



RATGEBER FÜR DIE GUTE FACHLICHE PRAXIS IN DER LANDWIRTSCHAFT ZUR BEGRENZUNG VON AMMONIAKEMISSIONEN

IMPRESSUM

IMPRESSUM

Medieninhaber und Herausgeber:
BUNDESMINISTERIUM
FÜR NACHHALTIGKEIT UND TOURISMUS
Stubenring 1, 1010 Wien
www.bmnt.gv.at

Text und Redaktion: BMNT/Frickh Johannes (Tierische Produkte), BMNT/Kaupe Lukas (Agrarische Wertschöpfungskette und Ernährung), HBLFA Raumberg-Gumpenstein/Pöllinger Alfred, BMNT/Spanischberger Andrea (Pflanzliche Produkte)
Grafikdesign: Fink Leonie
Lektorat: Schleifer Schleifer, Stöttinger Magdalena
Bildnachweis: BMNT/LFZ/Buchgraber (Titelblatt); BMNT/Gruber Paul (S. 3)
Gestaltungskonzept: WIEN NORD Werbeagentur

1 Auflage

Alle Rechte vorbehalten.
Wien, 22.06. 2018

VORWORT

Sehr geehrte Berater und Beraterinnen,
liebe Bäuerinnen und Bauern!

DER VORLIEGENDE RATGEBER zur Verminderung von Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft ist ein wichtiges Dokument, das Europas gemeinsame Bestrebungen zur Luftreinhaltung unterstützt und damit einen wesentlichen Beitrag zur Gesunderhaltung der Bevölkerung leistet. Im Mittelpunkt stehen das vereinbarte Ziel für 2030 und der gemeinsame Weg dorthin. Wir müssen den Gedanken der Nachhaltigkeit hochhalten und alle maßgeblichen Akteurinnen und Akteure im Sektor für die hohe Bedeutung des Umwelt- und Klimaschutzes sensibilisieren – mit vereinten Kräften machen wir unsere #mission2030, die österreichische Klima- und Energiestrategie, zu einem vollen Erfolg.

In diesem Sinne präsentiert der Ratgeber realisierbare Ansätze zur Vermeidung von Ammoniakemissionen in der landwirtschaftlichen Praxis. Ich danke allen Expertinnen und Experten, die mit ihrer Erfahrung und ihrem Wissen zur Erarbeitung dieses NEC-Ratgebers beigetragen haben. Zugleich bedanke ich mich bei unseren bäuerlichen Betrieben, die wertvolle Zeit und Ressourcen in die Umsetzung von Emissionsvermeidungsmaßnahmen investieren – von der umweltschonenden Betriebsführung über die Bewältigung von Zielkonflikten bis zu organisatorischen Anpassungen. Ich bin überzeugt: Langfristig lohnt sich der Aufwand nicht nur für die Umwelt und das Klima, sondern auch aus wirtschaftlicher Sicht.

Wir setzen alles daran, auch in der kommenden Förderungsperiode adäquate Steuerungsinstrumente zur Verfügung zu stellen, um die Bäuerinnen und Bauern bestmöglich bei verantwortungsbewussten Maßnahmen zu unterstützen. Es ist mir ein persönliches Anliegen, das nationale Reduktionsziel mit einem ambitionierten Beitrag des Sektors Landwirtschaft zu stärken.



ELISABETH KÖSTINGER
Bundesministerin für Nachhaltigkeit
und Tourismus

INHALTSVERZEICHNIS

IMPRESSUM.....	2
VORWORT.....	3
1 EINLEITUNG.....	5
1.1 STICKSTOFFKREISLAUF IN DER LANDWIRTSCHAFT.....	5
1.2 AMMONIAKEMISSIONEN IN DER LANDWIRTSCHAFT.....	6
1.3 RECHTLICHE GRUNDLAGEN.....	8
2 EMISSIONSARME FÜTTERUNGSSTRATEGIEN VON NUTZTIEREN.....	9
2.1 VERRINGERUNG DER STICKSTOFFAUSSCHIEDUNG VON NUTZTIEREN.....	10
2.2 FÜTTERUNG VON WIEDERKÄUERN.....	10
2.3 FÜTTERUNG VON SCHWEINEN UND GEFLÜGEL.....	12
3 EMISSIONSARME STALLSYSTEME.....	14
3.1 HALTUNGSVERFAHREN FÜR RINDER.....	15
3.2 HALTUNGSVERFAHREN FÜR SCHWEINE.....	16
3.3 HALTUNGSVERFAHREN FÜR GEFLÜGEL.....	18
4 EMISSIONSARME LAGERUNG VON WIRTSCHAFTSDÜNGER.....	19
4.1 LAGERUNG VON FLÜSSIGEM WIRTSCHAFTSDÜNGER.....	19
4.2 LAGERUNG VON FESTMIST.....	22
5 EMISSIONSARME AUSBRINGUNG VON WIRTSCHAFTSDÜNGER.....	24
5.1 MASSNAHMEN BEI DER AUSBRINGUNG VON FLÜSSIGEM WIRTSCHAFTSDÜNGER.....	24
5.2 MASSNAHMEN BEI DER AUSBRINGUNG VON FESTMIST.....	26
5.3 AUSBRINGUNGSTECHNIKEN VON FLÜSSIGMIST.....	26
5.4 PRAKTISCHE ÜBERLEGUNGEN ZUR EMISSIONSARMEN AUSBRINGUNG.....	29
6 EMISSIONSARMER EINSATZ VON MINERALISCHEN N-DÜNGEMITTELN.....	32
6.1 MINDERUNG DER AMMONIAKEMISSIONEN AUS HARNSTOFF.....	32
7 TABELLENVERZEICHNIS.....	35
8 ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	35
9 LITERATUR/QUELLEN.....	36

1 EINLEITUNG

DIESER RATGEBER INFORMIERT über Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft und beschreibt wirksame Maßnahmen und Bedingungen, die im Bereich des Düngemanagements zur Emissionsreduktion existieren. In Kapitel 1 wird zu Beginn der Stickstoffkreislauf in der Landwirtschaft grundlegend erklärt und die momentan in Österreich geltenden Bestimmungen für Ammoniakemissionen vorgestellt. Kapitel 2 bis 5 behandeln relevante Aspekte zur Emissionsreduktion in den Bereichen Fütterung, Stall, Düngerlagerung und Düngerausbringung, wobei auf Unterschiede zwischen Rindern, Schweinen und Geflügel eingegangen wird. Abschließend wird in Kapitel 6 der emissionsarme Einsatz von mineralischem Stickstoff behandelt.

An der Ausarbeitung des Ratgebers waren Vertreter und Vertreterinnen aus Forschung und Wissenschaft sowie Beratung und Verwaltung beteiligt, wobei das Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (BMNT) und das Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein eine federführende Rolle innehatten.

1.1 STICKSTOFFKREISLAUF IN DER LANDWIRTSCHAFT

Bei Stickstoff (N) handelt es sich um einen essentiellen Pflanzennährstoff, der im Boden in ausreichender Menge zur Verfügung stehen muss, um optimale Erträge zu erzielen. Da mit dem Erntegut Stickstoff entzogen wird, muss dieser durch Düngung beziehungsweise N-Bindung der Leguminosen wieder in den Boden zurückgeführt werden, um den Nährstoffkreislauf bestmöglich zu schließen. Stickstoffverluste entstehen durch Auswaschung oder Abschwemmung in Grund- und Oberflächengewässer sowie durch Ausgasung in die Atmosphäre. Im Bereich der landwirtschaftlichen Emissionen haben die Stickstoffverbindungen Ammoniak (NH_3), Nitrat (NO_3) und das klimarelevante Lachgas (N_2O) die größte Bedeutung. Obwohl sich der vorliegende Ratgeber auf Ammoniakemissionen bezieht, sind die Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Stickstoffformen sowie etwaige Stickstoffverluste und Stickstoffaufnahmen durch Pflanzen in ihrer Gesamtheit zu berücksichtigen (siehe Abbildung 1).

Insbesondere sollte auf folgende Aspekte Wert gelegt werden:

- Optimierung des N-Einsatzes
- Minimierung der N-Verluste und damit einhergehende Minimierung von Wasser- und Luftverschmutzung
- Berücksichtigung der Auswirkungen von NH_3 -Emissionen auf andere N-Verlustpfade.

Landwirtschaftlichen Kulturpflanzen wird Stickstoff in erster Linie durch organische und mineralische Düngemittel zugeführt. Der von den Pflanzen nicht genutzte Stickstoff verbleibt in der Regel im Boden, kann aber auch in die Atmosphäre oder in Gewässer entweichen.

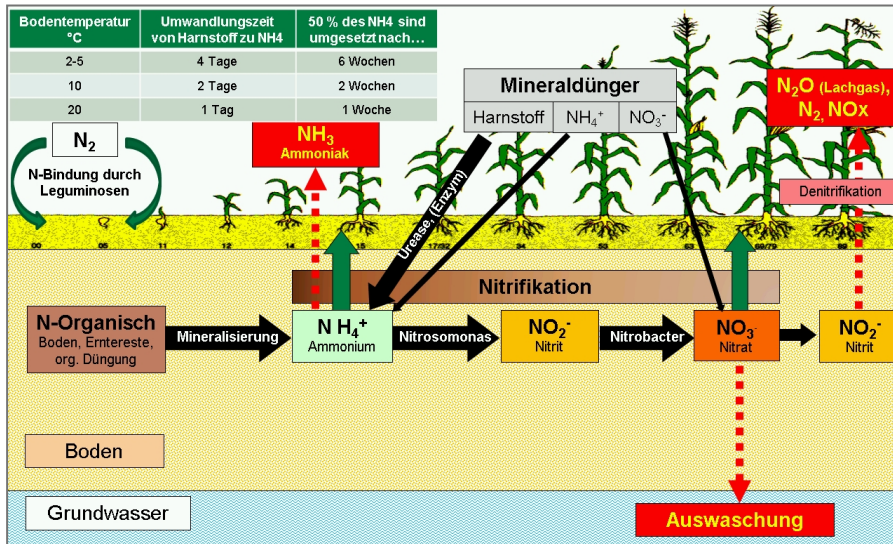


Abbildung 1: Stickstoff-Umwandlungsprozesse im Boden (Quelle: Landwirtschaftskammer Oberösterreich, 2014)

1.2 AMMONIAKEMISSIONEN IN DER LANDWIRTSCHAFT

In Österreich gehen gemäß den Berechnungen der Luftschadstoffinventur jährlich etwa 66 Kilotonnen Stickstoff in Form von Ammoniak (NH₃) verloren, was einem Verlust von rund 42 kg Stickstoff pro Hektar landwirtschaftlich genutzter und mit Wirtschaftsdünger gedüngter Fläche entspricht¹. Stickstoffverluste bedeuten nicht nur große wirtschaftliche Verluste für die Landwirtschaft, sondern stellen auch ein gewichtiges Umweltproblem dar, da Ammoniak Lebensräume durch übermäßige Nährstoffanreicherung und Versauerung schädigen kann. Auch die menschliche Gesundheit ist durch Ammoniakemissionen gefährdet, da NH₃ eine Vorläufersubstanz von Feinstaub ist. Nach einem Bericht der Europäischen Umweltagentur sind allein in der EU etwa 430.000 vorzeitige Todesfälle auf Feinstaubbelastung zurückzuführen. Darüber hinaus wird Ammoniak durch seinen intensiven Geruch oft als Belästigung wahrgenommen. Durch die Reduktion von Ammoniakemissionen können somit einerseits betriebliche Kosten (Düngemittel) gespart und andererseits negative Auswirkungen auf Umwelt und Mensch vermieden werden.

NH₃-Emissionen stammen in Österreich zu rund 94% aus der Landwirtschaft und entstehen hier in erster Linie bei der Tierhaltung und Düngerausbringung. So sind insbesondere die Stallsituation, Wirtschaftsdüngerlagerung und Ausbringung organischer und mineralischer Düngemittel mit NH₃-Verlusten verbunden (siehe Abbildung 2). Mehr als die Hälfte der nationalen Ammoniakemissionen stammen aus der Rinderhaltung, während Schweine und Geflügel zusammen rund ein Drittel der Gesamtemissionen ausmachen (siehe Abbildung 3). Der hohe Bestand an Rindern verglichen mit Schweinen und Geflügel ist für den hohen NH₃-Emissionsanteil dieser Tierart verantwortlich.

¹ Berechnung: 64 kg-t NH₃-Verluste aus der Landwirtschaft pro Jahr, bezogen auf 1.200.000 ha landwirtschaftlich genutzte und mit Wirtschaftsdünger gedüngte Fläche (ohne Almen und extensiv bewirtschaftetes Grünland, inklusive Feldfutter, Silomais, 100.000 ha Körnermais und CCM sowie 30 % der Getreideanbaufläche).

