

Maßnahmen zu sekundären Partikeln aus der Landwirtschaft



Ammoniakemissionen

MASSNAHMEN ZUR MINDERUNG SEKUNDÄRER PARTIKELBILDUNG DURCH AMMONIAKEMISSIONEN AUS DER LANDWIRTSCHAFT



REPORT
REP-0569

Wien 2016

Projektleitung

Michael Anderl

AutorInnen

Michael Anderl, Umweltbundesamt
Simone Haider, Umweltbundesamt
Gerhard Zethner, Umweltbundesamt
Michael Kropsch, HBLFA Raumberg-Gumpenstein
Alfred Pöllinger, HBLFA Raumberg-Gumpenstein
Eduard Zentner, HBLFA Raumberg-Gumpenstein

Lektorat

Maria Deweis, Umweltbundesamt

Satz/Layout

Elisabeth Riss, Umweltbundesamt

Umschlagfoto

© BMLFUW/Alexander Haiden

Weitere Informationen zu Umweltbundesamt-Publikationen unter: <http://www.umweltbundesamt.at/>

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH
Spittelauer Lände 5, 1090 Wien/Österreich

Das Umweltbundesamt druckt seine Publikationen auf klimafreundlichem Papier.

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2016

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 978-3-99004-382-0

VORWORT

In Österreich ist es in der Vergangenheit bei PM_{10} zu zahlreichen Grenzwertüberschreitungen gemäß Immissionsschutzgesetz-Luft (IG-L) und EU-Luftqualitätsrichtlinie gekommen¹. Weitere Grenzwertüberschreitungen können auch für die Zukunft nicht ausgeschlossen werden.

Wie Studien aus Deutschland gezeigt haben (PAREST²), kann die regionale PM_{10} - und $PM_{2,5}$ -Hintergrundbelastung durch kosteneffiziente Maßnahmen zur Reduktion von Ammoniakemissionen deutlich vermindert werden. Im Sektor Landwirtschaft tragen insbesondere die Ammoniakemissionen aus der Tierhaltung (Wirtschaftsdüngermanagement inkl. Ausbringung) zur Bildung sekundärer anorganischer Aerosole bei, deren Reduktion einen entscheidenden Beitrag zur Erreichung der $PM_{2,5}$ -Ziele zur nationalen Expositionsreduktion darstellt.

Die Maßnahmen für den Sektor Landwirtschaft, die in diesem Bericht analysiert, aufbereitet und dargestellt werden, dienen als eine fachliche Grundlage für ein Programm der Bundesregierung gemäß § 19 IG-L. Mit diesem Programm soll das nationale Ziel³ zur Reduzierung des Average Exposure Indicators (AEI, Indikator für die durchschnittliche Exposition) erreicht werden. Die Erstellung des Programms wird vom Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) koordiniert.

¹ siehe Jahresberichte der Luftgütemessung in Österreich:

<http://www.umweltbundesamt.at/jahresberichte/>

² PAREST-Projekt (Particle Reduction Strategies) der Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER).

³ Reduktion des AEI, d. h. des Mittelwerts von 5 $PM_{2,5}$ -Messstellen im städtischen Hintergrund, von 2009–2011 auf 2018–2020 um einen bestimmten Prozentsatz, abhängig von der Ausgangskonzentration. Für Österreich ist das Reduktionserfordernis 15 %.

