



Nationale Drehscheibe
Ammoniak

Beurteilung von emissionsmindernden Massnahmen im Rahmen der Drehscheibe Ammoniak

Massnahme 13

Gülleseparierung

Version:

Datum 08.02.2023

Autoren/-innen:

Thomas Kupper¹, Stéphanie Vuille¹

¹ Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL, Zollikofen

1. Definition

Thema: System zur Auftrennung von Gülle in eine flüssige und eine feste Fraktion

Anwendungsbereich: Betriebe mit Produktion von Gülle oder flüssigem Gärgut

Tierkategorie: Rindvieh, Schweine sowie flüssige Gärreste bestehend aus Substraten unterschiedlicher Herkunft

Kurzbeschreibung: bei der fest-flüssig Separierung von Gülle entsteht eine Dünngülle und ein Feststoff, welche gegenüber der Rohgülle einen reduzierten bzw. erhöhten Trockensubstanzgehalt aufweisen. Die Dünngülle ist fließfähiger als die Rohgülle, der Feststoff hat eine faserige, stichfeste Struktur. In der Schweiz werden für die Gülleseparierung meist Schraubenpressen verwendet. Die Massenverteilung flüssig:fest beträgt für dieses Verfahren rund 90:10. Die Verteilung von TAN in die Dünngülle und in den Feststoff liegt ebenfalls im Bereich 90:10¹.

2. Ausgangslage

Die fest-flüssig Separierung von Gülle wird üblicherweise angewendet, um (i) Hofdünger zu generieren, deren Eigenschaften zur Deckung des Nährstoffbedarfs der Pflanzen besser geeignet sind als die unbehandelte Gülle oder (ii) um überschüssige Nährstoffe von den Betrieben wegzuführen (Hjorth et al. (2010)). Im Zusammenhang mit der Verpflichtung der streifenförmigen Ausbringung von Gülle in der Schweiz hat das Interesse an der fest-flüssig Separierung bei Vorliegen von Gülle mit einem hohen TS-Gehalt zugenommen (Vermeiden von Güllemädi). Teilweise dient das Verfahren auch zur Generierung von Feststoffen als Einstreu für Liegeboxen (Kupper, 2015).

Die Gülleseparierung wurde von Kupper (2015) hinsichtlich ihrer Eignung zur Emissionsreduktion untersucht. Dabei standen die folgenden drei Mechanismen im Vordergrund:

- Höhere Emissionen bei der Lagerung von Dünngülle aufgrund des tieferen TS-Gehalts und daraus folgend der verminderten Bildung einer Schwimmschicht. Dies betrifft vor

¹ Vgl. Kap. 4.

allem Rindviehgülle (Zunahme der Emission um 23% gemäss Kupper et al., 2020), wogegen bei Schweinegülle, die weniger Schwimmschichtbildung zeigt, der Unterschied klein oder nicht vorhanden ist.

- Niedrigere Emissionen bei der Ausbringung von Dünggülle im Vergleich zu unbehandelter Gülle aufgrund des niedrigeren TS-Gehalts und damit grösserer Fließfähigkeit sowie rascheren bzw. weitergehenden Eindringens in den Boden. Der TAN-Gehalt der Dünggülle unterscheidet sich wenig von demjenigen der unbehandelten Gülle, wogegen der pH-Wert der Dünggülle etwas höher liegt.
- Zusätzliche Emission bei Lagerung und Ausbringung aufgrund des Vorliegens der Feststoffe und damit einer zusätzlichen emittierenden Oberfläche. Die absoluten NH_3 -Verluste von den Feststoffen dürften jedoch eher niedrig sein wegen des kleinen Anteils von TAN, der in die feste Fraktion transferiert wird.

Inwieweit einer der drei Mechanismen dominiert oder diese sich gegenseitig kompensieren, ist schwierig zu beurteilen und liess sich bisher nicht eindeutig beantworten. Die Emissionen der Ausbringung sind absolut gesehen deutlich höher als diejenigen der Lagerung. Der weitaus grösste Teil der TAN-Fracht befindet sich in der Dünggülle. Insofern ist nicht ausgeschlossen, dass eine Emissionsreduktion stattfinden kann. Messdaten, über beide Emissionsstufen Lagerung und Ausbringung und unter Einbezug der flüssigen und der festen Fraktion liegen derzeit kaum vor.

