



Universität für Bodenkultur Wien  
Department für Nachhaltige Agrarsysteme  
**Institut für Landtechnik**

Invloed van “Effectieve Micro-organismen (EM)” op  
ammoniak-, lachgas- en methaanemissies en op  
de geuremissies tijdens de opslag  
van varkensdrijfmest en  
vaste varkensmest

Eindrapport  
augustus 2005

Dr. Barbara Amon  
Dr. Vitaliy Kryvoruchko  
Dipl.-Ing. Martina Fröhlich  
Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Thomas Amon

in opdracht van Multikraft Produktions- und Handelsgesellschaft mbH

## **Inhoud**

### **1 Inleiding**

### **2 Materiaal en methode**

2.1 Proefstation van het ILT in Groß Enzersdorf

2.2 Verloop van het onderzoek

2.2.1 Varkensdrijfmest

2.2.2 Vaste varkensmest

### **3. Resultaten**

3.1 Drijfmest

3.1.1 Gasconcentraties tijdens verloop van het onderzoek

3.1.2 Gecumuleerde emissies

3.2 Vaste mest

3.2.1 Gasconcentraties tijdens verloop van het onderzoek

3.2.2 Gecumuleerde emissies

### **4 Conclusies en samenvatting**

## **Literatuur**

# 1 Inleiding

De agrarische veehouderij moet dier- en milieuvriendelijk zijn. De milieuvriendelijkheid kan alleen beoordeeld worden als er rekening gehouden wordt met emissies van milieu en klimaat relevante gassen die tijdens het hele proces ontstaan, beginnend in de stal, daarna tijdens mestopslag tot het uitrijden van mest. De manier waarop dieren worden gehouden heeft invloed op de emissies uit de stal en de uitstoot tijdens de mestopslag. De invloed van "Effectieve Micro-organismen (EM)" op emissies uit een stal met aflopende dichte vloeren voor mestvarkens werd reeds onderzocht en gedocumenteerd (AMON ET AL. 2004a). In een volgende stap werd de invloed van EM tijdens de opslag van varkensdrijfmest en vaste varkensmest vastgelegd.

In een stal met aflopende dichte vloeren zijn geen grote hoeveelheden stro nodig zodat er drijfmest geproduceerd kan worden. Het is echter mogelijk dat er uit de met stro verrijkte drijfmest tijdens de opslag hogere emissies vrijkomen. Het doel was dat te onderzoeken. In een stal met aflopende dichte vloeren kan echter ook vaste mest geproduceerd worden als er meer stro ingestrooid wordt. Ook de emissies gedurende de opslag van vaste mest zijn van groot belang. De invloed van EM-toevoeging aan het begin van de opslag moest zowel voor drijfmest als voor vaste mest onderzocht worden.

## 2 Materiaal en methode

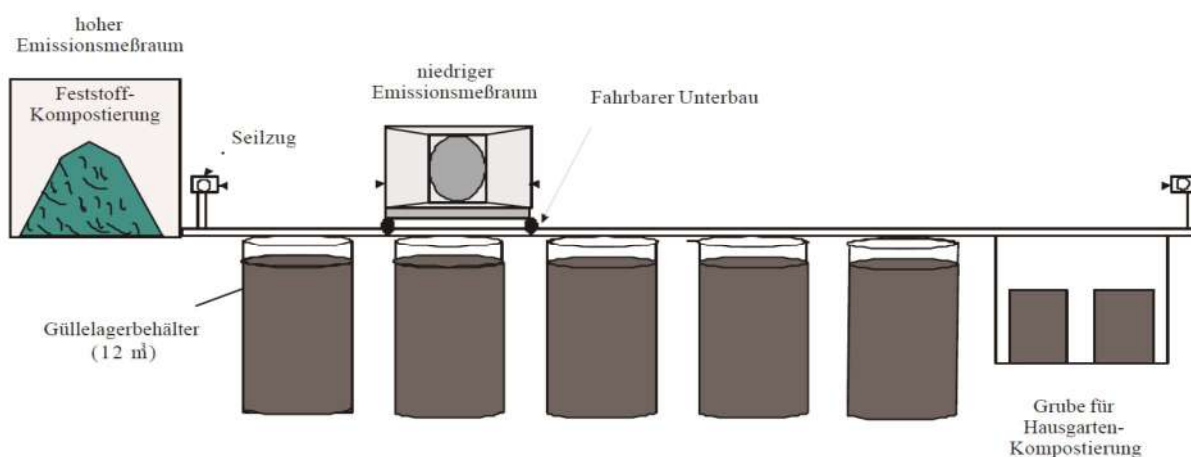
### 2.1 Proefstation van het ILT\* in Groß Enzersdorf

Het ILT heeft in het kader van het project "Methane, Nitrous Oxide and Ammonia Emissions from Management of Liquid Manures (Research project no. 1107, BMLF GZ 24.002/24-IIA1a/98 and extension GZ 24.002/33-IIA1a/00)" in het proefstation van de Universiteit voor bodemcultuur in Groß Enzersdorf een meetinstallatie ontwikkeld die emissies tijdens de opslag van drijfmest en vaste mest zeer nauwkeurig kan bepalen (AMON ET AL. 2002).

**Proefstation 'Groß Enzersdorf'.** De emissiemetingen werden uitgevoerd in het proefstation van de 'universiteit voor bodemcultuur' in Groß Enzersdorf in de buurt van Wenen. In Groß Enzersdorf heerst een Pannonisch klimaat. In de zomer is het meestal heet en droog, 's winters is het koud met geringe sneeuwval. De gemiddelde jaartemperatuur bedraagt 9,8 °C en de luchtvochtigheid is gemiddeld 75%. Jaarlijks valt er gemiddeld 547 mm regen. Het instituut "Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG)" stelde uurgemiddelden ter beschikking van de luchttemperatuur, relatieve luchtvochtigheid, neerslag en luchtdruk tijdens de metingen in Groß Enzersdorf.

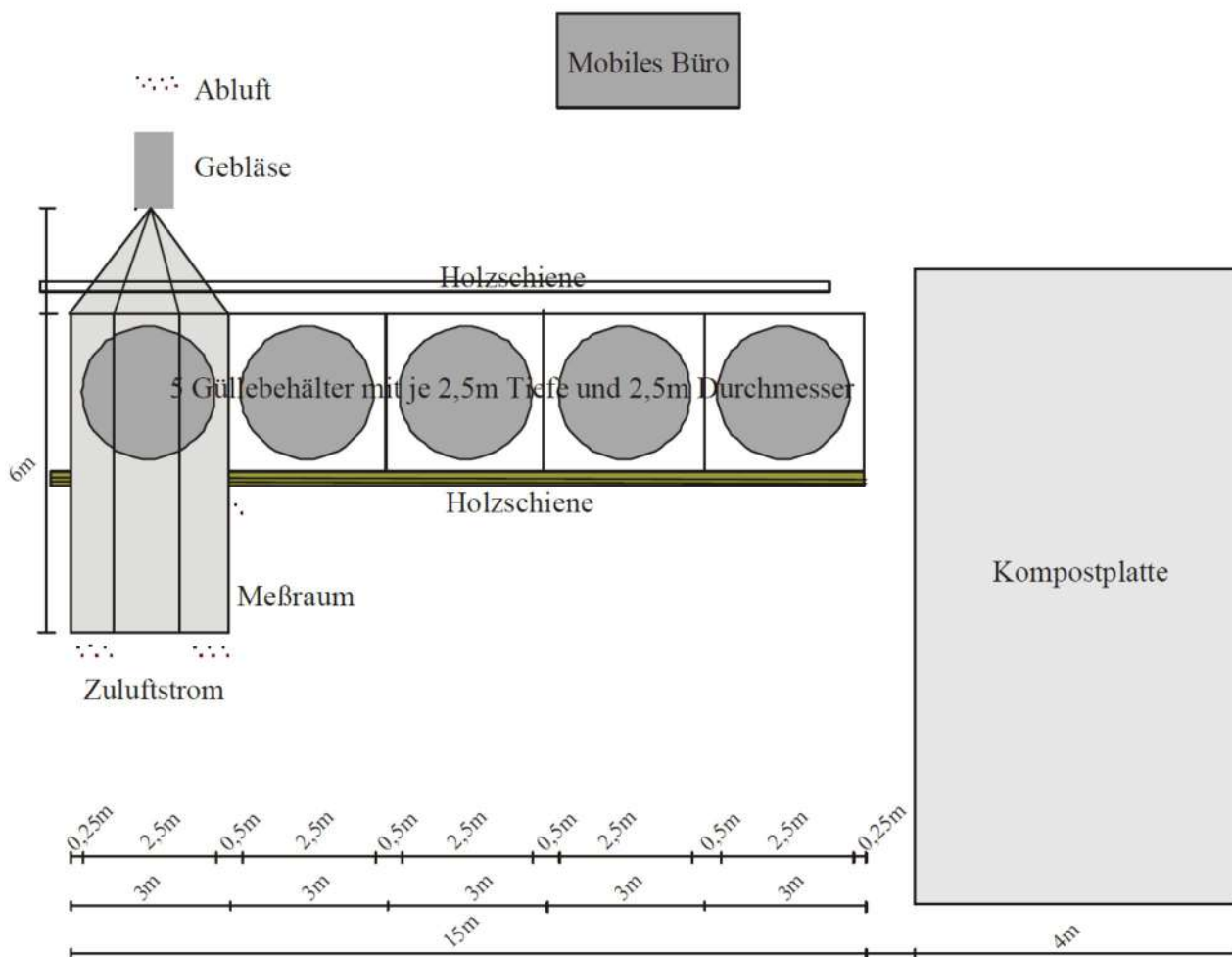
\* ILT = Institut für Landtechnik in Oostenrijk (instituut voor landtechniek)

**Mestput en composteringsplaat.** In maart 1999 werden er vijf mestputten en een composteringsplaat geplaatst in het proefstation in Groß Enzersdorf. De betonnen putten zijn 2,5 m diep, hebben een doorsnee van 2,5 m en zijn in de grond verzonken. Naast de mestputten bevindt zich een composteringsplaat van 4 bij 10 meter waarop vaste mest gecomposteerd kan worden. Afbeeldingen 1 en 2 geven de opbouw van het proefstation schematisch weer. Parallel met de mestputten loopt een houten rail waarop de mobiele meetinstallatie van de ene put naar de andere verplaatst kan worden.



**Afbeelding 1:** proefstation voor het meten van emissies tijdens de opslag van dierlijke meststoffen

(zijaanzicht) (volgens AMON ET AL 2002)



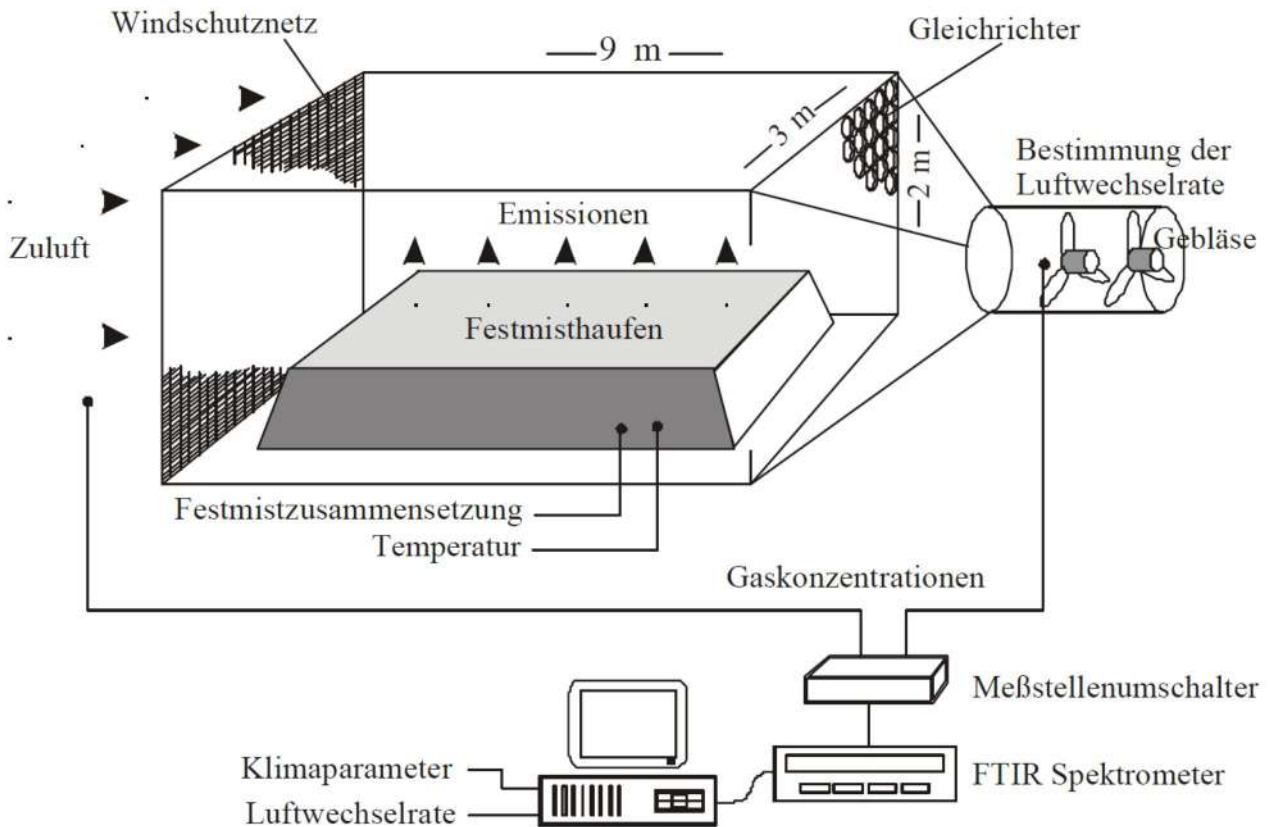
**Afbeelding 2:** proefstation voor het meten van emissies tijdens de opslag van dierlijke meststoffen (bovenaanzicht) (volgens AMON ET AL 2002)

Iedere mestput is met ongeveer 10 m<sup>3</sup> drijfmest gevuld. De NH<sub>3</sub>-, N<sub>2</sub>O-, CH<sub>4</sub>- en toc-emissies worden gemeten door een mobiele meetinstallatie op een mestput te plaatsen. De meetinstallatie verzamelt de vrijkomende emissies. Omdat de emissies zeer wisselend waren was het belangrijk om elke variant zo vaak mogelijk te meten en de tijdsduur tussen de metingen zo kort mogelijk te houden. Elke variant werd minstens twee keer per week gemeten. Tijdens elke meting werden de emissies gedurende 8 – 12 uur continu geregistreerd. Het proefstation is zo ingericht dat de mobiele meetinstallatie binnen enkele minuten van de ene naar de andere mestput geschoven kan worden.

**Mobiele meetinstallatie.** Om emissiewaarden te kunnen meten moet de gasconcentratie en de luchtvolumestroom bekend zijn. De emissiewaarde wordt als volgt berekend:

$$\text{emissiewaarde [g/h]} = \text{gasconcentratie [g/m}^3\text{]} \times \text{volumestroom [m}^3\text{/h]}$$

Om de luchtvolumestroom bijvoorbeeld boven een open mestput te kunnen bepalen heeft het ILUET\* een grote mobiele meetinstallatie (afb. 3) ontwikkeld. Deze is 27 m<sup>2</sup> groot en kan als een 2 m of 0,5 m hoge variant opgesteld worden. Via de luchttoevoer aan de zijkant wordt de installatie van verse lucht voorzien. De lucht wordt vervolgens met de vrijgekomen gassen gemengd en verlaat de meetinstallatie via de lufafvoer aan de andere kant. Gasconcentraties worden afwisselend in de luchttoevoer en in de lufafvoer gemeten. Het verschil tussen de concentraties in de luchttoevoer en -afvoer is de emissie van het te onderzoeken materiaal. De volume van de luchtstroom wordt aan de kant van de lufafvoer continu met een schoepenrad-anemometer gemeten.



