zusatz von EM.

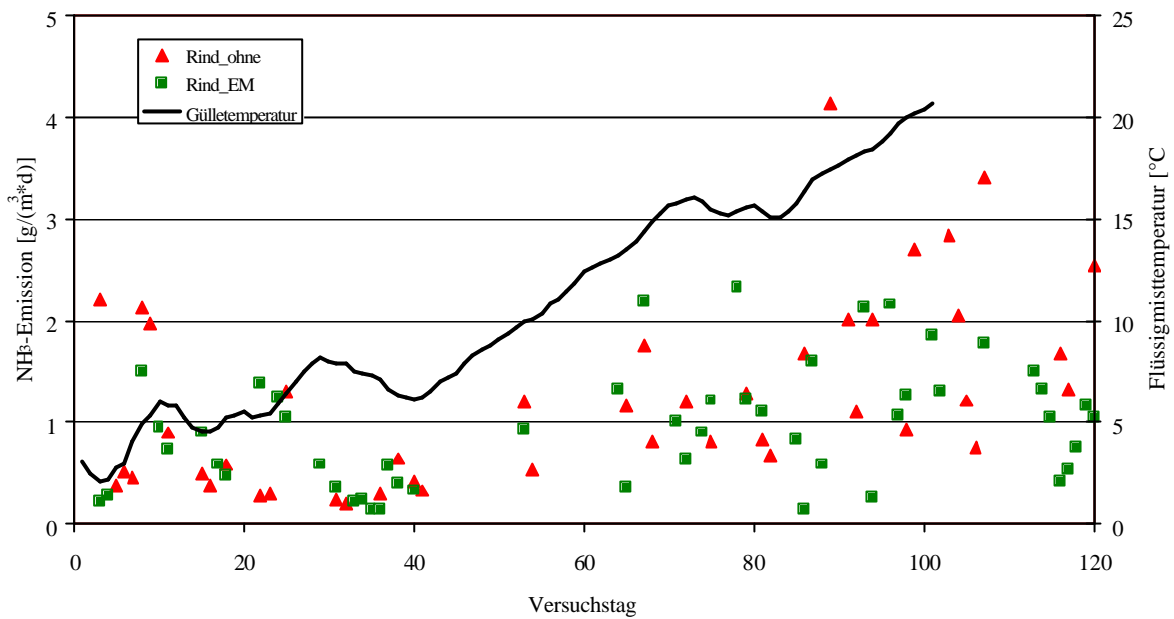


**Abb. 9** Kumulierte Methanemissionen von Rinderflüssigmist mit und ohne Zusatz von EM.

Die Flüssigmisttemperatur hat einen maßgeblichen Einfluß auf die Methanemissionen. In Abbildung 10 ist beispielhaft der Zusammenhang zwischen Flüssigmisttemperatur und Methanemissionen der Variante Rind\_EM dargestellt. Der exponentielle Zusammenhang ist bei einem Bestimmtheitsmaß von 0,9 statistisch signifikant.

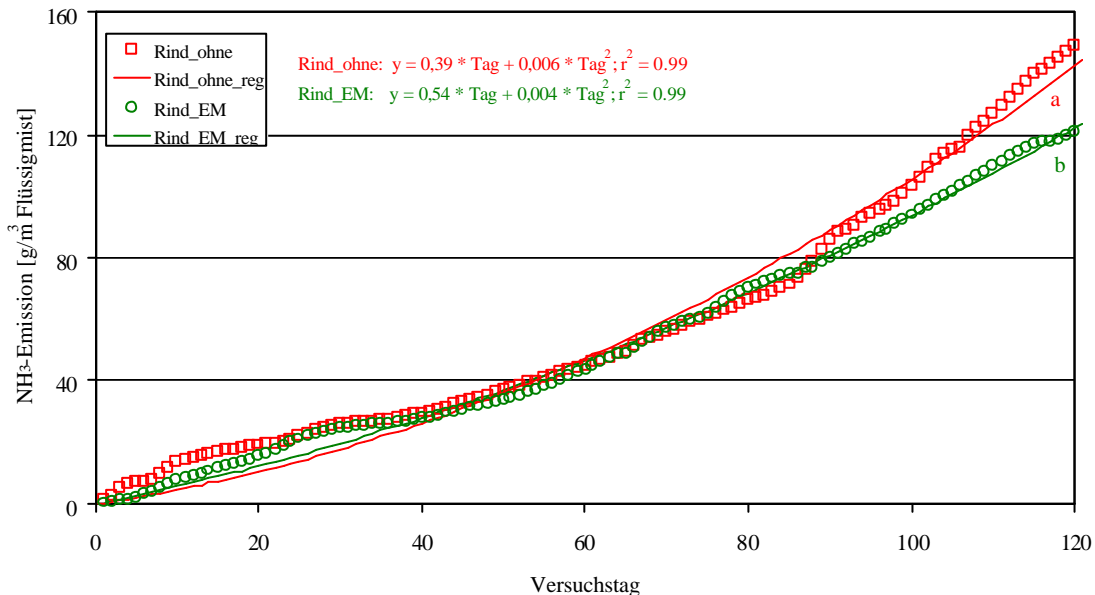


**Abb. 10** Zusammenhang zwischen Methanemissionen und Flüssigmisttemperatur bei der Variante Rind\_EM.

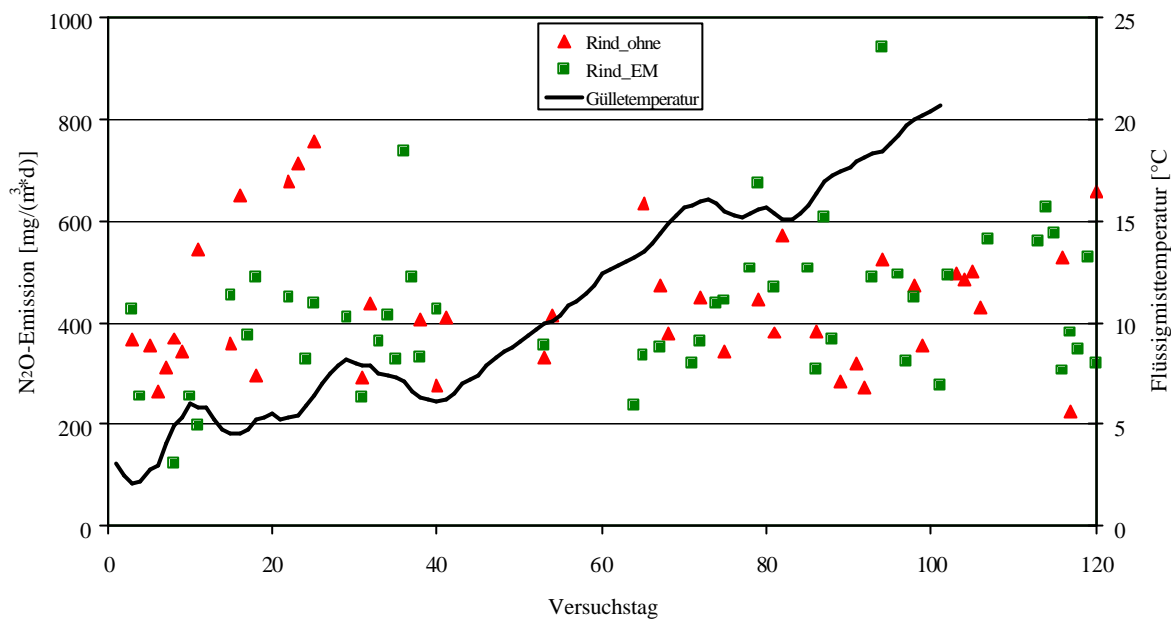


**Abb. 11** Tägliche Ammoniakemissionen von Rinderflüssigmist mit und ohne Zusatz von EM.

Die täglichen Ammoniakemissionen stiegen im Verlauf der Lagerung – mit steigender Flüssigmisttemperatur – leicht an (Abb. 11). Vor allem am Beginn und am Ende hatte die Variante ohne EM-Zusatz höhere Emissionen als die Variante mit EM-Zusatz. Der Unterschied in den kumulierten Emissionen war statistisch signifikant (Abb. 12). EM-Zusatz reduzierte die NH<sub>3</sub>-Emissionen während der Lagerung von Rinderflüssigmist.