INHALTSVERZEICHNIS

	VORWORT	3
	ZUSAMMENFASSUNG	6
1	EINLEITUNG	9
1.1	Immissionsschutzgesetz-Luft (IG-L)	9
1.2	Emissionshöchstmengengesetz-Luft (EG-L)	10
1.3	Projektziele	10
2	RELEVANTE EMISSIONSQUELLEN	11
2.1	Systeme und Emissionswirkung	14
2.1.1	Tierhaltung	14
2.1.2	Wirtschaftsdüngerlagerung	15
2.1.3	Wirtschaftsdüngerausbringung	16
2.1.4	Weidegang	17
2.1.5	Mineraldüngeranwendung.....	17
2.2	Durchdringungsraten in Österreich	18
2.2.1	Haltungssysteme.....	18
2.2.2	Wirtschaftsdüngerlagerung	19
2.2.3	Wirtschaftsdüngerausbringung	19
2.2.4	Weidegang	20
2.2.5	Mineraldüngeranwendung.....	20
3	REGELUNGEN & MASSNAHMEN	22
3.1	Internationale Regelungen	22
3.2	Nationale Regelungen	24
3.3	Dokumentierte Maßnahmen	25
3.3.1	Stickstoffmanagement unter Beachtung des Stickstoffkreislaufs.....	26
3.3.2	Fütterungsstrategien	26
3.3.3	Stallsysteme	28
3.3.4	Wirtschaftsdüngerlagerung	30
3.3.5	Wirtschaftsdüngerausbringung	31
3.3.6	Mineraldüngeranwendung.....	34
3.3.7	Weidehaltung	35
3.3.8	Wirtschaftsdüngerbehandlung	35
3.3.9	Nicht-landwirtschaftliche Verwendung von Stallmist.....	36
4	ANALYSE DER MASSNAHMEN	37
5	EMPFEHLUNGEN	49
5.1	Rinderbereich	49
5.2	Schweinebereich	53

5.3	Geflügelbereich	57
5.4	Ackerbaubetriebe	59
6	REGIONALE AUSWERTUNGEN	61
6.1	Aktuelle Emissionen	61
6.1.1	Regionalisierungsmethodik	61
6.1.2	Auswertung und Darstellung	62
6.1.3	Ergebnisse	63
6.2	Emissionsreduktionspotenziale	67
6.2.1	Emissionsreduktionspotenziale der empfohlenen Maßnahmen – Rinderbereich	67
6.2.2	Emissionsreduktionspotenziale der empfohlenen Maßnahmen – Schweinebereich	69
6.2.3	Emissionsreduktionspotenziale der empfohlenen Maßnahmen – Geflügelbereich	70
6.2.4	Emissionsreduktionspotenziale der empfohlenen Maßnahmen – Ackerbaubetriebe	71
7	LITERATURVERZEICHNIS	73
8	ANHANG	77
8.1	UNECE Guidance Document (Zusammenfassung)	77

ZUSAMMENFASSUNG

Maßnahmen zur NH₃-Reduktion

Im Rahmen dieses Projektes wurden potenzielle Maßnahmen zur Reduktion der NH₃-Emissionen aus dem Sektor Landwirtschaft zusammengestellt und hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit für Österreich analysiert. Die Maßnahmen sind in die Themenbereiche Stickstoffmanagement, Fütterungsstrategien, Stallsysteme, Wirtschaftsdüngerlagerung, Wirtschaftsdüngerausbringung und Mineraldüngeranwendung gegliedert. Eine wesentliche Datengrundlage bilden die im *Guidance Document for preventing and abating ammonia emissions from agricultural sources* dokumentierten Maßnahmen (UNECE 2014).

Kriterien für geeignete Maßnahmen

Die praktische Umsetzbarkeit von Maßnahmen hängt von vielen Faktoren ab, wie z. B. Betriebsstruktur, Betriebsgröße, Morphologie und Förderlandschaft. Unter Berücksichtigung der landwirtschaftlichen Praxis in Österreich anhand von festgelegten Kriterien wurde eine Auswahl geeigneter Maßnahmen getroffen. Als Beurteilungsgrundlage für die Maßnahmenempfehlung wurden die Kriterien Praxisreife, Kosten-Nutzen-Überlegungen und das zu erwartende Reduktionspotenzial herangezogen.

4 spezifische Betriebsformen

Spezifische Betriebsformen dominieren die landwirtschaftliche Struktur vor Ort und damit auch die Emissionsintensität in den verschiedenen NUTS 3-Regionen⁴. Somit wurde eine Untergliederung der empfohlenen Maßnahmen entlang der vier wesentlichen Betriebsformen mit Emissionsrelevanz vorgenommen: Rinderbereich (Futterbaubetriebe), Veredelungsbetriebe im Schweine- und Geflügelbereich sowie die Marktfruchtbetriebe (Ackerbau).