**Afbeelding 3:** grote mobiele meetinstallatie, ontwikkeld door het ILT (volgens AMON ET AL 1996)

De mobiele meetinstallatie verandert de natuurlijke omgevingsfactoren niet als deze boven de te meten substraten geplaatst wordt. Ononderbroken luchtdoorvoer zorgt ervoor dat het binnenste van de meetinstallatie niet opwarmt. De ventilatie kan van 1.000 tot op 11.000 m<sup>3</sup>/h ingesteld worden. De meetinstallatie bestaat uit lichtdoorlatende polycarbonaatplaten. Ammoniakemissies adsorberen niet aan de polycarbonaatplaten.

Voor emissiemetingen tijdens de mestopslag wordt de 0,5 m hoge mobiele meetinstallatie gebruikt. De luchtsnelheid in de meetinstallatie kan van 0,18 tot 2,04 m/s ingesteld worden.

**FTIR spectrometer.** De invloed van veehouderij en mestsystemen op het milieu kan alleen grondig geëvalueerd worden als er allesomvattende beoordelingscriteria toegepast worden. Dat houdt in dat alle milieuschadelijke gascomponenten gelijktijdig bekeken moeten worden. Met de FTIR spectroscopie is het mogelijk om de onder praktijkomstandigheden ontstane NH<sub>3</sub>-, N<sub>2</sub>O- en CH<sub>4</sub>-concentraties zeer nauwkeurig ter plaatse te meten.

De FTIR spectroscopie berust op het principe dat gassen infrarood licht op voor hun karakteristieke golflengtes absorberen. Hierdoor kan gelijktijdig de concentratie van meerdere gassen met één enkel meettoestel geregistreerd worden. Elk IR-spectrum omvat de informatie van alle gassen die licht geabsorbeerd hebben tussen een IR-bron en een detector.

Uit stallen en uit mestopslag afgevoerde lucht is een mengeling van tot 200 verschillende gascomponenten. Om kruisgevoeligheid tussen de gassen te voorkomen – hetgeen tot foute concentratiewaarden zou leiden – moet de gebruikte FTIR spectrometer een hoge resolutie hebben. De tijdens de metingen gebruikte FTIR spectrometer heeft een resolutie van 0,25 cm<sup>-1</sup>. De spectrometer wordt met een gascel bediend. In de gascel zijn de spiegels opgesteld volgens het "White"-principe. De optische padlengte bedraagt 8 m. De meetgrens voor NH<sub>3</sub> ligt bij 0,5 ppm. Voor CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> en N<sub>2</sub>O ligt de grens in het bereik van de atmosferische achtergrondconcentratie van deze gassen of eronder. De met de FTIR spectrometer geregistreerde absorptiespectra worden middels multivariate kalibratie beoordeeld.

**Totaal koolwaterstof analyser.** De organische sporengasemissies (toc = total organic carbons) werden als somparameter met een totaal koolwaterstof analyser (J.U.M Engineering®, totaal koolwaterstof analyser

model VE 7) gemeten. De analyzer beschikt over een vlamionisatiedetector (FID) die vluchtige organische stoffen in het gas meet. Een pomp leidt continu het te meten gas in een oven waarin een waterstofvlammetje brandt. De oven is op 190 °C verwarmd. De koolwaterstoffen worden gesplitst en produceren elektrisch actieve koolstof-ionen die in een elektrisch geladen veld een kleine ionenstroom opwekken. De sterkte van deze ionenstroom is afhankelijk van de hoeveelheid geoxideerde koolwaterstoffen. De in de detector opgewekte ionenstroom wordt naar de niet inverterende versterker geleid. Hij wordt als analoog signaal in vorm van een gelijkstroom op het display van het toestel zichtbaar en elke 5 minuten in een datalogger (Keithley® Integra 2700 DDM) opgeslagen. De toc-analyzer wordt elke tweede dag met een nul-gas (N<sub>2</sub>) en een testgas (CH<sub>4</sub>) gekalibreerd. Door het kalibreren kan de gelijkstroom meteen naar een concentratie in ppm omgerekend worden.

Het toc-gehalte in de gasafvoer kan als indicator dienen voor het stankpotentieel. Hoe hoger het toc-gehalte, hoe hoger het potentieel voor geuremissies.

**Computerprogramma voor de dataregistratie.** Een computerprogramma maakt het mogelijk om de gasconcentraties continu te meten. Het programma controleert een meetpuntomschakelaar en de FTIR spectrometer. Het start met de analyse van de gasconcentraties in de luchttoevoer. De lucht wordt met een debiet van ongeveer 1 l/min door de gascel van de FTIR spectrometer en de toc-analyser gezogen. Voor de analyse van de gasconcentraties wordt de aangevoerde lucht drie keer gemeten. Vervolgens opent het computerprogramma het uitlaatventiel. De gascel wordt nu gedurende 10 minuten met afgevoerde lucht -met daarin de emissies uit de mest- gespoeld. Na deze 10 minuten worden de gasconcentraties weer drie keer geregistreerd, nu van de afgevoerde lucht. Vervolgens start het programma weer de toevoer van schone lucht. Deze cyclus wordt continu herhaald; net zo lang tot het programma manueel gestopt wordt.

**Berekening van de emissiewaarde.** De emissiewaarde (g/h) wordt berekend door het vermenigvuldigen van de gasconcentratie (g/m<sup>3</sup>) met de ventilatiewaarde in de mobiele meetinstallatie (m<sup>3</sup>/h). De FTIR spectrometer geeft de gasconcentratie in ppm aan. Deze eenheid moet naar g/m<sup>3</sup> omgerekend worden. Hiervoor moet het molaire volume van de gassen bekend zijn dat afhankelijk is van o.a. luchtdruk en temperatuur. De temperatuur in de gasleidingen en in de gascel werd constant op 45 °C gehouden. De luchtdruk werd elk uur gemeten en in de berekening van de gasconcentraties opgenomen.

Gasconcentraties werden afwisselend in de luchttoevoer en in de luchtafvoer gemeten. De emissiewaarde is het verschil tussen de concentraties in de luchttoevoer en -afvoer, vermenigvuldigd met de ventilatiewaarde.

**Meetparameter.** In het kader van het onderzoek werden NH<sub>3</sub>-, N<sub>2</sub>O-, CH<sub>4</sub>- en toc-emissies gemeten. De analyse van de gasconcentraties gebeurde middels een FTIR spectrometer met hoge resolutie. De toc-concentraties werden met een vlamionisatiedetector gemeten.

De drijfmesttemperatuur werd in iedere mestput continu op twee diepten gemeten. Er werden om de 14 dagen monsters genomen voor de mestanalyse. In totaal werden 41 mestmonsters geanalyseerd. Om een representatief monster te krijgen werd telkens op vijf verschillende diepten een staal drijfmest genomen. De verschillende stalen werden tot één mestmonster gemengd. Het mestmonster werd tot de analyse diepgevroren bewaard. De volgende inhoudsstoffen werden geanalyseerd:

- drogestofgehalte
- organische drogestofgehalte
- asgehalte
- pH-waarde
- NH<sub>4</sub>-N-gehalte
- totaal stikstofgehalte
- totaal koolstofgehalte

## 2.2 Verloop van het onderzoek

### 2.2.1 Vloeibare varkensmest

Het bedrijf Multikraft Produktions- und Handels GmbH heeft de toevoeging "Effectieve Micro-organismen (EM)" ter beschikking gesteld. Volgende twee varianten werden onderzocht:

⑩ Varkensdrijfmest afkomstig van een stal met aflopende dichte vloeren met een open mestput  
 Varkensdrijfmest afkomstig van een stal met aflopende dichte vloeren met een open mestput met EM-toevoeging

De varkensdrijfmest was afkomstig van een stal met aflopende dichte vloeren in Opper-Oostenrijk. Het vloeroppervlak van de stal bestaat uit 270 m<sup>2</sup> aflopende dichte vloer en 54 m<sup>2</sup> volledig roostervloer die zich steeds geheel achteraan in de hokken bevindt. In de stal worden 250 mestvarkens gehuisvest (ÖHYB-kruising: F2 met 50% Piëtrainbloed). Dagelijks is er 300 gram lang stro per varken beschikbaar in de ruif die aan de voorkant van de dichte vloer staat opgesteld. Het voer bestaat uit 55% maïs, 20% tarwe, en 25% maïscombi (soja en mineralenmix). De dieren krijgen gedurende de gehele afmestperiode hetzelfde voer. De gemiddelde groei varieert van 750 – 800 g/dag. Dagelijks wordt het drijfmestkanaal gespoeld om de drijfmest uit de stal te verwijderen.

Voor de variant 'onbehandelde varkensdrijfmest' werd 7,70 m<sup>3</sup> drijfmest opgeslagen. De hoeveelheid drijfmest met EM-toevoeging bedroeg 7,65 m<sup>3</sup>. Hieraan werd op 2 juni 2004 16 liter EM toegevoegd. Tabel 1 geeft de samenstelling van de drijfmest weer aan het begin en aan het einde van het onderzoek. De emissiemetingen startten op 1 juni 2004. De oorspronkelijke planning was om de emissies tijdens de opslag drie maanden lang te volgen. Tijdens het onderzoek werd echter duidelijk dat er ook na drie maanden nog aanzienlijke emissies vrijkwamen. Daarom werd de opslagperiode tot midden december 2004 verlengd. De extra metingen van deze verlengde periode heeft het ILT gefinancierd.

**Tabel 1:** samenstelling drijfmest aan het begin en aan het einde van het onderzoek

		Nt [g/(kg mest)]	NH <sub>4</sub> -N [g/(kg mest)]	droge stof %	org. droge stof %	pH
varken zonder	begin	2,47	1,23	4,83	3,61	6,51
	einde	1,70	1,27	2,46	1,79	7,22
varken EM	begin	2,34	1,40	4,08	3,01	6,51
	einde	2,27	1,79	2,67	1,97	7,24

### 2.2.2 Vaste varkensmest

Een stal met aflopende dichte vloeren voor mestvarkens levert bij beperkt strogebruik drijfmest op. Als er dikker ingestrooid wordt ontstaat vaste mest. Om de milieu-effecten van een stal met aflopende dichte vloeren te kunnen beoordelen is het noodzakelijk om zowel de emissies uit drijfmest als uit vaste mest te kennen. Daarom werd het project "Milieu en klimaat relevante emissies uit een stal met aflopende dichte vloeren voor mestvarkens" uitgebreid met emissiemetingen tijdens de opslag van vaste mest. Er werden twee varianten onderzocht:

- ⑩ anaerobe opslag van vaste mest zonder EM-toevoeging
- ⑩ anaerobe opslag van vaste mest met EM-toevoeging

De vaste varkensmest was afkomstig uit een stal met aflopende dichte vloeren in Opper-Oostenrijk. In de stal worden 540 mestvarkens gehuisvest (ÖHYB-kruising: F2 met 50% Piëtrainbloed). Per dier is er 0,84 m<sup>2</sup> vloeroppervlak. Er wordt dagelijks 300 gram lang stro per varken in een ruif aangeboden. Het voer bestaat uit 30% maïs, 24% gerst, 20% tarwe, 13% soja, 10% erwten en 3% mineralenmix. De samenstelling van het voer is gedurende de gehele afmestperiode gelijk. De gemiddelde groei per dag is 790 gram en dit bij een voederconversie van 1: 2,7. De vaste mest wordt 2 keer per week met een kniklader uit de stal verwijderd.

Het ILT-proefstation bestaat uit vijf mestputten en een composteringsplaat. (zie afbeelding 1 en 2). Op de composteringsplaat wordt de vaste mest opgezet in een langwerpige, driehoekige vorm zoals gebruikelijk bij composteringsbedrijven. Over de vaste mest (8 ton) werd 26 liter EM gelijkmatig verdeeld en zonder verdere manipulatie opgeslagen. De opslagperiode duurde van 2 juni tot 16 augustus 2004. Op 16 augustus 2004 werd weer vaste mest, afkomstig uit dezelfde stal, geleverd en deze keer zonder EM-toevoeging opgeslagen. De metingen duurden tot 9 december 2004. Tabel 2 geeft de samenstelling van de vaste mest weer aan het begin en aan het einde van het onderzoek. De emissies uit de vaste mest werden met de hoge opstelling van de meetinstallatie gemeten.

**Tabel 2:** samenstelling vaste mest aan het begin en aan het einde van het onderzoek

		Nt [g/(kg mest)]	NH <sub>4</sub> -N [g/(kg mest)]	droge stof %	org. droge stof %	pH
varken zonder	begin	8,96	4,94	23,08	19,09	8,60
	einde	14,64	4,43	29,15	18,95	7,87
varken EM	begin	11,05	6,11	26,88	21,89	9,31
	einde	18,81	5,38	31,43	18,80	8,14

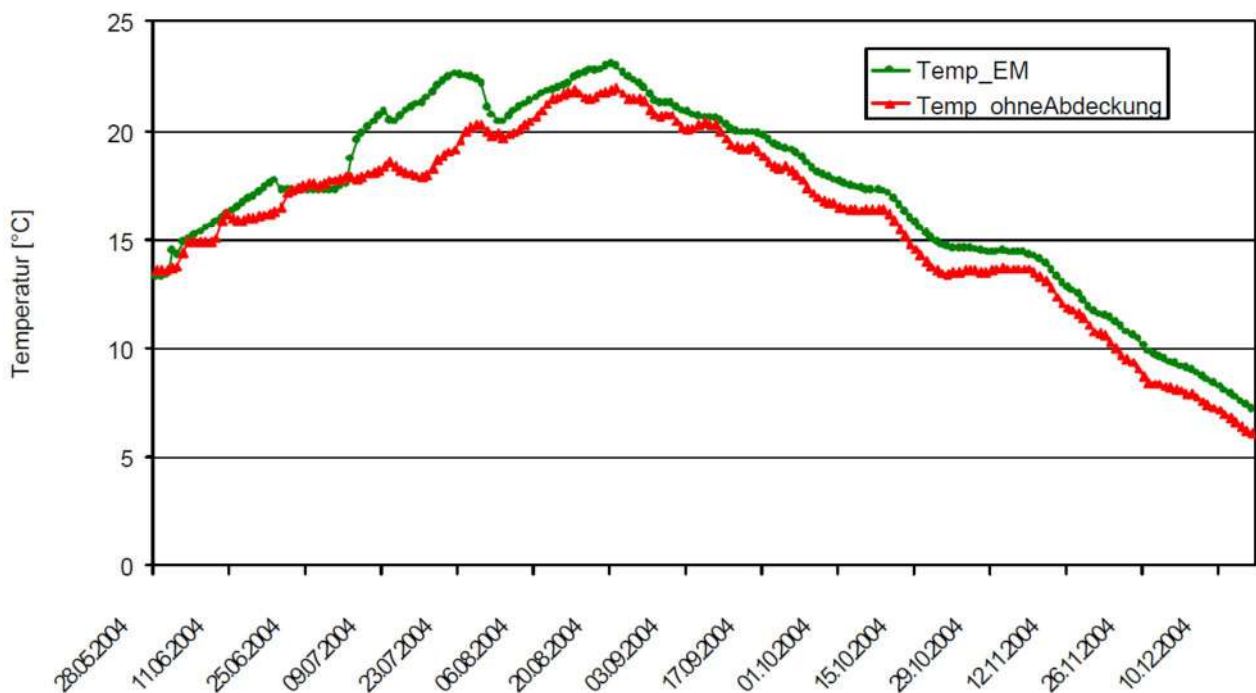
### 3 Resultaten

De resultaten geven de emissies weer van CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O en toc (total organic carbon) gedurende de opslag van varkensdrijfmest en vaste mest. In de tabellen zijn de emissies tijdens de opslag en de gecumuleerde emissies te zien.