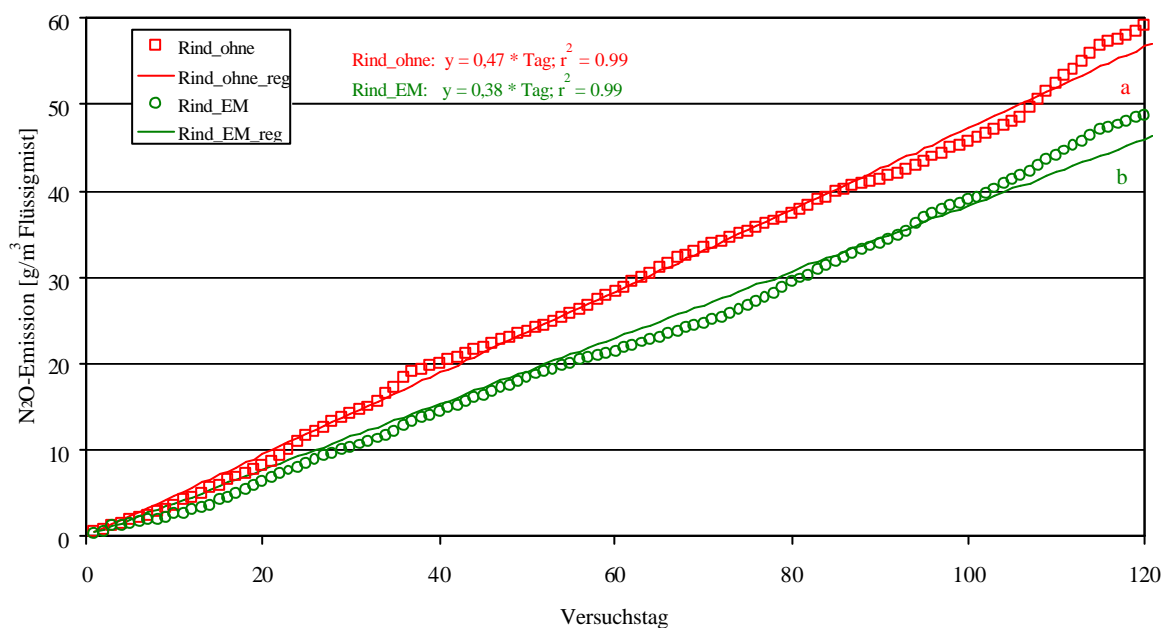


**Abb. 12** Kumulierte Ammoniakemissionen von Rinderflüssigmist mit und ohne Zusatz von EM.

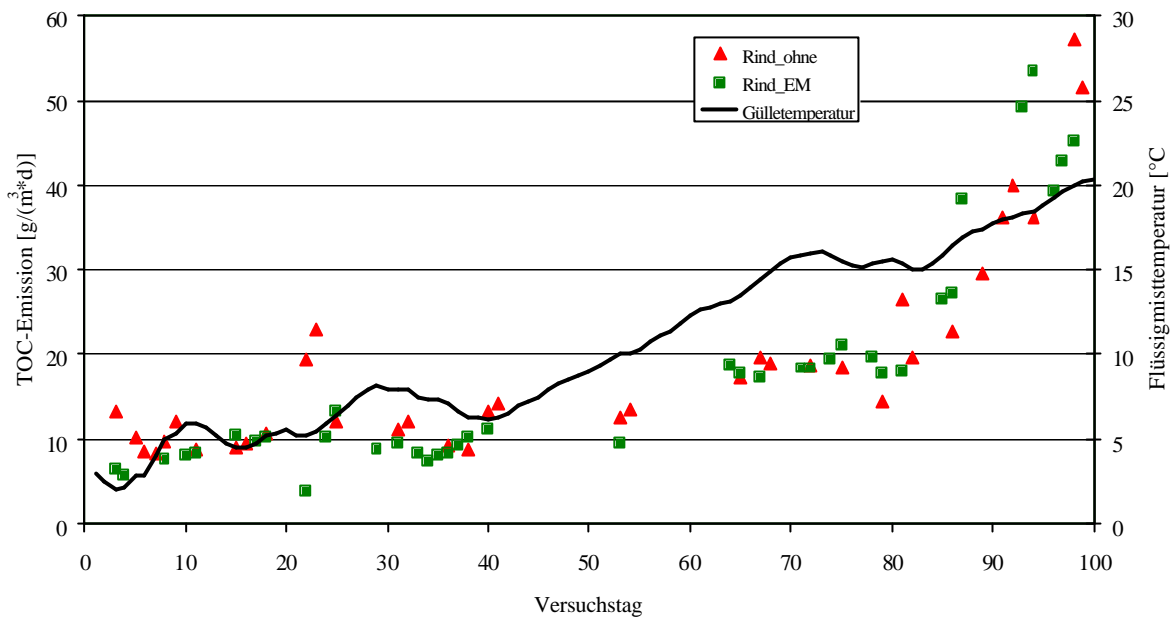


**Abb. 13** Tägliche Lachgasemissionen von Rinderflüssigmist mit und ohne Zusatz von EM.

Die täglichen Lachgasemissionen blieben während der gesamten Versuchszeit auf ähnlichem Niveau (Abb. 13). Dies zeigt sich auch im linearen Anstieg der kumulierten Emissionen (Abb. 14). Die Flüssigmisttemperatur hatte keinen Einfluß auf die Lachgasemissionen. Die kumulierten Emissionen der Variante mit EM-Zusatz waren statistisch signifikant geringer als die der Variante ohne EM-Zusatz.

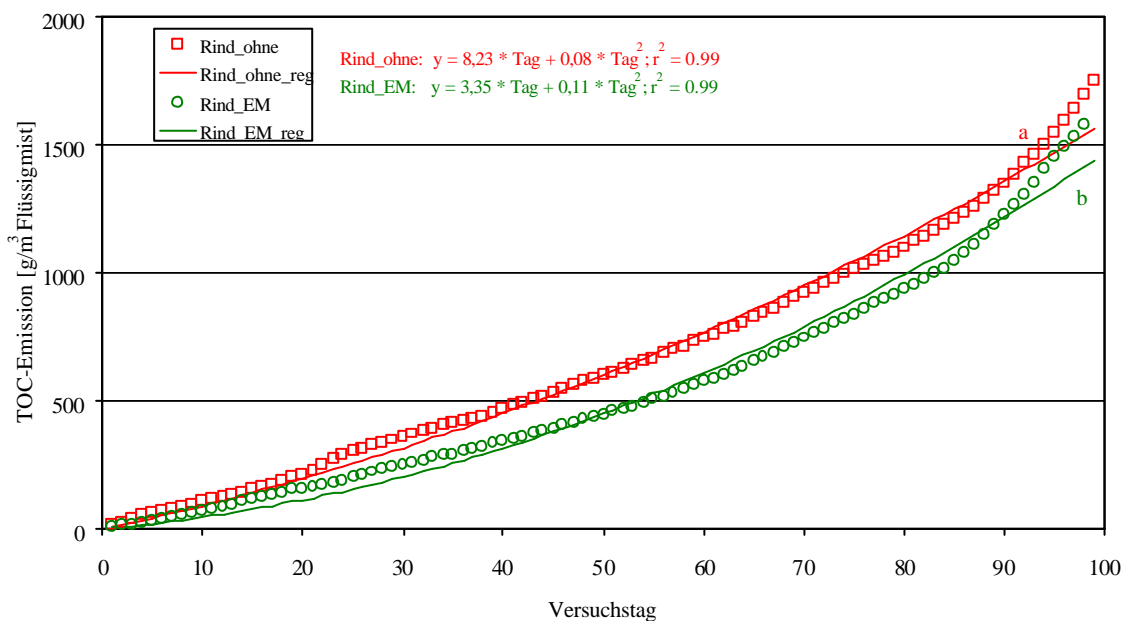


**Abb. 14** Kumulierte Lachgasemissionen von Rinderflüssigmist mit und ohne Zusatz von EM.



**Abb. 15** Tägliche TOC-Emissionen von Rinderflüssigmist mit und ohne Zusatz von EM.

Die täglichen TOC-Emissionen zeigten im Laufe der Lagerung eine leicht steigende Tendenz (Abb. 15). Zu Beginn – bei kühler Witterung – bewegten sie sich um  $10 \text{ g}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ . Mit Anstieg der Temperatur stiegen die TOC-Emissionen auf rund  $50 \text{ g}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$  an. Die kumulierten Emissionen der Variante ohne EM-Zusatz waren signifikant höher als die der Variante mit E-Zusatz (Abb. 16). EM senkt das Geruchsemissionspotential während der Lagerung von Rinderflüssigmist.



**Abb. 16** Kumulierte TOC-Emissionen von Rinderflüssigmist mit und ohne Zusatz von EM.

### 3.1.3 Kumulierte Emissionen aus Rinderflüssigmist mit und ohne Zusatz von EM



Tabelle 3 enthält die in Summe während der Lagerung von Rinderflüssigmist entwichenen Methanemissionen. Ohne EM-Zusatz wurden 894,18 g CH<sub>4</sub> oder 670,63 CH<sub>4</sub>-C je m<sup>3</sup> Flüssigmist freigesetzt. Mit EM-Zusatz beliefen sich die Emissionen auf 910,11 g CH<sub>4</sub> oder 682,58 CH<sub>4</sub>-C je m<sup>3</sup> Flüssigmist. Der Unterschied zwischen beiden Varianten ist nicht statistisch signifikant. Bezogen auf den Gehalt an organischer Trockensubstanz im Flüssigmist ergeben sich Emissionswerte von 97,9 g CH<sub>4</sub>-C (Rind\_ohne) und 99,6 g CH<sub>4</sub>-C (Rind\_EM).

