

Helmut Döhler, Robert Vandré, Regina R bler, Brigitte Eurich-Menden und Sebastian Wulf

Ammoniakemissionen: Minderungskosten bei der Lagerung von Flüssigmist

Die Kostenberechnungen für Maßnahmen zur Minderung von Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft wurden durch das KTBL aktualisiert. Im vorliegenden Beitrag werden die Minderungskosten für verschiedene Abdeckungen von G llelagern dargestellt. Aus dem nationalen Emissionsinventar wird eine flächenbezogene Referenz-Emission ohne Abdeckung von $16 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ für Schweinegülle ohne natürliche Schwimmdecke und von $3,3 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ für Rindergülle mit natürlicher Schwimmdecke abgeleitet. Als Minderungsmaßnahmen sind Schwimmdecken aus Leichtschüttungen und Stroh besonders kosteneffizient. Bei Schweinegülle betragen die entsprechenden Minderungskosten 0,26–0,36 bzw. 0,48–0,63 €/kg NH_3 . Im vorliegenden Beitrag werden außerdem die Kostenstruktur und kostensparende Nebeneffekte diskutiert.

Schlüsselwörter

Ammoniakemissionen, Ammoniakminderung, Kosten, Fl ssigmistlagerung

cost-effective abatement measures (pig slurry: 0.26–0.36 resp. 0.48–0.63 €/kg NH_3). Furthermore, the composition of the costs and cost-saving side effects are discussed.

Keywords

Ammonia emissions, ammonia abatement, costs, liquid manure, slurry storage

Abstract

Döhler, Helmut; Vandré, Robert; R bler, Regina; Eurich-Menden, Brigitte and Wulf, Sebastian

Ammonia emissions: Abatement costs for the storage of liquid manure

Landtechnik 66 (2011), no. 6, pp. 465–468, 3 figures, 1 table, 8 references

The KTBL has updated calculations of the costs of measures to reduce ammonia emissions from agriculture. In the present paper the results for different covers for storages of liquid manure are presented. From the national emission inventory a surface-based reference emission factor without cover of $16 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ for pig slurry without natural crust and $3.3 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ for cattle slurry with natural crust is deduced. Notably the coverings by granules or straw are

Landwirtschaftliche Ammoniakemissionen werden in Deutschland zu 80 % durch die D ngewirtschaft im Zusammenhang mit der Tierhaltung in den Verfahrensstufen Stall, Wirtschaftsd ngelagerung und -ausbringung verursacht [1]. Möglichst in allen Verfahrensstufen müssen Minderungsmaßnahmen durchgeführt werden, um die international vereinbarte Höchstgrenze für die Emissionen dauerhaft und verlässlich einzuhalten und Schäden in Ökosystemen zu vermeiden. Im vorliegenden Beitrag werden neu durch das KTBL ermittelte Kosten für die NH_3 -Minderung bei der Güllelagerung vorgestellt. Die Untersuchung wurde im Rahmen eines vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz sowie vom Umweltbundesamt finanziell unterstützten Projektes durchgeführt [2; 3].

Die Berechnungen zu den Minderungskosten bei der Güllelagerung wurden für Lagerkapazitäten von 500 bis 5 000 m^3 (Rundbehälter) sowie für 7 500 m^3 (rechteckiges Erdlager/Lagune) für Schweine- und Rindergülle mit einer Lagerdauer von sechs Monaten durchgeführt. Da die berechneten Minderungskosten stark von den gewählten Systemgrenzen und Rahmenbedingungen abhängen, werden die Einflüsse unterschiedlicher Annahmen und Nebeneffekte der Lagerabdeckung anhand der berechneten Minderungskosten aufgezeigt.