#### 3.1 Drijfmest

Circa 8 m<sup>3</sup> varkensdrijfmest zonder EM-toevoeging en ongeveer 8 m<sup>3</sup> varkensdrijfmest met EM-toevoeging werden onder praktijkomstandigheden in mestputten opgeslagen. De opslag duurde 200 dagen. Met de metingen werd in juni 2004 begonnen en ze duurden tot midden december 2004.

Afbeelding 4 laat het temperatuurverloop in de drijfmest tijdens het onderzoek zien. Het verschil in drijfmesttemperatuur tussen beide varianten was maar klein. Tijdens de warme zomermaanden steeg de temperatuur in de drijfmest tot boven de 20 °C. Vanaf september daalde de temperatuur continu en bedroeg tegen het einde van het onderzoek 7 °C.



**Afbeelding 4:** temperatuur in de drijfmest tijdens de opslag van juni tot december 2004

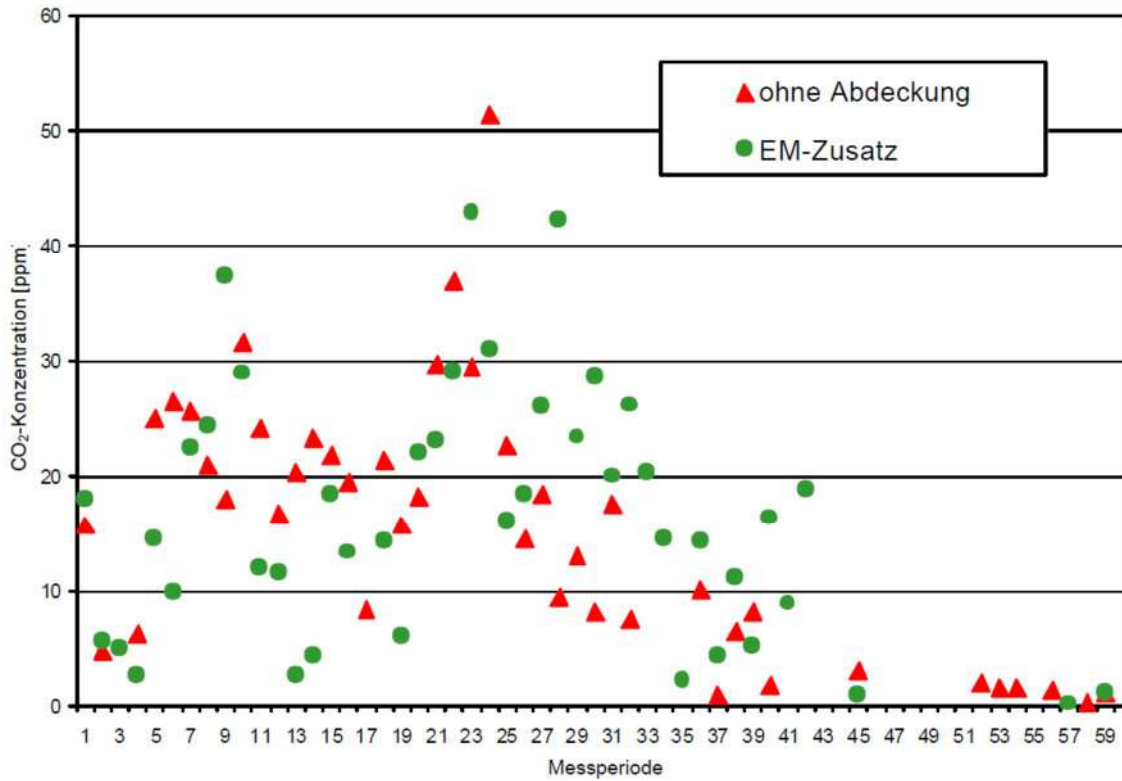
##### 3.1.1 Gasconcentraties tijdens verloop van het onderzoek

Afbeeldingen 5 tot en met 8 geven de CO<sub>2</sub>-, CH<sub>4</sub>-, NH<sub>3</sub>- en N<sub>2</sub>O-uitstoot weer tijdens de opslag van varkensdrijfmest met en zonder EM-toevoeging. Iedere variant werd ongeveer 60 keer gedurende 6 – 12 uur onderzocht. De in de volgende tabellen weergegeven emissies zijn het verschil tussen de concentraties in de luchttoevoer en -afvoer. Ze laten het verloop van de emissies zien maar geven nog geen informatie over de hoeveelheid van gasvormige verliezen.

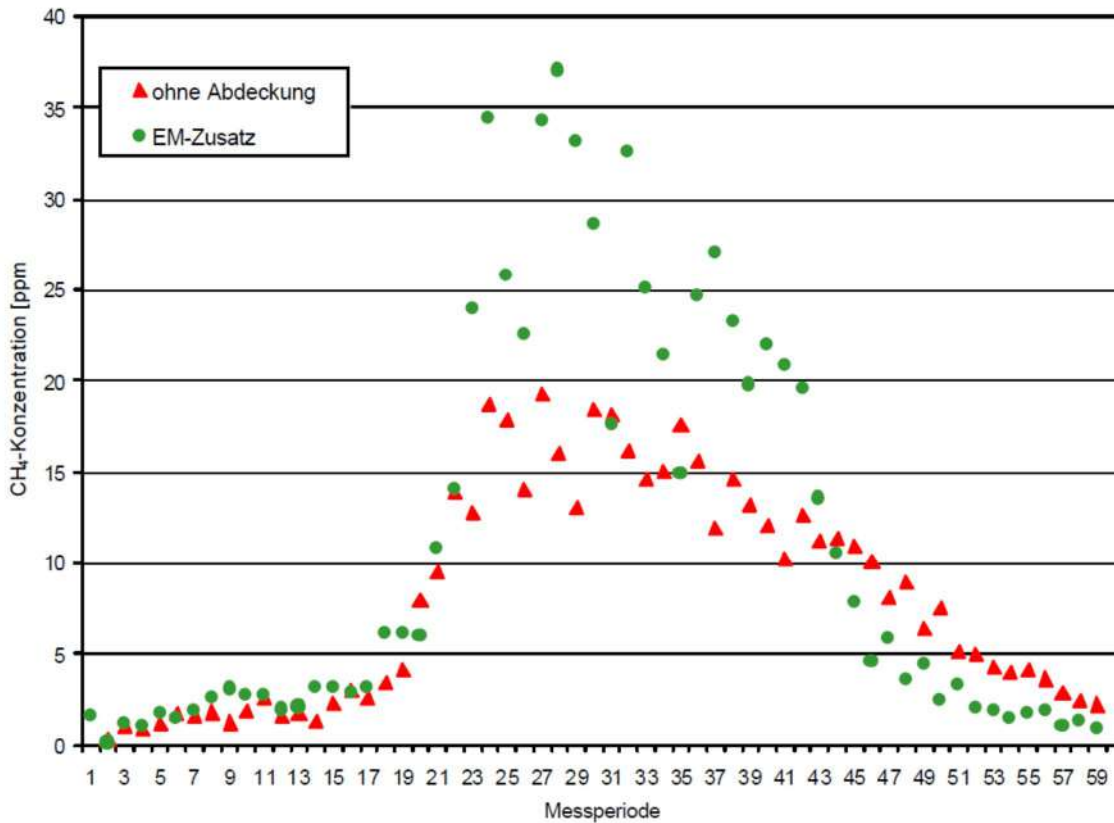
De CO<sub>2</sub>-uitstoot was aan het begin van het onderzoek matig hoog en toonde ongeveer in het midden van de meetperiode een maximum. Toen waren de buitentemperaturen het hoogst. Tegen het einde van de meetperiode daalden de CO<sub>2</sub>-emissies naar bijna nul (afb. 5).



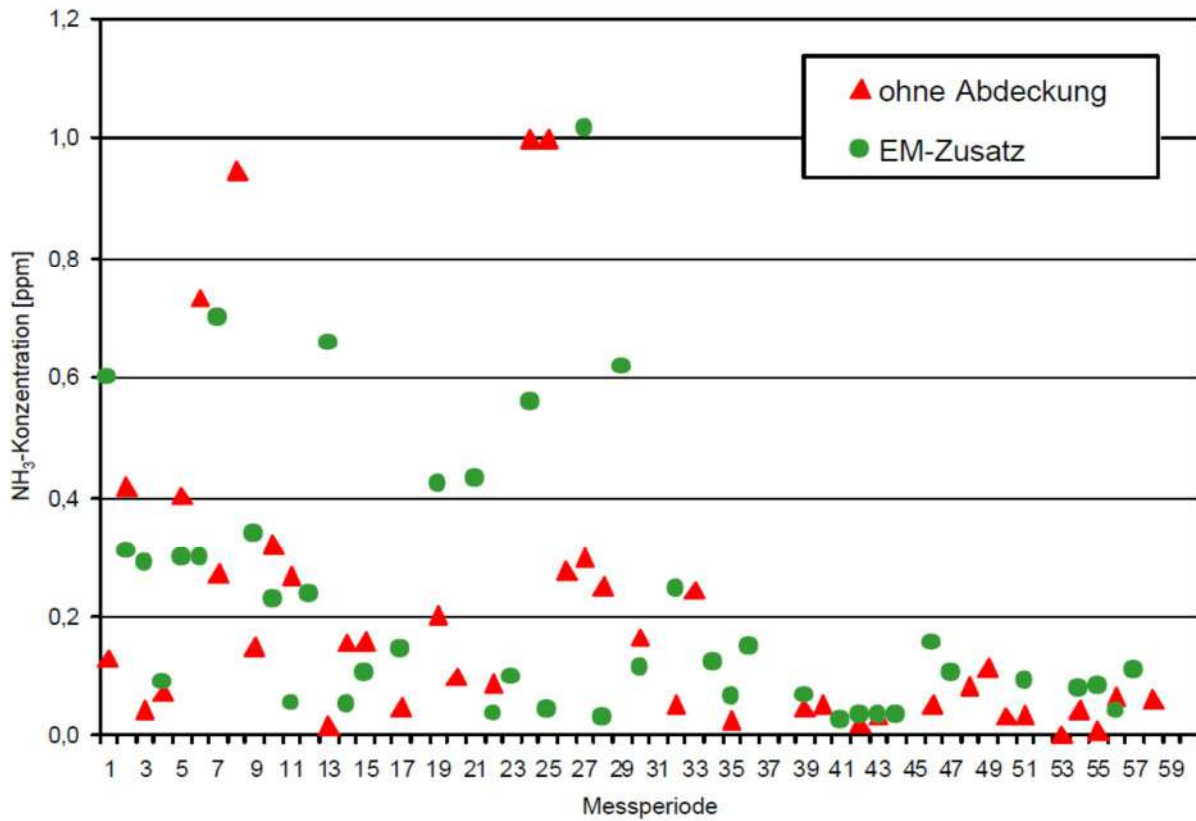
De CH<sub>4</sub>-uitstoot steeg duidelijk gedurende het onderzoek (afb. 6). De stijgende buitentemperatuur kan hiervoor als oorzaak worden gezien. Halverwege de meetperiode bleven de CH<sub>4</sub>-emissies op een hoog niveau. Gedurende de laatste 70 dagen daalden de emissies langzaam. Ook tegen het einde van het onderzoek waren uit beide varianten nog geringe CH<sub>4</sub>-emissies meetbaar.



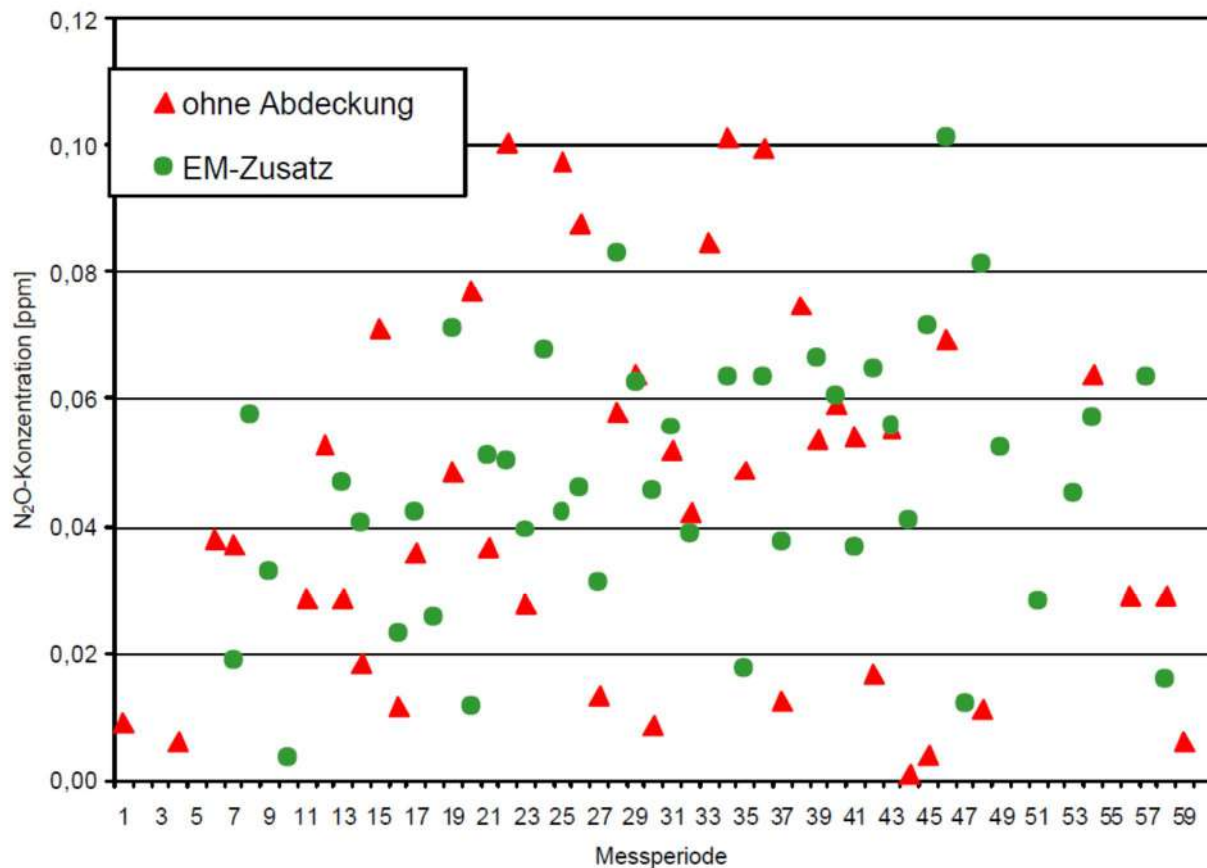
Afbeelding 5: CO<sub>2</sub>-uitstoot tijdens opslag drijfmest



Afbeelding 6: CH<sub>4</sub>-uitstoot tijdens opslag drijfmest



**Afbeelding 7:** NH<sub>3</sub>-uitstoot tijdens opslag drijfmest  
 Bij de NH<sub>3</sub>-uitstoot werden twee maxima waargenomen, maar deze waren minder uitgesproken dan bij de CO<sub>2</sub>- en CH<sub>4</sub>-uitstoot. Tegen het einde van het onderzoek stabiliseerden de NH<sub>3</sub>-emissies op een laag niveau (afb. 7).