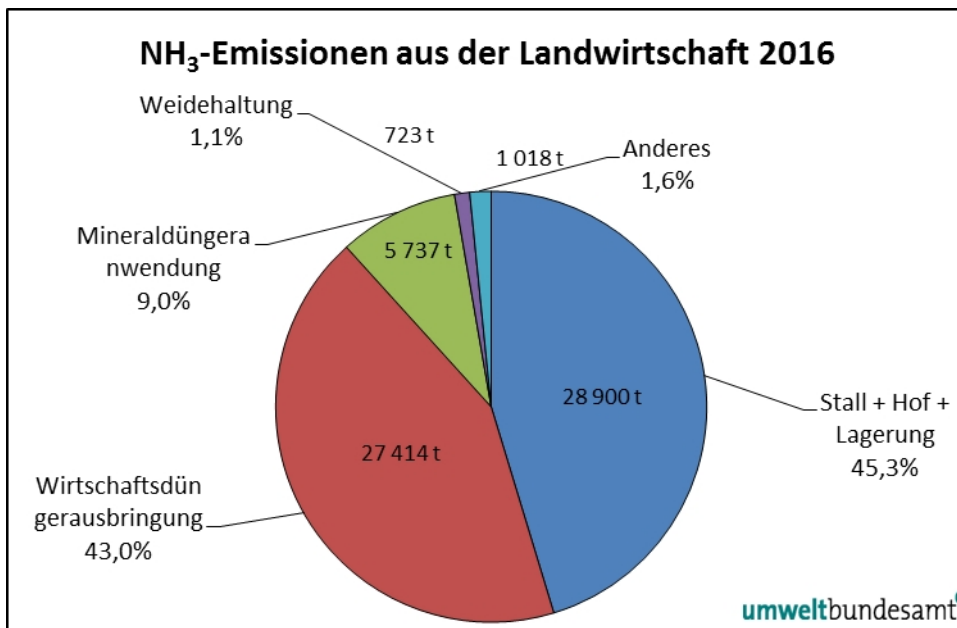


Abbildung 2: Entstehungsquellen von Ammoniakemissionen in der österreichischen Landwirtschaft (Quelle: Umweltbundesamt, Wien)

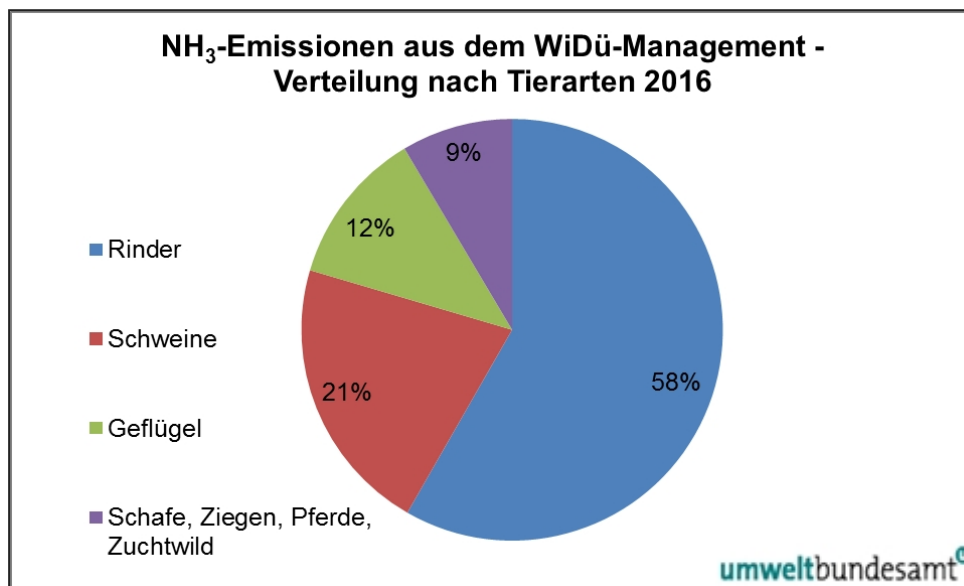


Abbildung 3: Anteile der Ammoniakemissionen je Tierart in Österreich (Quelle: Umweltbundesamt, Wien)

Laut österreichischer Luftschadstoffinventur haben sich die nationalen Ammoniakemissionen seit 1990 kaum verändert und sind zwischen 1990 und 2015 um 1,1 % auf 66,9 Kilotonnen angestiegen. Durch den abnehmenden Viehbestand (insbesondere der Rinder) waren die landwirtschaftlichen NH₃-Emissionen von 1990 bis Ende der 90er Jahre leicht rückläufig. Seit dem Jahr 2000 änderten sich die Ammoniakemissionen kaum, was auf mehrere Ursachen zurückzuführen ist: die Stabilisierung der Viehzahl, die verstärkte, tierschutzkonforme Laufstallhaltung von Rindern, der Trend zu leistungsstärkeren Milchkühen, die Zunahme von nicht abgedeckten Güllegruben, der gesteigerte Einsatz von Harnstoffdünger sowie geänderte Aufstallungen.

1.3 RECHTLICHE GRUNDLAGEN

Grundvoraussetzung für die Minimierung von Stickstoffüberschüssen und die damit verbundenen Stickstoffverluste ist eine umweltgerechte und standortangepasste Landwirtschaft. Mit der Nitrat-Aktionsprogramm-Verordnung werden für Österreich gesetzliche Maßnahmen zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch landwirtschaftliche Stickstoffeinträge vorgeschrieben. Die Maßnahmen dieser Verordnung tragen somit nicht nur zur Erreichung der Ziele der EU-Wasserrahmenrichtlinie bei, sondern auch zur Erreichung von EU-Klimaschutz- und Luftqualitätszielen.

Neben der Nitrat-Aktionsprogramm-Verordnung sind die freiwilligen Maßnahmen des nationalen Agrarumweltprogramms ÖPUL ein zentrales Instrument zur Verringerung landwirtschaftlicher Stickstoffüberschüsse und zur Förderung einer gewässerschonenden und betriebsmittelreduzierenden Bewirtschaftung. Weitere Ammoniak-relevante Regelungen betreffen die Intensivtierhaltung von Geflügel und Schweinen. Hier gelten für große Anlagen ab einer bestimmten Tierplatzanzahl² Auflagen, die in der Industrieemissionsrichtlinie IE-RL, 2010/75/EU geregelt sind. Auf EU-Ebene wurden diesbezüglich „Beste verfügbare Techniken“ (BVT) in den BVT-Schlussfolgerungen beschrieben, die auf ihre Anwendbarkeit in den jeweiligen Betrieben zu prüfen sind und als Referenz für die Festlegung der Genehmigungsaufgaben dienen.

Mit der EU-Richtlinie über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe (NEC-RL) hat sich Österreich ab dem Jahr 2010 zur Einhaltung einer nationalen Emissionshöchstmenge von 66 Kilotonnen Ammoniak verpflichtet. In den Jahren 2010, 2011, 2012, 2014 und 2015 kam es zu einer leichten Überschreitung der in der NEC-Richtlinie festgesetzten Höchstmenge³. Im Jahr 2013 lagen die Ammoniakemissionen noch an der maximal zulässigen Höchstgrenze.

Im Dezember 2016 wurde die neue europäische **NEC-Richtlinie (EU) 2016/2284** veröffentlicht. Die darin vorgesehenen Emissionsreduktionen für NH₃ und andere Luftschadstoffe gelten für die einzelnen EU-Mitgliedstaaten ab dem Jahr 2020. Von 2020 bis 2030 fallen die Emissionsreduktionen weitestgehend moderat aus, während ab dem Jahr 2030 deutlich größere Einsparungen vorgesehen sind: Für Österreich bedeutet das eine verpflichtende Reduktion der Ammoniakemissionen in jedem Jahr zwischen 2020 und 2029 um 1% gegenüber 2005 und in jedem Jahr ab 2030 um 12 % gegenüber 2005. Zudem ist der Einsatz von Düngemitteln aus Ammoniumcarbonat in allen EU-Mitgliedstaaten ab 1. Juli 2018 zu verbieten.

Ungeachtet der gesetzlich festgelegten Emissionshöchstmengen hat die Minimierung der Ammoniakemissionen eine betriebswirtschaftliche Bedeutung, da Stickstoff einen wichtigen Produktionsfaktor für landwirtschaftliche Betriebe darstellt. Gelingt es daher, die Ammoniakverluste in die Luft vermehrt als Stickstoffquelle für den Boden zu nutzen, lässt sich folglich eine höhere Stickstoffeffizienz erreichen.

² Intensivtierhaltungs-Anlagen mit mehr als 40.000 Plätzen für Geflügel, mehr als 2.000 Plätzen für Mastschweine über 30 kg, oder mehr als 750 Plätzen für Säue.

³ NH₃-Emissionen lagen in diesen Jahren gerundet bei 67 Kilotonnen.

2 EMISSIONSARME FÜTTERUNGSSTRATEGIEN VON NUTZTIEREN

DIE MINDERUNG VON EMISSIONEN durch die Fütterung erfordert eine sachgemäße Viehwirtschaft. Die Fütterung von Nutztieren beeinflusst direkt die Menge an Stickstoff, welche vom Tier ausgeschieden wird und damit indirekt die potenziell möglichen NH₃-Emissionen. Durch eine N-angepasste Fütterung können die N-Ausscheidungen über Kot und vor allem Harn reduziert werden.

Folgende Faktoren sollten beachtet werden:

- Eine ausgewogene, an den Bedarf der Tiere angepasste Nährstoffversorgung mit entsprechender Rationsberechnung bei genauer Kenntnis der Nährstoffgehalte der eingesetzten Futtermittel.
- Gute Tiergesundheit.
- Gutes Management der Haltungsbedingungen für entsprechendes Tierwohl.
- Gute fachliche Praxis im Umgang mit Tieren und an das Tierverhalten angepasste Fütterungstechnik.
- Die Nutzung des genetischen Leistungsvermögens der Tiere.
- Futtermittelanalysen/Futtermitteluntersuchungen in Kombination mit einer Fütterungsberatung.

Bei allen Tierkategorien und Produktionssystemen können Proteinüberschüsse auftreten, wenn der Rohproteingehalt der Ration über dem Bedarf der Tiere liegt. Der Proteinüberschuss wird vornehmlich in Form von Harnstoff⁴ oder als unverdautes Eiweiß über Harn und Kot ausgeschieden. Eine bedarfsangepasste Proteinversorgung der Nutztiere vermindert die N-Menge in den Ausscheidungen und somit auch den Anteil und die Menge an ausgeschiedenem anorganischem N, z.B. Ammoniak-N. Durch eine verbesserte N-Verwertung ist es möglich, Ammoniakverluste deutlich zu reduzieren. Selbst unter optimalen Bedingungen scheiden die Nutztiere ungefähr die Hälfte des über das Futter zugeführten Proteins in Form von verschiedenen N-Verbindungen wieder aus. Bei Monogastriden sollte der Anteil des verdaulichen Proteins so hoch und der Anteil des nicht verdaulichen Proteins so gering wie möglich sein. Zu berücksichtigen sind allenfalls die Anforderungen an einen verstärkten Einsatz von heimischen Eiweißfuttermitteln, die im Vergleich zu Sojaextraktionsschrot eine ungünstigere Aminosäurezusammensetzung aufweisen und damit eine eiweißreduzierte Fütterung teilweise erschweren. Analysen aus dem Futtermittellabor in Kombination mit Beratung erleichtern die Umsetzung einer N-reduzierten Fütterung.

⁴ Bei Geflügelmist in Form von Harnsäure.

2.1 VERRINGERUNG DER STICKSTOFFAUSSCHIEDUNG VON NUTZTIEREN

Folgende Maßnahmen zur Minderung der N-Ausscheidung von Nutztieren stehen allgemein zur Verfügung:

- Verminderung und Vermeidung von Proteinüberschüssen durch Einhaltung der aktuellen Fütterungsempfehlungen⁵. Tabelle 1 zeigt anzustrebende Zielwerte für den Rohprotein-Gehalt im Futter verschiedener Nutztierarten und Produktionsabschnitte.
- Gezielte Auswahl und Abstimmung der Rationskomponenten.
- Optimale Anpassung der Futterzusammensetzung an das Nutztier entsprechend der Genetik, des Laktationsstadiums, der Leistung, des Alters und Gewichts sowie der zu erwartenden Handelsklassifizierung des Tieres.
- Reduktion des Rohproteingehaltes in der Ration durch Optimierung der Aminosäureversorgung: bei monogastrischen Nutztieren kann die erforderliche Aminosäureversorgung durch die Zugabe von Aminosäuren von konventionell gehaltenen Tieren oder durch eine Kombination von verschiedenen Eiweißfuttermitteln in der konventionellen oder biologischen Futtermischung gesteuert werden.
- Gestaltung eines ausgewogenen Verhältnisses zwischen Energie und Rohprotein der Ration, um optimale Verwertung des Stickstoffs im Pansen von Wiederkäuern sicher zu stellen.
- Ausreichende Versorgung mit Vitaminen und Mineralstoffen.
- Steigerung der N-Effizienz durch die betriebsangepasste Optimierung der Tierleistung (Milchleistung, Zuwachsraten, Futtermittelverwertung, etc.), sodass ein geringerer Anteil des Gesamtproteinbedarfes für die Erhaltung aufgewendet werden muss.
- Einsatz geeigneter Futterzusatzstoffe zur Reduktion der Ammoniakemissionen vorwiegend bei Schweinen und Geflügel.
- Optimierung der Gesamteffizienz von Produktionssystemen durch Erhöhung der Lebensleistung und Nutzungsdauer von Zuchttieren, um N-Ausscheidungen während der Aufzuchtphase zu verringern.

2.2 FÜTTERUNG VON WIEDERKÄUERN

Bei Wiederkäuern hängen Proteinversorgung und N-Ausscheidung stark vom Energie- und Proteingehalt der Grund- und Kraftfuttermittel ab. Des Weiteren beeinflussen auch die Abbaubarkeit im Pansen und die Gesamtverdaulichkeit sowie das Energie-/ Eiweißverhältnis der Ration die N-Effizienz der Fütterung.

⁵ Für entsprechende Literatur siehe: Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE), Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG), Erfahrungen der österreichischen Officialberatung, Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Viehwirtschaft (ÖAG).

