

Kompoststall für Rinder - Kompostmanagement, Ammoniakemissionen, VOCs und Mikrobiologie

Alfred Pöllinger^{1*} und Barbara Pöllinger-Zierler²

Zusammenfassung

Im Rahmen eines Forschungsprojektes wurden auf 23 milchviehhaltenden Betrieben zu drei unterschiedlichen Jahreszeiten (Sommer, Herbst und Winter) punktuell Emissionsmessungen durchgeführt sowie Proben zur Analyse der gebildeten VOCs und charakteristischer Parameter (pH-Wert, C, Ngesamt, TM, etc.) gezogen. Weiters wurde ein mikrobiologisches Screening erstellt.

Bilanziert man das gesamte Kompoststallsystem und setzt es in eine vergleichende Betrachtung mit Liegeboxenlaufställen, so ergeben sich durchschnittlich niedrigere Emissionswerte für Kompostställe. Der Durchschnittswert der gemessenen VOC-Konzentrationen liegt deutlich unter dem eines Liegeboxenlaufstalles.

Das mikrobiologische Screening zeigte, dass es keine große Variation innerhalb der einzelnen Jahreszeiten und auch im Betriebsvergleich gibt. Extrem thermophile Sporenbildner (XTAS) sind in der Kompostmistmatratze von allen untersuchten Betrieben in unbedeutend geringen Konzentrationen vorhanden.

Schlagwörter: Kompoststall, Ammoniak, Emissionen, Geruch, Mikrobiologie

Summary

Compost bedded pack barns – bedding management, ammonia emissions, VOCs and microbiology

Within the project emission measurements of 23 compost bedded dairy barns (CDB) were executed and samples for the analysis of odouractive volatile organic compounds (VOCs) and chemical parameters (e.g. pH, DM, C/N ratio) were taken. In addition, an extensive microbiological screening was carried out.

In analysis of the whole CDB system ammonia emission was less than the emissions from comparable freestall barns with cubicles. The results of the analysis of the odouractive VOCs show considerably lower emissions than in dairy barns with cubicles.

The microbiological screening indicates no wide variation concerning different seasons as well as different farms. Extreme thermophilic spore formers (XTAS) were analysed in a very low concentration range.

Keywords: compost bedded pack barn, ammonium, emissions, smell, microbiology

1 Einleitung und Stand des Wissens

Der Kompoststall für Rinder ist eine Zweiflächenbucht, bei der die Liegefläche mit Sägespänen, Hobelspänen, feinen Hackschnitzeln oder anderen organischen Materialien eingestreut wird und diese unter Einarbeitung von Kot und Harn verrotten. Aus der Sicht der artgemäßen Tierhaltung wird das System durchwegs positiv beurteilt, denn „Stallsysteme mit freier Liegefläche kommen den Bedürfnissen von Rindern in Hinblick auf das Liege- und Sozialverhalten sehr entgegen. Sie ermöglichen den Tieren, ihre artgemäßen Liegepositionen einzunehmen und in sozialem Kontakt mit Artgenossen zu ruhen. Der Fressgang kann entweder planbefestigt oder mit Spaltenboden ausgestattet sein.“ (OFNER-SCHRÖCK, 2013). Der Kompoststall wird auch aus der Sicht der Klauengesundheit positiv beurteilt (BURGSTALLER et al., 2016). Wichtig ist auch die Auslegung der Liegeflächengröße. In Israel stehen zwischen 13 und 20 m² Liegefläche pro Tier zur Verfügung, in den USA 7,5 bis 9,2 m² (LEIFKER, 2010). In Österreich liegt die Bandbreite zwischen 6 und 15 m²/Tier.