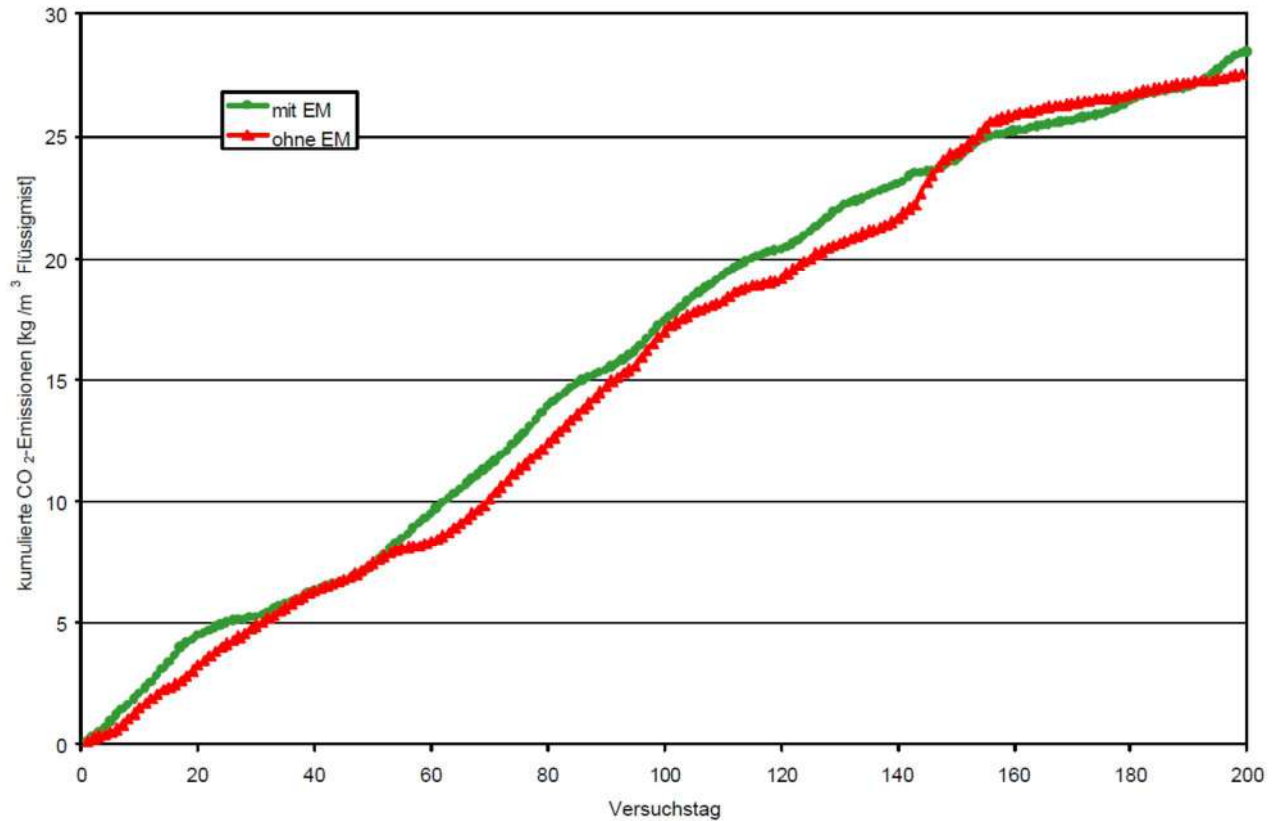


**Afbeelding 8:** N<sub>2</sub>O-uitstoot tijdens opslag drijfmest

De N<sub>2</sub>O-uitstoot toonde geen maximum en geen duidelijke trend tijdens het onderzoek. Het verschil tussen de concentraties in de luchttoevoer en -afvoer bewoog zich meestal tussen 0 en 0,1 ppm N<sub>2</sub>O (afb. 8).

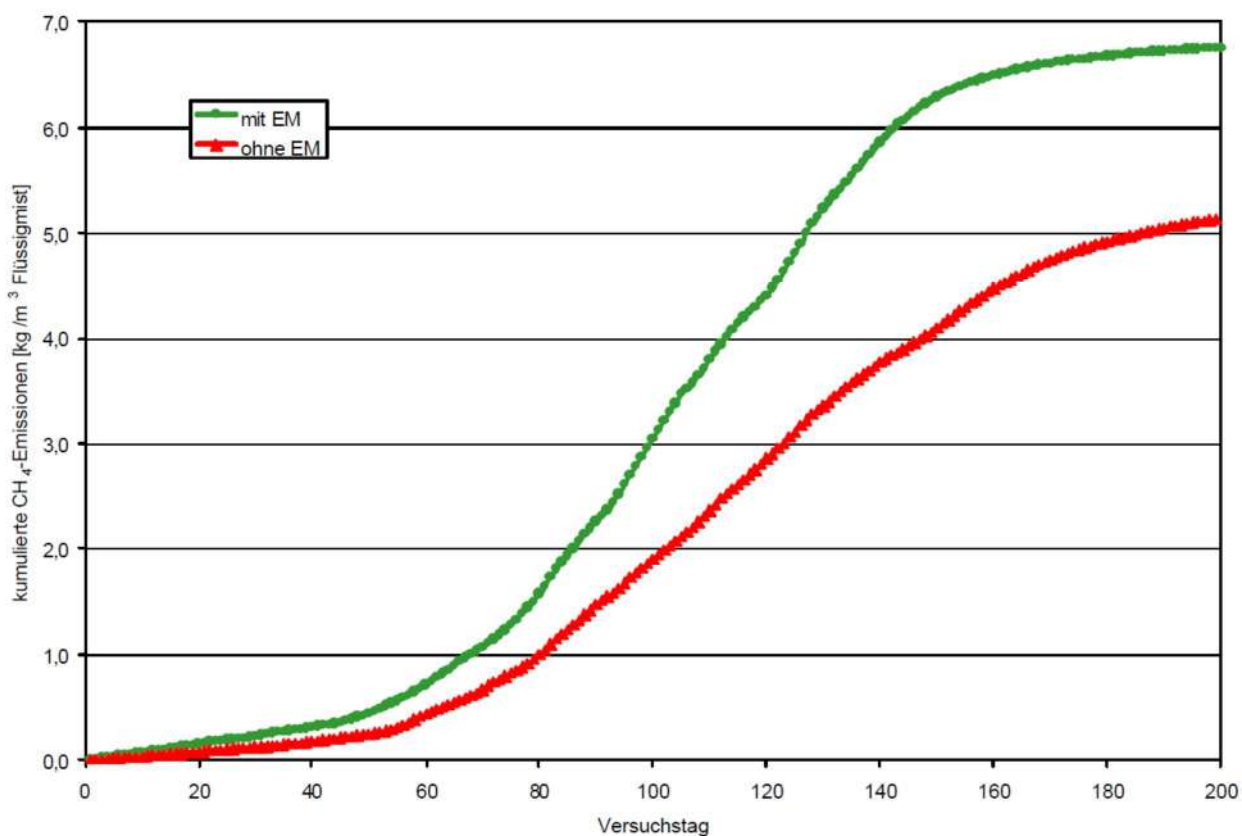
### 3.1.2 Gecumuleerde emissies

Per variante werden tijdens het onderzoek ongeveer 8800 emissiewaarden geregistreerd. Uit de ruwe data werd eerst de uitstoot per dag berekend. Deze dagelijkse emissies werden samengevoegd tot de gecumuleerde emissies. Afbeeldingen 9 tot 13 geven het verloop van de gecumuleerde emissies weer voor CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O en toc tijdens de opslag van varkensdrijfmest met en zonder EM-toevoeging.



**Afbeelding 9:** gecumuleerde CO<sub>2</sub>-emissies tijdens opslag varkensdrijfmest met en zonder EM-toevoeging

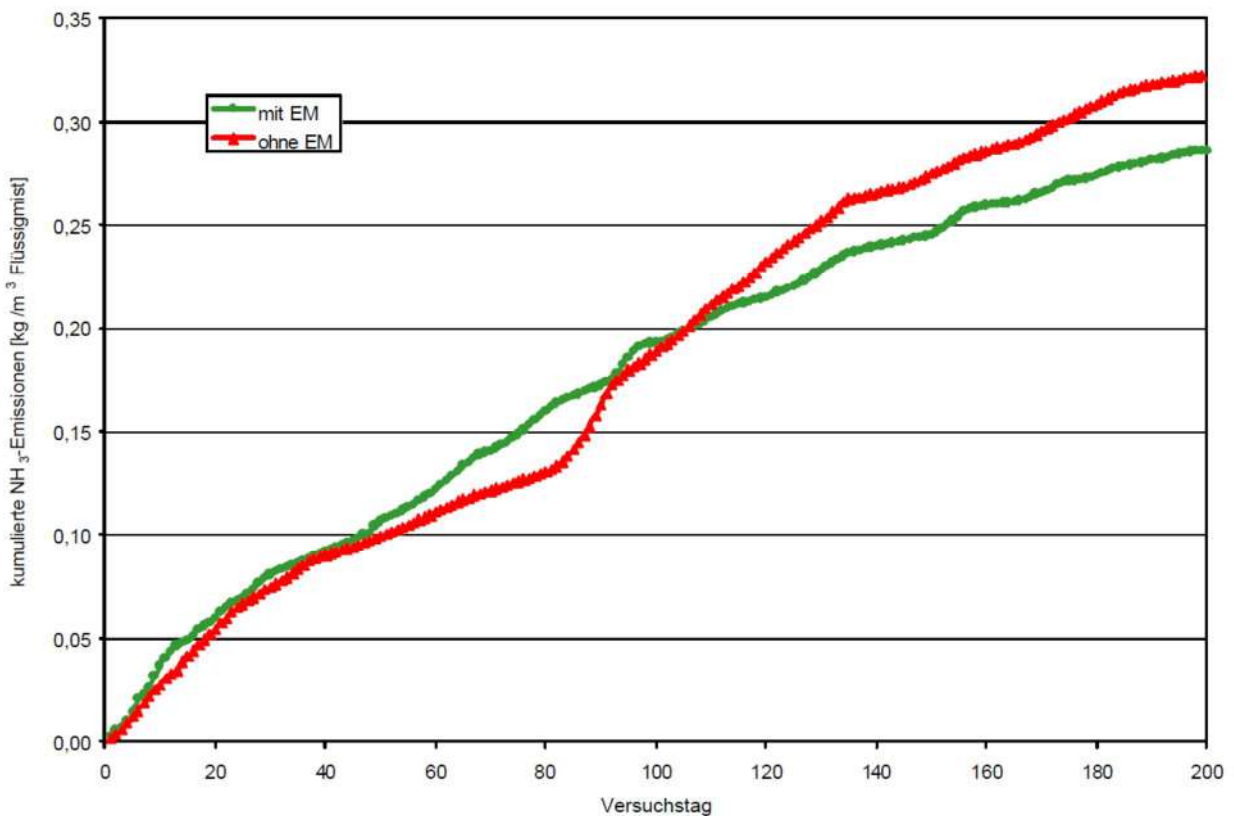
De gecumuleerde CO<sub>2</sub>-emissies stegen voor beide varianten tot ongeveer de 160ste onderzoeksdag vrijwel lineair. Vervolgens daalde de CO<sub>2</sub>-productie duidelijk en de gecumuleerde emissies stegen amper meer. Het verschil in CO<sub>2</sub>-emissies tussen drijfmest met en zonder EM-toevoeging was klein (afb. 9).



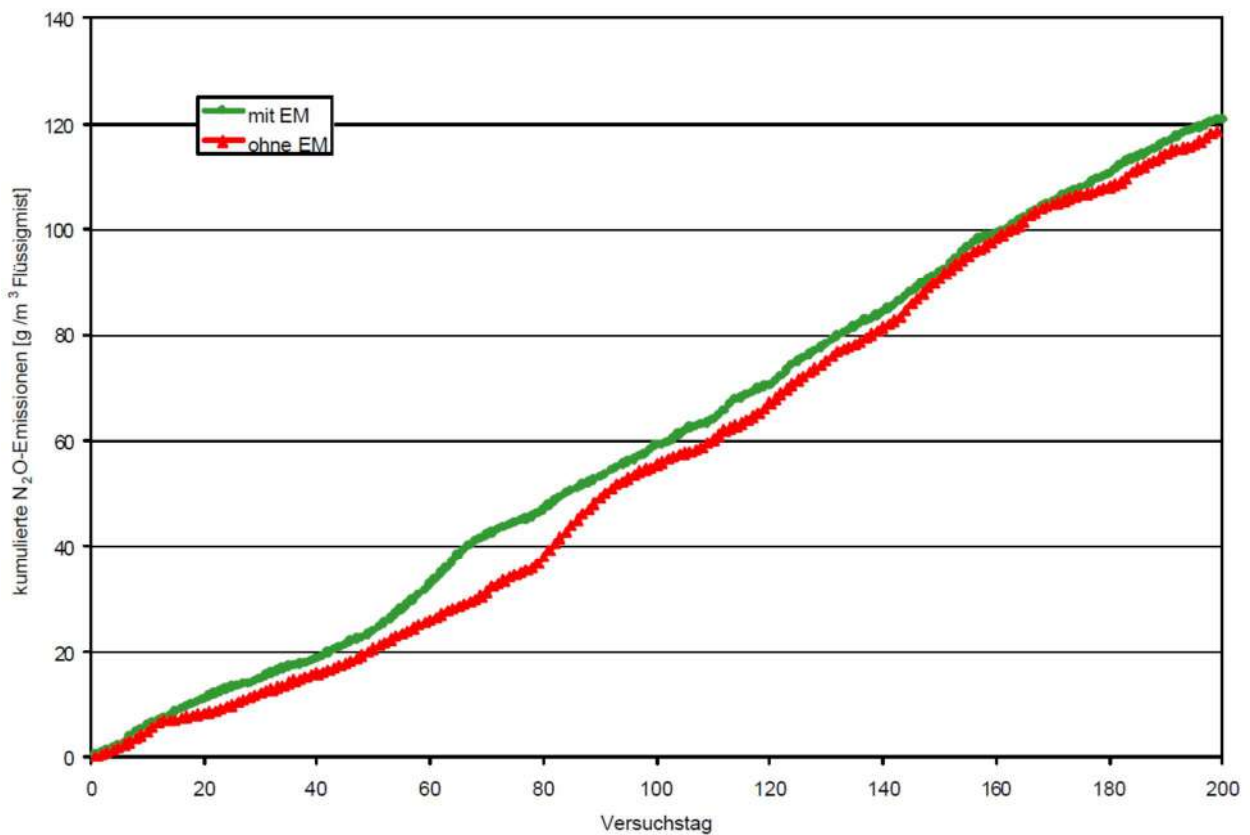
**Afbeelding 10:** gecumuleerde CH<sub>4</sub>-emissies tijdens opslag varkensdrijfmest met en zonder EM-toevoeging

De CH<sub>4</sub>-emissies waren aan het begin van de opslag laag. Tot dag 60 van het onderzoek bedroegen de CH<sub>4</sub>-emissies 0,43 kg CH<sub>4</sub>/m<sup>3</sup> drijfmest (zonder EM-toevoeging) en 0,71 kg CH<sub>4</sub>/m<sup>3</sup> drijfmest (met EM-toevoeging). Met het stijgen van de buiten- en drijfmesttemperatuur stegen de CH<sub>4</sub>-emissies sterk. Pas na het dalen van de temperaturen rond de 160ste onderzoeksdag werd een afvlakken van de gecumuleerde CH<sub>4</sub>-emissies waargenomen. Zonder EM-toevoeging bedroegen de gecumuleerde CH<sub>4</sub>-emissies tijdens de hele opslagperiode 5,13 kg CH<sub>4</sub>/m<sup>3</sup> drijfmest. Voor de variante met EM-toevoeging bedroeg de CH<sub>4</sub>-uitstoot 6,75 kg/m<sup>3</sup> voor de 200 dagen durende opslagperiode (afb. 10).