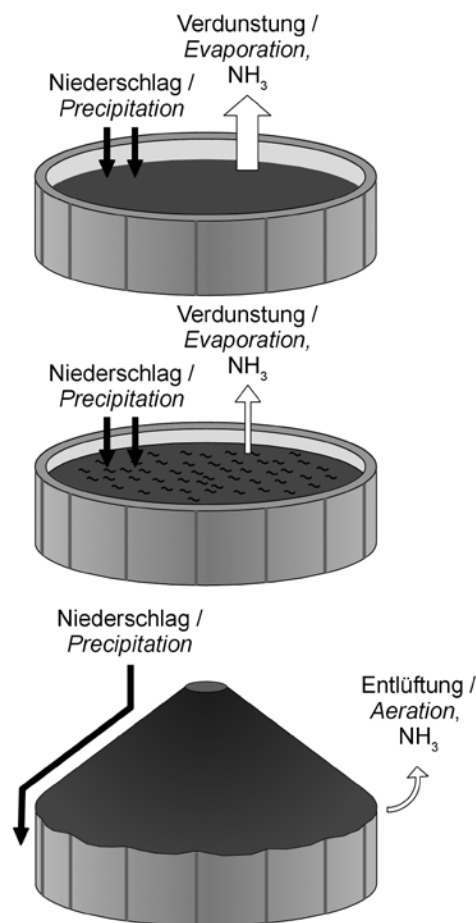
Ammoniakminderungskosten: Referenz-Emissionen

Die prinzipielle Vorgehensweise bei der Berechnung von Minderungskosten wird im Beitrag „Ammoniakemissionen: Minderungskosten bei der Flüssigmistausbringung“ in der vorliegenden Ausgabe der Landtechnik beschrieben [4]. Referenzverfahren bei der Wirtschaftsdüngerlagerung sind offene Rundbehälter bzw. Erdlager ohne Abdeckung. Bezüglich der relativen Minderung durch unterschiedliche Abdeckungen liegen belastbare Daten vor [5; 8]. Große Unsicherheiten bestehen aber weiterhin über die absoluten NH_3 -Verluste bei der Güllelagerung, da die wenigen vorliegenden Messungen unter Praxisbedingungen eine große Spanne der Emissionsraten zeigen [5; 6]. Zur Berechnung der nationalen NH_3 -Emissionsinventare wird für offene Lager nach [1] ein Emissionsfaktor von 15 % des $\text{NH}_4\text{-N}$ verwendet. Um jedoch Unterschiede in Lagergrößen, -formen und -zeiten abbilden zu können, ist ein flächen- und zeitbezogener Emissionsfaktor nötig. Daher wird der in den Emissionsinventaren verwendete Emissionsfaktor unter der Annahme eines Rundlagers mit 1000 m^3 Lagerkapazität, einer Oberfläche von 250 m^2 sowie sechsmonatiger Lagerung in flächenbezogene NH_3 -Quellstärken umgerechnet. Für Schweinegülle ergibt sich so eine Referenz-Emission von $16 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$. Bei Rindergülle wird zudem nach [1] eine 70 %ige Minderung durch eine natürliche Schwimmdecke zugrunde gelegt. Für die Zeit ohne Schwimmdecke nach Homogenisierung und Ausbringung der Gülle wird diese Minderung um 4 % abgeschwächt. Es ergibt sich für Rindergülle eine Referenz-Emission von $3,3 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$. Diese Emissionsfaktoren liegen im Bereich von Praxismessungen (z.B. Schweinegülle $5\text{--}43 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$; Rindergülle $3\text{--}14 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ [7]).

Lagerabdeckung

Die Ammoniakverluste offener Lager werden durch Abdeckung um 70 bis 95 % gemindert (Tabelle 1). Die Wirksamkeit von Leichtschüttungen und Schwimmkörper werden beim Aufrühren der Gülle gestört. Daher werden für die Berechnungen die

Abb. 1



Niederschlag, Verdunstung und NH_3 -Emissionen bei Rundbehältern ohne Abdeckung (oben), bei natürlicher oder künstlicher Schwimmdecke (Mitte) und bei fester Abdeckung (unten)

Fig. 1: Tanks without cover (top), with natural or artificial floating cover (middle) and with roof (bottom): Precipitation, evaporation and NH_3 -emissions

Tab. 1

Relative NH_3 -Emissionsminderung durch Gülleabdeckungen nach [1; 8] und Gutschrift für den konservierten Stickstoff
Table 1: Relative abatement of NH_3 -Emissions according to [1; 8] and credit for the value of conserved nitrogen