Kupper (2015) ging von einer weitgehenden gegenseitigen Kompensation der drei oben aufgeführten Mechanismen aus und postulierte keine Emissionsreduktion aufgrund der fest-flüssig Separierung von Gülle. In der Zwischenzeit wurden neuere Studien publiziert, welche eine Emissionsreduktion gefunden haben (Aguirre-Villegas et al., 2019, Pedersen et al., 2022). Beide Studien basieren auf Modellrechnungen. Aufgrund dieser Ausgangslage soll die fest-flüssig Separierung von Gülle hinsichtlich Emissionsreduktion neu beurteilt werden.

3. Methodisches Vorgehen

Die beiden Studien von Aguirre-Villegas et al. (2019) und Pedersen et al. (2022) wurden überprüft und deren Resultate und Schlussfolgerungen diskutiert. Weiter wurden basierend auf der aktuellen Datenlage (v.a. Daten aus Studien, die von Pedersen et al. (2022) zusammengestellt wurden) sowie Zhang et al. (2022) eigene Einschätzungen durchgeführt.

4. Resultate und Schlussfolgerung

Aguirre-Villegas et al. (2019) präsentieren Daten von 9 Betrieben in den USA vor und nach fest-flüssig Separierung mit oder ohne Vergärung. Die Daten wurden verwendet, um die Auswirkung der Behandlung der Gülle auf Treibhausgas- und Ammoniakemissionen von Lagerung und Ausbringung der behandelten Gülle im Vergleich zu den Emissionen ohne Behandlung zu untersuchen. Sie rapportieren eine Emissionsreduktion für NH_3 von 15% für fest-flüssig Separierung von Rindviehgülle. Die Verteilung der NH_3 Emissionen aus Lagerung und Ausbringung der Referenz (Vollgülle) beträgt etwa 1:2 (Tabelle 1), was ungefähr der Verteilung einer Modellrechnung mit Agrammon für ein ungedecktes Lager und Ausbringung mit Breitverteiler entspricht. Die Verteilung der Emissionen bei fest-flüssig Separierung in Lagerung und Ausbringung liegt ebenfalls bei etwa 1:2. Die Emissionen der flüssigen Fraktion macht 96% der Gesamtemission aus.

Dabei ist anzumerken, dass die Beschreibung der Berechnungsgrundlage von Aguirre-Villegas et al. (2019) lückenhaft ist. Die Grundlagen der Modellrechnung scheinen sehr einfach zu sein, soweit sich dies aus der Publikation erschliessen lässt. Der Teil Modellierung

dieser Studie erscheint als eher ungenügend für ein peer review Journal und ist mit der entsprechenden Vorsicht zu verwenden.

Tabelle 1: Verteilung der NH₃ Emissionen aus Lagerung und Ausbringung der Referenz (Vollgülle) und fest-flüssig Separierung von Rindviehgülle gemäss Modellrechnung von Aguirre-Villegas et al. (2019).

	Referenz	Separierung	
	flüssig	flüssig	fest
Lagerung	32%	36%	2%
Ausbringung	68%	59%	4%

Pedersen et al. (2022) haben eine Literaturrecherche zur Trennleistung verschiedener Verfahren für die fest-flüssig Separierung und die Emissionen bei Lagerung und Ausbringung der flüssigen und festen Fraktion durchgeführt. Weiter war eine Fallstudie für Dänemark zur Reduktion der Ammoniakemissionen für Lagerung und Ausbringung der flüssigen und festen Fraktion sowie kombiniert für Lagerung und Ausbringung von Rindviehgülle, Schweinegülle und flüssige Gärreste Gegenstand der Publikation. Für die Ausbringung wurden die Emissionen mit Verwendung von Schleppschauch, Schleppschuh und Gölledrill für die Zeitperioden März, April, Mai, Juni bis August und September mittels des ALFAM2-Modells geschätzt (Hafner et al., 2019). Berücksichtigt wurden die Parameter Trockensubstanz (TS), pH-Wert, Ammoniakstickstoff (TAN) und Trennleistung der Separierung.