**Tab. 3** Kumulierte Methanemissionen während der Lagerung von Rinderflüssigmist mit und ohne EM-Zusatz.

Variante	Kumulierte Emission von ...		
	CH <sub>4</sub> [g/m <sup>3</sup> FM]	CH <sub>4</sub> -C [g/m <sup>3</sup> FM]	CH <sub>4</sub> -C [g/kg oTS]
Rind_ohne	894,2 <sup>a</sup>	670,6	97,9
Rind_EM	910,1 <sup>a</sup>	682,6	99,6

Tabelle 4 faßt die kumulierten Ammoniakemissionen zusammen. Während der Lagerung von Rinderflüssigmist ohne Zusatz von EM wurden 152,7 g NH<sub>3</sub> oder 125,74 g NH<sub>3</sub>-N je m<sup>3</sup> Flüssigmist freigesetzt. Durch den Zusatz von EM ließen sich die Ammoniakemissionen signifikant senken. Rinderflüssigmist mit EM-Zusatz emittierte rund 20 % weniger NH<sub>3</sub>. Bezogen auf den Gesamtstickstoffgehalt im Flüssigmist betrug die NH<sub>3</sub>-N-Verluste 32,9 (Rind\_ohne) und 26,3 (Rind\_EM) g/kg N<sub>t</sub>. Je kg Ammonium-N-Gehalt wurden 65,1 (Rind\_ohne) und 52,0 (Rind\_EM) g NH<sub>3</sub>-N emittiert.

**Tab. 4** Kumulierte Ammoniakemissionen während der Lagerung von Rinderflüssigmist mit und ohne EM-Zusatz.

Variante	Kumulierte Emission von ...			
	NH <sub>3</sub> [g/m <sup>3</sup> FM]	NH <sub>3</sub> -N [g/m <sup>3</sup> FM]	NH <sub>3</sub> -N [g/kg N <sub>t</sub> ]	NH <sub>3</sub> -N [g/kg NH <sub>4</sub> -N]
Rind_ohne	152,7 <sup>a</sup>	125,7	32,9	65,1
Rind_EM	121,9 <sup>b</sup>	100,4	26,3	52,0

Auch die Lachgasemissionen ließen sich durch EM-Zusatz signifikant senken (Tab. 5). In Summe wurden aus Flüssigmist ohne EM-Zusatz 60,0 g N<sub>2</sub>O oder 38,19 g N<sub>2</sub>O-N je m<sup>3</sup> Flüssigmist emittiert. EM-Zusatz verminderte die Emissionen um rund 16,5 %. Pro kg Gesamtstickstoff im Flüssigmist gingen 10,0 (Rind\_ohne) und 8,3 (Rind\_EM) g N<sub>2</sub>O-N verloren. Die kumulierten Lachgasemissionen je kg NH<sub>4</sub>-N beliefen sich auf 19,8 (Rind\_ohne) und 16,5 (Rind\_EM) g N<sub>2</sub>O-N.

**Tab. 5** Kumulierte Lachgasemissionen während der Lagerung von Rinderflüssigmist mit und

ohne EM-Zusatz.

Variante	Kumulierte Emission von ...			
	N <sub>2</sub> O [g/m <sup>3</sup> FM]	N <sub>2</sub> O-N [g/m <sup>3</sup> FM]	N <sub>2</sub> O-N [g/kg N <sub>t</sub> ]	N <sub>2</sub> O-N [g/kg NH <sub>4</sub> -N]
Rind_ohne	60,0 <sup>a</sup>	38,2	10,0	19,8
Rind_EM	50,1 <sup>b</sup>	31,9	8,3	16,5

In Tabelle 6 sind die Emissionen von CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, TOC und klimarelevanten Gasen während der Lagerung von Rinderflüssigmist mit und ohne EM-Zusatz zusammengefaßt. Die klimarelevanten Emissionen werden in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten angegeben. Dazu wurden die Methanemissionen mit dem Faktor 21 multipliziert, da Methan eine 21fach höhere Treibhauswirksamkeit hat als CO<sub>2</sub>. Die N<sub>2</sub>O-Emissionen wurden mit dem Faktor 310 multipliziert.

Der EM-Zusatz hatte keine signifikante Wirkung auf den Umfang der Methanemissionen. EM senkte N<sub>2</sub>O-Emissionen während der Lagerung signifikant ab. Die Summe an klimarelevanten Gasemissionen (CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O) war bei EM-Zusatz geringer als bei unbehandeltem Flüssigmist.

EM-Zusatz reduzierte weiterhin die Ammoniakemissionen und damit die Stickstoffverluste während der Lagerung von Rinderflüssigmist. Auch die TOC-Emissionen, als Indikator für das Geruchsemissionspotential, waren in der Variante mit EM-Zusatz geringer.

EM-Zusatz zu Rinderflüssigmist zeigte bei den meisten Gaskomponenten eine positive Wirkung. Negative Wirkungen durch EM-Zusatz wurden bei Rinderflüssigmist nie beobachtet.

**Tab. 6** Kumulierte Emissionen während der Lagerung von Rinderflüssigmist mit und ohne EM-Zusatz.

Variante	Kumulierte Emission von...				
	CH <sub>4</sub> [g/m <sup>3</sup> FM]	NH <sub>3</sub> [g/m <sup>3</sup> FM]	N <sub>2</sub> O [g/m <sup>3</sup> FM]	TOC [kg/m <sup>3</sup> FM]	CO <sub>2</sub> -Äquiv. [kg/m <sup>3</sup> FM]
Rind_ohne	894,2 <sup>a</sup>	152,7 <sup>a</sup>	60,0 <sup>a</sup>	1,75 <sup>a</sup>	37,4
Rind_EM	910,1 <sup>a</sup>	121,9 <sup>b</sup>	50,1 <sup>b</sup>	1,58 <sup>b</sup>	34,6

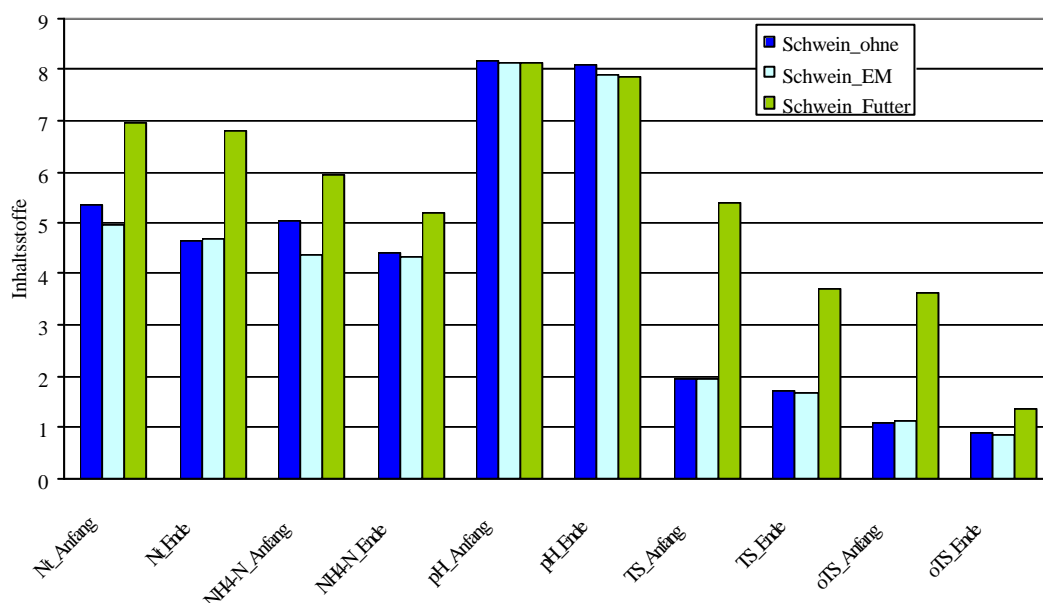
## 3.2 Schweineflüssigmist

### 3.2.1 Flüssigmistzusammensetzung

Tabelle 7 und Abbildung 17 zeigen die Zusammensetzung des Schweineflüssigmistes am Beginn und am Ende der Versuche. Der Schweineflüssigmist der Varianten „Schwein\_ohne“ und „Schwein\_EM“ wurde auf dem Herkunftsbetrieb mit Wasser verdünnt. Dies führte zu einem vergleichsweise niedrigen TS-Gehalt von 1,97 und 1,95 % i.d.FM. Bei beiden Varianten reduzierte sich der TS-Gehalt im Laufe der Lagerung leicht. Der Schweineflüssigmist bei dem bereits zum Futter EM zugesetzt wurde, hatte einen TS-Gehalt von 5,40 %, der sich am Ende der Versuche auf 3,71 % reduziert hatte. Entsprechend der TS-Gehalte waren auch die oTS-Gehalte der Varianten „Schwein\_ohne“ und „Schwein\_EM“ niedriger als bei der Variante „Schwein\_Futter“. Die pH-Werte waren zu Beginn der Lagerung bei allen Varianten ähnlich (8,12 – 8,17). Sie nahmen im Laufe der Lagerung auf 7,85 (Schwein\_Futter) bis 8,08 (Schwein\_ohne) ab. Bei allen Varianten reduzierte sich der Gesamtstickstoffgehalt während der Versuchsdauer.