Abdeckung/Cover	Minderung ¹⁾ Abatement ¹⁾ %	N-Gutschrift ^{2)/Credit for N-value²⁾}	
		Rindergülle Cattle slurry €/m ³	Schweinegülle Pig slurry €/m ³
Betondecke/Concrete cover	90 (85–95)	0,04–0,06	0,29–0,43
Zeltdach/Tent	90 (85–95)	0,04–0,06	0,29–0,43
Schwimmfolie, Leichtschüttungen, Schwimmkörper ³⁾ Plastic sheet, granules, plastic beads ³⁾	85 (80–90)	0,04–0,06	0,26–0,41
Strohauflage/Straw cover	80 (70–90)	0,03–0,05	0,24–0,36

¹⁾ Spannweiten in Klammern nach Experteneinschätzung in [8]/Ranges in brackets according expert estimates in [8].

²⁾ Spätere Verluste bei der Gülleausbringung eingerechnet. Spannweiten durch je nach Lagergröße unterschiedliche Verhältnisse von Oberfläche zu Volumen/Later losses from surface-application of slurry considered. Ranges due to different surface to volume ratios of stores.

³⁾ Schwimmkörper: Einsatz nur bei dünnflüssiger Gülle, daher keine Berücksichtigung bei Rindergülle/Plastic beads: Used only on thin fluid slurry, therefore not considered for cattle slurry.

Minderungspotenziale nach [1; 8] bei angenommener zweimaliger Gülleausbringung jährlich je nach Art der Schwimmdecken mit einem Abschlag von 1 bis 3 %-Punkten versehen. Einen deutlicheren Effekt auf die letztendlich umweltwirksame Ammoniakminderung durch Lagerabdeckung haben die späteren Verluste bei der Ausbringung. Dies wird beim N-Wert des konservierten Stickstoffs berücksichtigt, indem dieser um den Referenzwert der Ausbringungsverluste in der vorliegenden Studie von 50 % bei Rindergülle und 25 % bei Schweinegülle reduziert wird (**Tabelle 1**).

Die regenundurchlässigen Abdeckungen „Zeltdach“ und „Betondecke“ führen zu den stärksten Emissionsminderungen, erfordern aber auch die höchsten Investitionen. Ihre Haltbarkeit ist mit 20 bis 30 Jahren hoch und der Wartungsaufwand gering. Regenwasser wird wirksam vom Flüssigmist ferngehalten. Hierdurch werden Ausbringungskosten eingespart (**Abbildung 1, 2**). Schwimmende Abdeckungen dagegen erhöhen die auszubringende Flüssigmistmenge, da sie den Eintrag von Niederschlagswasser zulassen, zugleich aber die Verdunstung vermindern.

Mehrkosten bzw. Kosteneinsparungen durch konservierten Stickstoff und Niederschlagswasser werden bei den NH_3 -Minderungskosten nicht berücksichtigt [4]. Besonders bei den festen Abdeckungen würde jedoch die Anrechnung dieser Nebeneffekte zu geringeren Minderungskosten führen (**Abbil-**

dung 2). Die Strohauflage wird beim Aufrühren eingemischt und mit der Gülle ausgebracht. Daher müssen Strohauflagen mehrmals jährlich teilweise oder ganz mit einem Feldhäcksler erneuert werden. Demgegenüber müssen bei Schwimmdecken aus Leichtschüttungen jedes Jahr nur geringe Verluste ersetzt werden. Angenommen wurden jährliche Verluste von 10 %, die alle zwei Jahre mit einem Teleskoplader ersetzt werden.

