

Influence of feed composition and manure type on trace gas emissions from stored dairy manure

Doctoral Thesis

Author(s):

Külling, David R.

Publication date:

2000

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-004063286>

Rights / license:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#)

Diss. ETH No. 13872

**INFLUENCE OF FEED COMPOSITION
AND MANURE TYPE ON TRACE GAS EMISSIONS
FROM STORED DAIRY MANURE**

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZÜRICH

for the degree of
Doctor of Natural Sciences

presented by

David R. Külling

Diplom - Biologe

UNIVERSITÄT BERN

Master Européen en Ingénierie de l'Environnement

ECOLE POLYTECHNIQUE FEDERALE DE LAUSANNE

born March 28, 1966

citizen of Wilchingen SH

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. M. Kreuzer, examiner

Prof. Dr. C. Wenk, co-examiner

Dr. H. Menzi, co-examiner

Zürich, 2000

I. Summary

Gaseous emissions from dairy manure storage are environmentally hazardous. While ammonia (NH_3) contributes to acidification and over-fertilization of soils and eutrophication of sensitive ecosystems, methane (CH_4) and nitrous oxide (N_2O) are related to global warming.

To study the potential of strategies for reducing gaseous emissions from stored cattle manure, chamber experiments (exp.) were performed with different types of manure, which were stored for different periods of time and originating from experiments with different dairy cow rations. To measure emission rates a dynamic (NH_3) and a closed (CH_4 , N_2O) chamber system were developed. Manure quantity and composition were determined before and after storage. Thus total nitrogen (N) losses could also be determined.

In a first experiment (chapters IV and V), rations composed of forage and concentrate (1:1) and crude protein (CP) contents of 17.5, 15 and 12.5 % were compared. In a second experiment (chapter VI), typical Swiss summer (primarily grass) and winter rations (primarily hay) were studied. The rations of a third experiment (chapter VII) were again composed of forage and concentrate (3:2). In a fourth experiment (chapter VIII), the expected effects of the surface:volume ratio and of continuous manure piling on the extrapolation of laboratory measurements to farm scale were assessed.

The four manure types studied were either liquid manure (LM) and deep litter manure (DLM; only in exp. 1) both containing all excreta or slurry (SL; 90 % of urine, 10 % of faeces) and farmyard manure (FYM; excreta except those contained in slurry). Slurry and farmyard manure are the traditional form of excreta collection and storage in cattle houses in Switzerland. All manures contained the proportion of water and straw typical for Swiss farms. For each treatment, samples of 2.5 or 5 kg excreta were filled into plastic buckets and stored for 1 (exp. 4), 7 (exp. 1 and 2) or 14 (exp. 3) weeks in an air-conditioned laboratory. As a preliminary study had shown that the small solid manure samples lost a great part of their self heating ability as compared to a manure stack, solid manure samples were kept in a heated bath.

In exp. 1, the reduction of feed protein content from 17.5 to 12.5 % resulted in an overproportional reduction of the N excretion, the proportion of N excreted in urine, the N content in the slurries (LM and SL) and the NH_3

emission rate. Extrapolated gaseous N losses from manure storage expressed in units of excreta produced per cow per day were reduced from 91 to 25 g for the LM system and from 105 to 31 g for the SL/FYM system but remained at about 40 g for the DLM system. In exp. 2, the results were comparable in level, with extrapolated losses from storage per cow per day of 36 g for low protein hay and grass and 108 g for high protein grass, irrespective of the manure system. In the first two experiments there was a highly significant relationship between N losses and the initial proportion of urinary N of total N and the initial C/N-ratio of the manure. Differences in the NH_3 emission rate between treatments were evident during the whole storage period although the emission rate exponentially decreased during storage.

Any reduction of the dietary protein content reduced N_2O emissions and enhanced CH_4 emissions. Overall, the global warming potential (GWP) of the greenhouse gas emissions (= CO_2 equivalents of N_2O & CH_4) in exp. 1 was not significantly influenced by the CP level but there was a clear effect of the manure storage system. The GWP decreased in the order of SL/FYM, LM, DLM (906, 217, 82 gram-equivalents of CO_2 cow⁻¹ day⁻¹). Manure from a forage based ration (exp. 2) released twice as much CH_4 as manure from a balanced (1:1) forage:concentrate ration (exp. 1). Manure originating from the low CP hay or grass rations emitted 50 % more CH_4 than with the use of high CP grass. In contrast to emission rates of NH_3 , those of CH_4 and N_2O rose with storage time, but only after about three weeks of storage.

In exp. 3, the duration of manure storage had a strong influence on the result. At storage durations of 7 and 14 weeks, the proportion of N_2O emissions at total N loss during manure storage were 1.2 and 6.9 %, respectively and the proportion of CH_4 emissions produced during manure storage accounted for 8 and 17 % of total animal and manure CH_4 , respectively. The relative contribution of manure storage to total GWP of the cows from CH_4 and N_2O was by 9 % higher than to the cow's total CH_4 emissions.

Exp. 4 revealed a need of reduction of the NH_3 emissions from exp. 1 to 3 extrapolated from laboratory to farm scale, because the surface:volume ratio in the laboratory was about 10 times larger than under average farm conditions.

II. Zusammenfassung

Gasförmige Emissionen aus der Hofdüngerlagerung sind umweltschädlich. Ammoniak (NH_3) trägt zur Versauerung und Überdüngung von Böden sowie der Eutrophierung empfindlicher Ökosysteme bei, währenddem Methan (CH_4) und Lachgas (N_2O) Mitverursacher für den Treibhauseffekt sind.