**Tab. 7** Flüssigmistzusammensetzung zu Versuchsbeginn und -ende

		N <sub>t</sub> [g/(kg FM)]	NH <sub>4</sub> -N [g/(kg FM)]	C [g/(kg FM)]	C : N	TS [% FM]	oTS [% TS]	pH
Schwein_ohne	Beginn	5,36	5,04	6,30	1,17	1,97	1,09	8,17
	Ende	4,65	4,42	6,68	1,44	1,72	0,91	8,08
Schwein_EM	Beginn	4,97	4,40	6,70	1,35	1,97	1,14	8,12
	Ende	4,70	4,34	6,52	1,39	1,68	0,88	7,91
Schwein_Futter	Beginn	6,96	5,94	19,31	2,78	5,40	3,64	8,15
	Ende	6,80	5,20	7,45	1,10	3,71	1,38	7,85

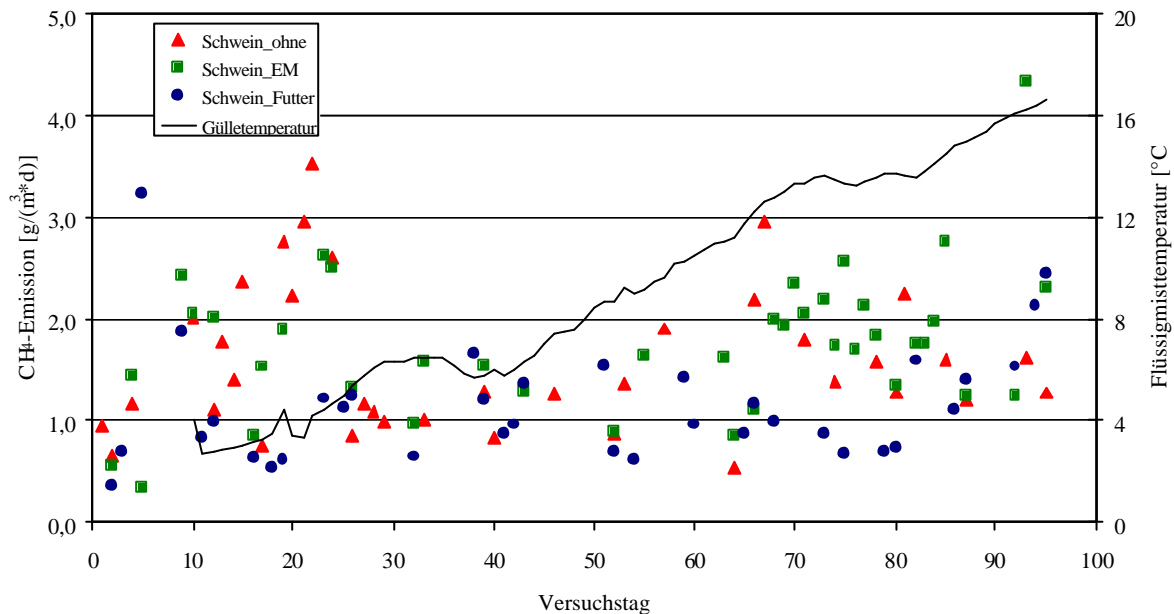


**Abb. 17** Zusammensetzung des Schweineflüssigmistes mit und ohne Zusatz von EM und mit EM-Zusatz zum Schweinefutter zu Versuchsbeginn und am Ende der Versuche.

### 3.2.2 Emissionen im Verlauf der Lagerung

Nachfolgend sind die Ergebnisse der Emissionsmessungen aus Schweineflüssigmist mit und ohne Zusatz von EM und mit EM-Zusatz zum Schweinefutter dargestellt. Zunächst werden die täglichen Emissionen und die Flüssigmisttemperatur im Verlauf der Versuche von März bis Juni 2003 gezeigt. Die Emissionen sind in  $\text{g je m}^3$  Flüssigmist und Tag angegeben. Die täglichen Emissionen wurden summiert, um die kumulierten Emissionen angeben zu können. Diese sind in einer weiteren Abbildung dargestellt. Hier kann die zum jeweiligen Versuchstag in Summe entwichene Menge an Emissionen abgelesen werden. Die Angabe erfolgt in  $\text{g je kg}$  Flüssigmist-Frischmasse.

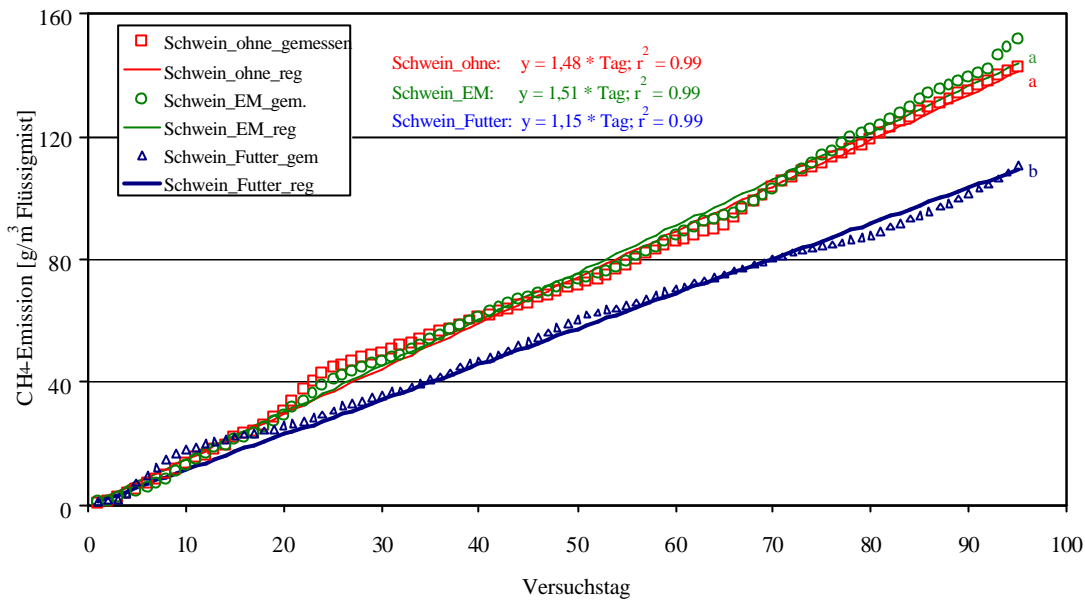
Dem Verlauf der kumulierten Emissionen wurden Regressionskurven angepaßt. Die Regressionsgleichung, das Bestimmtheitsmaß und statistisch gesicherte Unterschiede zwischen den Regressionskurven sind in den Abbildungen ebenfalls enthalten.