Kosten der Lagerung und der Emissionsminderung

Die Jahreskosten der Güllelagerung nehmen unabhängig von der Abdeckung mit steigender Lagerkapazität ab, da größere Lager ein günstigeres Oberfläche-zu-Volumen-Verhältnis haben (**Abbildung 3**). Hinzu kommen insbesondere bei den Zeltdächern und Folien und in geringerem Maße bei den Leichtschüttungen sinkende Flächenpreise mit steigender Größe. Bei konstanten Mehraufwendungen für die Abdeckungen pro Fläche (Betondecke, Schwimmkörper) sind auch die NH_3 -Minderungskosten unabhängig von der Lagergröße, da auch die Emissionen pro Fläche als konstant angenommen

Abb. 2

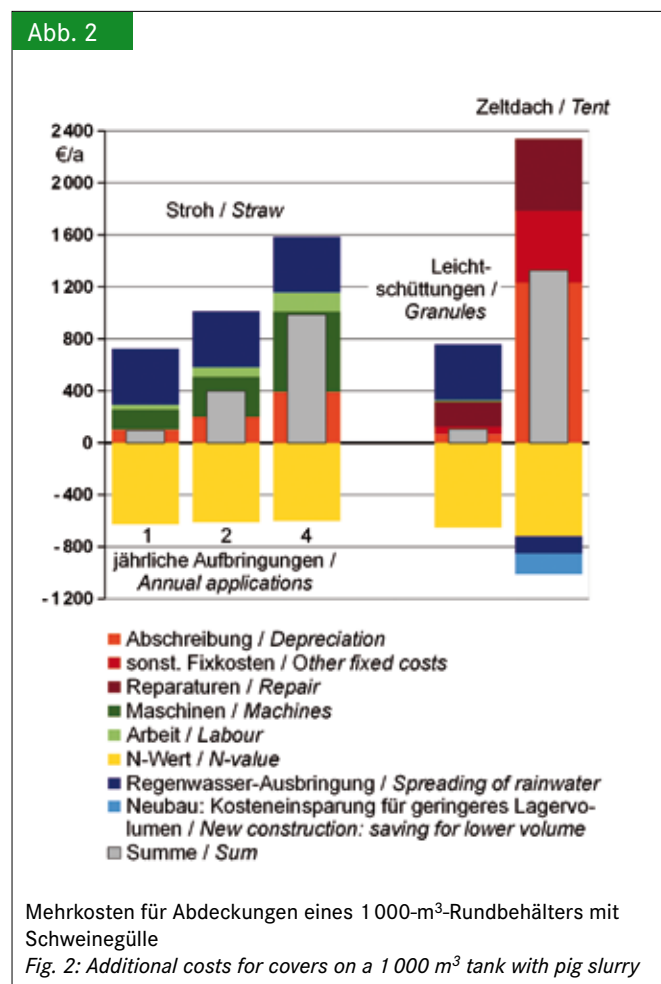
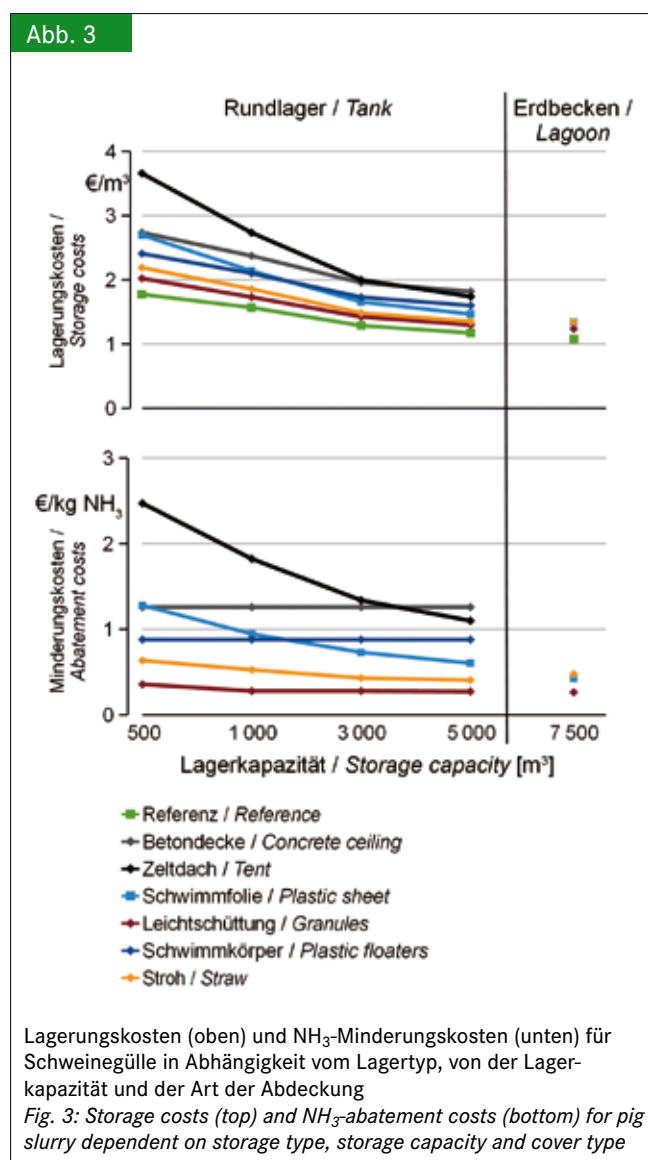