Afbeelding 11 laat de gecumuleerde NH<sub>3</sub>-emissies zien tijdens de opslag van varkensdrijfmest met en zonder EM-toevoeging zien. Ook hier werden halverwege het onderzoek hogere emissies gemeten dan tegen het einde toen de buiten- en drijfmesttemperatuur duidelijk daalde. De variante zonder EM-toevoeging stootte in totaal 0,322 kg NH<sub>3</sub> per m<sup>3</sup> drijfmest uit. Door een eenmalige EM-toevoeging aan het begin van de opslag konden de NH<sub>3</sub>-emissies naar 0,286 kg NH<sub>3</sub> per m<sup>3</sup> drijfmest teruggebracht worden.

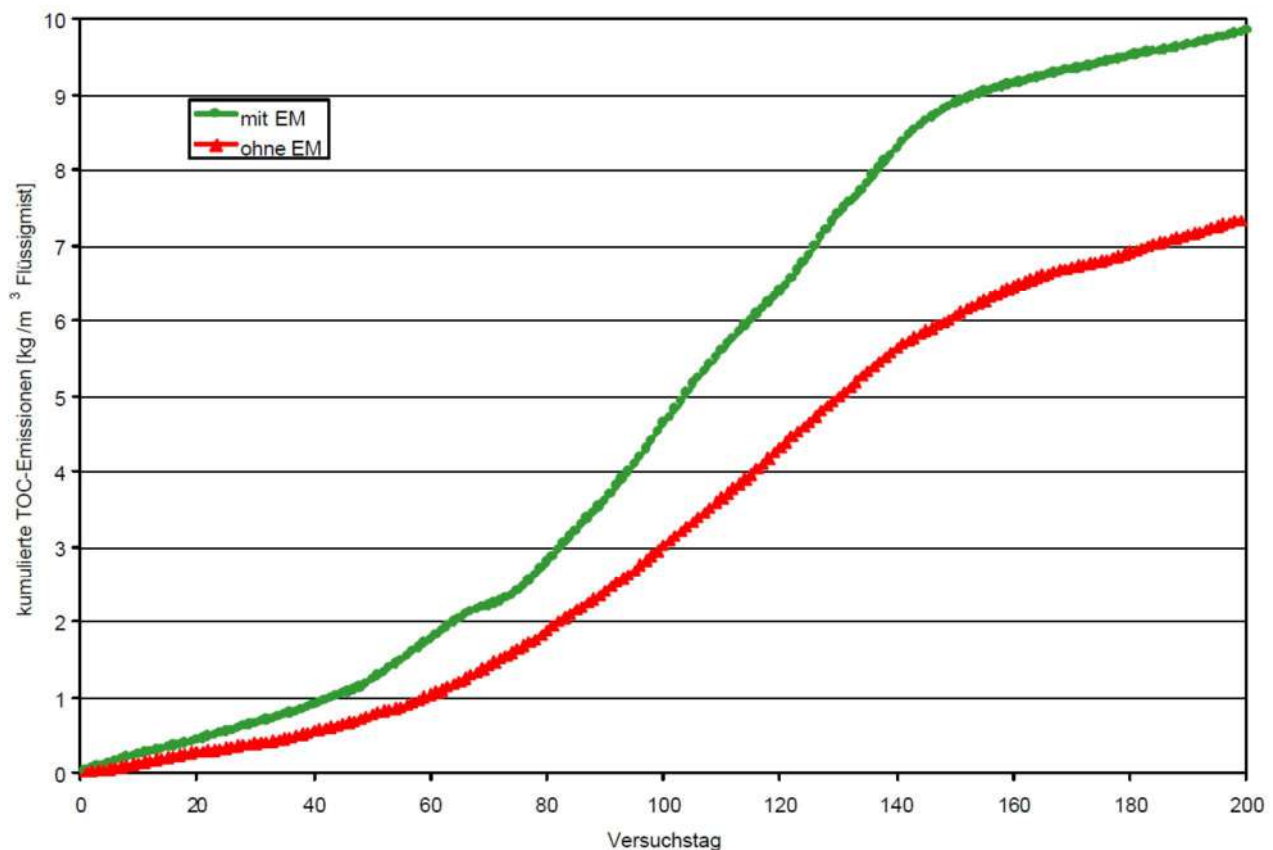


**Afbeelding 11:** gecumuleerde NH<sub>3</sub>-emissies tijdens opslag varkensdrijfmest met en zonder EM-toevoeging



**Afbeelding 12:** gecumuleerde N<sub>2</sub>O-emissies tijdens opslag varkensdrijfmest met en zonder EM-toevoeging

De gecumuleerde N<sub>2</sub>O-emissies stegen tijdens de hele opslagperiode vrijwel lineair. Tussen beide varianten werd maar een klein verschil gemeten qua uitstoot. Met EM-toevoeging bedroeg de som van de N<sub>2</sub>O-emissies 121 g N<sub>2</sub>O/m<sup>3</sup> drijfmest. Zonder EM-toevoeging werden emissies van 118 g N<sub>2</sub>O/m<sup>3</sup> drijfmest gemeten (afb. 12).



**Afbeelding 13:** gecumuleerde toc-emissies tijdens opslag varkensdrijfmest met en zonder EM-toevoeging

Het verloop van de gecumuleerde toc-emissies leek op die van de gecumuleerde CH<sub>4</sub>-emissies: lage emissiewaarden aan het begin van de opslag, hoge waarden tijdens de warme periode en een afvlakken van de emissies tegen het einde. Met EM-toevoeging aan het begin van de opslag werd in totaal een emissie van 9,83 kg CH<sub>4</sub>-equivalenten per m<sup>3</sup> drijfmest gemeten. De drijfmest zonder EM-toevoeging had een uitstoot van 7,34 kg CH<sub>4</sub>-equivalenten per m<sup>3</sup> (afb. 13).

Tabel 3 geeft samenvattend de som van CO<sub>2</sub>-, NH<sub>3</sub>-, N<sub>2</sub>O- en toc-emissies weer tijdens de opslag van varkensdrijfmest met en zonder EM-toevoeging. Aan de hand van de CH<sub>4</sub>- en N<sub>2</sub>O-emissies werd de som van klimaat relevante emissies berekend. Het broeikas effect van CH<sub>4</sub> is 21 keer hoger dan dat van CO<sub>2</sub>. Voor N<sub>2</sub>O bedraagt de equivalentiefactor 310 (IPCC 1996).

Met EM-toevoeging waren de CO<sub>2</sub>-emissies iets verhoogd. Omdat de hier uitgestoten CO<sub>2</sub> niet uit fossiele bronnen afkomstig is wordt het niet als klimaat relevant geïnclassificeerd. Hogere CO<sub>2</sub>-emissies zijn eerder een positief teken van verhoogde microbiële activiteit.

De som van CH<sub>4</sub>-, toc- en klimaat relevante gassen was hoger uit drijfmest met EM-toevoeging dan uit onbehandelde drijfmest. Voor de N<sub>2</sub>O-emissies was geen noemenswaardig verschil waarneembaar. Door EM-toevoeging daalden de NH<sub>3</sub>-emissies duidelijk met circa 11 %.

Wordt de som van CH<sub>4</sub>-emissies per m<sup>3</sup> drijfmest omgerekend naar emissies per kg organische drogestofgehalte in drijfmest, dan levert dat emissies op van 168,2 g CH<sub>4</sub>-C per kg organische droge stof voor drijfmest met EM-toevoeging en 106,5 g CH<sub>4</sub>-C per kg organische droge stof voor onbehandelde drijfmest. Deze waarden zijn hoger dan de in een eerder onderzoek gemeten emissies van 97,9 respectievelijk 99,8 g CH<sub>4</sub>-C per kg organische droge stof zonder en met EM-toevoeging (AMON ET AL. 2004b). Destijds waren zowel het organische drogestofgehalte in de drijfmest als de drijfmesttemperatuur duidelijk lager dan de resultaten van het in dit rapport beschreven onderzoek. De opslag voor het onderzoek van Amon et al. (2004b) duurde maar 100 dagen. De gecumuleerde CH<sub>4</sub>-emissies stegen tijdens deze 100 dagen lineair en stagneerden niet tegen het einde. Voor het hier beschreven onderzoek werden de emissies 200 dagen geregistreerd. Werd EM reeds aan het varkensvoer toegevoegd, dan toonde het onderzoek van Amon et al. (2004b) duidelijk lagere emissies tijdens de opslag van drijfmest. Metingen in de varkensstal tijdens de tweede helft van de afmestperiode wezen lagere CH<sub>4</sub>-emissies uit als EM regelmatig in de stal werd gespreid. Dat zou erop kunnen wijzen dat EM een beter resultaat geeft als het zo vroeg mogelijk en regelmatig aan de mestketen wordt toegevoegd.



De gecumuleerde NH<sub>3</sub>-emissies waren vergelijkbaar hoog als bij een eerder onderzoek. Destijds werden emissies van 337,9 (zonder EM), 354,3 (met EM) und 266,9 (EM-FKE aan voer toegevoegd) g NH<sub>3</sub>/m<sup>3</sup> drijfmest gemeten (AMON ET AL. 2004b). Een reductie van de NH<sub>3</sub>-emissies na EM-toevoeging werd ook bij het gebruik ervan in de varkensstal waargenomen (AMON ET AL. 2004a). Het regelmatig sproeien van EM in de varkensstal zorgde voor duidelijk lagere NH<sub>3</sub>-emissies in de tweede helft van de afmestperiode.

De gecumuleerde lachgasemissies bedroegen na 200 dagen circa 120 g/m<sup>3</sup> drijfmest. Bij Amon et al. (2004b) werden na 100 dagen gecumuleerde N<sub>2</sub>O-emissies gemeten van 36 tot 41 g N<sub>2</sub>O/m<sup>3</sup> drijfmest. In het hier beschreven onderzoek hadden de N<sub>2</sub>O-emissies na 100 dagen een niveau van ongeveer 55 g N<sub>2</sub>O/m<sup>3</sup> drijfmest bereikt. Tijdens beide studies stegen de N<sub>2</sub>O-emissies gedurende de hele opslagperiode lineair. Dat betekent dat N<sub>2</sub>O continu wordt uitgestoten en dat de emissiewaarde in de loop van de opslag amper verandert.

Een eenmalige toevoeging aan het begin van de opslag verhoogde ook in een eerder onderzoek de toc-emissies. Een daling was waar te nemen als EM in de vorm van EM-FKE reeds aan het varkensvoer werd toegevoegd (AMON ET AL. 2004b). Het regelmatige sproeien van EM in de varkensstal leidde tot een duidelijke reductie van de toc-emissies (AMON ET AL. 2004a). Er zou vermoed kunnen worden dat EM de toc-emissies vermindert als het zo vroeg mogelijk en regelmatig gebruikt wordt.

**Tabel 3:** gecumuleerde emissies tijdens de opslag van varkensdrijfmest met en zonder EM-toevoeging

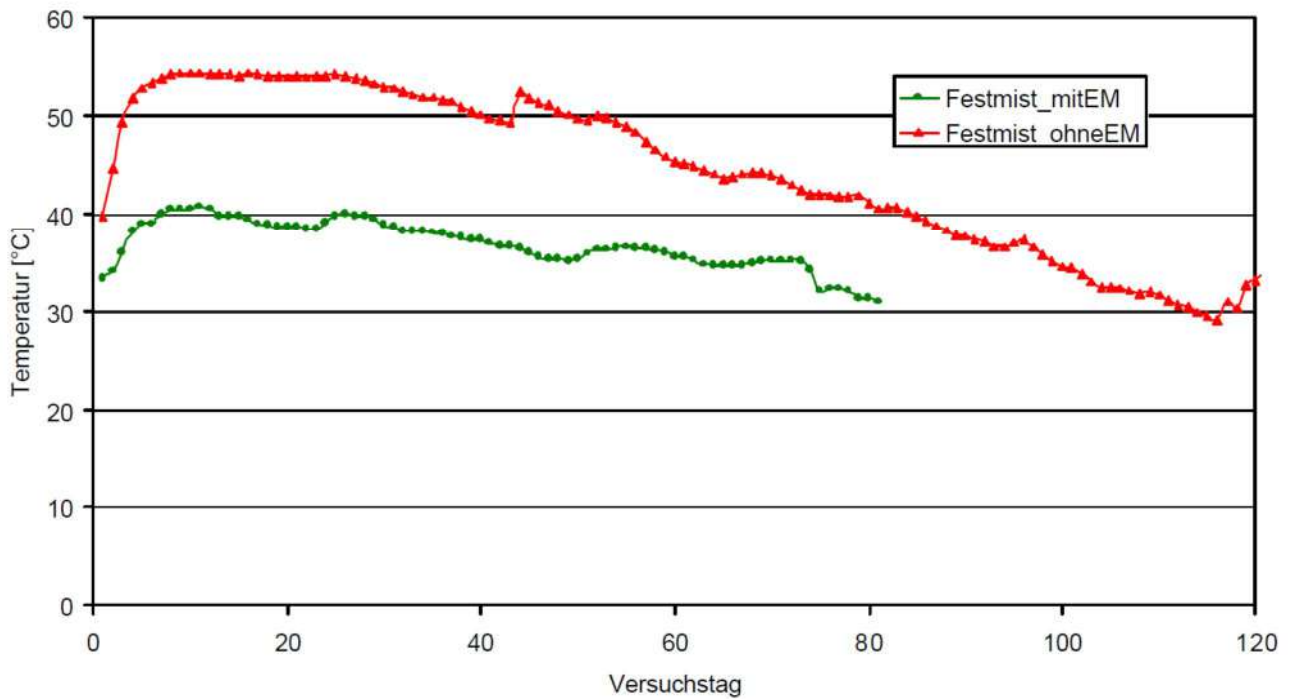
variant	gecumuleerde emissies van....					
	CO <sub>2</sub> [kg/m <sup>3</sup> mest]	CH <sub>4</sub> [kg/m <sup>3</sup> mest]	NH <sub>3</sub> [kg/m <sup>3</sup> mest]	N <sub>2</sub> O [g/m <sup>3</sup> mest]	toc [kg/m <sup>3</sup> mest]	GHG <sup>a</sup> [kg/m <sup>3</sup> mest]
varken zonder	27,5	5,13	0,322	118	7,34	144,4
varken EM	28,4	6,75	0,286	121	9,83	179,2

<sup>A</sup> Greenhouse gas emissions = som van broeikasgassen; CO<sub>2</sub>-equivalentiefactoren: N<sub>2</sub>O = 310, CH<sub>4</sub> = 21 [IPCC 1996]

### 3.2 Vaste mest

In een stal met aflopende dichte vloeren kan er ook vaste mest geproduceerd worden als er voldoende (stro) ingestrooid wordt. Het volgende hoofdstuk beschrijft de emissies tijdens de opslag van vaste mest met en zonder EM-toevoeging.