Die Massenverteilung flüssig:fest gemäss Literaturstudie betrug rund 90:10. Dabei zeigten sich keine wesentlichen Unterschiede, weder zwischen den Verfahren Zentrifuge und Schraubenpresse noch zwischen Rindvieh-, Schweinegülle und Gärresten. Guilayn et al. (2019) fanden ebenfalls eine Massenverteilung flüssig:fest von 90:10 für Verfahren mit niedriger Trennleistung (v.a. Schraubenpresse) basierend auf einer Auswertung von 45 Datensätzen von Gärresten aus der Literatur. Die Verteilung von TAN in die Dünngülle und in den Feststoff lag bei Pedersen et al. (2022) im Bereich 90:10. Im Modell Guilayn et al. (2019) bestimmten eine Verteilung flüssig:fest von 89:8 für TAN. Die Differenz zu 100 erklärten die Autoren mit Ammoniakverlusten. Die Verteilung flüssig:fest für TAN unterscheidet sich aber gemäss Guilayn et al. (2019) für Verfahren mit niedriger (Schraubenpresse) und hoher Trennleistung (Zentrifuge), wobei sich bei den Letzteren die rund 3-fache Menge von TAN in die feste Fraktion transferiert wird. Basierend auf den Daten von Guilayn et al. (2019) erarbeiteten Bareha et al. (2021a,b) das Modell SYS-Metha, welches unter anderem die Verteilung von Nährstoffen in die feste und flüssige Fraktion bei der fest-flüssig Separierung von flüssigem Gärgut abbildet. Im Modell wird für eine Schraubenpresse ein Wert für die Verteilung flüssig:fest für TAN von 90:10 und für eine Zentrifuge von 71:29 verwendet.

Pedersen et al. (2022) fanden eine deutliche Verringerung der Emissionen nach Ausbringung der flüssigen Fraktion im Vergleich zur Ausbringung von unbehandelter Gülle gemäss Literaturdaten. Dies steht im Einklang mit den bisherigen Kenntnissen (Kupper et al., 2015).

Die Fallstudie zeigte eine Reduktion der NH₃ Emissionen von Rindviehgülle und Gärresten mit fest-flüssig Separierung und Ausbringung der Dünngülle mit Schleppschauch oder Schleppschuh und ohne Einarbeitung der Feststoffe nach Ausbringung von max. 8%. Mit Einarbeitung wurden 12% Emissionsminderung erreicht. Für Schweinegülle überstiegen die Emissionen mit fest-flüssig Separierung diejenigen des Referenzverfahrens für alle Ausbringungsverfahren. Bei Ausbringung mit Gölledrill brachte die fest-flüssig Separierung für alle Substrate keine Emissionsreduktion.

Die Studien von Pedersen et al. (2022) sowie Guilayn et al. (2019) und Bareha et al. (2021a,b) haben die Schätzung der Verteilung der Frischmasse und des TAN in die feste

und flüssige Fraktion nach der Gülleseparierung stark erleichtert und deren Vertrauenswürdigkeit verbessert. Die Emissionsschätzung der Ausbringung der flüssigen Substrate mittels ALFAM2 Modell entspricht dem aktuellen Wissensstand. Schwachpunkte der Studie von Pedersen et al. (2022) sind die Schätzung der Emissionen aus der Lagerung. Dabei wurde für die Dünngülle und die unbehandelten flüssigen Substrate der gleiche Emissionsfaktor angenommen. In der Realität liegt die Emission der Lagerung der Dünngülle höher (Kupper et al., 2020). Weiter wurde für die Emissionsberechnung der Ausbringung der Feststoffe das ALFAM2 Modell verwendet (welches nur für Gülle gültig ist) und den maximal möglichen TS-Gehalt (15%) angenommen. Dieses Vorgehen dürfte zu einer Unterschätzung der Emissionen der Feststoffe nach Ausbringung führen. Die beiden erwähnten Punkte sollten jedoch die Gesamtemissionen wenig beeinflussen, da die Lagerung deutlich weniger Emissionen verursacht als die Ausbringung. Dasselbe trifft für die Feststoffe gegenüber der Dünngülle bei der Ausbringung zu.