Um das Potential von Strategien zur Verminderung gasförmiger Emissionen aus der Lagerung von Rindergülle und -mist zu erkunden, wurden Experimente mit unterschiedlichen Hofdüngerarten, welche der Verfütterung unterschiedlicher Rationen an Milchkühe entstammten und unterschiedlich lange gelagert wurden, durchgeführt. Für die Messung der Emissionsraten wurde ein dynamisches (NH_3) und ein geschlossenes (CH_4 , N_2O) Kammersystem entwickelt. Menge und Zusammensetzung der Hofdünger wurde vor und nach der Lagerung bestimmt.

In einem ersten Experiment (Kapitel IV und V) wurden Rationen aus Rau- und Kraftfutter (1:1) mit Rohproteingehalten (CP) von 17.5, 15 und 12.5 % untereinander verglichen. In einem zweiten Experiment (Kapitel VI) wurden für die Schweiz typische Sommer- (vorwiegend Gras) und Winterrationen (vorwiegend Heu) untersucht. In einem dritten Experiment (Kapitel V) wurden wiederum Rationen mit Rau- und Kraftfutter (3:2) verwendet. In einem vierten Experiment wurde mit Hofdünger aus dem ersten und zweiten Experiment der Einfluss des Oberflächen-Volumen-Verhältnis und der Schichtstruktur von Hofdünger auf die Spurengasemissionen untersucht.

Die vier untersuchten Hofdüngerarten waren Vollgülle (LM) und Laufstallmist (DLM; nur in Exp. 1), welche alle Exkrementen enthielten, Kotarme Gülle (SL; 90 % des Harns, 10 % des Kotes) und Stapelmist (FYM; 10 % des Harns, 90 % des Kotes). Stapelmist und Kotarme Gülle sind die traditionelle Form der Hofdüngerlagerung in Rindviehställen in der Schweiz. Alle Hofdünger enthielten für die Schweiz typische Wasser- und Strohanteile.

Für jedes Verfahren wurden Einzelproben à 2.5 oder 5 kg Exkrementen in Plastikeimer eingefüllt und während 1 (Exp. 4), 7 (Exp. 1 und 2) oder 14 (Exp. 3) Wochen in einem klimatisierten Labor gelagert. Da eine Vorstudie ergab, dass die kleinen Mistproben im Vergleich zu einem Miststock $\frac{3}{4}$ ihrer Abbauwärme verloren, wurden sie in einem Wärmebad gelagert.

In Exp. 1 ergab die Reduktion des Futter CP-Gehalts von 17.5 auf 12.5 % eine überproportionale Reduktion der N-Ausscheidung, des im Harn

ausgeschiedenen N-Anteils, des N-Gehalts in den Gällen (LM und SL) und der NH_3 -Emissionsrate. Die auf die tägliche Exkrementmenge einer Kuh hochgerechneten gasförmigen Stickstoffverluste der Hofdüngerlagerung wurden im LM System von 91 auf 25 g und im SL/FYM System von 105 auf 31 g reduziert, blieben aber im DLM System unverändert auf 40 g. In Exp. 2 waren die Ergebnisse mit ca. 35 g für Heu und Gras mit tiefem CP-Gehalt und mit ca. 100 g für Gras mit hohem CP-Gehalt vergleichbar im Niveau - ungeachtet des Lagerungssystems. In den ersten beiden Experimenten waren die N-Verluste stark signifikant abhängig vom Anteil Harn N am ausgeschiedenen N und vom ursprünglichen C/N-Verhältnis der Hofdünger. Trotz exponentieller Abnahme der NH_3 Emissionsrate bestanden Unterschiede zwischen den Verfahren während der gesamten Lagerdauer.

Jede Reduktion des Futterproteingehalts verminderte die N_2O -Emissionen und erhöhte die CH_4 -Emissionen. Da sich die Wirkung dieser beiden Gase neutralisierte, wurde die Globale Erwärmungskapazität (GWP) der Treibhausgas-Emissionen (= CO_2 -Äquivalente von N_2O & CH_4) insgesamt nicht durch das CP-Niveau, sondern in Exp. 1 durch das Lagerungssystem signifikant beeinflusst. Das GWP nahm ab in der Reihenfolge SL/FYM, LM, DLM (906, 217, 82 Gramm-Äquivalente CO_2 Kuh⁻¹ Tag⁻¹). Die CH_4 -Emissionen in Exp. 2 waren doppelt so hoch wie in Exp. 1. Hofdünger von CP-armem Heu und Gras emittierte 50 % mehr CH_4 als von CP-reichem Gras. Im Gegensatz zu den Emissionsraten von NH_3 stiegen jene von CH_4 und N_2O an, allerdings erst nach dreiwöchiger Lagerung.

In Exp. 3 hatte die Lagerdauer einen starken Einfluss auf die Ergebnisse. Bei einer Lagerdauer von 7 und 14 Wochen war der Lachgasanteil am N-Verlust während der Hofdüngerlagerung 1.2 und 6.9 %. Entsprechend betrug der Anteil der Hofdüngerlagerung an der gesamten CH_4 -Emissionen des Tieres und der Hofdüngerlagerung 8 und 17 %, während der verbleibende Anteil der CH_4 -Emission direkt im Tier entstand. Da alle N_2O -Emissionen ihren Ursprung ausserhalb des Tieres haben, war der relative Beitrag der Hofdüngerlagerung zum GWP um 9 % höher als zu den CH_4 -Emissionen einer Kuh.

Exp. 4 ergab eine notwendige Reduktion der vom Labor auf die Praxis hochgerechneten NH_3 -Emission, da das Oberflächen:Volumen Verhältnis im Labor ca. 10 mal grösser war als unter üblichen Praxisbedingungen.