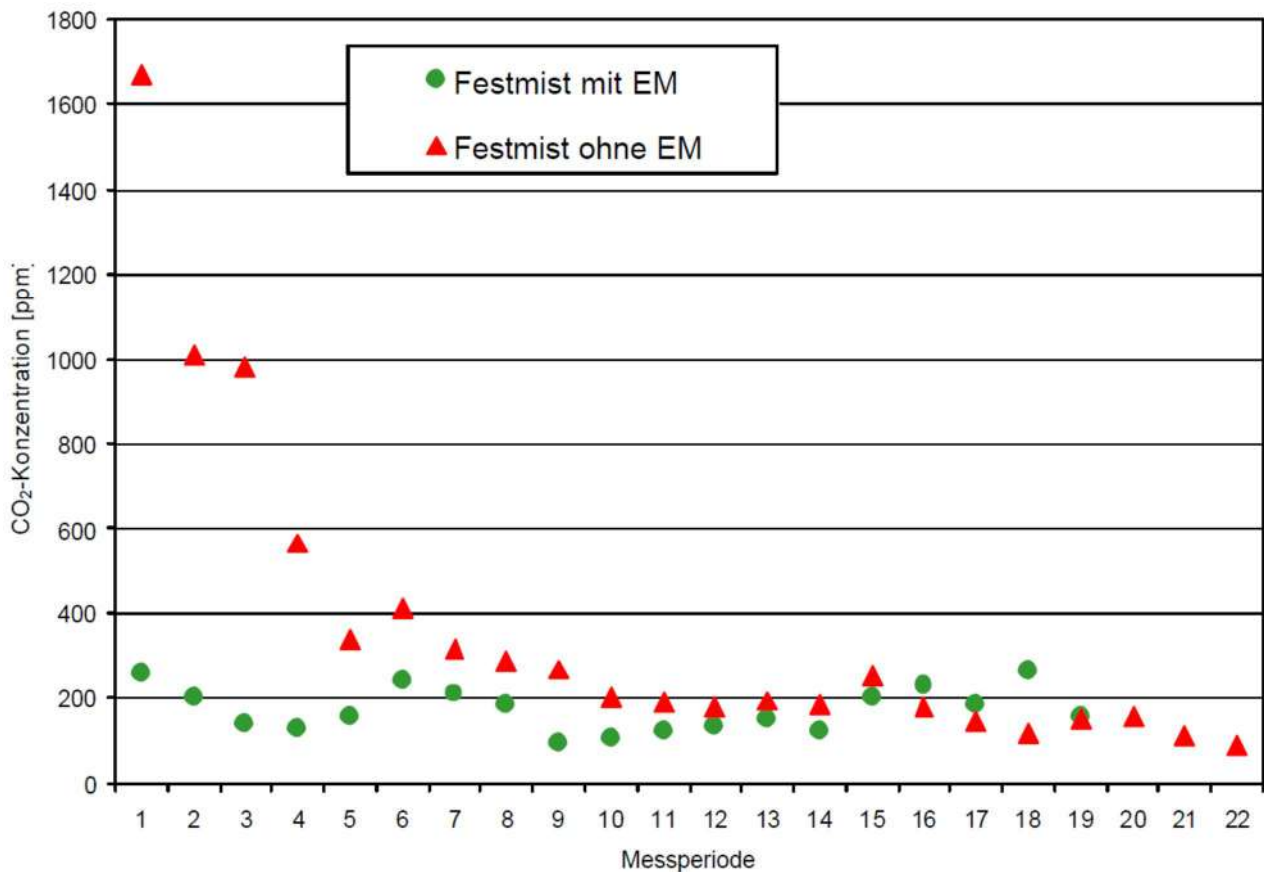
Afbeelding 14 geeft het temperatuurverloop in vaste mest weer met en zonder EM-toevoeging. Vaste mest met EM-toevoeging werd van mei tot augustus 2004 opgeslagen. Vervolgens werd van augustus tot december 2004 vaste mest zonder EM-toevoeging opgeslagen en werden de vrijkomende emissies gemeten. Met EM-toevoeging stegen de temperaturen in de vaste mest aan het begin van de opslag naar circa 40 °C. Deze maximale temperatuur werd na een week bereikt, daarna daalden de temperaturen langzaam. Aan het einde van het onderzoek werd 31 °C in de vaste mest gemeten. De temperaturen stegen aan het begin van het onderzoek duidelijk sterker als er geen EM toegevoegd werd. Na een week was de temperatuur in de mesthoop 54 °C. Pas na 40 dagen daalde ze weer naar onder de 50 °C. Na 80 dagen werd 41 °C gemeten. Zelfs bij een lage buitentemperatuur in de maanden november en december bleef de temperatuur in de mesthoop boven 30 °C. Oorzaak hiervan is de microbiële activiteit en de daarmee gepaard gaande warmte-afgifte. De temperatuur in de vaste mest werd overwegend endogeen bepaald. De buitentemperatuur heeft een ondergeschikte invloed.



**Afbeelding 14:** temperatuur in de vaste mest met en zonder EM-toevoeging

### 3.2.1 Gasconcentraties tijdens verloop van het onderzoek

Afbeeldingen 15 tot en met 18 geven de CO<sub>2</sub>-, CH<sub>4</sub>-, NH<sub>3</sub>- en N<sub>2</sub>O-uitstoot weer tijdens de opslag van vaste varkensmest met en zonder EM-toevoeging. Iedere variant werd twee tot drie keer wekelijks gedurende 12 – 18 uur onderzocht. De in de volgende tabellen weergegeven emissies zijn het verschil tussen de concentraties in de luchttoevoer en -afvoer. Er werd hierbij geen rekening gehouden met de opgeslagen hoeveelheid vaste mest.

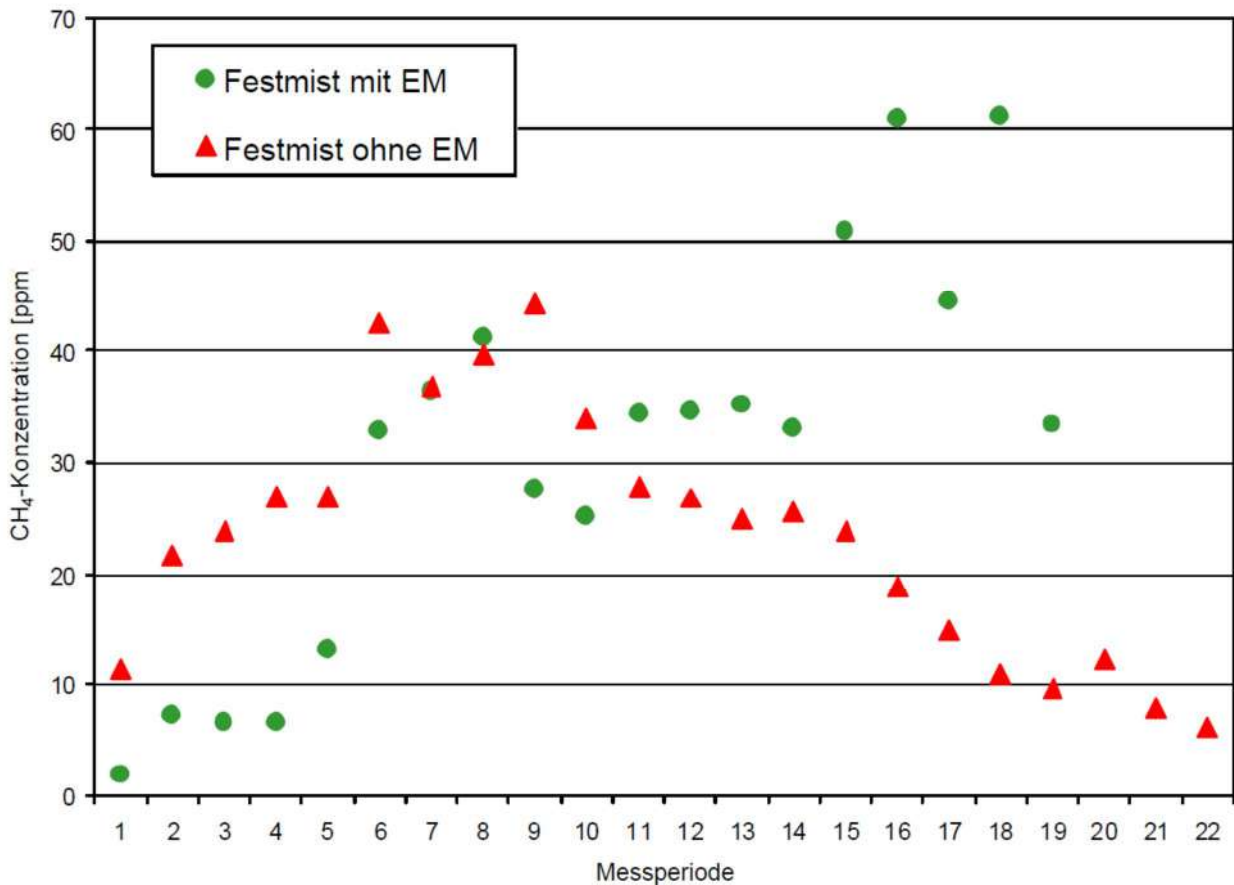


**Afbeelding 15:** CO<sub>2</sub>- uitstoot tijdens opslag vaste mest

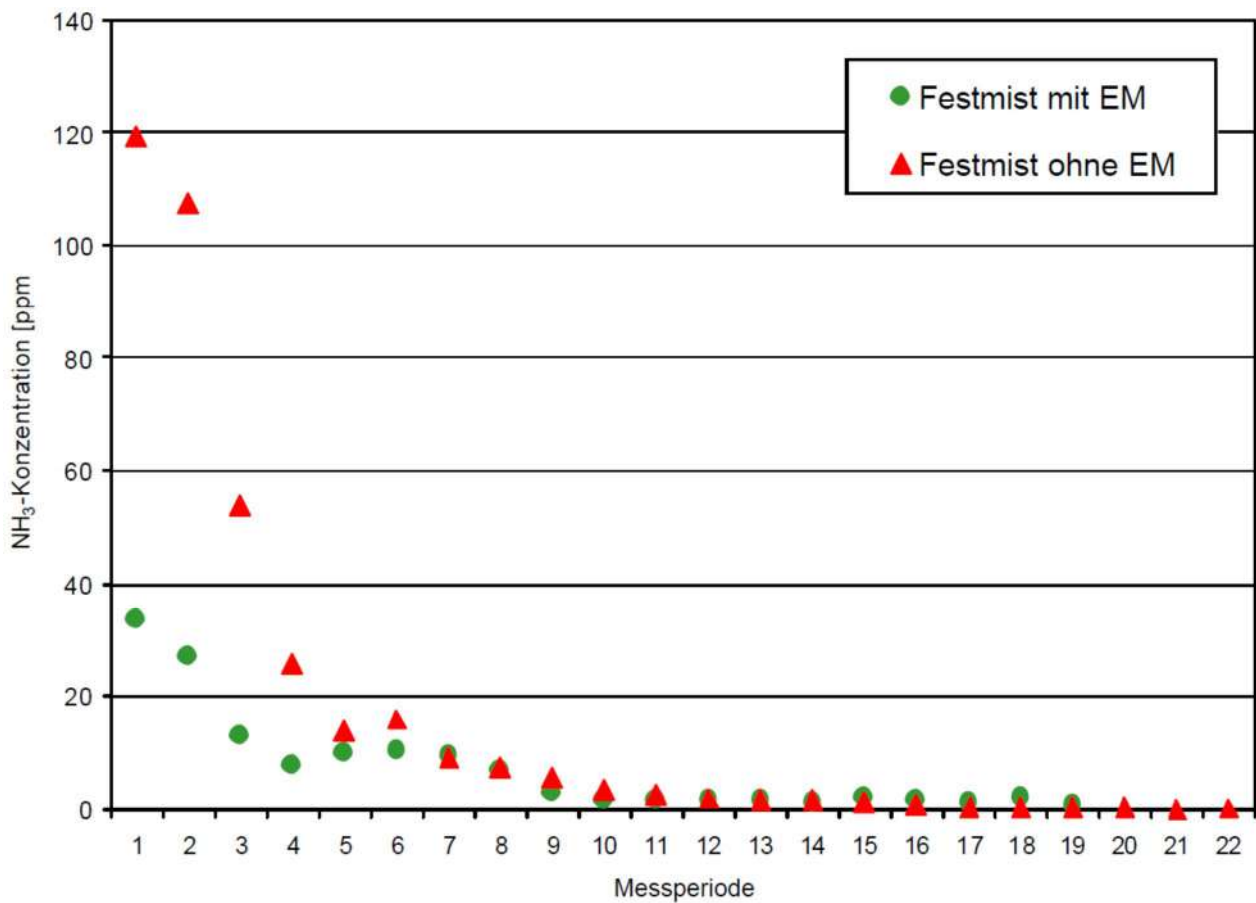


De CO<sub>2</sub>-uitstoot uit vaste mest met EM-toevoeging was tijdens de hele opslagperiode vrij stabiel. Bij vaste mest zonder EM-toevoeging werden aan het begin van de opslag zeer hoge CO<sub>2</sub>-emissies waargenomen die vervolgens duidelijk daalden en tegen het einde van de opslagperiode een zeer laag niveau bereikten (afb. 15).

De CH<sub>4</sub>-uitstoot uit vaste mest met en zonder EM-toevoeging verliep verschillend. Voor vaste mest zonder EM-toevoeging steeg de CH<sub>4</sub>-uitstoot tijdens de eerste 38 dagen, bleef kortstondig op het hoogste niveau en daalde vervolgens continu tot het einde. Ook voor vaste mest met EM-toevoeging stegen de CH<sub>4</sub>-emissies aan het begin van de opslag. Ze bleven hierna circa vier weken vrijwel constant. Aansluitend werd nogmaals een stijging van de CH<sub>4</sub>-uitstoot waargenomen. Pas tegen het einde van de periode daalde de CH<sub>4</sub>-uitstoot (afb. 16).

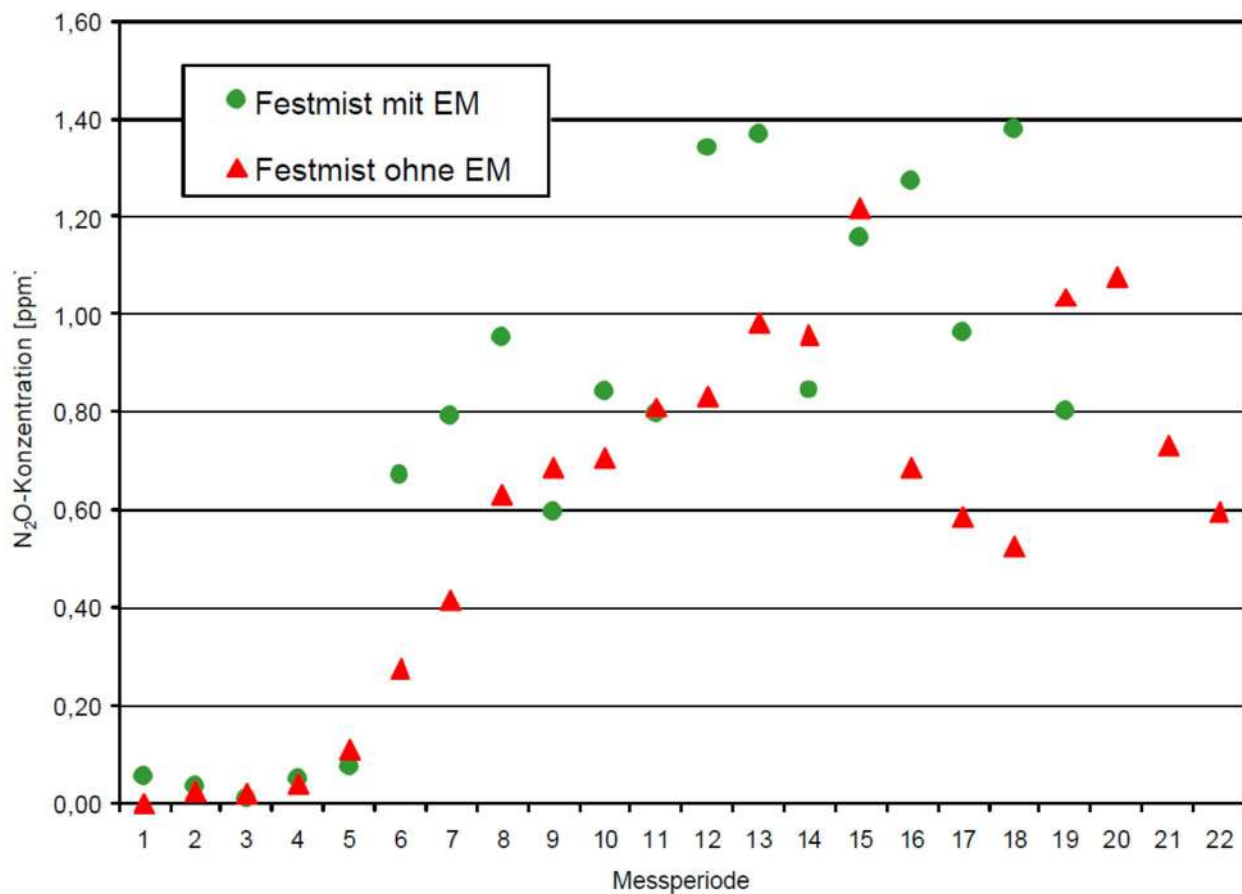


**Afbeelding 16:** CH<sub>4</sub>-uitstoot tijdens opslag vaste mest



**Afbeelding 17:** NH<sub>3</sub>-uitstoot tijdens opslag vaste mest

Zowel bij vaste mest met EM-toevoeging als bij onbehandelde vaste mest bereikte de NH<sub>3</sub>-uitstoot aan het begin van de opslag zijn maximum, daalde vervolgens en was halverwege vrijwel nihil. De NH<sub>3</sub>-uitstoot piekte echter uit onbehandelde vaste mest duidelijk hoger dan uit vaste mest waaraan aan het begin van de opslag EM was toegevoegd.