Eine der zentralen Herausforderungen für einen Kompoststallbetreiber ist das Sicherstellen des Kompostierungsprozesses in der Liegematratze, insbesondere in der

Übergangszeit von Herbst auf Winter und im Winter selbst. Der Aufbau einer neuen Matratze sollte nicht in der kalten Jahreszeit erfolgen, da bei Kälte der Rotteprozess nur schwer in Gang kommt (HOLZEDER, 2011). Durch die Wärmeerzeugung (25 bis über 50 °C) verdunstet ein hoher Anteil der eingetragenen Flüssigkeit und nur damit ist es möglich die Liegefläche sauber und vor allem trocken zu halten. Die Wahl der Einstreumaterialien richtet sich im Wesentlichen nach der mengen- und preisbezogenen Verfügbarkeit derselben. Dabei spielen die „Strukturstabilität“, die gute Durchmischbarkeit, die Kohlenstoffverfügbarkeit und ein gutes Flüssigkeitsaufnahmevermögen eine entscheidende Rolle (PÖLLINGER et al., 2016).

10 bis 16 m³ an Sägespänen werden pro Kuh und Jahr verbraucht (HOLZEDER, 2011). Weitere Materialien, die derzeit von verschiedenen Betrieben eingesetzt werden, sind Hackschnitzel, ausgesiebtes Material aus der Hackschnitzelreinigung, zerkleinertes Reisig, Miscanthus, Rapsstroh, Maisspindeln, Müllereiabfälle (Kleien), Dinkelspelzen, Heu von Naturschutzflächen und separierte Gärreste. Einige Materialien daraus sind nur als Mischungspartner und nicht für die alleinige Verwendung geeignet (HOLZEDER et al., 2011 und PÖLLINGER et al., 2016). Die Bearbeitung der

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Abteilung für Innenwirtschaft, A-8952 IRDNING-DONNERSBACHTAL

² Technische Universität Graz, Institut für Analytische Chemie und Lebensmittelchemie, Stremayrgasse 9/2, A-8010 GRAZ

* Ansprechperson: Dipl.Ing. Alfred PÖLLINGER, E-Mail: alfred.poellinger@raumberg-gumpenstein.at

Liegefläche erfolgt zweimal täglich mit einem Grubber (Tiefengrubber, Federzinkengrubber/-egge) oder einer Fräse.

Jegliche Form der Tierhaltung steht auch in Verbindung mit Geruchs- und Ammoniakemissionen. Die Geruchsemissionen aus Kompostställen werden zwar in der Praxis subjektiv als niedrig empfunden, wurden jedoch bis dato in wissenschaftlichen Untersuchungen zu Kompostställen noch wenig berücksichtigt (HOLZEDER, 2012). Ammoniak als geruchs- und ökosystemrelevante Verbindung entsteht hauptsächlich beim Abbau der stickstoffhaltigen Ausscheidungen der Tiere im Stall, bei der Lagerung und bei der Ausbringung der Wirtschaftsdünger (Gülle, Stallmist, Jauche). Dementsprechend stellt die Landwirtschaft mit 94% die Hauptquelle der Ammoniakemissionen dar (UBA, 2016). Kompoststallsysteme wurden bisher nur sehr vereinzelt hinsichtlich Ammoniakemissionen (GALAMA et al., 2014; BJERG et al., 2014) und den Emissionen an flüchtigen organischen Verbindungen (volatile organic compounds; VOCs) analysiert (SHANE et al., 2010).

Einen weiteren wichtigen Parameter im System Kompoststall stellt die große Diversität an Mikroorganismen dar (SCHWARZKOPF, 2012). DRIEHUIS et al. (2013) untersuchten die mikrobielle Belastung von Pferdedung, Kompost, getrocknetem Rinderdung und Kompoststallmatratzen und postulieren diese Medien als Brutstätte für thermophile, aerobe Sporenbildner identifiziert zu haben. Die Gruppe der extrem thermophilen aeroben Sporenbildner (XTAS) war auch der Grund dafür, dass in den Niederlanden ein Lieferverbot für die Milch aus Kompoststallbetrieben an Molkereien ausgesprochen wurde. In der Literatur findet man bei GODDEN et al. (2008) und BLACK et al. (2014) Untersuchungen über die vorhandenen Mikroorganismen in einem Kompoststall. Es zeigt sich, dass in manchen Analysen pathogene Keime (z.B.: Mastitiserreger wie E.coli oder Klebsiella ssp.) in deutlich geringeren Konzentrationen vorliegen als in einem vergleichbaren Liegeboxenlaufstall.