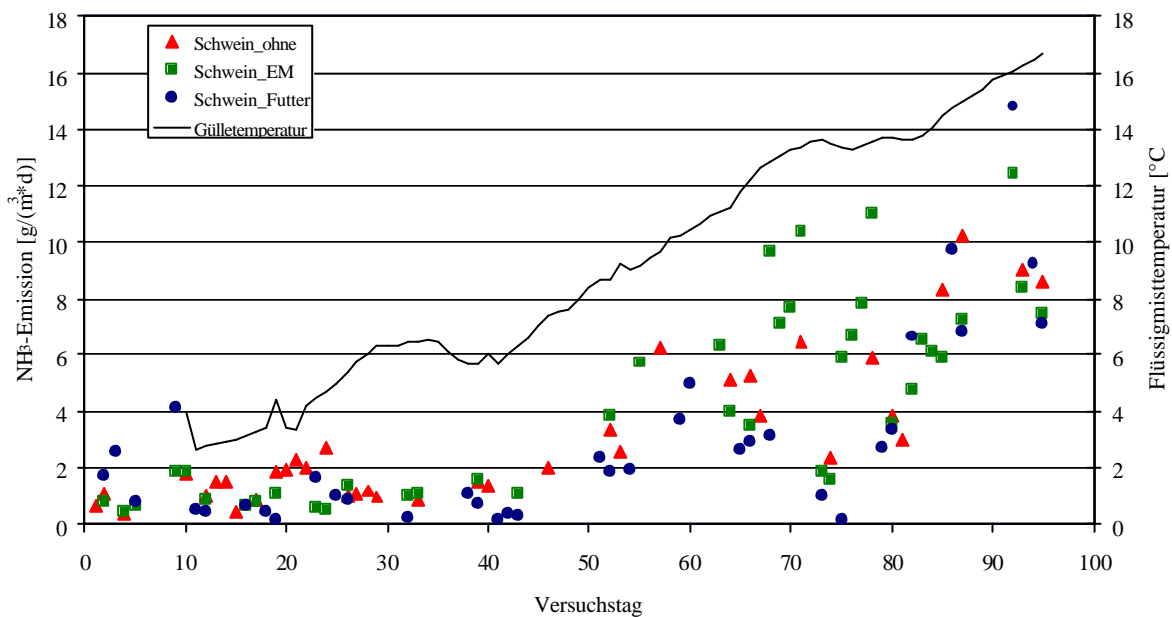
**Abb. 18** Tägliche Methanemissionen von Schweineflüssigmist mit und ohne Zusatz von EM und mit EM-Zusatz im Schweinefutter.

Bei Schweineflüssigmist zeigten die täglichen Methanemissionen keinen unmittelbaren Zusammenhang mit der Flüssigmisttemperatur (Abb. 18). In den ersten 20 Tagen wurden vergleichsweise hohe Emissionen gemessen. Während der restlichen Lagerdauer blieben die Emissionen auf relativ konstantem Niveau.

Die kumulierten Emissionen stiegen während der gesamten Versuchsdauer linear an (Abb. 19). Zwischen den Varianten Schwein\_ohne und Schwein\_EM konnte kein statistisch abzusichernder Unterschied in den Methanemissionen beobachtet werden. Wurde EM bereits dem Schweinefutter zugesetzt, so reduzierten sich die Methanemissionen während der Flüssigmistlagerung signifikant.



**Abb. 19** Kumulierte Methanemissionen von Schweineflüssigmist mit und ohne Zusatz von EM und mit EM-Zusatz im Schweinefutter.

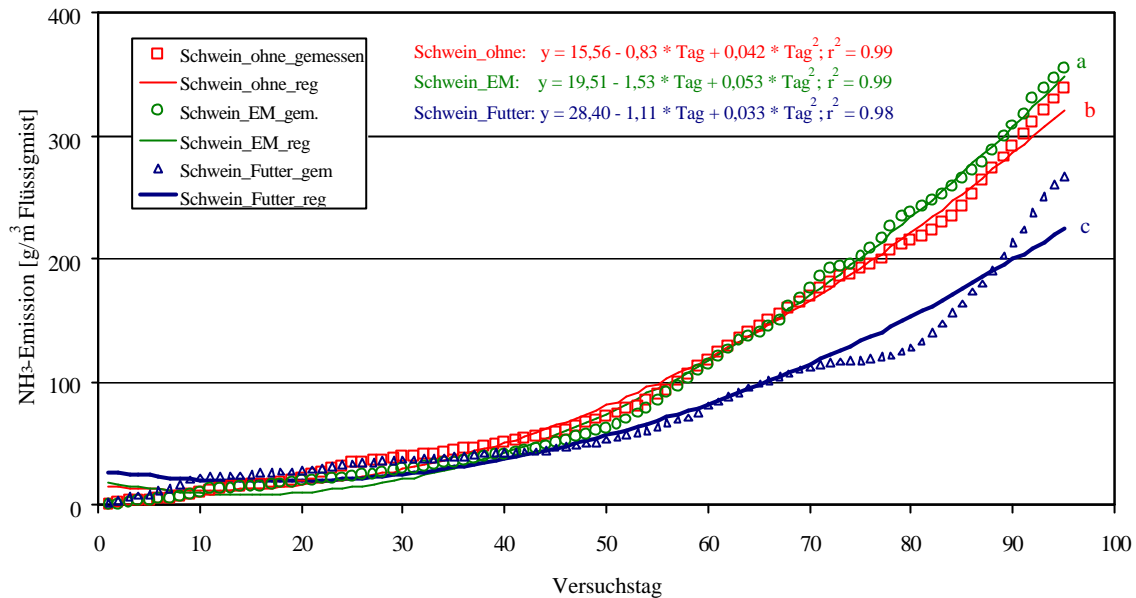


**Abb. 20** Tägliche Ammoniakemissionen von Schweineflüssigmist mit und ohne Zusatz von EM und mit EM-Zusatz im Schweinefutter.

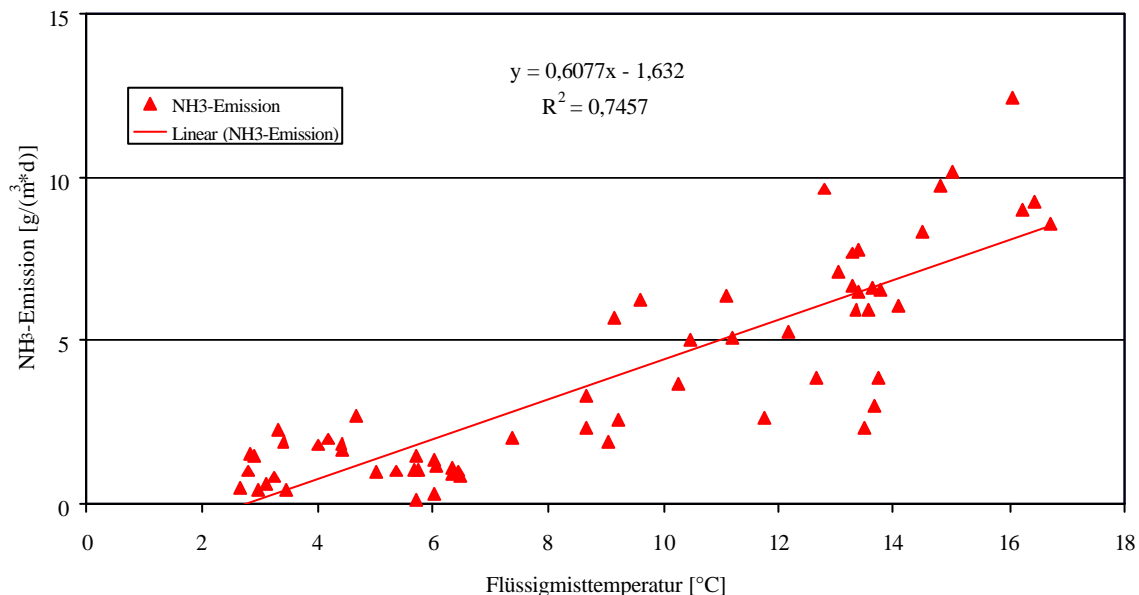
Die täglichen Ammoniakemissionen stiegen im Laufe der Lagerung an (Abb. 20). Die Flüssigmisttemperatur hatte einen signifikanten Einfluß auf die Ammoniakemissionen (Abb. 22). Die Regressionsgleichung für den linearen Zusammenhang zwischen täglichen Ammoniakemissionen aller Varianten und Flüssigmisttemperatur hat ein Bestimmtheitsmaß von 0,75.