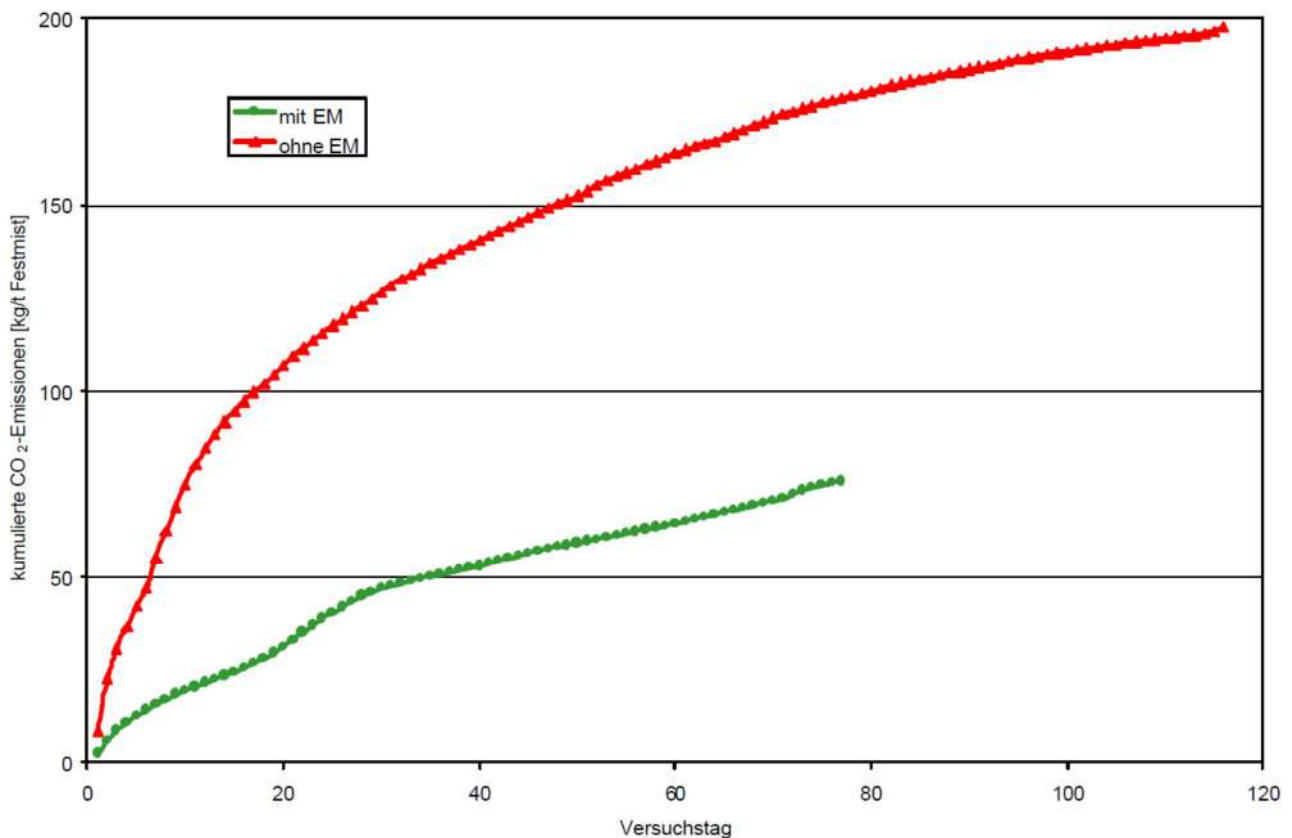


**Afbeelding 18:** N<sub>2</sub>O-uitstoot tijdens opslag vaste mest

De N<sub>2</sub>O-emissies waren aan het begin van de opslag voor beide varianten zeer laag. Pas na ongeveer drie weken begonnen ze te stijgen. In tegenstelling tot de andere gasvormige emissies bleef de N<sub>2</sub>O-uitstoot ook aan het einde van de opslag op een hoog niveau. Het verschil tussen beide varianten was klein (afb. 18).

### 3.2.2 Gecumuleerde emissies

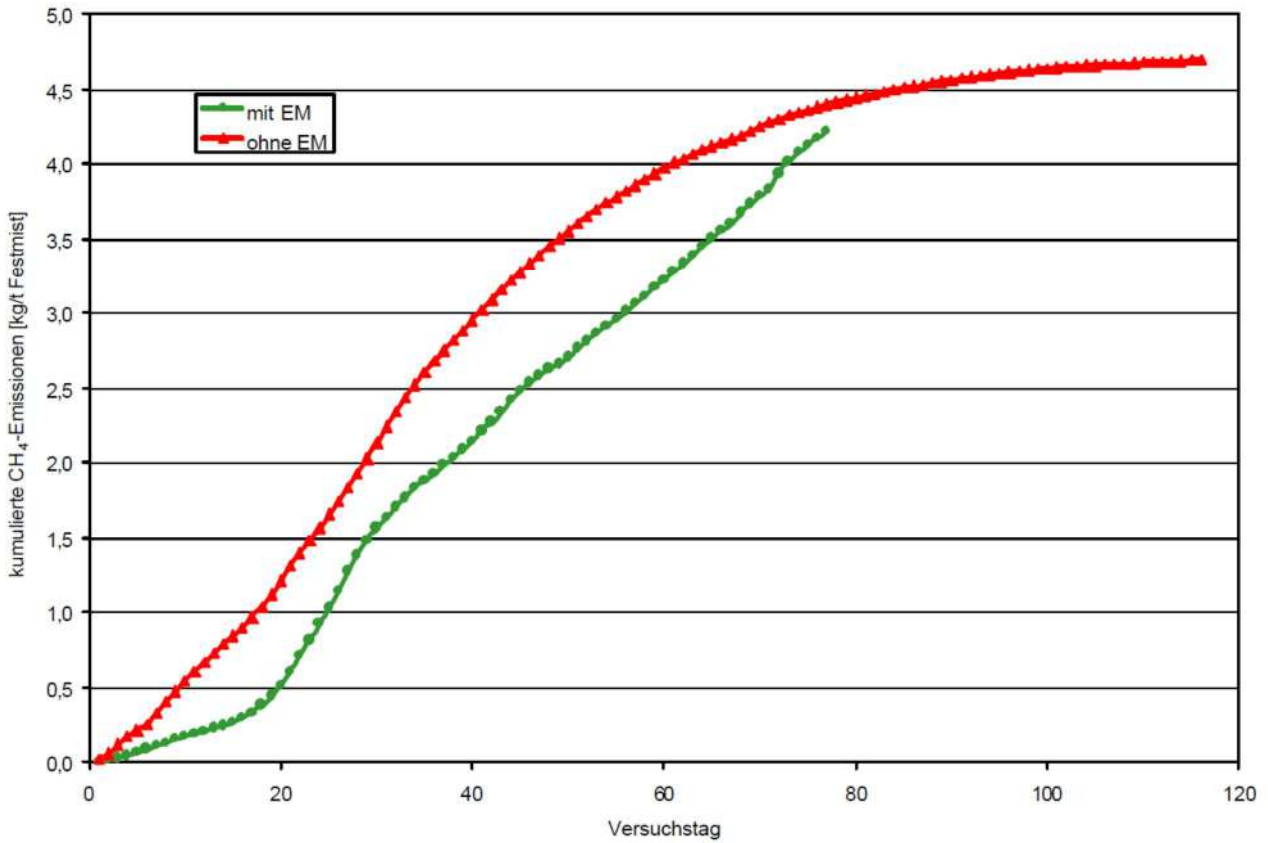
Van 2 juni tot 16 augustus 2004 werd vaste mest met EM-toevoeging opgeslagen. In deze periode werden er 3200 metingen geregistreerd. De opslag van vaste mest zonder EM-toevoeging duurde van 16 augustus tot 9 december 2004. In deze periode werden er 5800 metingen geregistreerd. Uit de ruwe data werd eerst de uitstoot per dag berekend. Deze dagelijkse emissies werden samengevoegd tot de gecumuleerde emissies. Afbeeldingen 19 tot en met 23 geven het verloop van de gecumuleerde emissies voor CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O en toc weer tijdens de opslag van vaste varkensmest met en zonder EM-toevoeging. De langer durende opslag van onbehandelde vaste mest wordt in de afbeeldingen volledig weergegeven. De afsluitende vergelijking van de gecumuleerde emissies heeft dan echter betrekking op de gecumuleerde emissies na 80 dagen opslag. Zo kunnen deze met de emissies uit vaste mest met EM-toevoeging vergeleken worden.



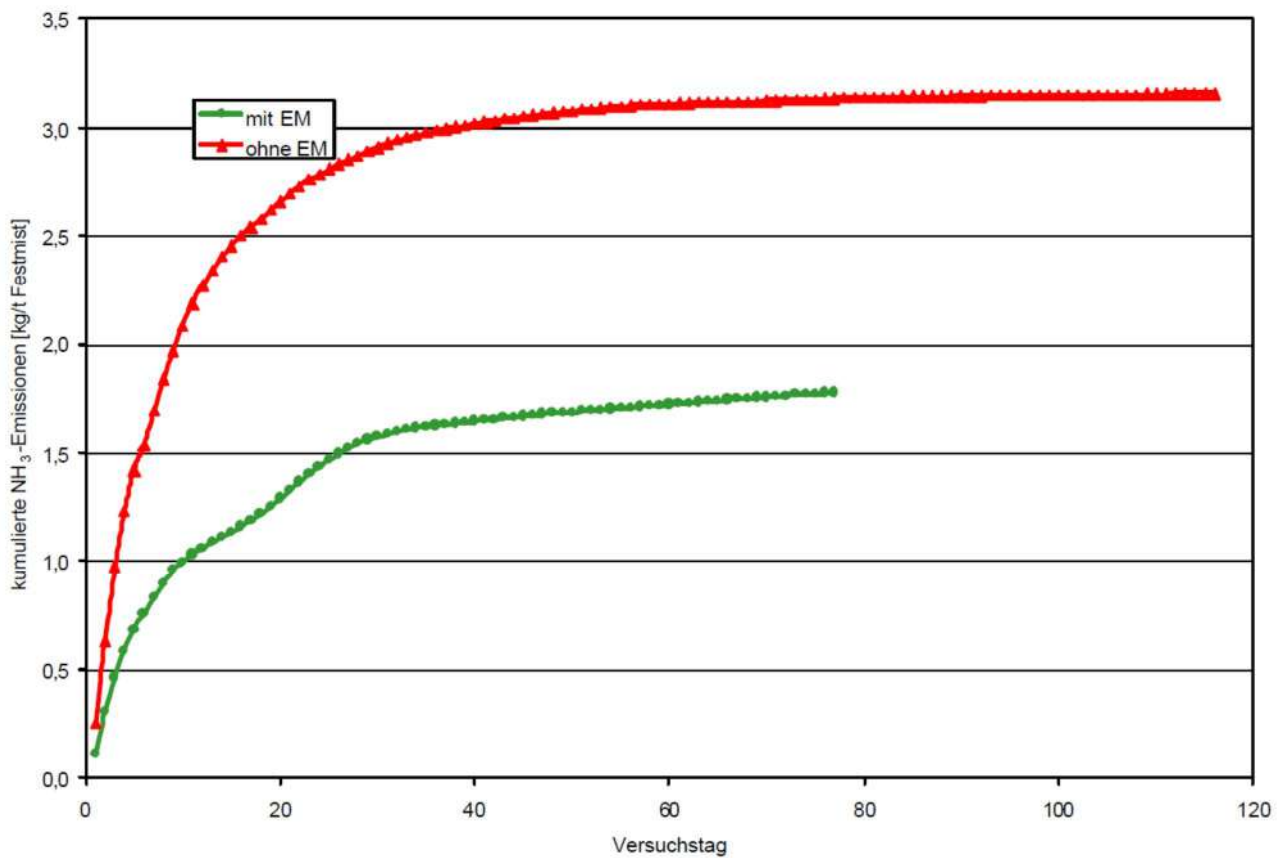
**Afbeelding 19:** gecumuleerde CO<sub>2</sub>-emissies tijdens opslag vaste mest met en zonder EM-toevoeging

De gecumuleerde emissies uit onbehandelde vaste mest stegen sterk aan het begin van de opslag en vlakten tegen het einde af. Na 80 dagen bereikten ze een niveau van 178,6 kg / t mest. Na 115 dagen lag de waarde bij 197,8 kg CO<sub>2</sub> / t mest. De CO<sub>2</sub>-emissies uit vaste mest met EM-toevoeging bleven duidelijk onder die van de onbehandelde mest. In totaal was er na 80 dagen opslag 75,7 kg CO<sub>2</sub> per t mest vrijgekomen (afb. 19).

De gecumuleerde CH<sub>4</sub>-emissies uit onbehandelde vaste mest stegen aan het begin van de opslag. Vanaf de 80ste dag was nog maar een geringe toename van de CH<sub>4</sub>-emissies waarneembaar. Na 80 dagen waren 4,40 kg CH<sub>4</sub> / t mest en na 115 dagen 4,70 kg CH<sub>4</sub> / t mest vrijgekomen. Ook voor vaste mest met EM-toevoeging bleven de CH<sub>4</sub>-emissies tot de 80ste dag stijgen maar bleven met 4,22 kg CH<sub>4</sub> / t mest iets onder het niveau van de CH<sub>4</sub>-emissies uit onbehandelde vaste mest (afb. 20).