2 Material und Methoden

2.1 Betriebe und Begleitparameter

Für die Datenerhebung wurden 23 Betriebe ausgewählt und zu drei unterschiedlichen Jahreszeiten (Sommer, Herbst, Winter) vermessen, um den Zustand der Kompostmatratze in jeder klimatischen Situation nachvollziehen und vergleichen zu können. Begleitend zu den Emissionsmessungen wurden Daten zu Tierbestand, zur Tier- und Eutergesundheit erhoben und Proben zur chemischen Analyse der Kompostmatratze gezogen sowie Temperaturen derselben gemessen.

2.2 Emissionsmessungen und Berechnungen

Auf jedem Betrieb wurden zu Beginn jeder Messung sechs Messpunkte, regelmäßig im Stall verteilt, festgelegt und in einer Skizze festgehalten, um diese für die weiteren Messungen wiederzufinden. Für die Messung der Ammoniakemissionen aus der Kompost - Liegefläche wurde eine 0,5 m² Messhaube (Open dynamic chamber) auf den Messflächen positioniert. Zur Bestimmung der Luftzusammensetzung (NH₃, CO₂, N₂O) wurde der Multigasmonitor - 1412 der Firma Lumasens verwendet.

2.3 Bestimmung der VOCs

Jede Probe aus den 6 Messpunkten pro Kompoststall pro Messzeitpunkt wurde zweifach mittels GC-MS vermessen. Somit erhielt man 12 Analysen pro Kompoststall pro Messzeitpunkt. Es wurde pro Analyse mittels GC-MS je 1 g Probe eingewogen. Als Probenvorbereitungstechnik wurde die SPME (solid phase microextraction) als lösungsmittelfreie Probenvorbereitungstechnik gewählt. Die Anreicherung der Analyten fand an einer 2 cm 50/30 µm DVB/Carboxen/PDMS Stable Flex Faser statt.

Die Analyse erfolgte mit dem Gaschromatographen und anschließender Massenspektrometrie (Fa. Agilent 7890 GC bzw Fa. Shimadzu GC2010). Die Gaschromatographie-Olfaktometrie (GC-O) erfolgte mittels Gaschromatographen und FID (Hewlett Packard 5890 Series II mit FID).

2.4 Mikrobiologische Untersuchungen

Mikroorganismenscreening war primäres Ziel zum einen, um einen Überblick über die vorhandenen Mikroorganismen in einer Kompostmatratze zu generieren und zum anderen, um den Einfluss des Einstreumaterials auf die Diversität der Mikroorganismen zu untersuchen.

Aus diesem Grund wurden neben der Ermittlung der Gesamtkeimzahl Selektivnährmedien mit unterschiedlichen Inkubationstemperaturen (Bsp.: Baird Parker RPF Agar, SGC2 Agar, Columbia Blood Agar, Pseudomonas CFC Agar etc.; alle von Biomerieux bzw. VWR) herangezogen, die eine Identifizierung und Quantifizierung der einzelnen Spezies (Bsp.: extrem thermophile Sporenbildner -XTAS, Klebsiella ssp., Bacillus ssp. oder Streptococcus ssp.) ermöglichen.

3 Ergebnisse

3.1 Betriebsmanagement und Kompostqualität

In der *Tabelle 1* sind ausgesuchte chemische Parameter der untersuchten Komposte angeführt. Es handelt sich dabei nicht um ausgereifte Komposte, die zur Ausbringung vorbereitet waren, sondern um Komposte, die mitten im Umsetzungsprozess beprobt wurden.

Im Mittel weisen die Komposte einen Trockenmassegehaltswert von 34,2 % auf. Das ist auch jener Wert, den es zu erreichen gilt, um gesichert trockene und saubere Liegeflächenbedingungen anbieten zu können.