5. Beurteilung der Emissionsreduktion aufgrund der vorliegenden Daten

Trotz der Unsicherheiten der beiden Studien von Aguirre-Villegas et al. (2019) und Pedersen et al. (2022) kann man von einem gewissen Emissionsreduktionspotential aufgrund der fest-flüssig Separierung ausgehen. Dies zumindest für Rindviehgülle und bei Ausbringung mittels Schleppschlauch oder Schleppschuh. Bei Gölledrill wird gemäss Pedersen et al. (2022) keine Emissionsreduktion erreicht. Bei Verwendung der Feststoffe als Einstreu könnte ein vollständiger Verlust des TAN in den Feststoffen als Ammoniak eintreten, was eine vorliegende Emissionsminderung vollständig kompensieren dürfte.

Die verbesserte Datenlage zur Verteilung von TAN in die feste und flüssige Fraktion erlaubt Emissionsrechnungen mit Agrammon und damit eine verbesserte Beurteilung der Gülleseparierung. Wir empfehlen eine verbesserte Schätzung der Emissionen bei Gülleseparierung mittels solcher Berechnungen, bevor revidierte Empfehlungen zur Emissionsreduktion aufgrund der fest-flüssig Separierung von Gülle kommuniziert werden.

6. Referenzen

- Aguirre-Villegas, H.A., Larson, R.A., Sharara, M.A. 2019. Anaerobic digestion, solid-liquid separation, and drying of dairy manure: Measuring constituents and modeling emission. *Sci. Total Environ.* 696: 134059.
- Bareha, Y., Affès, R., Buffet, J., Girault, R. 2021a. SYS-Metha: Outil de prédiction des flux d'azote et de carbone sur les filières de méthanisation et des propriétés des digestats. Rennes, F: Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement, INRAE. URL: <https://entrepot.recherche.data.gouv.fr/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.15454/U4S6OF> (07.02.2023).
- Bareha, Y., Affes, R., Moinard, V., Buffet, J., Girault, R. 2021b. A simple mass balance tool to predict carbon and nitrogen fluxes in anaerobic digestion systems. *Waste Manage.* 135: 47-59.
- Guilayn, F., Jimenez, J., Rouez, M., Crest, M., Patureau, D. 2019. Digestate mechanical separation: Efficiency profiles based on anaerobic digestion feedstock and equipment choice. *Bioresource Technol* 274: 180-189.
- Hafner, S.D., Pacholski, A., Bittman, S., Carozzi, M., Chantigny, M., Genermont, S., Häni, C., Hansen, M.N., Huijsmans, J., Kupper, T., Misselbrook, T., Neftel, A., Nyord, T., Sommer, S.G. 2019. A flexible semi-empirical model for estimating ammonia volatilization from field-applied slurry. *Atmos. Environ.* 199: 474-484.

- Hjorth, M., Christensen, K.V., Christensen, M.L., Sommer, S.G. 2010. Solid-liquid separation of animal slurry in theory and practice. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 30(1): 153-180.
- Kupper, T. 2015. Separierung von Gülle und ihr Einfluss auf Ammoniakemissionen. Berner Fachhochschule. Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften, Zollikofen.
- Kupper, T., Häni, C., Nefel, A., Kincaid, C., Bühler, M., Amon, B., VanderZaag, A.C. 2020. Ammonia and greenhouse gas emissions from slurry storage - a review. *Agr. Ecosyst. Environ.* 300(106963): 1-18.
- Pedersen, J., Hafner, S.D., Adamsen, A.P.S. 2022. Effectiveness of mechanical separation for reducing ammonia loss from field-applied slurry: Assessment through literature review and model calculations. *J. Environ. Manage.* 323: 116196.
- Zhang, X., Liu, C., Liao, W., Wang, S., Zhang, W., Xie, J., Gao, Z. 2022. Separation efficiency of different solid-liquid separation technologies for slurry and gas emissions of liquid and solid fractions: A meta-analysis. *J. Environ. Manage.* 310: 114777.