Der Unterschied in den kumulierten Ammoniakemissionen zwischen den Varianten

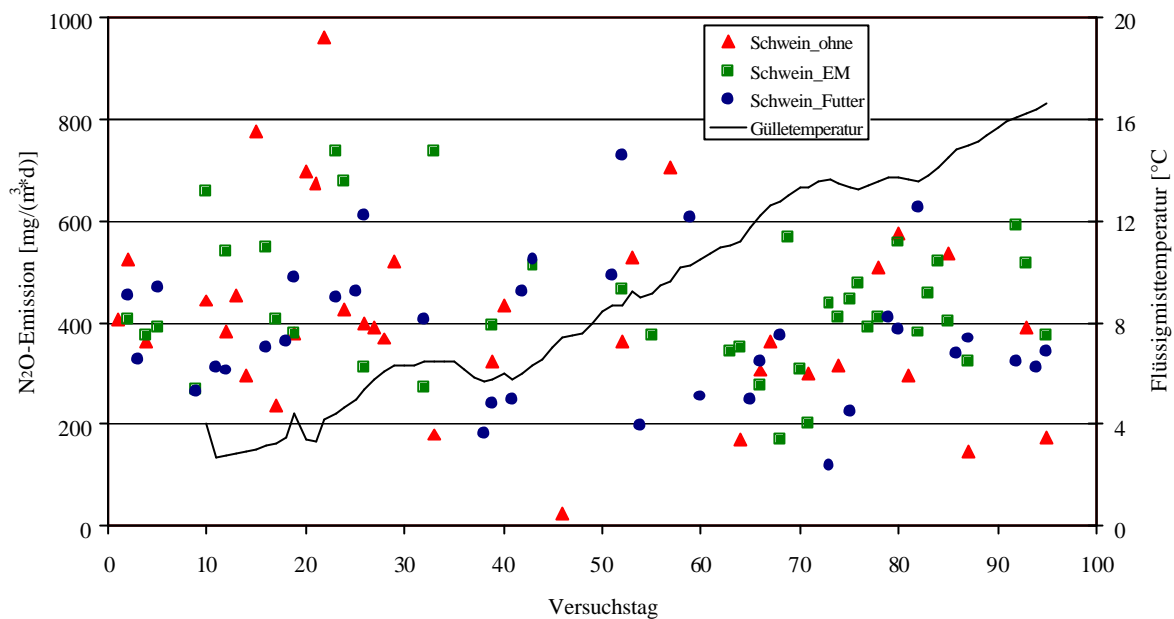
Schwein\_ohne und Schwein\_EM war gering, aber statistisch signifikant (Abb. 21). EM-Zusatz führte zu einer leichten Erhöhung der NH<sub>3</sub>-Emissionen. Wurde EM bereits dem Schweinefutter zugesetzt, so sanken die NH<sub>3</sub>-Emissionen während der Lagerung sehr deutlich ab. EM-Zusatz zum Schweinefutter minderte NH<sub>3</sub>-Emissionen während der Flüssigmistlagerung.



**Abb. 21** Kumulierte Ammoniakemissionen von Schweineflüssigmist mit und ohne Zusatz von EM und mit EM-Zusatz im Schweinefutter.

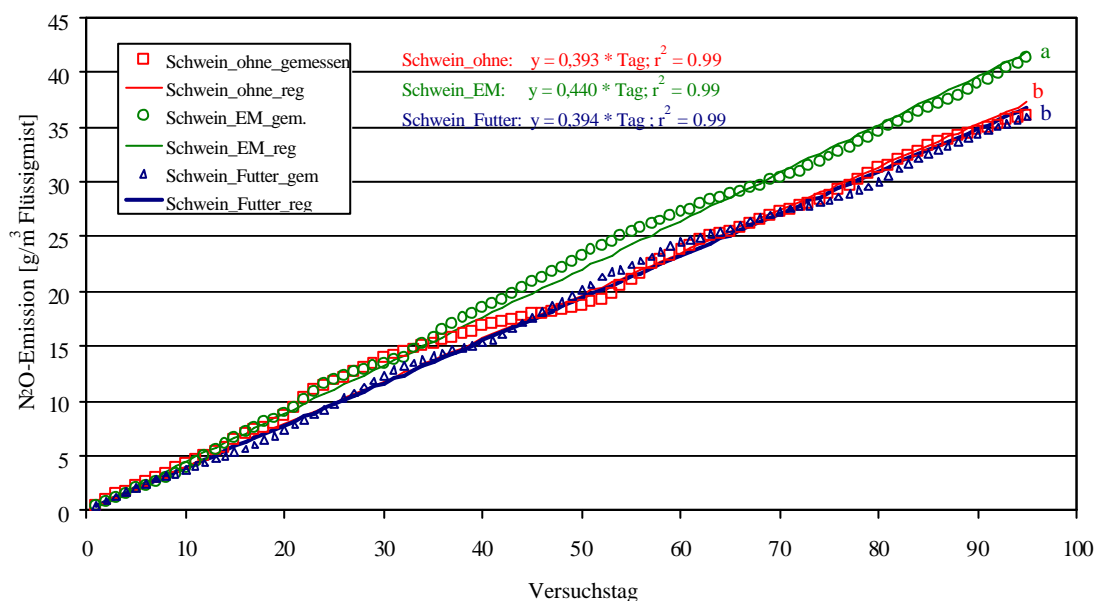


**Abb. 22** Zusammenhang zwischen Ammoniakemissionen aus Schweineflüssigmist (alle Varianten) und Flüssigmisttemperatur.



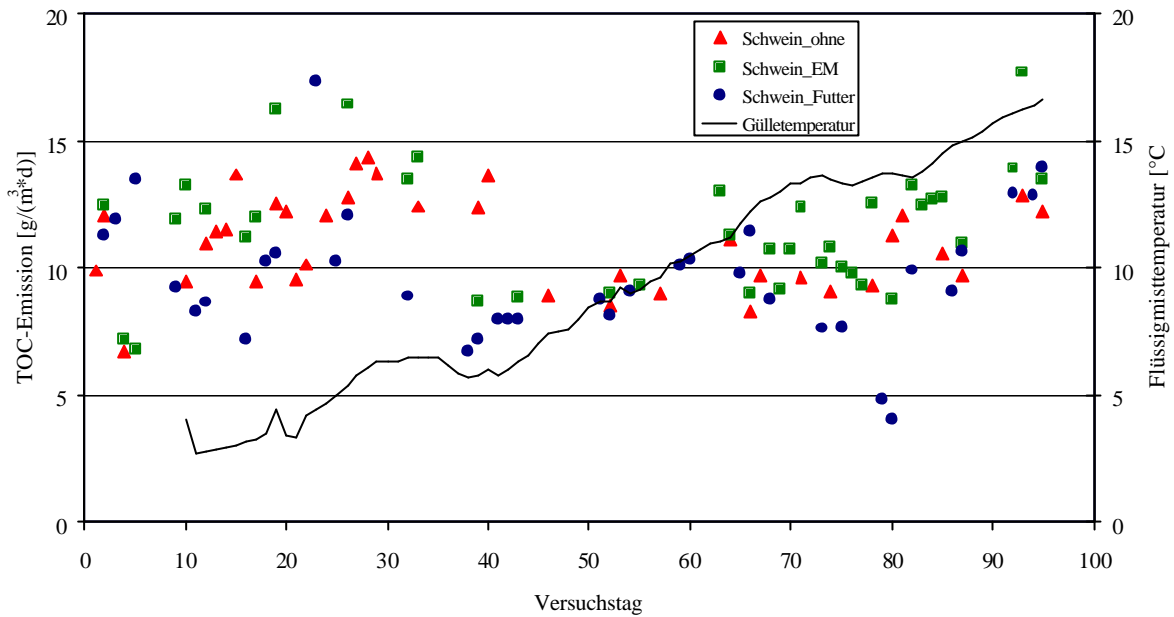
**Abb. 23** Tägliche Lachgasemissionen von Schweineflüssigmist mit und ohne Zusatz von EM und mit EM-Zusatz im Schweinefutter.

Die täglichen Lachgasemissionen zeigten im Laufe der Versuche keinen eindeutigen Trend und keinen Zusammenhang zur Flüssigmisttemperatur (Abb. 23). Die kumulierten Emissionen stiegen während der gesamten Versuchszeit linear an (Abb. 24). EM-Zusatz zu Beginn der Flüssigmistlagerung (Variante Schwein\_EM) erhöhte die N<sub>2</sub>O-Emissionen signifikant. Zwischen Schweineflüssigmist ohne EM-Zusatz und Schweineflüssigmist, bei dem EM bereits im Schweinefutter zugesetzt wurde, trat kein Unterschied in den N<sub>2</sub>O-Emissionen auf.



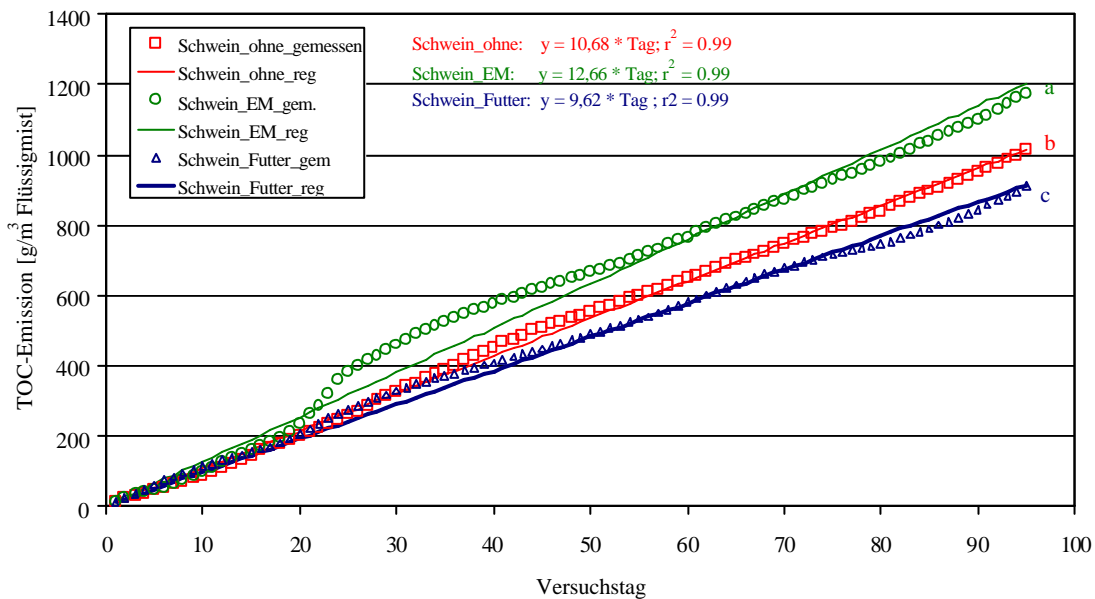
**Abb. 24** Kumulierte Lachgasemissionen von Schweineflüssigmist mit und ohne Zusatz von EM

und mit EM-Zusatz im Schweinefutter.