Der große Schwankungsbereich von 24,5 bis 51,6 % zeigt aber auch die Problematik auf, die es im Management zu bewältigen gilt. Vor allem feuchte Kompostmatratzen (unter 30 % TM) sind aufgrund der folgenden höheren Tierverschmutzung, des tieferen Einsinkens und des unzureichenden Kompostierungsprozesses problematisch.

Tabelle 1: Analyseergebnisse von Komposten aus den 23 Kompoststallbetrieben, Proben aus dem Sommer, Herbst und Winter 2015-16 (Werte in g/kg FM)

Parameter	TM	Ca	N	pH-Wert	C/N
Min	245	1,7	2,2	7,5	11
Max	516	47,0	11,0	9,1	66
Mittelwert	342	6,6	5,1	8,2	30

Abhilfe kann dann nur mehr mit erhöhtem Einstreubedarf und, wenn verfügbar, mit dem Einsatz spezieller Einstreumaterialien gefunden werden.

3.2 Emissionen

Einen großen Einfluss auf die Ammoniakfreisetzung haben das Einstreumaterial und das Liegeflächenangebot wie in *Tabelle 2* anhand verschiedener Betriebe dargestellt wird. Es sind die Gesamtemissionen (Liegefläche und Fressgangfläche) aus dem Kompoststallsystem berechnet. Für den Fressgangbereich wurden Werte aus der Literatur für Liegeboxenlaufställe verwendet.

Der Betrieb 16 mit dem höchsten Emissionswert von 21,1 kg NH₃/GVE/a ist durch ein geringes Liegeflächenangebot und der Verwendung eines speziellen Einstreumaterials (Dinkelspelzen) charakterisiert. Beide Faktoren zusammen wirken emissionserhöhend.

3.3 VOCs

Mittels GC-MS und GC-O konnte eine Vielzahl von aromarelevanten flüchtigen Verbindungen vor allem aus den Gruppen der Aldehyde, Phenole und Säuren identifiziert und hinsichtlich ihrer sensorischen Eigenschaften charakterisiert werden.

Bei der Gesamtanalyse aller geruchsrelevanten VOCs zeigte sich, dass die Konzentrationen dieser VOCs sehr stark variieren; zum einen zwischen den unterschiedlichen Betrieben und zum anderen innerhalb der drei Jahreszeiten.

Betriebe mit Säge- und/oder Hobelspan-Einstreu wiesen die höchste Konzentration an VOCs auf, während in Kompostställen mit anderen Einstreumaterialien wie Dinkelspelzen oder Siebmaterialeien deutlich niedrigere Mengen an geruchsrelevanten VOCs analysiert werden konnten. Bei der multivariaten Datenanalyse konnte keine Korrelation zwischen NH₃-Emissionen und geruchsrelevanten VOCs dargestellt werden. Zusammenfassend ist zu sagen, dass die VOC-Konzentrationen trotz der großen Schwankungsbreite im Durchschnitt unter den VOC-Emissionen in einem Liegeboxenlaufstall liegen, sodass aus emissionstechnischer Sicht der Beweis für die deutlich geringere Geruchsaktivität eines Kompoststalles erbracht werden konnte.

3.4 Mikrobiologie

Bei der mikrobiologischen Analyse der Kompostmatratze konnte gezeigt werden, dass es keine große Variation innerhalb der einzelnen Jahreszeiten und im Betriebsvergleich gibt. Die Betriebe, die eine etwas höhere Gesamtkeimzahl aufweisen, zeigen entweder auf Grund des alternativen Einstreumaterials Dinkelspelzen eine veränderte Mikrobiologie (v.a. thermophile Mikroorganismen) oder Schimmelpilze auf Grund der durchgehend (zu) niedrigen Temperaturen der Kompostmatratze über einen langen Zeitraum (Bsp.: Siebmaterialeien). Weiters wurde das Screening auf das Vorhandensein von extrem thermophilen aeroben Sporenbildnern (XTAS) durchgeführt. Es zeigte sich, dass XTAS in der Kompostmatratze von allen untersuchten Betrieben

Tabelle 2: Ammoniakemissionen ausgesuchter Kompoststallbetriebe mit den Parametern Milchleistung, Liegeflächenangebot und Einstreumaterial