Die folgenden Strategien können zu einer Reduktion der N-Emissionen bei Wiederkäuern führen:

- Beachtung der aktuellen Versorgungsempfehlungen in der Rationsgestaltung für die verschiedenen Tierkategorien und Leistungsniveaus.
- Herstellung des Energie/Protein-Gleichgewichts im Pansen sowie Dünndarm durch:
 - Bedarfsangepasste Kombination von energie- (z.B. Maissilage, Getreide) und eiweißreichen Futtermitteln (z.B. Grassilage, Heu, Weidehaltung, Eiweißkraftfuttermittel).
 - Kombination verschiedener Futteraufwüchse in der Ration und die Fütterung von proteinreichen Futtermitteln an Tiere mit hohen Leistungen. Bei Wiederkäuern ist zudem auf eine bedarfsgerechte Struktur zu achten.
 - Berücksichtigung des Milch-Harnstoffgehalts in der Rationsgestaltung von Milchkühen (Milch-Harnstoffgehalt von 15 – 30 mg/100 ml anstreben).
 - Einsatz spezieller Futtermischungen für verschiedene Wachstumsabschnitte in der Mast von Wiederkäuern (Phasenfütterung).
- Optimierung des Weidemanagements:
 - Erhöhung der Weidezeiten, da hier der Großteil des Harns in den Boden infiltriert, bevor der darin enthaltene Harnstoff abgebaut wird und als NH₃ verloren geht.
 - Vermeidung von Proteinüberschüssen aus jungem Weidegras durch energiereiches Ergänzungsfutter.
 - Vermeidung der Überdüngung einzelner Weidebereiche; durch gezielte Weideführung und Anordnung der Tränken kann gewährleistet werden, dass Kot- und Harnstellen gleichmäßig auf die Weidefläche verteilt werden.
- Verlängerung der Nutzungsdauer oder Leistungssteigerung, um Futterverwertung zu verbessern; durch die Erhöhung der Lebensleistung kann die NH₃-Emission pro kg Milch über die Lebenszeit des Tieres vermindert werden.
- Düngung unter Beachtung der Empfehlungen der Richtlinie für die sachgerecht Düngung im Ackerbau und Grünland.
- Anwelken des Wiesenfutters (auf 30 – 40 % Trockenmassegehalt), gute Verdichtung des Futters und Verhinderung des Sauerstoffzutritts während der Silierung sowie Vermeidung von Nacherwärmung, um den Abbau von Rohprotein in Grassilage zu minimieren.
- Vermeidung von Hitzeschäden bei der Trocknung und Verarbeitung von Futtermitteln (z.B. Heu, Kraftfutter).

2.3 FÜTTERUNG VON SCHWEINEN UND GEFLÜGEL

Bei Monogastriden kann die N-Ausscheidung reduziert werden, indem das Futter an den spezifischen Bedarf des jeweiligen Wachstums- und Leistungsabschnitts angepasst wird.

Wirksame Maßnahmen hierfür sind:

- Sicherstellung, dass der Proteingehalt des Futters oder der Futtermischung nicht über dem Niveau der aktuellen Empfehlungen liegt; dabei sind unterschiedliche Eigenschaften der Eiweißfuttermittel und Tierrassen zu berücksichtigen.
- Einsatz spezieller Futtermischungen für trächtige und säugende Sauen.
- Einsatz spezieller Futtermischungen für verschiedene Wachstumsabschnitte von Mastschweinen und Legehennen (Phasenfütterung).
- Rationsgestaltung basierend auf Aminosäureversorgung und Dünndarmverdaulichkeit unter Einhaltung der Versorgungsempfehlungen⁶.
- Einsatz geeigneter Futterzusatzstoffe zur Harn-Ansäuerung bzw. Urease-Hemmung; diese Futterzusatzstoffe haben ein NH₃-Reduktionspotential von 20 – 40 % .
- Senkung des Proteingehaltes durch Optimierung des Gehaltes an essentiellen Aminosäuren; dies kann durch Zugabe von reinen bzw. synthetischen Aminosäuren zum Futter erreicht werden, vor allem Lysin, Methionin und Threonin, aber auch Tryptophan und Valin.

Bei den Angaben zu den mittleren Rohproteingehalten im Schweinefutter (siehe Tabelle 1) wird die natürliche Bandbreite dargestellt. Diese ergibt sich aufgrund der unterschiedlich regional verfügbaren Futtermittel bzw. je nach Produktionsgebiet unterschiedlich geeigneten Ackerfrüchten. Die unteren Grenzen des Rohproteingehalts sind nur unter bestimmten Voraussetzungen zu erreichen, zum Beispiel bei Einsatz von ausgewählten Futterkomponenten mit einer hohen Eiweißwertigkeit, bzw. hoher Dichte an verdaulichen Aminosäuren im Rohprotein und bei maximalem Einsatz von synthetischen Aminosäuren.

Auch wenn solche Strategien etwas höhere Futtermittelpreise zur Folge haben werden, sind dies kostengünstige Maßnahmen, um die NH₃-Emissionen zu reduzieren und gleichzeitig die Futtereffizienz zu erhöhen.

⁶ Siehe z.B. Versorgungsempfehlungen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie.

TABELLE 1: ZIELWERT DER ROHPROTEINKONZENTRATION (%) DES FUTTERS JE TIERART, -KATEGORIE UND PRODUKTIONSABSCHNITT BEI STALLHALTUNG

Tierart	Tierkategorie	Produktionsabschnitt	Mittlerer RP-Gehalt im Tierfutter (88% TS)
Rindvieh	Milchkühe	Laktationsbeginn	13,5 – 15
		Laktationsende	11,5 – 13,5
	Nachzucht (Kalbinnen)	< 1 Jahr	12 – 14
		> 1 Jahr	10 – 11,5
	Mast	Kalb (Kalbfleischerzeugung)	15 – 17
		Mastrinder < 6 Monate	13,5 – 16
		Mastrinder 6 – 12 Monate	12,5 – 14
		Mastrinder > 12 Monate	10,5 – 11,5
Schweine	Ferkel	< 08 kg	18 – 21
		08 – 32 kg	16 – 18
	Mastschweine und Jungsauenaufzucht	32 – 70 kg	16 – 18
		70 – 125 kg	14,5 – 17
		ab 125 kg	13 – 16
	Sauen	Trächtigkeit	12 – 14
		Laktation	15,5 – 17,5
Geflügel	Broiler (Masthuhn, Masthähnchen, Mastpoulets)	Vormast	20 – 22
		Mittelmast	19 – 21
		Endmast	18 – 20
	Legehennen	18 – 40 Woche	16,5 – 17,5
		40+ Woche	15,5 – 16,5
	Puten (Truthühner, Truten)	< 4 Woche	24 – 27
		5 – 8 Woche	22 – 24
		9 – 12 Woche	19 – 21
		13+ Woche	16 – 19
		16+ Woche	14 – 17

Quelle: UNECE- Leitfaden, 2015. Stellenweise Abweichungen sind auf die Berücksichtigung von *Ergebnissen nationaler Futtermittelanalysen sowie des Leitfadens der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie* und der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft (Frankfurt am Main) zurückzuführen.

3 EMISSIONSARME STALLSYSTEME

DIE STALLHALTUNG IST ZUSAMMEN mit der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern auf landwirtschaftlichen Nutzflächen eine der größten Quellen für Ammoniakemissionen der Landwirtschaft. Bei allen Haltungsverfahren müssen die Anforderungen der Tierschutzbestimmungen Berücksichtigung finden. Eine an die landwirtschaftliche Nutzfläche angepasste Tierhaltung kann zu einer Reduzierung der NH₃-Emissionen und anderen Formen der Umweltverschmutzung beitragen.

Da Umbauten von Ställen im Sinne der Tierschutzbestimmungen in der Regel ein höheres Platzangebot für Nutztiere schaffen, kommt es auf den größeren Laufflächen meist auch zu höheren NH₃-Emissionen. Solche Umbaumaßnahmen sollten daher als Gelegenheiten zur Einführung emissionsarmer Techniken genutzt werden, nicht zuletzt, um spätere Nachrüstungen für Minderungstechniken zu vermeiden. Ein solcher Ansatz kann somit dazu beitragen, dass Maßnahmen zur Verbesserung des Tierwohls nicht mit einer Zunahme von NH₃-Emissionen einhergehen. Interessierten Landwirten und Landwirtinnen stehen professionelle Informationen zum Thema Stallbau durch die Veröffentlichungen des österreichischen Kuratoriums für Landtechnik und Landentwicklung (ÖKL) zur Verfügung. Neben aktuellen Neuerungen und Fortschritten im Bereich des Stallbaus informieren die Publikationen des ÖKL über das Thema Ammoniakemissionen und sensibilisieren (zukünftige) Stallbesitzer und Stallbesitzerinnen für dieses Thema⁷.

Zur NH₃-Emissionsreduktion stehen verschiedene Techniken zur Verfügung, wobei ihre Kosten zwischen vernachlässigbar und hoch variieren und ihre Anwendbarkeit vom jeweiligen Stallsystem abhängt.

Folgende Grundregeln zur Verminderung von NH₃-Emissionen im Stall sollten generell Beachtung finden:

- Verschmutzte Oberflächen vermeiden: Alle Flächen (Fress-, Aktivitäts-, Liege-, Auslaufbereich) innerhalb und außerhalb der Gebäude sollten so sauber als möglich gehalten werden.
- Stallflächen trocken halten: Grundsätzlich sind alle Maßnahmen, die einen raschen Harnabfluss gewährleisten, positiv zu bewerten. Der Einsatz von Steinmehlen und kohlen-sauren Kalken zur Flüssigkeitsbindung auf den Laufflächen stellt eine Möglichkeit zur schnellen Trocknung insbesondere bei hohen Temperaturen dar.
- Trennung von Kot und Harn: Kot und Harn sollten so schnell wie möglich getrennt gesammelt und aus dem Stall entfernt werden. In derzeit praxisüblichen Stallsystemen ist eine solche Trennung nicht möglich.
- Belüftung und Temperaturführung optimieren: Die Luftgeschwindigkeit und -temperatur über mit Wirtschaftsdünger verschmutzten Bereichen sollten immer möglichst niedrig gehalten werden, ohne dabei die erforderliche Lüftungsrate zu verringern. Maßnahmen zur Stallklimaverbesserung umfassen etwa die Kühlung der Zuluft bei kontrollierten Lüftungssystemen sowie Dachdämmung bzw. Kaldachkonstruktionen bei Außenklimaställen mit freier Lüftung.

⁷ ÖKL - Merkblätter mit (in)direktem Bezug zu Ammoniakemissionen: Merkblatt Nr. 48 „Liegeboxenlaufstall für Milchvieh“ (5. Auflage in Arbeit); Merkblatt Nr. 70 „Außenklimaställe für Schweine“ (2. Auflage 2015); Landtechnische Schrift Nr. 229 „Stallbau für Biotierhaltung – Schweine“ (4. Auflage 2017); Landtechnische Schrift Nr. 238 „Stallbau für Biotierhaltung – Mastgeflügel“ (1. Auflage in Arbeit).

- Bereitstellung von Funktionsbereichen: Trennung des Platzes in funktionstüchtige Zonen zum Ruhen, Fressen, Ausscheiden und Aktivität/Beschäftigung (tierspezifische Unterschiede).
- Reinigung der Abluft von NH₃ in Zwangslüftungssystemen: Säurewäscher oder Rieseltrockner (biologische Wäscher) ermöglichen grundsätzlich ein hohes Emissionsminderungspotenzial (Reduktion von 70 % - 90 %) in zwangsbelüfteten Gebäuden.
- Ein Quergefälle von 3% und Harnrinne sollte angestrebt werden, um ein rasches Abfließen des Kot-Harn-Gemenges zu gewährleisten.

3.1 HALTUNGSVERFAHREN FÜR RINDER

Während die Anpassung der Fütterung – wie in Kapitel 2 beschrieben – einige Möglichkeiten zur NH₃-Reduktion bietet, ist dies bei frei gelüfteten Rinderställen schwierig. In einigen Gebäudetypen sind Verfahren mit dem Ziel einer häufigen Reinigung der Laufflächen durch den Einsatz von Schiebern oder durch Spülung möglich. Der Einsatz von Wasser zur Reinigung der Laufflächen vermindert zwar die Emissionen, führt aber gleichzeitig zur Volumenerhöhung der Gülle, die wiederum gelagert und ausgebracht werden muss.

Die folgenden Ansätze können zur Reduzierung von NH₃-Emissionen bei der Rinderhaltung angewandt werden, erfordern aber weitergehende Untersuchungen:

- Sauber- und Trockenhalten von Lauf- und Fressgängen sowie Laufhöfen: Bestmögliches Sauberhalten der von den Rindern benutzten Laufgängen und Laufhöfen kann in den meisten Betrieben zur NH₃-Emissionsminderung beitragen.
- Rinnen- oder Rillenboden: Der Rinnenboden mit Schieber und Gefälle zur „Harnrinne“ ist eine Technik zur NH₃-Emissionsminderung. Der Rillenboden mit „gezähntem“ Schieber stellt eine weitere Variante dar, für die jedoch noch praxisrelevante und wissenschaftliche Grundlagen fehlen (u. a. Boden- und Schieberausführung, Entmistungslängen). Eine NH₃-Emissionsminderung von 25 % bis 40 % im Vergleich zu herkömmlichen Systemen ist möglich, wenn der Schieber mehrmals täglich betrieben wird und für die Sommersituation (Schmierbildung und Austrocknen) die Anlage technisch verbessert wird.
- Entmistungshäufigkeit erhöhen: Durch die Erhöhung der Schieberfrequenz auf planbefestigten Lauf- und Fressgangflächen bei gleichzeitiger Befeuchtung/Reinigung im Sommer können Emissionen reduziert werden. Zu beachten ist eine gute Qualität und regelmäßige Wartung der Schieber, zudem sollten sie aus Gründen des Tierschutzes (z.B. Abschieben von Kälbern) nur unter Aufsicht betrieben werden, weshalb eine relevante Erhöhung der Schieberfrequenz einen erhöhten personellen Aufwand nach sich zieht. Weitere Untersuchungen dazu sind notwendig.
- Weidegang: Weidegang führt ganz generell zu geringeren Ammoniakemissionen. Weidegang erfordert allerdings ein eigenes Bewirtschaftungsmanagement und eine besondere Flächenausstattung (weidefähige Flächen).

Darüber hinaus ist für eine emissionsarme Rinderstallhaltung folgendes zu beachten:

- Ställe mit Spaltenböden können moderate Emissionsminderungen (20 % verglichen mit üblichen Verfahren) erreichen, wenn ein optimiertes Stallklima durch geringere Raumtemperaturen (z.B. mit gedämmter Dachfläche) und angepasster Luftgeschwindigkeit bei automatisch gesteuerter oder freier Lüftung über den emittierenden Flächen umgesetzt wird.