Abb. 3



werden (**Abbildung 3**). Stroh zeigt trotz konstanten Bereitstellungskosten pro Ballen sinkende Minderungskosten bei steigender Lagergröße, da bei der Aufbringung größerer Mengen im Verhältnis geringere Bereitstellungs- und Rüstzeiten für die Maschinen anfallen.

Für Rindergülle entsprechen die relativen Verhältnisse bei den Minderungskosten denen bei Schweinegülle, die in **Abbildung 3** dargestellt sind. Da sich auf Rindergülle natürliche Schwimmdecken ausbilden, können jedoch durch zusätzliche Abdeckungen nur geringere Emissionsminderungen im Vergleich zur offenen Lagerung erzielt werden. Dies führt zu deutlich höheren Minderungskosten bei Rindergülle (1,3–12,3 €/kg NH₃, Schweinegülle: 0,26–2,5 €/kg NH₃).

Stroh und Leichtschüttungen erweisen sich als kostengünstigste Minderungsmaßnahmen (**Abbildung 3**). Eine Strohecke wird allerdings teuer, wenn sie mehrmals jährlich aufgebracht werden muss (**Abbildung 2**). Die Mehrkosten im Vergleich zur Referenz werden von den Materialkosten bestimmt (**Abbildung 2**), zu denen bei Stroh und Leichtschüttungen auch die Reparaturkosten, d.h. die Ergänzung des durch Ausbringung verlorenen Materials, zählen. Bei den Leichtschüttungen fallen dabei Arbeits- und Maschinenkosten mit 4 % der Mehrkosten (ohne Nebeneffekte, s. o.) nicht ins Gewicht. Dagegen betragen bei der Abdeckung mit Stroh Maschinen- und Arbeitskosten 71 % der Mehrkosten. Bei den festen Abdeckungen werden die Mehrkosten durch die fixen Kosten und die Reparaturkosten bestimmt. Das Zeltdach ist für die in **Abbildung 2** dargestellte Abdeckung eines 1000-m³-Behälters die teuerste Maßnahme.

Für die Lagerung von Schweinegülle sind in **Abbildung 2** der Wert des konservierten N (gelber Säulenabschnitt) und die Mehrkosten für die Ausbringung von Niederschlagswasser (blaue Säulenabschnitte) berücksichtigt. Für Abdeckungen mit Stroh und Leichtschüttungen ist der Wert des konservierten N mit 15 bis 68 % der Mehrkosten erheblich, sodass sich bei Anrechnung dieser Effekte deutlich verringerte Mehrkosten ergeben (**Abbildung 2**, graue Balken). Beim Zeltdach als fester Abdeckung addieren sich die jährlichen Einsparungen für konservierten N und Niederschlagswasser zu gut 1.000 €/a oder 43 % der Mehrkosten. Die Gutschriften für konservierten Stickstoff sind bei Rindergülle mit 86–105 €/a deutlich geringer als bei Schweinegülle (602–719 €/a).