**Abb. 25** Tägliche TOC-Emissionen von Schweineflüssigmist mit und ohne Zusatz von EM und mit EM-Zusatz im Schweinefutter.

Auch die täglichen TOC-Emissionen bewegten sich während der gesamten Versuchszeit auf relativ konstantem Niveau (Abb. 25). Die kumulierten Emissionen stiegen linear an (Abb. 26). EM-Zusatz am Beginn der Flüssigmistlagerung erhöhte die TOC-Emissionen und damit das Geruchsemissionspotential. EM-Zusatz zum Schweinefutter senkte TOC-Emissionen während der Lagerung im Vergleich zu Flüssigmist ohne EM-Zusatz.



**Abb. 26** Kumulierte TOC-Emissionen von Schweineflüssigmist mit und ohne Zusatz von EM



und mit EM-Zusatz im Schweinefutter.

### 3.2.3 Kumulierte Emissionen aus Schweineflüssigmist mit und ohne Zusatz von EM und mit EM-Zusatz im Schweinefutter

Tabelle 8 enthält die in Summe während der Lagerung von Schweineflüssigmist entwichenen Methanemissionen. Ohne EM-Zusatz wurden 142,3 g CH<sub>4</sub> oder 106,7 CH<sub>4</sub>-C je m<sup>3</sup> Flüssigmist freigesetzt. Mit EM-Zusatz beliefen sich die Emissionen auf 151,6 g CH<sub>4</sub> oder 113,7 CH<sub>4</sub>-C je m<sup>3</sup> Flüssigmist. Der Unterschied zwischen beiden Varianten ist nicht statistisch signifikant. Bezogen auf den Gehalt an organischer Trockensubstanz im Flüssigmist ergeben sich Emissionswerte von 97,9 g CH<sub>4</sub>-C (Schwein\_ohne) und 99,8 g CH<sub>4</sub>-C (Schwein\_EM). Der Zusatz vom EM zum Schweinefutter reduzierte CH<sub>4</sub>-Emissionen während der Lagerung drastisch. Bereits der Unterschied in den CH<sub>4</sub>-Emissionen bezogen auf die Flüssigmistfrischmasse ist signifikant. Wie in Tabelle 7 gezeigt, hatte der Schweineflüssigmist mit EM-Zusatz zum Schweinefutter einen deutlich höheren oTS-Gehalt als der Flüssigmist ohne EM-Zusatz bzw. mit EM-Zusatz zu Beginn der Lagerung. CH<sub>4</sub>-Emissionen entstehen aus der organischen Trockensubstanz. Auch die IPCC Guidelines für das Erstellen nationaler Emissionsinventuren berechnen CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem oTS-Gehalt im Wirtschaftsdünger. Nimmt man nun den oTS-Gehalt als Bezugsbasis, dann tritt die positive Wirkung von EM als Futterzusatz noch erheblich deutlicher hervor. Während die Varianten Schwein\_ohne und Schwein\_EM knapp 100 g CH<sub>4</sub>-C je kg oTS emittierten, wurden bei der Variante Schwein\_Futter nur 22,8 g CH<sub>4</sub>-C je kg oTS gemessen.

**Tab. 8** Kumulierte Methanemissionen während der Lagerung von Schweineflüssigmist mit und ohne EM-Zusatz und mit EM-Zusatz zum Schweinefutter.

Variante	Kumulierte Emission von ...		
	CH <sub>4</sub> [g/m <sup>3</sup> FM]	CH <sub>4</sub> -C [g/m <sup>3</sup> FM]	CH <sub>4</sub> -C [g/kg oTS]
Schwein_ohne	142,3 <sup>a</sup>	106,7	97,9
Schwein_EM	151,6 <sup>a</sup>	113,7	99,8
Schwein_Futter	110,8 <sup>b</sup>	83,1	22,8

Tabelle 9 faßt die kumulierten Ammoniakemissionen zusammen. Während der Lagerung von Schweineflüssigmist ohne Zusatz von EM wurden 337,9 g NH<sub>3</sub> oder 278,2 g NH<sub>3</sub>-N je m<sup>3</sup> Flüssigmist freigesetzt. Durch den Zusatz von EM stiegen die Ammoniakemissionen geringfügig an. Schweineflüssigmist mit EM-Zusatz emittierte etwa 2 % mehr NH<sub>3</sub>. Bezogen auf den Gesamtstickstoffgehalt im Flüssigmist betragen die NH<sub>3</sub>-N-Verluste 51,9 (Schwein\_ohne) und 58,7 (Schwein\_EM) g/kg N<sub>t</sub>. Je kg Ammonium-N-Gehalt wurden 55,2 (Schwein\_ohne) und 66,3 (Schwein\_EM) g NH<sub>4</sub>-N emittiert.

EM-Zusatz zum Schweinefutter führte zu einer deutlichen Reduzierung der NH<sub>3</sub>-Emissionen während der Lagerung. Im Vergleich zur Variante ohne EM-Zusatz emittierte die Variante

Schwein\_Futter rund 21 % weniger NH<sub>3</sub>. In den Emissionsinventuren werden NH<sub>3</sub>-Emissionen entweder auf den Gesamtstickstoffgehalt oder auf den Ammoniumgehalt bezogen. Beide Werte waren beim Schweineflüssigmist mit EM-Zusatz zum Futter deutlich höher als bei den Varianten Schwein\_ohne und Schwein\_EM. So zeigte sich die NH<sub>3</sub>-Emissionsreduzierende Wirkung bei diesen Bezugsbasen noch deutlicher. Schwein\_Futter emittierte 31,6 g NH<sub>3</sub>-N / kg N<sub>t</sub> und 37,0 g NH<sub>3</sub>-N / kg NH<sub>4</sub>-N.

**Tab. 9** Kumulierte Ammoniakemissionen während der Lagerung von Schweineflüssigmist mit und ohne EM-Zusatz und mit EM-Zusatz zum Schweinefutter.

Variante	Kumulierte Emission von ...			
	NH <sub>3</sub> [g/m <sup>3</sup> FM]	NH <sub>3</sub> -N [g/m <sup>3</sup> FM]	NH <sub>3</sub> -N [g/kg N <sub>t</sub> ]	NH <sub>3</sub> -N [g/kg NH <sub>4</sub> -N]
Schwein_ohne	337,9 <sup>a</sup>	278,2	51,9	55,2
Schwein_EM	354,3 <sup>b</sup>	291,8	58,7	66,3
Schwein_Futter	266,9 <sup>c</sup>	219,8	31,6	37,0

Die Lachgasemissionen während der Lagerung stiegen durch EM-Zusatz an (Tab. 10). In Summe wurden aus Flüssigmist ohne EM-Zusatz 36,1 g N<sub>2</sub>O oder 23,0 g N<sub>2</sub>O-N je m<sup>3</sup> Flüssigmist emittiert. EM-Zusatz erhöhte die Emissionen auf 41,3 g N<sub>2</sub>O oder 26,3 g N<sub>2</sub>O-N je m<sup>3</sup> Flüssigmist. Pro kg Gesamtstickstoff im Flüssigmist gingen 4,3 (Schwein\_ohne) und 5,3 (Schwein\_EM) g N<sub>2</sub>O-N verloren. Die kumulierten Lachgasemissionen je kg NH<sub>4</sub>-N beliefen sich auf 4,6 (Schwein\_ohne) und 6,0 (Schwein\_EM) g N<sub>2</sub>O-N.

Wurde EM bereits dem Futter zugesetzt, so zeigten sich keine Unterschiede in den N<sub>2</sub>O-Emissionen im Vergleich zu unbehandeltem Schweineflüssigmist, wenn als Bezugsbasis die Frischmasse gewählt wurde. Auch N<sub>2</sub>O-Emissionen werden in den nationalen Emissionsinventuren aus dem Gehalt an Gesamtstickstoff berechnet, nicht aus der Flüssigmistfrischmasse. Wählt man diese Bezugsbasis, so zeigt sich, daß EM-Zusatz zum Schweinefutter die N<sub>2</sub>O-Emissionen um rund 23 % senkt.