- Bei der Laufstallhaltung von Rindern auf Stroheinstreu kann eine zunehmende Einstreumenge pro Tier zur Reduzierung der NH_3 -Emissionen aus dem Stall und während der Mistlagerung führen. Die passende Strohmenge hängt von der Rasse, dem Tiergewicht, der Besatzdichte, dem Fütterungs- und Haltungssystem sowie den klimatischen Bedingungen ab.
- In aktuellen Forschungsarbeiten werden Möglichkeiten zur Emissionsreduzierung in freigelüfteten Ställen behandelt. Die Themenbereiche beziehen sich auf die Optimierung der Stalltemperatur sowie den Luftwechsel und der Luftführung über den emittierenden Flächen unter Berücksichtigung der tierschutzrelevanten Anforderungen an das Stallklima. Diese Arbeiten haben erst begonnen, daher liegen noch keine Empfehlungen vor.
- Da bei Milchvieh der Liegeboxenlaufstall das am weitesten verbreitete Haltungsverfahren ist, wird er als Referenzverfahren verwendet. Die Anbindehaltung wird aus Tiergesundheits- und Tierschutzgründen nicht mehr empfohlen.

3.2 HALTUNGSVERFAHREN FÜR SCHWEINE

In Ställen mit Voll- und Teilspaltenböden können folgende Maßnahmen NH_3 -Emissionen reduzieren:

- Schweineställe mit Vollspaltensystemen
 - Verbesserung der Selbstreinigungsvermögen der Spalten: Die Bauart der Spalten sollte einen maximalen Durchgang von Kot und Harn in den Güllekanal ermöglichen. Die Kanäle sollten regelmäßig in ein passendes Lager außerhalb des Stalles entleert werden, was nur durch Schieber oder Vakuumsysteme oder durch Spülung (entweder mit Wasser, separierter Gülle oder Gülle mit < als 5 % Trockenmasse) erreicht werden kann.
 - Verwendung von Kotschlitzern: Entlang von Mauern und Trennwänden verringern Kotschlitzte das übermäßige Verkoten von Spaltenflächen.
 - Vermeidung von Unterflurabsaugung: Da eine höhere Luftgeschwindigkeit ausgehend von der Gülleoberfläche zu höheren NH_3 -Emissionen führt, können die Emissionen durch die Vermeidung von Unterflurabsaugungen reduziert werden. In Schweineställen wo dies unvermeidbar ist, sollte der Abstand zwischen den Spalten und der Gülleoberfläche ausreichend groß sein, um die Luftgeschwindigkeit zu minimieren. In solchen Stallungen können tiefere Kanäle oder häufigeres Ablassen zielführend sein.
 - Einbau von Flachkanalsystemen mit Schieber: Zweimal tägliches Abschieben der Gülle im Flachkanalsystem in den Außengüllebehälter ist empfehlenswert.
- Schweineställe mit Teilspaltensystemen⁸
 - Optimierung der Funktionsbereiche
Teilspaltensysteme sollten so gestaltet werden, dass die Tiere getrennte Funktionsbereiche zum Ruhen, Fressen, Kotabsetzen und zur Bewegung zur Verfügung haben. Ziel ist dabei,

⁸ Teilspaltenböden, die etwa 50 % der Bodenfläche einnehmen und bei denen es gelingt, den befestigten Teil sauber und trocken zu halten, emittieren um 15 – 20 % weniger NH_3 als Vollspaltenböden. Bei Verschmutzung der befestigten Fläche emittieren jedoch Teilspaltenlösungen mehr NH_3 als gut geführte Vollspaltenstallungen.

den planbefestigten Bereich so sauber wie möglich zu halten, um NH₃-Emissionen zu reduzieren. Hierzu kann man das natürliche Verhalten der Tiere nutzen. Bei entsprechender Gestaltung der Buchten und der Klimatisierung, vermeiden die Tiere grundsätzlich das Ausscheiden in den Fress- und Liegebereich. Beispielsweise kann durch eine längliche, enge Bucht mit Fütterungsautomaten im Bewegungsbereich und Tränken am hinteren Ende in unmittelbarer Nähe zum Kotbereich, das Kotabsetzen in den planbefestigten Ruhebereich reduziert werden. Bei hohen Raumtemperaturen bevorzugen Schweine allerdings den perforierten Bereich zum Liegen (eigentlich für Koten und Harnen bestimmt). Das kann dann zu einer Verschmutzung des planbefestigten Bodens und damit zu einer Zunahme der Emissionen führen. Verstärkt wird dieser Effekt, wenn in der Folge die Tiere stärker verschmutzen. Im Sommer bzw. in warmen Klimaregionen ist es generell schwieriger, funktionstüchtige Zonen in solchen Stallsystemen zu gewährleisten.

– Optimales Einstreumaterial verwenden

In eingestreuten Systemen in der Schweinehaltung sollte frisches, sauberes, trockenes und hygienisch unbedenkliches Einstreumaterial verwendet werden. Es sollte ausreichend eingestreut werden, um eine vollständige Aufnahme des Harns zu ermöglichen. Ein tägliches Säubern der befestigten Flächen und der Abtransport des Mistes aus dem Stall sind notwendig. Häufiges Neueinstreuen fördert die Adsorption. Falls die vollständige Adsorption von Harn nicht möglich ist, sollten schräg geneigte Fußböden und Rinnen einen schnellen Abfluss und das Entfernen von Harn ermöglichen. Undichte Tränkesysteme sollten jedenfalls vermieden werden, um zusätzliches Befeuchten der Einstreu zu vermeiden. Bei der Verwendung von Einstreumaterial ist auf die Staubbelastung für Mensch und Tier zu achten.

Bei Liegekistenstall- und Tieflaufsystemen können folgende Maßnahmen emissionsmindernd wirken:

- Liegekistenstallsysteme: Hierbei handelt es sich um den Versuch, die freie Lüftung und die Ausbildung von Funktionsbereichen zu vereinen. Bei gut funktionierenden Systemen können die NH₃-Emissionen um etwa 20 % im Vergleich zu Vollspaltensystemen reduziert werden, Unregelmäßigkeiten bei der Temperatur oder Zugluft können jedoch zur übermäßigen Verschmutzung des planbefestigten Liegebereiches führen. Liegekisten müssen jedenfalls wärme gedämmt ausgeführt werden. Zur Vermeidung einer Verkotung sind die Liegeflächen mittels verstellbarer Buchtenwände oder mittels eines Umtriebes an das jeweilige Tiergewicht und an die Besatzdichte anzupassen. Alle Tiere müssen im Stallinnenraum Platz finden – dabei ist enges Liegen erwünscht und entspricht auch dem natürlichen Verhalten (Kontaktliegen). Tränken dürfen nicht im Liegebereich positioniert werden, im Idealfall auch nicht in dessen Nähe, sondern vorwiegend im Ausscheidungsbereich. Die Verwendung von Gittern anstatt geschlossener Buchtenwände im Ausscheidungsbereich fördert den Sozialkontakt und damit den Absatz von Kot und Harn. Voraussetzung für das Funktionieren dieser Stallsysteme ist der Einsatz eines Trockenfütterungssystems. In solchen Stallsystemen müssen feuchte Stellen außerhalb der dafür vorgesehenen Ausscheidungsbereiche vermieden werden, damit kein Anreiz zum Koten und Harnen entsteht.

An dieser Stelle sei auch auf das relativ neu entwickelte und vielversprechende „Hüttensystem“ mit begehbaren Hütten hingewiesen. Genauere Informationen dazu finden sich im ÖKL-Merkblatt Nr. 70 „Außenklimaställe für Schweine“.

- Tieflaufsysteme: Hier verbleiben Kot und Harn eine längere Zeit im Stall, wodurch ein hohes NH₃-Emissionspotential vorliegt. Es sollte daher ständig ausreichend Einstreu eingebracht werden, um für eine möglichst hohe Adsorption des Harns zu sorgen. Ein mehrmaliges Ausmisten während der

Haltungsperiode der Tiere wird empfohlen, um einen beginnenden Rotteprozess mit Temperaturanstieg zu vermeiden.

3.3 HALTUNGSVERFAHREN FÜR GEFLÜGEL

NH₃-Emissionen sind deutlich geringer, wenn der Trockenmassegehalt des Geflügelmists 60% oder mehr beträgt. Bei diesen Bedingungen ist zu wenig Feuchtigkeit vorhanden, um den Abbau von Harnsäure zu freiem Ammoniak zu ermöglichen. Das bedeutet, dass eine weitergehende Trocknung nicht zu einer Zunahme der NH₃-Emissionen führen wird. Im Gegensatz dazu führt die Trocknung von feuchtem Geflügelmist, in dem der Abbau der Harnsäure bereits stattgefunden hat, zu einer Zunahme der NH₃-Emissionen. Die Minderungstechniken für Geflügeleinstreue und -mist sollten daher auf einen hohen Trockenmassegehalt (über 60 %) bei gleichzeitiger Vermeidung von Tränkwasserverlusten abzielen.

Möglichkeiten zur Emissionsminderung für Legehennenställe sind:

- Kotbänder in Volierensystemen: Diese ermöglichen häufige Sammlungen und Entfernungen des Kotes in geschlossenen Lagerstätten, was NH₃-Emissionen um mehr als 70% - verglichen mit eingestreuten Systemen – verringert.
- In Masthühner- und Putenställen ist die Qualität der Einstreu der entscheidende Einflussfaktor für die NH₃-Emissionen. Wie in anderen Geflügelhaltungssystemen beeinflusst dies das Ausmaß des Harnsäureabbaus. Bei Neubauten sollten die Lüftungsverfahren so ausgelegt werden, dass die Feuchtigkeit unter allen Witterungs- und Saisonverhältnissen ausgetragen wird und das Stallgebäude sollte gut gedämmt werden. In Neu- und Altgebäuden sollten Maßnahmen zur Vermeidung von Kondensation (z.B. mittels Dämmung) ergriffen werden und für Masthühner sollten Nippeltränken mit Auffangschalen, die weniger anfällig sind für Wasserverluste, vorgesehen werden.
- Im Bereich der Masthühnerhaltung kann z.B. die Verwendung von Fußbodenheizungen oder Wärmetauschern bei Neuanlagen wesentlich dazu beigetragen, dass die Stallungen sehr trocken geführt werden können und somit eine zusätzliche Reduktion von Ammoniak erreicht wird. Die Vermeidung von Spritzwasser im Stall hilft ebenfalls bei der Vermeidung von Ammoniakemissionen im Stall.

4 EMISSIONSARME LAGERUNG VON WIRTSCHAFTSDÜNGER

DIE NH₃-VERLUSTE in den Bereichen Stallung und Ausbringung von Wirtschaftsdünger sind üblicherweise die wichtigsten Emissionsquellen. Allerdings können auch bei der Lagerung von Flüssig- und Festmist signifikante NH₃-Emissionen entstehen. Die Lagerung ermöglicht die zeitgerechte Ausbringung auf landwirtschaftlichen Flächen zu Zeiten, zu denen ein Nährstoffbedarf der Pflanzen besteht und die Gefahr für Gewässerverschmutzung nach fachlichen Gesichtspunkten auszuschließen ist.

4.1 LAGERUNG VON FLÜSSIGEM WIRTSCHAFTSDÜNGER

Nach dem Austrag flüssiger Wirtschaftsdünger aus dem Stallgebäude werden diese entweder in Beton- oder Stahlbehältern (Silos) oder in Güllelagunen (Erdbecken mit dichter Folie) gelagert. Nationale oder regionale Vorschriften regeln teilweise die Planung, den Bau und den Betrieb von Güllelagern.

Maßnahmen zur Minderung von NH₃-Emissionen bei der Lagerung von flüssigem Wirtschaftsdünger umfassen:

- Bauweise des Lagers
 - Ausreichende Größe: Um die Ausbringung zur besten Zeit hinsichtlich des Bedarfs der Kulturpflanzen zu ermöglichen und eine Ausbringung zu ungünstigen Zeiten zu vermeiden, in denen Gewässerverschmutzung droht (z.B. durch Nitratauswaschung) ist eine ausreichende Lagergröße entscheidend.
 - Verkleinerung der Oberfläche (bzw. der emittierenden Fläche) des Lagers: Beispielsweise kann die Oberfläche eines 1.000 m³ Güllelagers um mehr als ein Drittel reduziert werden, wenn die Seitenwandhöhe um 2 m von 3 auf 5 m erhöht wird. Allgemein sollte aus praktischen Gründen (Aufrühren, Reduktion des für Niederschlag benötigten Lagervolumens) und aus Gründen der Emissionsminderung die Wandhöhe mindestens 3 m betragen.
- Die Abdeckung von Güllegruben und -silos gilt als wirksamste Maßnahme zur Reduzierung der NH₃-Emissionen. Die Optionen zur Abdeckung von Behältern sind in Tabelle 2 zusammengefasst und umfassen:
 - Feste Abdeckungen: Diese sind hinsichtlich der NH₃-Emissionsminderung am effizientesten, jedoch auch am teuersten. Während es einerseits wichtig ist, zur Vermeidung von Luftaustausch die Abdeckung weitgehend abzudichten, müssen andererseits kleine Öffnungen geschaffen werden, um die Akkumulation von brennbarem Methangas (CH₄) zu verhindern – dies gilt auch bei dichten Zeltdächern. In Gebieten mit hohen Niederschlägen haben feste Abdeckungen den Vorteil, dass der Regen abgehalten und demzufolge eine Zunahme des Transportvolumens durch Regenwasser verhindert wird bzw. keine zusätzlichen Lagerkapazitäten vorgehalten werden müssen.
 - Schwimmende Abdeckungen: Diese werden üblicherweise aus Kunststofffolien hergestellt und sind weniger wirkungsvoll als Dächer, dafür in der Regel auch kostengünstiger. Oft werden doppelseitig eingeschweißte Polystyrol(Sandwich)platten verwendet, um Gasblasen sowie das Absinken der Folie zu vermeiden. Die schwimmende Abdeckung sollte an der Behälterwand mit vertikal angebrachten Seilen befestigt werden, um zu verhindern, dass die Abdeckung während des Rührens der Gülle in Drehbewegung gerät und durch Wind

angehoben wird. Einige Schwimmdecken verhindern auch den Eintrag von Niederschlägen und erhöhen so das mögliche Lagervolumen für Gülle. In Österreich gibt es dazu noch keine praktischen Erfahrungen, weswegen diese Maßnahme vor einer Empfehlung unter österreichischen Klimabedingungen (hohe Niederschlagsraten, Schneelage,...) in der Praxis noch zu erproben ist.