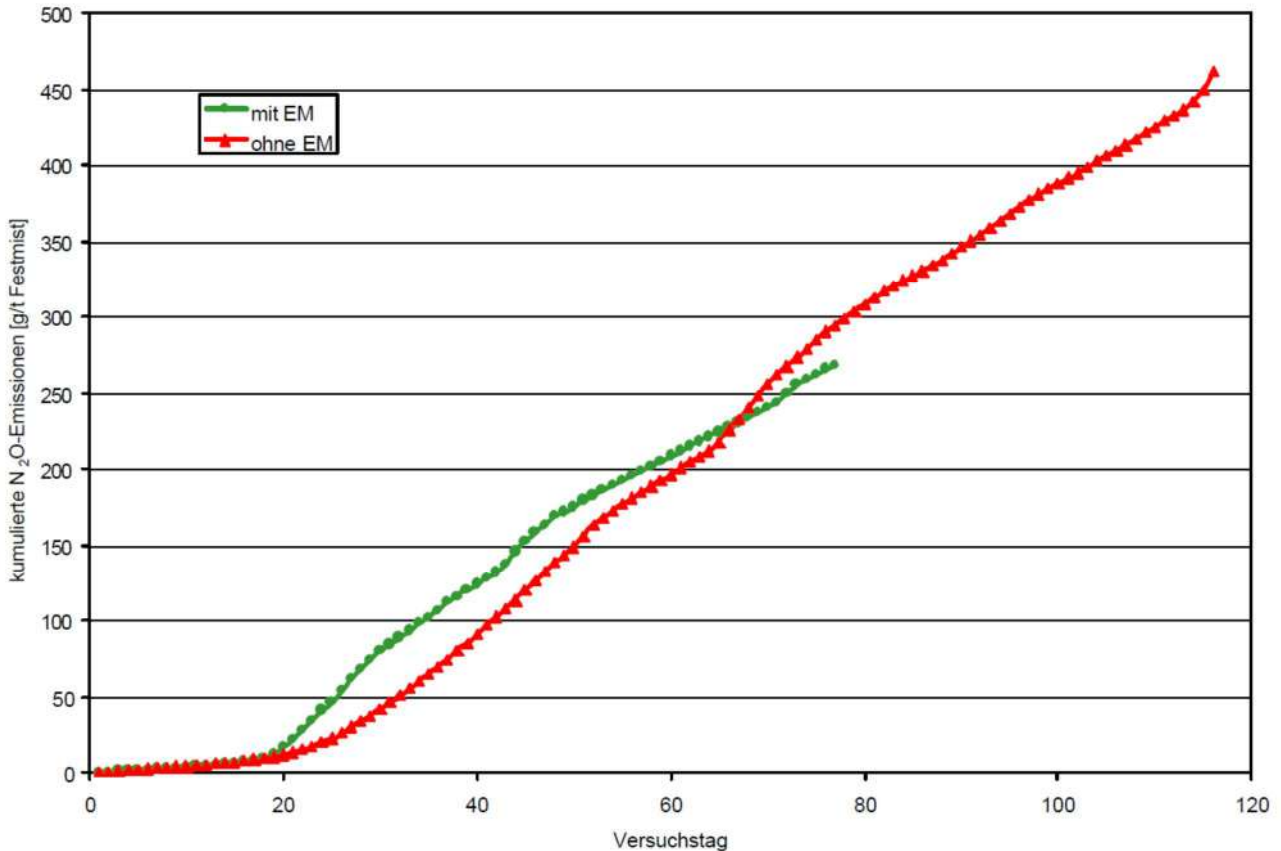
**Afbeelding 20:** gecumuleerde CH<sub>4</sub>-emissies tijdens opslag vaste mest met en zonder EM-toevoeging



**Afbeelding 21:** gecumuleerde NH<sub>3</sub>-emissies tijdens opslag vaste mest met en zonder EM-toevoeging

Vooraf bij onbehandelde vaste mest was aan het begin van de opslag een sterke stijging van de

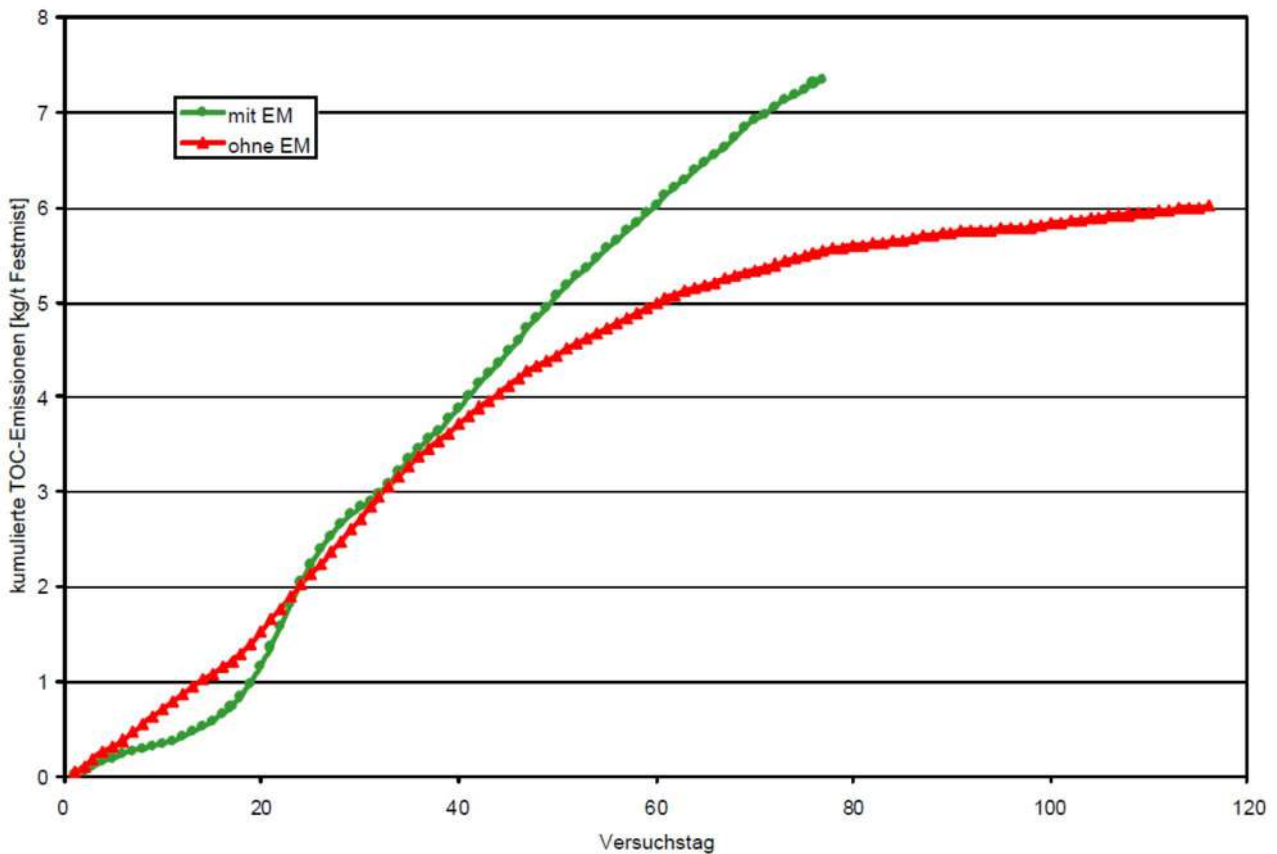
gecumuleerde NH<sub>3</sub>-emissies waarneembaar. Na de 40ste dag namen de gecumuleerde NH<sub>3</sub>-emissies nog maar weinig toe. Na 80 dagen bedroeg de som van NH<sub>3</sub>-emissies 3,13 kg NH<sub>3</sub> / t mest, / na 115 dagen 3,15 kg NH<sub>3</sub> / t mest. De toevoeging van EM aan het begin van de opslag leidde tot een sterke vermindering van de gecumuleerde NH<sub>3</sub>-emissies. Met 1,78 kg NH<sub>3</sub> / t mest bedroeg de uitstoot ongeveer 44 % minder dan bij de onbehandelde variant (afb. 21).



**Afbeelding 22:** gecumuleerde N<sub>2</sub>O-emissies tijdens opslag vaste mest met en zonder EM-toevoeging

Na aanvankelijk lage emissies stegen de gecumuleerde N<sub>2</sub>O-emissies ongeveer vanaf de 20ste onderzoeksdag lineair en bleven voor de resterende opslagperiode op een vrijwel constant niveau. Uit onbehandelde vaste mest kwam tot de 80ste dag in totaal 295 g N<sub>2</sub>O / t mest vrij. Aan het einde van de opslag, na 115 dagen, bedroegen de gecumuleerde N<sub>2</sub>O-emissies 462 g N<sub>2</sub>O / t mest. Uit vaste mest met EM-toevoeging kwamen tot de 80ste onderzoeksdag circa 9% minder N<sub>2</sub>O vrij dan uit onbehandelde vaste mest, namelijk 268 g / t mest (afb. 22).

Uit onbehandelde vaste mest waren de toc-emissies aan het begin van de opslag hoog en vlakten vanaf ongeveer de 50ste dag af. Daarna waren tot het einde van het onderzoek lage emissies van toc aantoonbaar. In totaal bedroeg de vrijgekomen hoeveelheid toc tot de 80ste opslagdag 5,53 kg CH<sub>4</sub>-equivalenten per ton vaste mest. Na 115 dagen waren 6,01 kg CH<sub>4</sub>-equivalenten per ton vaste mest vrijgekomen. Voor vaste mest met EM-toevoeging stegen de toc-emissies na een aanvankelijk lage uitstoot ongeveer vanaf de 20ste onderzoeksdag en namen vervolgens niet meer af. Na 80 dagen bedroegen de toc-emissies in totaal 7,35 kg CH<sub>4</sub>-equivalenten per ton vaste mest (afb. 23).



**Afbeelding 23:** gecumuleerde toc-emissies tijdens opslag vaste mest met en zonder EM-toevoeging

Tabel 4 geeft samenvattend de som van CO<sub>2</sub>-, NH<sub>3</sub>-, N<sub>2</sub>O- en toc-emissies weer na 80 dagen opslag van vaste varkensmest met en zonder EM-toevoeging. Aan de hand van de CH<sub>4</sub>- en N<sub>2</sub>O-emissies werd de som van klimaat relevante emissies berekend. Het broeikas effect van CH<sub>4</sub> is 21 keer hoger dan dat van CO<sub>2</sub>. Voor N<sub>2</sub>O bedraagt de equivalentiefactor 310 (IPCC 1996).

Voor onbehandelde vaste mest werd een duidelijk hogere temperatuurstijging aan het begin van de opslag (zie afb. 14) en hogere CO<sub>2</sub>-emissies gemeten dan voor vaste mest waaraan aan het begin van de opslag EM was toegevoegd. Dat wijst erop dat in de onbehandelde mest in grotere omvang aerobe compostingsprocessen hebben plaatsgevonden. Daartegenover waren de omzettingen in vaste mest met EM-toevoeging eerder anaeroob. CH<sub>4</sub>- en N<sub>2</sub>O-emissies waren met EM-toevoeging lager dan uit onbehandelde vaste mest. In totaal leidde dat tot lage klimaat relevante emissies: 171,7 kg/t vaste mest met EM tegenover 183,7 kg/t vaste mest zonder EM. De gecumuleerde NH<sub>3</sub>-emissies waren uit vaste mest met EM-toevoeging circa 43% lager dan uit onbehandelde vaste mest. De toc-emissies waren in vergelijking met onbehandelde mest verhoogd. Zij wijzen op mogelijke geuremissies maar kunnen hiermee niet direct in verband worden gebracht. Hiervoor zouden afzonderlijke metingen noodzakelijk zijn. Evenmin zegt de som van de toc-emissies iets over de hedonische waarde, dus over de kwaliteit van de geuremissies.

**Tabel 4:** gecumuleerde emissies tijdens de opslag van vaste mest met en zonder EM-toevoeging

variant	gecumuleerde emissies van....						
	CO <sub>2</sub> [kg/t mest]	CH <sub>4</sub> [kg/t mest]	NH <sub>3</sub> [kg/t mest]	N <sub>2</sub> O [g/t mest]	toc [kg/t mest]	GHG <sup>a</sup> [kg/t mest]	
varken zonder	178,6	4,40	3,13	295	5,53	183,7	
varken EM	75,7	4,22	1,78	268	7,35	171,7	

<sup>A</sup> Greenhouse gas emissions = som van broeikasgassen; CO<sub>2</sub>-equivalentiefactoren: N<sub>2</sub>O = 310, CH<sub>4</sub> = 21 [IPCC 1999]

## 4 Conclusies en samenvatting

Het hier beschreven onderzoek had als doel de invloed te meten van een eenmalige EM-toevoeging aan het begin van de opslag op CO<sub>2</sub>-, NH<sub>3</sub>-, N<sub>2</sub>O- en toc-emissies uit varkensdrijfmest en vaste varkensmest. De emissiemetingen werden continu voor meerdere maanden uitgevoerd en leverden volgende resultaten:

- ⑩ EM-toevoeging aan het begin van de opslag van *varkensdrijfmest* verhoogde de CO<sub>2</sub>-emissies met 3 %, CH<sub>4</sub>-emissies met 32 %, toc-emissies met 34 % en de som van klimaat relevante emissies met 24 %.
- ⑩ EM-toevoeging had op de N<sub>2</sub>O-emissies vrijwel geen invloed.
- ⑩ EM-toevoeging verlaagde de NH<sub>3</sub>-emissies duidelijk met ongeveer 11 %.
- ⑩ De resultaten komen overeen met de uitkomsten van een eerder onderzoek tijdens de opslag van varkensdrijfmest (AMON ET AL. 2004b) en in de varkensstal (AMON ET AL. 2004a). Bij eenmalige EM-toevoeging aan het begin van de opslag zijn minder positieve effecten waarneembaar dan bij vroegtijdige en regelmatige EM-toevoeging aan de mestketen.
- ⑩ Voor *vaste varkensmest* werden voor de variatie zonder EM-toevoeging aanwijzingen gevonden voor meer aerobe microbiële activiteit: sterke temperatuurstijging aan het begin van de opslag en hogere CO<sub>2</sub>-emissies.
- ⑩ EM-toevoeging aan het begin van de opslag van vaste varkensmest verlaagde de CH<sub>4</sub>-emissies met 4 %, NH<sub>3</sub>-emissies met 43 %, N<sub>2</sub>O-emissies met 9 % en klimaat relevante emissies met 7 %. Voor de toc-emissies werd een stijging van 33 % gemeten.

## Literatuur

AMON, B., FRÖHLICH, M., KRYVORUCHKO, V., AMON, T. (2004a). Einfluss von „Effektiven Mikro-Organismen (EM)“ auf Ammoniak-, Lachgas- und Methanemissionen und auf das Geruchsemissionspotential aus einem Schrägbodenstall für Mastschweine. Eindrapport in opdracht van Multikraft Produktions- und HandelsGmbH, december 2004.

Amon, B., Kryvoruchko, V., Amon, T., Moitzi, G. (2004b). Wirkung des Zusatzstoffes „Effektive Mikroorganismen (EM)“ auf den Umfang von Ammoniak-, Methan- und Lachgasemissionen und auf das Geruchsemissionspotential während der Lagerung von Rinder- und Schweineflüssigmist. Eindrapport, februari 2004. In opdracht van Multikraft GmbH, A-4631 Haiding / Wels.

AMON, B., MOITZI, G., SCHIMPL, M., KRYVORUCHKO, V., WAGNER-ALT, C. (2002). Methane, Nitrous Oxide and Ammonia Emissions from Management of Liquid Manures, Final Report 2002. On behalf of „Federal Ministry of Agriculture, Forestry, Environmental and Water Management“ and „Federal Ministry of Education, Science and Culture“.

AMON B., AMON T., BOXBERGER J., PÖLLINGER A. AND ZAUSSINGER A. (1996). Entwicklung einer Meßeinrichtung zur Erfassung umweltrelevanter Gasemissionen. Die Bodenkultur 47 (7), 247–253.

IPCC (1996). Climate Change 1995: The Science of Climate Change. In: Intergovernmental Panel on Climate Change; J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg, and K. Maskell, (Ed.), Cambridge University Press, Cambridge, U.K.