Schlussfolgerungen

Eine stabile natürliche Schwimmschicht reduziert Ammoniakemissionen wesentlich. Maßnahmen zu einer weiteren Ammoniakminderung sind mit hohen Minderungskosten verbunden. Leichtschüttungen stellen unter der Vorraussetzung, dass das Material regelmäßig ergänzt und dadurch eine Lebensdauer von Jahrzehnten erreichen wird, die kosteneffizienteste Minderungsmaßnahme dar. Feste Abdeckungen erreichen eine besonders hohe Ammoniakminderung und verhindern den Regenwassereintrag, sind aber auch bei Berücksichtigung dieser Aspekte teurer als künstliche Schwimmdecken. Stroh ist eine

günstige und leicht verfügbare Abdeckungsmöglichkeit, deren Kosten aber stark ansteigen, wenn die Schwimmdecke häufig erneuert werden muss.

Literatur

- [1] Haeneel, H. D.; Rösemann, C.; Dämmgen, U.; Döhler, H.; Eurich-Menden, B.; Laubach P.; Müller-Lindenlauf, M.; Osterburg, B. (2010): Berechnung der Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft – Nationaler Emissionsbericht (NIR) 2010 für 2008. Landbauforschung, Sonderheft 334, Braunschweig
- [2] Döhler, H.; Eurich-Menden, B.; Rößler, R.; Vandré, R.; Wulf, S. (2011): Systematische Kosten-Nutzen-Analyse von Minderungsmaßnahmen für Ammoniakemissionen in der Landwirtschaft für nationale Kostenabschätzungen. Unveröffentlichter Endbericht zum UBA Vorhaben FKZ 312 01 287
- [3] Döhler, H.; Vandré R.; Wulf S.; Eurich-Menden, B. (2011): Abdeckung von Güllelagerbehältern - Stand der Technik. Bautagung Raumberg-Gumpenstein „Neue Herausforderungen und Strategien in der Rinder - und Schweinehaltung“, 18. und 19. Mai 2011
- [4] Döhler, H.; Vandré R.; Rößler R.; Wulf S. (2011): Ammoniakemissionen: Minderungskosten bei der Ausbringung von Flüssigmist. Landtechnik(66) 6, S. 469–472
- [5] Amon, B.; Fröhlich, M. (2006): Ammoniakemissionen aus frei gelüfteten Ställen und Wirtschaftsdüngerlagerstätten für Rinder. In: Emissionen der Tierhaltung. Messung, Beurteilung und Minderung von Gasen, Stäuben und Keimen. KTBL-Schrift 449, Darmstadt, S. 69–74
- [6] Müller, H. J.; Brunsch, R.; Berg, W. (2006): Ammoniakemissionsmassenströme in und um Tierhaltungsanlagen. In: Emissionen der Tierhaltung. Messung, Beurteilung und Minderung von Gasen, Stäuben und Keimen. KTBL-Schrift 449, Darmstadt, S. 69–74
- [7] De Bode, M. J. C (1990): Odour and Ammonia Emissions from Manure Storage. In: Nielsen, V. C.; Voorburg J. H.; L'Hermite, P. (Hrsg.): Odour and Ammonia Emissions from Livestock Farming. Proceedings of a seminar held in Silsoe, UK, 26.-28.3.1990
- [8] Döhler, H.; Eurich-Menden, B.; Dämmgen, U.; Osterburg, B.; Lüttich, M.; Bergschmidt, A.; Berg, W.; Brunsch, R. (2002): BMELV/UBA-Ammoniak-Emissionsinventar der deutschen Landwirtschaft und Minderungsszenarien bis zum Jahr 2010. Forschungsbericht 299 42 245/02. Texte 05/02. Umweltbundesamt, Berlin

Autoren

Dipl.-Ing. Helmut Döhler, Dr. Robert Vandré, Dr. Regina Rößler, Dr. Brigitte Eurich-Menden und Dr. Sebastian Wulf sind wissenschaftliche Mitarbeiter beim Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Bartningstraße 49, 64289 Darmstadt, E-Mail: h.doehler@ktbl.de

Danksagung

Die vorliegende Untersuchung wurde durchgeführt mit Förderung durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages, sowie mit finanzieller Unterstützung durch das Umweltbundesamt.