- Geometrische Plastik-Schwimmkörper: Diese bilden eine geschlossene Schwimmdecke auf der Gülleoberfläche. Die vertikalen Rippen in den Schwimmkörpern ermöglichen, dass sich die Elemente nach dem Übereinanderschieben wieder auseinander bewegen und eine geschlossene Decke bilden. Sie sind nur für Schweinegülle oder andere dünnflüssige Wirtschaftsdünger ohne natürliche Schwimmdecke geeignet, nicht jedoch für Gülle mit hohem Gehalt an organischer Substanz, da diese teilweise Schwimmdecken bilden und nur schwer aufzulösen sind.
- Natürliche Schwimmdecken: Auf Rindergülle und in Ausnahmefällen auf Schweinegülle bildet sich normalerweise eine natürliche Schwimmdecke aus organischem Material, wobei die gesamte Oberfläche des Flüssigmists bedeckt sein sollte. Die Schwimmdecke bildet sich allerdings nur, wenn der Trockenmasse-Gehalt hoch genug ist (>7 %) und das Aufrühren minimiert werden kann. Die Flüssigmisteinleitung in das Güllelager sollte unterhalb der Schwimmdecke erfolgen, um deren Zerstörung zu vermeiden. Die Wirkung der Schwimmdecken hängt vom Grad der Bedeckung der Gülleoberfläche ab, was wiederum von deren Dicke, der Vollständigkeit und der Dauer der Abdeckung abhängt. Zu beachten ist, dass die Bildung einer Schwimmdecke Zeit erfordert.
- Künstliche Schwimmdecken: Die Aufbringung von Granulaten oder anderen schwimmenden Materialien auf der Gülleoberfläche kann die Emissionen durch die Ausbildung einer künstlichen Schwimmdecke reduzieren.

Güllelagunen weisen eine größere Oberfläche pro Volumeneinheit auf und bergen demzufolge ein höheres Potenzial für NH_3 -Emissionen. Das Ersetzen von Lagunen durch Güllesilos kann daher als Minderungstechnik angesehen werden. Vom Neubau von Lagunen sollte zugunsten vom Güllesiloneubau oder anderen emissionsarmen Lösungen (siehe Tabelle 2) abgesehen werden, wenn nicht wirksame Minderungstechniken eingesetzt und deren Wirkung belegt werden können.

Der Einsatz von Öl und Torf wird wegen der Schwierigkeiten beim praktischen Einsatz, der fehlenden Erfahrung unter Praxisbedingungen und wegen der wahrscheinlich starken Zunahme von CH_4 -Emissionen nicht empfohlen.

TABELLE 2: WIRKSAMKEIT UND ANWENDBARKEIT VON AMMONIAK-MINDERUNGSMAßNAHMEN FÜR GÜLLELAGER

Minderungsmaßnahme	Tierkategorie	Emissionsminderung (%)	Anwendbarkeit	Anmerkungen
Feste Abdeckung oder Dach	alle	80	Nur Gruben und Silos	Kein zusätzlicher Lagerraum für Regenwasser erforderlich; Begrenzt anwendbar wegen statischer Anforderungen
Flexible Abdeckung (z.B. Zeltkonstruktion)	alle	80	Nur Gruben und Silos	Begrenzt anwendbar wegen statischer Anforderungen
Schwimmfolie	alle	60	Nicht geeignet für GülLEN mit natürlicher Schwimmdecke	In Österreich gibt es hinsichtlich Praktikabilität und Handhabung keine Erfahrungswerte
Schwimmende Plastikkörper	alle	ca. 60	Nicht bei natürlicher Schwimmdeckenbildung	zusätzlicher Datenbedarf für Emissionsminderung
Natürliche Schwimmdecke	Rinder- und SchweinegülLEN mit mehr als 7 % TM	40	Nicht in Betrieben mit häufiger Ausbringung	—
Künstliche Schwimmdecke: Stroh	Schweine- und Rindergülle	40	Nicht praktikabel auf Betrieben mit häufiger Ausbringung	Kann zu Zunahme von N ₂ O- und CH ₄ -Emissionen führen
Ersatz einer Lagune durch abgedeckte/offene Silos	alle	30 – 60	—	Referenz: Emission einer nicht abgedeckten Lagune. Sehr hohe Investitionskosten

Quelle: UNECE-Leitfaden, 2015. Stellenweise Abweichungen sind auf die Berücksichtigung nationaler Daten zurückzuführen.

Folgende Aspekte sind zudem zu berücksichtigen:

- Das Aufrühren und Entleeren von Güllelagern sollte insbesondere in den Sommermonaten reduziert werden, da beide Aktivitäten die NH₃-Emissionen erhöhen. Grundsätzlich ist das Aufrühren und Entleeren von Gülle zum Zweck der Ausbringung in der Grünlandwirtschaft zur effizienteren Nutzung der Gülle häufiger nötig als im Ackerbau.
- Kein ständiges Umrühren der Gülle, nur bedarfsgerechte Homogenisierung. Den Einsatz von Ringkanalsystemen bzw. Slalomsystemen nur mehr in Hang- oder in speziellen Hoflagen planen. Homogenisieren nur einmal vor der Ausbringung.
- Die Reduzierung der Windgeschwindigkeit an der Gülleoberfläche kann mit einem ausreichend hohen Freibord und mit einer Windschutzpflanzung erreicht werden.

- Sowohl in den Boden eingelassene Gruben als auch die Beschattung von Silos können die Gülletemperatur absenken und demzufolge zu signifikanter Reduktion von NH₃- (und CH₄-) Emissionen führen.
- Güllebehälter sollten nur mehr mit Abdeckung geplant werden, Fördermöglichkeiten gibt es dazu im Rahmen des Ländlichen Entwicklungsprogrammes⁹.

4.2 LAGERUNG VON FESTMIST

Zur Minderung von NH₃-Emissionen von gelagertem Festmist gelten die Regeln der guten fachlichen Praxis. Nach dem Entmisten des Stalles ist der Festmist auf einer planbefestigten Beton- oder Asphaltplatte zu lagern, idealerweise mit Wänden, üblicherweise mit Ablauf und einer Grube zum Auffangen der Sickersäfte. In Österreich ist es erlaubt, Festmist nach einer dreimonatigen Vor-Rotte auf einer Betonplatte in Stapeln auf dem Feld zu lagern. Dabei ist zu berücksichtigen, dass nur die für die Fläche dünger-äquivalente Menge an Stallmist gelagert wird, der Lagerplatz jährlich wechselt und es zu keiner Beeinträchtigung der Grund- und Fließgewässer kommt. Einstreu und Mist von Geflügel, besonders auf Kotband belüfteter Kot von Legehennen, ist überdacht zu lagern, idealerweise in Kotbunkern.

Bei der Mistlagerung werden folgende Maßnahmen zur Reduktion der NH₃-Emissionen vorgeschlagen:

- Abdeckung von Festmistlagern: Die Abdeckung von Festmist zeigt, dass NH₃-Emissionen dabei substantiell reduziert werden können, ohne signifikante Erhöhung von CH₄- oder N₂O-Emissionen. Allerdings ist die Praktikabilität meist sehr gering.
- Mehr Stroh zum Mist hinzufügen: diese Maßnahme kann im Vergleich zur Abdeckung des Miststapels als weniger effizient angesehen werden. Die Emissionsminderung und die potenzielle Zunahme der N₂O- und CH₄-Emissionen variiert je nach Festmistart und herrschenden Bedingungen.
- Oberfläche des Miststapels so klein wie möglich halten (z.B. Errichtung von Wänden zur Erhöhung des Stapels: Diese Maßnahme kann im Vergleich zur Abdeckung des Miststapels als weniger effizient angesehen werden.
- Festmist trocken halten: Grundsätzlich erhöht die vorhandene Feuchtigkeit den Harnsäureabbau und die Bildung von Ammoniak. Das trifft insbesondere auf Geflügelmist (Broiler und Legehennen) und Geflügelkot von belüfteten Kotbändern zu. Maßnahmen zum Trockenhalten von Festmist umfassen grundsätzlich:
 - Festmistlager abdecken (z.B. bei Geflügel Legehennenkotlager fix überdachen oder umhausen)
 - Lagerung unter Dach

Wenn Geflügelmist (Masthähnchen- oder Putenmist) nicht überdacht gelagert werden kann, sollte er entweder auf einer Beton- oder Asphaltplatte mit dreiseitiger Umwandung gestapelt oder am Feld in

⁹ Vorhabensart 4.1.1: „Investitionen in die landwirtschaftliche Erzeugung“ (Bauliche Investitionen) der Sonderrichtlinie für die ländliche Entwicklung 2014-2020.

schmalen Dreiecksmieten aufgesetzt werden. Dies erleichtert eine schnelle Wasserabgabe, auch wenn die emissionsmindernde Wirkung nur bedingt nachgewiesen werden konnte. Die Feldmieten sind jedenfalls mit Kompostvlies abzudecken.

Legehennenkot vom belüfteten Kotband (TM-Gehalt: 60% bis 70%) emittiert sehr wenig Ammoniak. Dieser Mist sollte trocken gelagert und vor Wiederbefeuchtung geschützt werden. Die Lagerung unter Dach ist daher die beste Option.

5 EMISSIONSARME AUSBRINGUNG VON WIRTSCHAFTSDÜNGER

DIE AUSBRINGUNG VON WIRTSCHAFTSDÜNGER trägt in Österreich mit 43,5% zu den NH_3 -Emissionen aus der Landwirtschaft bei und ist damit der größte Emissionssektor innerhalb der landwirtschaftlichen Aktivitäten (Stall – Lager – Ausbringung). Um die Pflanzen bedarfsgerecht mit Wirtschaftsdüngerstickstoff zu versorgen und die Verluste so gering wie möglich zu halten, sollte zum einen der N-Gehalt des Wirtschaftsdüngers bekannt und berücksichtigt sein und zum anderen Applikationsmengen, -zeitpunkt und -technik dem Bedarf der Kulturpflanzen entsprechend gewählt werden. Die Maßnahmen zur Reduktion der Ammoniakemissionen bei der Ausbringung von Wirtschaftsdünger umfassen zudem Faktoren wie Witterungsbedingungen und Güllekonsistenz.

5.1 MASSNAHMEN BEI DER AUSBRINGUNG VON FLÜSSIGEM WIRTSCHAFTSDÜNGER

Die managementbedingten Möglichkeiten zur NH_3 -Minderung bei der Ausbringung von flüssigem Wirtschaftsdünger stellen grundsätzlich ein hohes Minderungspotenzial dar und sind unabhängig von der Ausbringungstechnik zu berücksichtigen.

Folgende Maßnahmen sind im Bereich der Ausbringung von flüssigem Wirtschaftsdünger möglich:

- Gülleverdünnung mit Wasser: Die NH_3 -Emissionen von verdünnter Gülle – und damit niedrigem Trockenmasse-Gehalt – sind im Allgemeinen geringer als die von unverdünnter Gülle, weil sie schneller in den Boden infiltriert (siehe Abbildung 4). Die Verdünnung der Gülle mit Wasser ist insbesondere für die Düngung zu den Aufwüchsen in den Sommermonaten Mai/Juni bis August/September eine gute Möglichkeit zur Steigerung der Stickstoffeffizienz. Bei einem Mischungsverhältnis von 1:1 (Wasser : Gülle) kann eine Emissionsreduktion von 30 - 40% erreicht werden. Über 1:1 hinausgehende Verdünnungen führen zu einer noch stärkeren Reduktion von Emissionen. Ein weiterer Vorteil ist das deutlich geringere Verschmutzungspotenzial verdünnter Gülle im Vergleich zu Gülle mit einem hohen Feststoffanteil. Diese Maßnahme zur Stickstoffeffizienzsteigerung eignet sich besonders für arrondierte Betriebe. Bei größeren Feld-Hof-Entfernungen können überbetriebliche Kooperationen geschlossen werden, um wirtschaftliche Verluste und negative Umwelteffekte durch weit transportierte Flüssigmistmengen zu vermeiden.

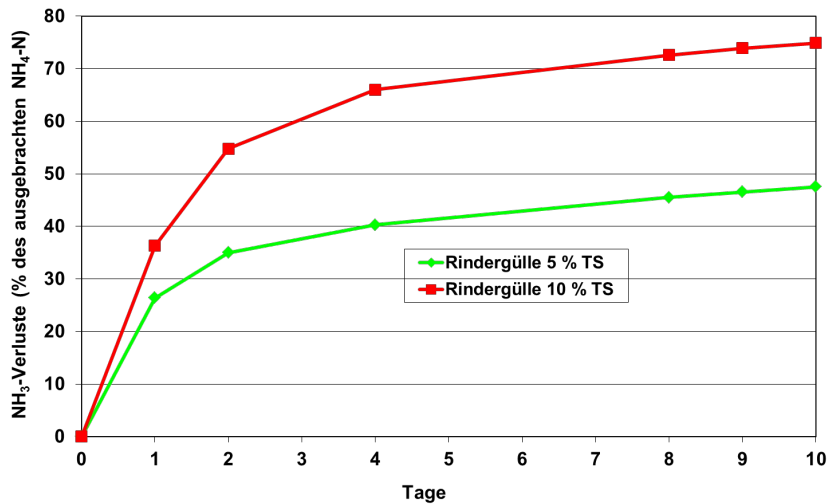


Abbildung 4: Ammoniakemissionen in Abhängigkeit vom Trockensubstanzgehalt der Rindergülle (Quelle: Rank et al., 1988).

- Wahl des Ausbringungszeitpunktes bezogen auf die Witterungsverhältnisse: Bei den folgenden Maßnahmen werden die Umweltbedingungen oder der Ausbringzeitpunkt berücksichtigt, um NH₃-Emissionen nach der Gülleausbringung zu verringern:
 - Ausbringung zu Zeiten kühler, windstillere und feuchtere Witterungsverhältnisse. Kühl sind Tagesmaxima von bis zu 15 °C (siehe Abbildung 5)
 - Ausbringung kurz vor Regenereignissen¹⁰: Bei Starkregenereignissen ist das Risiko von Abschwemmungen besonders zu berücksichtigen.