Betrieb	Milchleistung kg/a	Liegefläche m ² /Tier	Einstreu ^{*)}	NH ₃ Liegefläche kg/GVE/a	NH ₃ Fressgang kg/GVE/a	Summe aus LF und FP kg/GVE/a
1	9.500	10,5	1 + 3	1,76	2,14	3,9
10	8.900	11,5	1	0,74	4,54	5,3
11	8.200	9,1	2	1,88	4,86	6,7
13	6.800	4,9	5	4,39	2,24	6,6
17	9.800	8,3	6	0,66	1,80	2,5
16	10.600	5,3	2 + 1	19,09	2,00	21,1
20	10.000	4,4	1	8,06	2,10	10,2

^{*)} 1=Säge/Hobelspäne; 2=Dinkelspelzen; 3=Gülleseparat; 5=Mähgut; 6=Torf

vorhanden waren, allerdings in sehr geringen Konzentrationen (3,8*10⁴ KBE/g). Somit ist der Schluss zulässig, dass trotz des bis dato fehlenden Grenzwerts für diese Klasse an Mikroorganismen von keinem Gefährdungspotential ausgegangen werden kann.

4 Literatur

- BJERG, B. und KLAAS, I. (2014): Water and ammonia evaporation in a compost bedded pack dairy barn with under floor aeration. University of Copenhagen, Denmark.
- BLACK, R.A.; TARABA, J.L.; DAY, G.B.; DAMASCENO, F.A.; NEWMAN, M.C.; AKERS, K.A.; WOOD, C.L.; MCQUERRY, K.J.; BEWLEY, J.M. (2014): The relationship between compost bedded pack performance, management and bacterial counts. *J. Dairy Sci.* 91:1-11.
- BURGSTALLER, J.; RAITH, J.; KUCHLING, J.; MANDL, V.; HUND, A.; KOFLE, J. (2016): Claw health and prevalence of lameness in cows from compost bedded and cubicle freestall dairy barns in Austria. *The Veterinary Journal* 216 (2016) 81-86, Elsevier Verlag.
- DRIEHUIS, F.; LUCAS-VAN DEN BOS, E.; WELLS-BENNIK, M.H.J. (2013): Risks of the use of cattle manure solids as bedding material for milk quality: *Bacillus cereus* and butyric acid bacteria spores. NIZO Rapport E2013/180
- GALAMA, P. (2014): On farm development of bedded pack dairy barns in The Netherlands, Report 707, Wageningen UR Livestock Research.
- HOLZEDER, S. (2012): Komfort zum Wohlfühlen. *Elite 3/2012*, S. 54 - 59
- GODDEN, S.; BEY, R.; LORCH, K.; FARNSWORTH, R.; RAPNICKI, P. (2008): Ability of organic and inorganic bedding materials to promote growth of environmental bacteria. *Journal of Dairy Science* 91: 151-159.
- LEIFKER, A. (2010): Grenzenlose Freiheit. *Top Agrar* 4/2010.
- PÖLLINGER, A.; PÖLLINGER-ZIERLER, B.; KAPP, C.; SCHWAIGER, M.; KONRAD, M.; REISINGER, C.; KOPFER, M. (2016): Kompoststall für Rinder – wichtige Parameter für einen guten Kompostierungsverlauf. ISBN: 978-3-902849-41-0.
- SCHWARZKOPF, K. (2012): Hygienisch-mikrobiologische Untersuchungen von Kompostställen und Einstreumaterialien aus Gärresten und Kompost, Institut für Umwelt- und Tierhygiene sowie Tiermedizin und Tierklinik.
- SHANE, E. M.; ENDRES, M. I.; and JANNI, K. A. (2010): Alternative bedding materials for compost bedded pack barns in Minnesota. *Appl. Eng. Agric.* 26(3):465.
- UBA (2016): Maßnahmen zu sekundären Partikeln aus der Landwirtschaft. Report-0569. Umweltbundesamt GmbH, Wien. ISBN 978-3-99004-382-0.