**Tab. 10** Kumulierte Lachgasemissionen während der Lagerung Schweineflüssigmist mit und ohne EM-Zusatz und mit EM-Zusatz zum Schweinefutter.

Variante	Kumulierte Emission von ...			
	N <sub>2</sub> O [g/m <sup>3</sup> FM]	N <sub>2</sub> O-N [g/m <sup>3</sup> FM]	N <sub>2</sub> O-N [g/kg N <sub>t</sub> ]	N <sub>2</sub> O-N [g/kg NH <sub>4</sub> -N]
Schwein_ohne	36,1 <sup>a</sup>	23,0	4,3	4,6
Schwein_EM	41,3 <sup>b</sup>	26,3	5,3	6,0
Schwein_Futter	36,0 <sup>a</sup>	22,9	3,3	3,9

In Tabelle 11 sind die Emissionen von CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, TOC und klimarelevanten Gasen während der Lagerung von Schweineflüssigmist mit und ohne EM-Zusatz und mit EM-Zusatz zum Schweinefutter zusammengefaßt. Die klimarelevanten Emissionen werden in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten angegeben. Dazu wurden die Methanemissionen mit dem Faktor 21 multipliziert, da Methan eine 21fach höhere Treibhauswirksamkeit hat als CO<sub>2</sub>. Die N<sub>2</sub>O-Emissionen wurden mit dem Faktor 310 multipliziert.

Wurde EM am Beginn der Lagerung dem Schweineflüssigmist zugesetzt, so erhöhten sich bei allen gemessenen Gaskomponenten die Emissionen. Bei Schweineflüssigmist zeigte EM-Zusatz am Beginn der Lagerung keine positive Wirkung.

EM-Zusatz zum Schweinefutter hingegen wirkte sich außerordentlich positiv auf den Emissionsumfang aller Gase aus. Methanemissionen wurden sehr deutlich gesenkt. Die Emission an klimarelevanten Gasen sank um mehr als 50 %. Auch Stickstoffverluste und das Geruchsemissionspotential waren deutlich geringer, wenn EM dem Schweinefutter zugesetzt wurde.

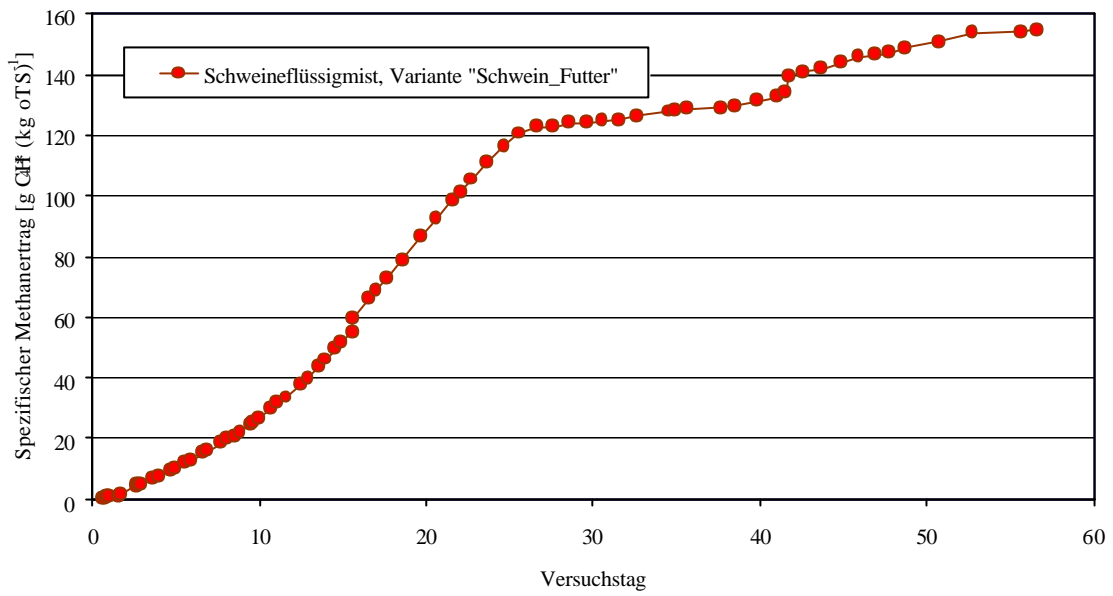
**Tab. 11** Kumulierte Emissionen während der Lagerung von Schweineflüssigmist mit und ohne EM-Zusatz und mit EM-Zusatz zum Schweinefutter.

Variante	Kumulierte Emission von...				
	CH <sub>4</sub> -C	NH <sub>3</sub> -N	N <sub>2</sub> O-N	TOC	CO <sub>2</sub> -Äquiv.
	[g/ kg oTS]	[g/ kg N <sub>t</sub> ]	[g/ kg N <sub>t</sub> ]	[kg/ kg oTS]	[kg/ kg oTS]
Schwein_ohne	97,9	51,9	4,3	928,3	4,83
Schwein_EM	99,8	58,7	5,3	1029,5	5,37
Schwein_Futter	22,8	31,6	3,3	249,9	2,24

### 3.2.4 Vergleich der maximal möglichen Methanproduktion mit der Methanbildung während der Flüssigmistlagerung

Der Flüssigmist aus der Variante „Schwein\_Futter“ wurde in Eudiometern anaerob inkubiert, um die maximal mögliche Methanbildung zu messen. Abbildung 27 zeigt den Verlauf der Methanbildung im Eudiometer. In den ersten 25 Tagen war eine hohe Methanproduktion zu beobachten, die danach abflachte. Nach etwa 50 Tagen war der Schweineflüssigmist nahezu vollständig ausgegoren.

In Summe wurden 154,73 g CH<sub>4</sub> / kg oTS gebildet. Dies ist die maximal mögliche Methanmenge, die bei der anaeroben Vergärung des Schweineflüssigmistes entstehen kann. Während der praxisnahen Lagerung des Schweineflüssigmistes in Lagerbehältern der Versuchswirtschaft Gross Enzersdorf wurde eine Methanproduktion von 30,45 g CH<sub>4</sub> / kg oTS gemessen. Dies entspricht 19,7 % der maximal möglichen Methanproduktion.



**Abb. 27** Methanbildung bei anaerober Inkubation von Schweineflüssigmist im Eudiometer.

## 4 Schlußfolgerungen

- Der Zusatz „Effektiver Mikroorganismen“ am Beginn der Lagerung von Milchviehflüssigmist (TS-Gehalt 9,39 %) zeigte durchwegs positive Wirkungen. Methanemissionen wurden durch den Zusatz nur geringfügig beeinflusst. Ammoniak- und Lachgasemissionen sowie das Geruchsemissionspotential sanken signifikant ab. Die Summe an klimarelevanten Emissionen war nach Zugabe von EM geringer als bei unbehandeltem Flüssigmist.
- Die Zugabe von EM am Beginn der Lagerung von Milchviehflüssigmist kann empfohlen werden.
- Die Wirkung von EM, das bereits dem Rinderfutter zugesetzt wird, sollte noch untersucht werden.
- Bei Schweineflüssigmist hatte die Zugabe von EM am Beginn der Lagerung keine oder negative Auswirkungen auf Emissionen von CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, TOC und klimarelevanten Gasen. Dies liegt vermutlich in dem sehr geringen Trockensubstanzgehalt des verwendeten Schweineflüssigmistes begründet. Der TS-Gehalt lag bei nur 1,97 %. Der Schweineflüssigmist wurde bei sehr niedrigen Temperaturen aus dem Lagerbehälter entnommen. Die Feststoffe hatten eine gefrorene Schwimmdecke gebildet. Der Tankwagen konnte nur den trockenstoffärmeren Flüssigmist unterhalb der gefrorenen Schwimmdecke entnehmen.

Ist im Schweineflüssigmist nur sehr wenig organische Trockensubstanz enthalten, so können die effektiven Mikroorganismen sich nicht optimal entfalten. Aus diesem Grund soll der Versuch mit Schweineflüssigmist wiederholt werden, der einen praxisüblichen Trockensubstanz enthält. Erst dann können gesicherte Aussagen zur Wirkung von EM als Zusatzstoff während der Lagerung von Schweinegülle gemacht werden.

- Wurde EM bereits dem Schweinefutter zugesetzt, so zeigte sich bei allen gemessenen Gasen eine deutliche Emissionsreduktion. EM als Futterzusatz wirkt sich außerordentlich positiv auf die Senkung umwelt- und klimarelevanter Emissionen während der Flüssigmistlagerung aus.