NH₃-N-Verluste und Ausbringungstemperatur
(Quelle: Döhler et al. 2002)

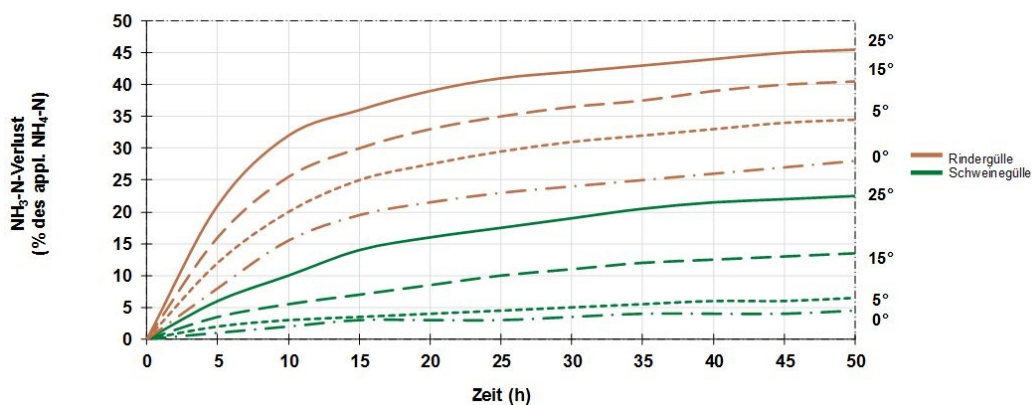


Abbildung 5: Zusammenhang von Ausbringungstemperatur und Ammoniakemissionen (Quelle: Döhler et al., 2002)

Neben effektiven, technischen Maßnahmen (z.B. bodennahe Gülleausbringung) ist das Reduktionspotential eines gut gewählten Ausbringungszeitpunktes nicht zu vernachlässigen. Dieser Aspekt ist besonders dort entscheidend, wo der Anwendung technischer Maßnahmen mitunter topografische Grenzen gesetzt sind.

¹⁰ Nur wirksam, wenn mindestens 10 mm Regen kurz nach der Ausbringung niedergehen.

- Wahl des Ausbringungszeitpunktes bezogen auf die Tageszeit: Die Ausbringung am Abend, wenn Windgeschwindigkeit und Lufttemperatur abnehmen, hilft ebenfalls NH_3 -Emissionen im Vergleich zur Ausbringung am Tag zu verringern. Starke Taubildung trägt zu einer weiteren Gülleverdünnung mit Wasser bei und hilft somit ebenfalls, Emissionen zu verringern.
- Unverzögliche Einarbeitung: Am Ackerland ohne Bodenbedeckung bzw. Pflanzenbewuchs soll das Ziel sein, die Gülle nach dem Ausbringen so schnell wie möglich in den Boden einzuarbeiten. Am wirkungsvollsten ist die Einarbeitung sofort nach der Ausbringung (d.h. innerhalb weniger Minuten), was zu einer Emissionsminderung von 70 % – 90 % führt. Die Emissionsminderung wird bei Einarbeitung innerhalb von 4 Stunden auf 45 % – 65 % geschätzt, bei Einarbeitung innerhalb 24 Stunden auf 30 %. Die Gülle ist nur für eine kurze Zeit der Atmosphäre ausgesetzt, bevor sie mit dem Boden durch den Bearbeitungsvorgang gut vermischt wird. Eine Einarbeitung mit dem Pflug wird nicht empfohlen.
- Ansäuerung von Gülle: Niedrige pH-Werte reduzieren NH_3 -Emissionen von Wirtschaftsdünger. Die Absenkung des Gülle-pH auf ein stabiles Niveau von 6 oder weniger reicht üblicherweise aus, um die NH_3 -Emissionen um 50 % oder mehr zu senken. Dies kann durch die Zugabe von pH-Wert senkenden Stoffen erreicht werden. Die Verwendung von Mineralsäuren wird nicht empfohlen.
- Andere Zusatzstoffe: Andere Gülle-Zusatzstoffe haben sich, abgesehen von sauer wirkenden, bis dato entweder als nicht wirksam hinsichtlich NH_3 -Emissionsminderung erwiesen bzw. limitieren Probleme beim praktischen Einsatz deren Anwendung.

5.2 MASSNAHMEN BEI DER AUSBRINGUNG VON FESTMIST

Trotz des geringeren Ammoniumanteils von Festmist (ca. 15% des Gesamtstickstoffs) verglichen mit Flüssigmist ist das Reduktionspotential aufgrund der großen Menge an anfallendem Festmist von Bedeutung, weswegen entsprechende Maßnahmen grundsätzlich zu empfehlen sind.

Die einzig praktikable Ausbringungsmaßnahme zur NH_3 -Emissionsreduktion bei Festmist ist:

- Rasche Einarbeitung: Der größte Teil des NH_3 wird auch bei Festmist innerhalb weniger Stunden nach der Ausbringung freigesetzt. Die Einarbeitung innerhalb von 4 Stunden kann die Emissionen um bis zu 65% reduzieren, innerhalb von 24 Stunden besteht nur mehr ein Reduktionspotential von ca. 30%. Die Maßnahme besteht somit in einer schnellstmöglichen Einarbeitung. Es wird daher empfohlen, diese Maßnahme möglichst schnell durchzuführen. Zum Erreichen einer maximalen Minderung soll der Mist mit Boden vermischt oder bedeckt werden.

Das Einarbeiten soll insbesondere bei der Mistausbringung im Sommer vor dem Anbau einer Zwischenfrucht bzw. Winterung berücksichtigt werden. In der Praxis wird Mist in weitaus überwiegendem Anteil bei kalten Temperaturen im Frühjahr bzw. im Herbst ausgebracht, wobei das Risiko von Emissionen deutlich geringer ist.

5.3 AUSBRINGUNGSTECHNIKEN VON FLÜSSIGMIST

Die grundsätzlich wirksamste Maßnahme zur Minderung der NH_3 -Emissionen bei der Ausbringung von Flüssigmist (Gülle oder Jauche) ist der Einsatz geeigneter Ausbringungstechniken wie Schleppschlauch, Schleppschuh oder Gülleinjektion (siehe Abbildung 6). Mit diesen Techniken ist auch der Vorteil einer grundsätzlich gleichmäßigeren Düngerverteilung auf ebenen oder nur mäßig geneigten Flächen verbunden. Unterschieden werden Bandverteiler (Schleppschlauch und Schleppschuh) und Injektoren.

Folgende Ausbringungstechniken können NH₃-Emissionen reduzieren:

- Bandverteiler: Diese reduzieren die NH₃-Emissionen aus Flüssigmist durch Verringerung der Gülleoberfläche, die der Luft ausgesetzt ist. Der Wirkungsgrad dieser Techniken kann je nach Höhe des Pflanzenbestandes unterschiedlich sein. Es gibt zwei verschiedene Verfahren:
 - Schleppschlauch: Die Gülle wird auf den Boden von Gras- oder Ackerland mittels einer Reihe von flexiblen Schläuchen im Abstand von 25 cm bandförmig abgelegt. Die Applikation zwischen den Reihen von wachsenden Beständen (z.B. Mais) ist ebenfalls möglich. Bis ca. 20 % Hangneigung kann mit Güllefass und Schleppschlauchverteiler gearbeitet werden. In Kombination mit einer Gülleverschlauchung werden in der Praxis mittlerweile sogar Hangflächen mit einer größeren Neigung begüllt. Die hohe Verteilgenauigkeit bleibt laut einer Prüfung der schweizerischen Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT) bei den meisten Verteilern noch bis zu einer Hangneigung von 30 % gewährleistet.
 - Schleppschuh (oder -fuß): Wie beim Schleppschlauch wird Gülle über Schläuche geleitet, die in einem Metall-„Schuh“ enden. Dieser gleitet auf der Bodenoberfläche und teilt dabei den Pflanzenbestand, so dass ein großer Teil der Gülle direkt auf die Bodenoberfläche und nicht auf die Pflanzen abgelegt wird. Einige Techniken sind so konstruiert, dass ein flacher Schlitz von 2 bis 3 cm in den Boden gezogen wird, um die rasche Infiltration der Gülle in den Boden zu erleichtern. Mit dem Schleppschuhverteiler kann Gülle am Grünland etwas flexibler ausgebracht werden. Bis zu einer durchschnittlichen Wuchshöhe von 10 bis 15 cm ist aufgrund der bodennahen Ablage der Gülle durch die mit Federdruck belasteten Schleppschuhe keine Futtermittelverschmutzung zu befürchten. Gleichzeitig wird durch die beschattende Wirkung des nachwachsenden Bestandes die Emissionsaktivität der Gülle zusätzlich reduziert.
- Injektoren: Durch die Platzierung der Gülle unter die Bodenoberfläche mittels Injektoren können NH₃-Emissionen reduziert werden, da die Kontaktfläche der Gülle mit der Luft verkleinert und die Infiltration der Gülle in den Boden verbessert wird. Ihre Reduktionswirkung ist im Allgemeinen größer als die von bandförmigen Ausbringungstechniken, allerdings ist diese Technik für schwere und tonreiche Böden nur eingeschränkt geeignet. Folgende Typen sind zu empfehlen:
 - Flach-(oder Schlitz-)Injektoren: Diese schneiden schmale Schlitz (typischerweise 4 – 6 cm tief) mit 25 – 30 cm Abstand in den Boden, die mit Flüssigmist gefüllt werden. Meistens werden sie auf Grünland eingesetzt. Unterschiedliche Minderungseffekte werden erzielt, je nachdem, ob offene oder geschlossene Schlitz-Injektoren verwendet werden. Die Ausbringungsmengen können durch das Volumen der Schlitz begrenzt sein.
 - Acker-Injektoren: Diese sind auf Basis von Federzinken- oder Schwergrubbern, die am Güllefass mit aufgebaut werden, für den Einsatz auf dem Ackerland entwickelt worden. Dabei wird die Gülle über Rohre zu den Bodenarbeitswerkzeugen abgeleitet und direkt in den Boden appliziert. In Kombination mit dem Stoppelsturz kann dadurch ein Arbeitsgang eingespart werden. Zu berücksichtigen ist allerdings der deutlich höhere Zugkraftbedarf im Vergleich zur Schlitzinjektion.

Die in manchen europäischen Ländern forcierte Schlitzdrilltechnik bzw. die Gülle(tiefen)injektion könnte zwar zu einer noch stärkeren Reduktion der NH₃-Emissionen beitragen, die damit einhergehenden höheren Maschinengewichte führen allerdings vermehrt zu Bodenverdichtung, was in weiterer Folge zur Bildung und zum Ausstoß von Lachgas führt. Lachgas zählt wiederum zu den treibhausrelevanten Gasen mit einer sehr

hohen CO₂-äquivalenten Wirkung. In Österreich wird aus diesem Grund und aufgrund des deutlich höheren Zugleistungsbedarfes am Grünland (Grasnarbensschädigung) die Tiefeninjektion von Gülle nicht empfohlen.

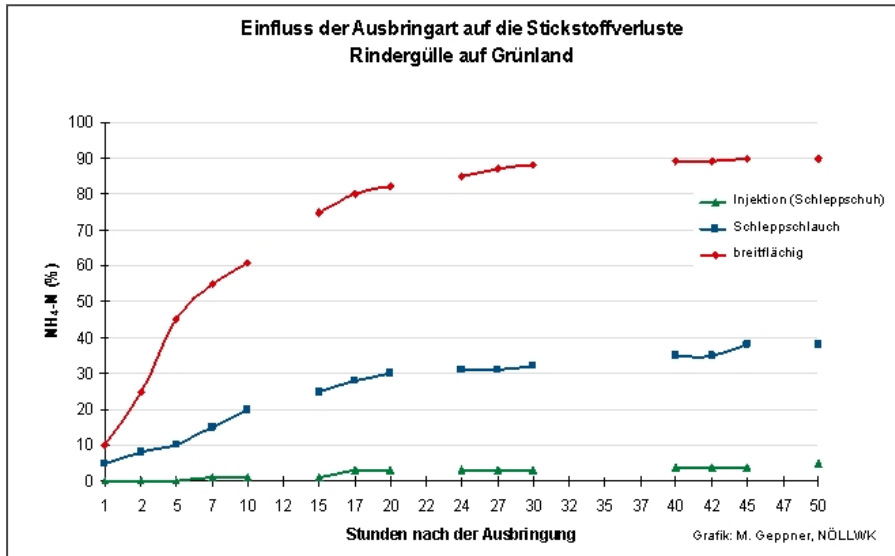


Abbildung 6: Einfluss der Ausbringungstechnik auf die Höhe der Ammoniakemissionen (Quelle: Döhler et al. 2002, Grafik nach M. Gappner)

In Österreich ist aufgrund des hohen Berggebietsanteils und der Betriebsgrößenverteilung der Einsatz von Bandverteilern und Injektoren nur begrenzt möglich. Darüber hinaus sind diese Techniken mit erheblichen Kosten für den einzelnen Betrieb verbunden, weshalb überbetriebliche Einsätze zielführender erscheinen. Grundsätzlich ist in Gebieten mit über 750 mm Jahresniederschlag auf das erhöhte Bodenverdichtungsrisiko zu achten. Jedenfalls zu vermeiden ist, dass Maßnahmen zur Verringerung der Ammoniak-Emissionen zu einer erhöhten Bodenverdichtung mit negativen Auswirkungen auf die Produktionssicherheit, den Treibstoffverbrauch, die Nährstoffeffizienz und -auswaschung sowie die Lachgasemissionen führen.

Aufgrund der österreichischen Topographie wird nachfolgend weiters auf die Verwendung von Breitverteilern mit großtropfiger Ausbringungstechnik eingegangen:

- Breitverteiler: Für Betriebe im Berggebiet mit einem hohen Steilflächenanteil ist es nicht praktikabel und nicht wirtschaftlich, auf bodennahe Ausbringungstechniken umzusteigen. Breitverteiler werden unter steilen Bedingungen daher auch weiter eingesetzt werden. Großtropfige Ausbringungstechniken finden aufgrund der insgesamt geringeren Tropfenoberfläche während der Ausbringung, der augenscheinlich geringeren Futterverschmutzung und der Möglichkeit der Ausbringung in wachsende Bestände (längeres Zeitfenster bei der Ausbringung) eine große Akzeptanz.
- Die Verwendung des Pendelvertelers gilt zwar nicht als emissionsmindernde Maßnahme, ist aber aufgrund seiner exakten Gülleverteilung und der einfachen Arbeitsbreitenanpassung eine in der Praxis beliebte Ausbringungstechnik. Die großtropfige Verteilung lässt eine emissionsmindernde Wirkung erhoffen, wissenschaftlich anerkannte Messdaten gibt es dazu allerdings nicht. Das verbesserte Abfließ-Verhalten von den Futterpflanzen trägt jedenfalls augenscheinlich dazu bei, dass das Futter bis zur nächsten nachfolgenden Ernte nicht verschmutzt wird.

5.4 PRAKTISCHE ÜBERLEGUNGEN ZUR EMISSIONSARMEN AUSBRINGUNG

Die Effizienz bei der Emissionsverringering, die Anwendbarkeit und die Kosten sollten bei der Wahl der bestgeeigneten Maßnahmen zur NH₃-Emissionsminderung berücksichtigt werden. Tabelle 3 liefert Hilfestellung bei der Beurteilung der Wirksamkeit und Anwendbarkeit der verschiedenen Maßnahmen. Die Emissionsminderung wird in Prozent im Vergleich zur Referenztechnik dargestellt. Als Referenz für die Ausbringung von Wirtschaftsdünger dient die NH₃-Emission von unbehandelter Gülle oder Festmist – bei breitflächiger Verteilung über die gesamte Bodenoberfläche (Breitverteilung). Für Gülle wäre dies ein Güllefass mit Düse und Prallteller, für Festmist entspricht es dem oberflächlichen Liegenlassen für eine Woche oder länger.

Folgende Überlegungen sind für die Minderung der NH₃-Emissionen bei der Ausbringung von Wirtschaftsdünger von Bedeutung:

- In erster Linie gilt es, das Maximum an managementbedingten Minderungsmaßnahmen auszunutzen, wie Gülleverdünnung, geeignete Witterungsbedingungen abzuwarten und richtige Tageszeit zur Ausbringung zu wählen.
- Die Verdünnung von Gülle ist eine sehr wirksame Maßnahme. Es ist dabei zu berücksichtigen, dass das zusätzlich ausgebrachte Wasser die Ausbringleistung verringert und die Ausbringkosten erhöht.
- Die Flüssigkeitsaufnahmefähigkeit des Bodens muss während der Gülleausbringung gegeben sein. Ein trockener Boden hat zwar eine gute Tragfähigkeit, nimmt allerdings die Gülleflüssigkeit nur zeitverzögert auf, was zu höheren gasförmigen Stickstoffverlusten führt. Es gilt, einen guten Kompromiss zwischen Trag- und Aufnahmefähigkeit zu finden, um Bodenverdichtungen im Zuge der Wirtschaftsdüngerausbringung zu vermeiden.
- Das Ausmaß der Minderung, die mit Bandverteiler und Injektoren erzielt wird, variiert mit dem Trockenmasse-Gehalt der Gülle, der Temperatur, den Bodeneigenschaften, der Sorgfältigkeit der Arbeit und den Eigenschaften der Kultur.
- Die Effizienz der Einarbeitung variiert mit der Art des Wirtschaftsdüngers und der Zeitspanne zwischen Ausbringung und Einarbeitung; sofortige Einarbeitung ist am wirkungsvollsten.
- Bandverteiler (Schleppschlauch) sind im Allgemeinen auf Ackerland wirkungsvoller als auf Grünland und mit dünnflüssiger Schweinegülle wirkungsvoller als mit dickflüssigerer Rindergülle.
- Die Ausbringung mit Bandverteilern und Flachinjektoren auf stärker geneigten Flächen sollte auf die „raue“ Scholle (z.B. grubbern) erfolgen, um die Infiltration zu beschleunigen und die Abschwemmung zu verringern. Injektion unter die Bodenoberfläche eignet sich nicht auf sehr steinigen, verdichteten und schweren Böden.
- Flach- oder Schlitzinjektoren sind für ein breiteres Spektrum von Bodentypen und Bodeneigenschaften besser geeignet als Techniken mit geschlossenem Schlitz
- Kleine und unregelmäßig geformte Schläge (Parzellen) sind mit großen Maschinen schwerer zu bearbeiten; es sollten jene emissionsarme Ausbringungstechnik gewählt werden, die den lokalen Gegebenheiten am besten entspricht. Hier kann eine großtropfige Ausbringung eine Verbesserung im Vergleich zum Prallteller bewirken.

- Einarbeitung ist nur auf unbestellten Flächen möglich: Für Grünland sind Bandverteiler (Schleppschuh) und flach arbeitende Injektionstechniken am besten geeignet.
- Verfahren, die die Gülleausbringungs-Logistik verbessern, haben Einfluss auf die Emissionen, weil sie eine zeitgerechte Ausbringung besser ermöglichen und die Schlagkraft erhöhen. Zum Beispiel bieten Verschlauchungssysteme, bei denen der Verteiler direkt am Traktor angebaut ist und die Gülle aus einem Tank und einer Verrohrung über einen langen flexiblen Schlauch zugeführt wird, eine Alternative zum Traktor gezogenen Tankwagen mit Verteiler. Vorteilhaft sind die höheren Arbeitsleistungen und das verringerte Risiko von Bodenschäden durch Verdichtung auf nassen Böden. Es besteht jedoch hoher Zeitbedarf für das Aus- und wieder Aufrollen der Schläuche.
- Bei der Auswahl der geeigneten Ausbringungstechnik sind jedenfalls auch die Investitions- und Betriebskosten zu beachten, da diese meist höher liegen als für die herkömmlichen Ausbringungstechniken. Andererseits kann durch die Minderung von Stickstoffverlusten aber auch Mineraldünger eingespart werden.

Die Fest-Flüssig-Trennung („Gülleseparierung“) kann für das Management der Gullenährstoffe hilfreich sein. Die Ausbringung der flüssigen Fraktion (Dünngülle) kann ebenfalls zu einer Reduktion der NH_3 -Emissionen führen. Das ist auf eine schnellere Infiltration, verbunden mit einem geringen TM-Gehalt der Gülle zurückzuführen. Das Gülleseparat (Festphase) ist in gleicher Weise wie Festmist auf Ackerland so rasch wie möglich einzuarbeiten. Auf Milchviehbetrieben mit Tiefboxen kann das Gülleseparat auch als Einstreu verwendet werden, was jedoch zusätzliche Anforderungen an die Hygiene stellt. Es ist zu empfehlen, vor dem Einsatz einer Gülleseparierung eine genaue Kosten-Nutzen-Analyse durchzuführen. Gülleseparat kann als Einstreu verwendet werden, aber bei Milchviehbetrieben gibt es zusätzliche, hygienische Anforderungen an das Separat. Häufig wird das Separat mit Löschkalk vermischt, um die Anforderungen an eine gute, trockenhaltende, hygienische Einstreu zu verbessern (Klauengesundheit und Eutergesundheit bei Milchproduktion).

Rohgülle, flüssige Biogasgülle und flüssige Gärreste unterscheiden sich hinsichtlich ihres Emissionspotenzials aufgrund der unterschiedlichen Ammonium-Stickstoffgehalte und des pH-Wertes. Diese sind in der Rohgülle etwas niedriger im Vergleich zu den beiden anderen Wirtschaftsdüngerformen. Daher sind diese in erster Linie mit bodennahen Ausbringungstechniken am Feld zu verteilen. Ein Teil des höheren Emissionspotenzials von Biogasgülle und den flüssigen Gärresten wird durch die bessere Infiltrationsfähigkeit der Dünger abgedeckt.

Die Arbeitsbreite ist für Injektoren begrenzt, während Bandverteilungstechniken erheblich größere Arbeitsbreiten ermöglichen. Wegen der geringeren Arbeitsbreite sind vermehrt Spurschäden zu berücksichtigen, wenn Gülleinjektionssysteme eingesetzt werden.

Aus Sicht des Bodenschutzes dürfen die Bodenverwundung und damit einhergehende Abtragsgefährdung, die Bodenverdichtung durch zu schwere Geräte oder das Befahren bei zu feuchten Bodenverhältnissen sowie die Bodenversauerung durch Maßnahmen zur Ammoniakreduktion keineswegs gefördert werden.

Wirtschaftsdünger stellen im Sinne des Nährstoffkreislaufs sehr wertvolle Betriebsmittel dar, daher sollte eine sorgsame Anwendung im Eigeninteresse erfolgen.

TABELLE 3: MASSNAHMEN ZUR NH₃- EMISSIONSMINDERUNG BEI DER WIRTSCHAFTSDÜNGERAUSBRINGUNG (WD-AUSBRINGUNG)

Minderungsmaßnahme	WD-Art	Landnutzung	NH ₃ -Emissionsminderung (%) ^a	Einschränkung der Anwendbarkeit
Verdünnung vor der Ausbringung	Besonders für dickflüssige Rindergülle	Grün- und Ackerland	Bis zu 50 % für viskose Rindergüllen (50 % Verdünnung = 30 % Reduktion)	Speziell für arrondierte Betriebe geeignet. Durch zusätzliche Menge erhöhte Ausbringungskosten
Wahl des geeigneten Ausbringungszeitpunktes	Alle WD	Grün- und Ackerland	unterschiedlich	Lokale Beurteilung der Maßnahme notwendig
Schleppschlauch	Gülle und andere flüssige WD	Grün- und Ackerland	30 – 35 %	Schlagneigung, -größe und -form. Nicht für sehr zähflüssige Gülle. Fahrgassenabstand in wachsenden Getreidebeständen. Auf Ackerland steigt die emissionsmindernde Wirkung mit der Pflanzenwuchshöhe
Schleppschuh	Gülle und andere flüssige WD	Grün- und Ackerland (Vorsaat) und Reihenkulturen	30 – 60 %	Wie oben
Flachinjektion	Gülle und andere flüssige WD	Grün- und Ackerland. Auch wachsende Getreidebestände	Offener Schlitz, 70 %; geschlossener Schlitz, 80 % bei 10 cm Tiefe	Wie oben. Nicht auf sehr trockenen, steinigen oder stark verdichteten Böden
Tiefinjektion (einschließlich Ackerinjektoren)	Gülle und andere flüssige WD	Ackerland	90 %	Wie oben. Hoher Zugkraftbedarf. Nicht geeignet für flachgründige Böden, tonhaltige Böden (> 35 %) auf Trockenstandorten, auf Moorböden (> 25 % OTM-Gehalt) und drainierten Böden, die auswaschungsgefährdet sind.
Großtropfge Ausbringung	Gülle und andere flüssige WD	Grün- und Ackerland insbesondere im Berggebiet auf geneigten, kleinen, unförmigen Flächen	Unterschiedlich, eher gering	
Einarbeitung in den Boden	Gülle und andere flüssige WD	Ackerland einschließlich Ansaat v. Grasbeständen. Größte Wirkung nach sofortiger Ausbringung.	Sofortige Einarbeitung = 70 %; Einarb. innerhalb 4 Std = 45–65 %; Einarb. innerhalb 24 Std = 30 %	Nur auf unbestellten Flächen
Einarbeitung in den Boden	Festmist	Ackerland einschließlich gesätes Grasland. Nur wirksam, wenn Einarbeitung sofort nach der Ausbringung stattfindet.	Sofortige nicht wendende Bearbeitung = 60 %; Einarb. innerhalb 4 Std = 45 – 65 %; Einarb. innerhalb 12 Std = 50 %; Einarb. innerhalb 24 Std = 30 %	Nur auf unbestellten Flächen

Quelle: UNECE-Leitfaden 2015, mit Berücksichtigung nationaler Forschungsergebnisse.

6 EMISSIONSARMER EINSATZ VON MINERALISCHEN N-DÜNGEMITTELN

IN DER LANDWIRTSCHAFT STAMMT das meiste NH_3 aus Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft. In vielen Ländern mit gemäßigttem Klima stammen ungefähr 10% oder mehr der NH_3 -Emissionen aus der Anwendung mineralischer Stickstoffdünger, in Österreich sind es rund 8%. Die Verluste aus Ammoniumnitrat (NH_4NO_3) sind in der Regel geringer als von anderen N-Düngemitteln.

Damit Mineraldünger besser in den Boden infiltrieren kann, sollte der Dünger in den Boden eingearbeitet werden. Zudem sollte er eine hohe Absorptionskapazität aufweisen (ausreichender Ton- und/oder Humusgehalt), ausreichend feucht sein und einen niedrigen pH-Wert sowie niedrige Temperatur aufweisen.

Harnstoff wird unter natürlichen Bedingungen durch das Enzym Urease sehr schnell zu Ammonium (NH_4) und Kohlendioxid (CO_2) abgebaut. Wenn diese Reaktion an der Bodenoberfläche stattfindet und NH_4 nicht durch Ton-Humus-Komplex gebunden wird, geht es als Ammoniak (NH_3) teilweise an die Atmosphäre verloren. Wird Harnstoff in wachsende Bestände ausgebracht, sollte wie bei flüssigem Wirtschaftsdünger besonders auf den Ausbringungszeitpunkt geachtet werden (niedrige Bodentemperaturen, unmittelbar vor Niederschlägen, Ausnutzung der Taubildung).

Die Harnstoffausbringung muss sorgfältig ausgeführt werden, um die Wirksamkeit des Düngemittels zu maximieren und die Wahrscheinlichkeit von NH_3 -Emissionen zu reduzieren. Neben der Wahl der richtigen Menge ist daher wichtig, dass Harnstoff in den Boden eingearbeitet oder eingewaschen wird, bevor der enzymatische Abbau beginnt. Die Geschwindigkeit der Einarbeitung steht dabei in einem direkten Zusammenhang mit der Minderung der Ammoniakemissionen. Die sofortige Einarbeitung bzw. die Ablage des Harnstoffs direkt in den Boden ist insbesondere bei sehr hohen Temperaturen ($>25^\circ\text{C}$) zu empfehlen.

Dieses Prinzip ist umso strenger zu beachten, je mehr Faktoren zusammenwirken, die eine Ammoniakabgasung begünstigen. Dazu zählen ein geringer Ton- und Humusgehalt, ein hoher pH-Wert, hohe Temperaturen oder die Ausbringung des Harnstoffs in Bandform.

Die relativen NH_3 -Emissionen von harnstoffhaltigen, wässrigen Lösungen sind denen von Feststoffen ähnlich. Die Wassermenge in den Düngerlösungen ist üblicherweise sehr gering und für die Einwaschung des Harnstoffs in den Boden nicht ausreichend. Die absoluten Emissionen sind bei der Applikation von wässrigen Blattdüngern dennoch geringer als bei der Ausbringung festen Harnstoffs auf den Böden, da hier die Applikationsmengen signifikant kleiner sind.

6.1 MINDERUNG DER AMMONIAKEMISSIONEN AUS HARNSTOFF

Zur Minimierung der NH_3 -Emissionen aus Harnstoffdüngern sollte Folgendes beachtet werden:

- Einarbeitung von Harnstoff in den Boden: Schnelles Einarbeiten von Harnstoff in den Boden, wann immer möglich, reduziert die Emissionen aus Harnstoff um etwa 50 % – 80 %. Diese Option ist nicht geeignet, wenn Harnstoff in den wachsenden Bestand auf Getreide oder Grünland appliziert wird, kann aber genutzt werden, wenn Harnstoff auf das Saatbett oder zwischen Saatreihen gestreut und im Zuge der Saat oder von Pflegemaßnahmen (z.B. Maishacke) schnell eingearbeitet wird.
- Injektion von Harnstoff in den Boden: Die (Tief-)Injektion von Harnstoff in Flüssig- oder Feststoffform mit einem geschlossenen Schlitz ist mit einer Emissionsreduktion bis zu 90 % noch wirksamer als eine flache Einarbeitung. Nicht sorgfältig geschlossene oder eingearbeitete

Harnstoffbänder neigen zu sehr hohen Emissionen wegen des pH-Anstiegs während der Harnstoffhydrolyse im Düngerband. Der Anstieg des pH-Wertes kann durch Langzeit-(slow release) Harnstoffdünger und Ureasehemmstoffe gemindert werden. Wie bei allen N-Düngern soll im Falle von Saatbettapplikationen sorgfältig vermieden werden, dass größere Mengen von Harnstoff in die Nähe der Saat gelangen, weil dies Keimung und Austrieb hemmen kann. Das Risiko für Pflanzenschäden ist beim Einsatz von Produkten mit verzögerter Harnstoffhydrolyse geringer.

- Keine gemeinsame Applikation mit Kalk: Eine Harnstoffdüngung sollte nicht nach einer Kalkung mit Branntkalk durchgeführt werden, da es sonst zu hohen Abgasungsverlusten kommen kann. Harnstoff sollte auch nicht auf Mist oder Ernterückständen ausgebracht werden, weil dadurch kein direkter Bodenkontakt besteht und eine schnelle Aufnahme der Ammonium-Ionen durch den Boden behindert wird.
- Ureasehemmer können eingesetzt werden, um den Abbau von Harnstoff so lange zu verzögern, bis dieser tief genug in den Boden eingewaschen wurde und um einen sehr starken pH-Wertanstieg zu vermeiden – besonders in Düngerbändern, wobei eine Emissionsreduktion von 40 % bei flüssigem Harnstoff-Ammonium-N und 70 % bei festem Harnstoff erreicht werden kann.
- Feldbewässerung nach der Harnstoffausbringung: Bewässerung von mindestens 5 mm unmittelbar nach der Ausbringung von Harnstoff führt zu einer Emissionsreduktion von 40 % – 70 %. Diese Technik ist nur dort in Erwägung zu ziehen, wo entsprechender Wasserbedarf für die Bewässerung vorliegt und die rechtlichen Vorgaben nach dem Wasserrechtsgesetz (Bewilligung) erfüllt sind. Ebenso wirksam wie eine Bewässerung ist ein natürlicher Niederschlag, der unmittelbar nach der Ausbringung einsetzt. Die richtige Einschätzung der Witterungssituation vor einer allfälligen Harnstoffapplikation ist daher vor allem auf Flächen ohne Beregnungsmöglichkeit bedeutend.
- Polymerbeschichtete Harnstoffgranulate: Diese Dünger weisen eine verzögerte Nährstofffreisetzung auf, die durch die Verzögerung der Hydrolyse die Emissionen um etwa 30 % reduzieren können. Hierzu gibt es allerdings noch kaum praktische Erfahrungen.
- Der Wechsel von Harnstoff zu NH_4NO_3 -Dünger kann die NH_3 -Emissionen substantiell reduzieren (um bis zu 90 %). Ein möglicher negativer Nebeneffekt ist jedoch die potenzielle Erhöhung der direkten klimaschädlichen N_2O -Emissionen, die vor allem bei Nässe und auf fein strukturierten Böden auftreten. Die Anwendung des NH_4NO_3 -Düngers ist besonders bei der Ausbringung in wachsende Bestände zu empfehlen.
- Querverteilung: Auf Grund des niedrigeren spezifischen Gewichts von Harnstoff im Vergleich zu Kalkammonsalpeter ist bei Arbeitsbreiten über 12 bis 15 m bei gepillter Ware mit einer mangelhaften Querverteilung zu rechnen. Granulierter Harnstoff kann wegen der größeren Körnung auch bei großen Arbeitsbreiten gleichmäßiger als gepillter Harnstoff verteilt werden.
- Kalkverbrauch: Harnstoff wirkt stärker versauernd als Kalkammonsalpeter und gilt als kalkzehrender Mineraldünger. Dies ist in Gebieten mit Kalkbedarf zu berücksichtigen.
- Im Hinblick auf die Gesamtbilanz für Stickstoff ist auch der Einsatz von stabilisierten Mineral- und Wirtschaftsdünger zu berücksichtigen. Diese Dünger können bei bestimmten Kulturen (z.B. Gemüse unter Folie oder Vlies, Mais, Kartoffel, Zuckerrübe) und bei leichten bis mittleren Böden Auswaschungsverluste vermindern.

Im Gegensatz zu Harnstoff sind Ammoniumsulfat und Ammoniumphosphat sehr stabile Verbindungen. Erst bei pH-Werten über 7,5 kann der schwache basische NH_4 -Teil dieser Verbindungen durch stärkere Basen verdrängt werden.

Einige der Techniken, die oben für Harnstoff beschrieben wurden, einschließlich der Einarbeitung, Injektion, sofortigen Bewässerung und der Verwendung von Düngern mit verzögerter Freisetzung, können auch zur Begrenzung der NH_3 -Emissionen aus Ammoniumsulfat-, Ammoniumphosphat- und NH_4NO_3 -Düngern eingesetzt werden.

7 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Zielwert der Rohproteinkonzentration (%) des Futters je Tierart, -kategorie und Produktionsabschnitt bei Stallhaltung	13
Tabelle 2: Wirksamkeit und Anwendbarkeit von Ammoniak-Minderungsmaßnahmen für Güllelager	21
Tabelle 3: Massnahmen zur NH ₃ - Emissionsminderung bei der Wirtschaftsdüngerausbringung (WD-Ausbringung)	31

8 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Stickstoff-Umwandlungsprozesse im Boden (Quelle: Landwirtschaftskammer Oberösterreich, 2014)	6
Abbildung 2: Entstehungsquellen von Ammoniakemissionen in der österreichischen Landwirtschaft (Quelle: Umweltbundesamt, Wien).....	7
Abbildung 3: Anteile der Ammoniakemissionen je Tierart in Österreich (Quelle: Umweltbundesamt, Wien).....	7
Abbildung 4: Ammoniakemissionen in Abhängigkeit vom Trockensubstanzgehalt der Rindergülle (Quelle: Rank et al., 1988).	25
Abbildung 5: Zusammenhang von Ausbringtemperatur und Ammoniakemissionen (Quelle: Döhler et al., 2002).....	25
Abbildung 6: Einfluss der Ausbringungstechnik auf die Höhe der Ammoniakemissionen (Quelle: Döhler et al. 2002, Grafik nach M. Gappner).....	28

9 LITERATUR/QUELLEN

- DLG – DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTS-GESELLSCHAFT (2008): Jungrinderaufzucht Grundstein erfolgreicher Milcherzeuger, Band 2013, DLG Verlag, Frankfurt am Main.
- DLG – DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTS-GESELLSCHAFT (2012): Fütterungsempfehlungen für Milchkühe im geburtsnahen Zeitraum, Arbeitskreis Futter und Fütterung, DLG Verlag, Frankfurt am Main.
- DÖHLER, H.; DÄMMGEN, U.; EURICH-MENDEN, B.; OSTERBURG, B.; LÜTTICH, M.; BERG, W.; BERGSCHMIEDT, A. UND BRUNSCH, R. (2002): Anpassung der deutschen Methodik zur rechnerischen Emissionsermittlung an internationale Richtlinien sowie Erfassung und Prognose der Ammoniak-Emissionen der deutschen Landwirtschaft und Szenarien zu deren Minderung bis zum Jahre 2010. Abschlussbericht im Auftrag von BMVEL und UBA. UBA-Texte 05/02.
- EEA – EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2017): Air quality in Europe – 2017 report, S.9, EEA, Kopenhagen.
- EU – EUROPÄISCHE UNION (2001): Amtsblatt der Europäischen Union – Richtlinie 2001/81/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2001 über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe.
- EU – EUROPÄISCHE UNION (2016): Amtsblatt der Europäischen Union – Richtlinie 2016/2284 des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 14. Dezember 2016 über die Reduktion der nationalen Emissionen bestimmter Luftschadstoffe, zur Änderung der Richtlinie 2003/35/EG.
- GFE – GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE (2001): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder, DLG Verlag, Frankfurt am Main.
- LfL – BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2014): Gruber Tabelle zur Fütterung in der Rindermast, LfL-Information, 19. Auflage, Freising-Weihenstephan.
- LK OÖ – LANDWIRTSCHAFTSKAMMER OBERÖSTERREICH (2014): Folie in Präsentation zum Thema Düngung. Boden.Wasser.Schutz.Beratung, Landwirtschaftskammer Oberösterreich, Linz.
- ÖAG – ÖSTERREICHISCHE ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR GRÜNLAND UND VIEHWIRTSCHAFT (2011): Mit heimischen Eiweißfuttermitteln Rinder optimal versorgen, ÖAG-Info 8/2011, Sonderbeilage im Fortschrittlichen Landwirt, ÖAG, Irnding.
- RANK, M.; HUBER, J. und AMBERGER, A. (1988): Model trials on the volatilization of ammonia following as slurry application under controlled climate and field conditions. Proceedings of 4th Int. Symposium of CIEC, Braunschweig.
- UMWELTBUNDESAMT (2018): „Ammoniak, Geruch, Staub“, unter Boden/ Landwirtschaft, Umweltbundesamt, Wien, auf: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/umweltbelastungen-der-landwirtschaft/ammoniak-geruch-staub#textpart-1> (12.06.2018).
- UMWELTBUNDESAMT (2012): Stickstoff – Zuviel des Guten? Umweltbundesamt, Dessau-Roßau.
- UMWELTBUNDESAMT (2016): Maßnahmen zur Minderung sekundärer Partikelbildung durch Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft. Reports, Bd. REP -0569. Umweltbundesamt, Wien.

UMWELTBUNDESAMT (2017): Austria`s National Inventory Report 2017. Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and under the Kyoto Protocol. Report, Bd. REP-0608, Umweltbundesamt, Wien.

UNECE – UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE (2015): Framework Code for Good Agricultural Practice for Reducing Ammonia Emission, United Nations Economic Commission for Europe, Economic and Social Council, ECE/EB.AIR/129.

MITWIRKENDE EXPERTINNEN UND EXPERTEN AUS FORSCHUNG, WISSENSCHAFT, INTERESSENSVERTRETUNG, BERATUNG UND VERWALTUNG IM RAHMEN VON ARBEITSGRUPPEN

Einleitung

Süßenbacher Elisabeth (BMNT)

Emissionsarme Fütterung

Bernhauser Oliver (LK NÖ); Frickh Johannes (BMNT); Gerner Martina (LK NÖ); Koller Anton (LK STMK); Mayringer Martin (LK OÖ); Priller Hannes (LK OÖ); Schmid Rudolf (LK STMK); Stegellner Martin (ZAR); Steinwider Andreas (HBLFA Raumberg-Gumpenstein); Stögmüller Gerald (LK NÖ); Straßmayr Maria (VÖS); Terler Georg (HBLFA Raumberg-Gumpenstein); Tiefenthaller Franz (LK OÖ); Wurm Karl (LK STMK); Wurzer Michael (ZAG).

Emissionsarme Stallsysteme und Lagerung

Breiningner Walter (LK STMK); Etlinger Gottfried (LK NÖ); Katzensteiner Hermann (LK NÖ); Kreuzhuber Dieter (ÖKL); Lenz Vitus (LK OÖ); Mayringer Martin (LK OÖ); Petutschnig Dieter (Land Kärnten); Pöllinger Alfred (HBLFA Raumberg-Gumpenstein); Schmid Anton (LK SBG); Schütz Rudolf (LK NÖ); Stinglmayr Johann (LK OÖ); Swoboda Manfred (LK NÖ); Zentner Eduard (HBLFA Raumberg-Gumpenstein).

Emissionsarme Wirtschaftsdüngerausbringung und emissionsarmer Einsatz von Mineraldünger

Bernsteiner Albert (LK STMK); Gröger Matthias (LKÖ); Hölzl Franz Xaver (LK OÖ); Holzner Heinrich (LK STMK); Juritsch Georg (Land Salzburg); Längauer Martin (LKÖ); Leist Martin (Land Salzburg); Mayer Arno (LK STMK); Neudorfer Elisabeth (LK SBG); Peszt Willi (LK-BGLD); Petutschnig Dieter (Land Kärnten); Pöllinger Alfred (HBLFA Raumberg-Gumpenstein); Pötsch Erich (HBLFA Raumberg-Gumpenstein); Pusterhofer Josef (Land Steiermark); Rohrer Günther (LKÖ); Spanischberger Andrea (BMNT); Springer Josef (LK NÖ); Steiner Christian (Land Niederösterreich); Stimmeder-Kienesberger Gerhard (BMNT).