Emissions- intensitäten

Des Weiteren wurden die nationalen Ammoniakemissionen auf Ebene der NUTS 3-Regionen ausgewertet. Dazu wurden die Emissionsdaten der nationalen Emissionsberichterstattung des Umweltbundesamtes mit regionalen Daten aus der Agrarstrukturerhebung 2010, des Grünen Berichts 2008 sowie der Arbeiten nach OECD-Stickstoffbilanzmethodik (EUROSTAT 2010) verknüpft. Es wurden die Emissionsquellen Wirtschaftsdüngermanagement (Emissionen aus Stall, Lagerung und bei der Ausbringung von Wirtschaftsdünger) und landwirtschaftliche Böden (Emissionen aus Weidehaltung und Mineraldüngeranwendung) berücksichtigt. Um ein objektiveres Bild, auch in Hinblick auf potenzielle Maßnahmen zu erhalten, erfolgt die Darstellung und Analyse anhand von Emissionsintensitäten (absolute Emissionsmenge pro NUTS 3-Region/Gesamtfläche pro NUTS 3-Region). Das Ergebnis (kg NH₃/km²_{NUTS 3-Region}) erlaubt einen Rückschluss auf die durchschnittliche Emissionswirksamkeit (Luftbelastung) der landwirtschaftlichen Aktivitäten vor Ort und einen Vergleich zwischen den Regionen.

Abschließend werden die empfohlenen Maßnahmen hinsichtlich ihrer Emissionspotenziale dargestellt. Maßnahmen im Bereich der Tierfütterung haben ein Reduktionspotenzial zwischen 20 % und 25 % (bei Schweinen bis zu 40 % möglich). Bei den Stallsystemen variieren die Potenziale je nach Tierkategorie – die Maßnahmen beinhalten jedoch grundsätzlich die Reduktion der verschmutz-

⁴ EU-weite Systematik zur Klassifizierung von räumlichen Bezugseinheiten; NUTS 1 ist beispielsweise West-, Süd- und Ostösterreich (Gruppen von Bundesländern); NUTS 2 sind die neun österreichischen Bundesländer. Die 35 Einheiten der Ebene NUTS 3 bestehen aus Gruppen politischer Bezirke.

ten Oberfläche und ein verbessertes Stallklima. Im Bereich der Wirtschaftsdüngerlagerung zielen alle Maßnahmen auf die Abdeckung der Lagerstätte ab – insbesondere dort, wo sich keine natürlichen Schwimmdecken einstellen. Die Emissionsreduktionspotenziale variieren stark je nach Art der Abdeckung.

Das größte Einsparungspotenzial im Ackerbaubereich ist die Umstellung von Harnstoffdüngern auf Ammoniumnitrat-Dünger (bis zu 90 %).

1 EINLEITUNG

Ammoniak in der Umgebungsluft ist eine wesentliche Vorläufersubstanz zur Bildung von sekundären anorganischen Partikeln. Sekundäre Partikel entstehen durch komplexe chemische Reaktionen in der Atmosphäre aus gasförmigen Substanzen, wie Schwefel- und Stickstoffoxiden (SO_2 bzw. NO_x), Ammoniak (NH_3) oder Kohlenwasserstoffen. Die sekundären anorganischen Partikel bestehen in Österreich im Wesentlichen aus Ammoniumsulfat ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) und Ammoniumnitrat (NH_4NO_3). Ammoniak stammt zu etwa 95 % aus der Landwirtschaft; dabei wieder zum überwiegenden Teil aus der Tierhaltung. Ursachen und Rahmenbedingungen zur Emissionsbildung sowie Methoden zur Minderung von Ammoniakemissionen in der Praxis sind wissenschaftlich eingehend untersucht und bewährt.

sekundäre Partikel

Aus Schwefeldioxid (SO_2) bildet sich in der Atmosphäre bei Anwesenheit von Wasserdampf rasch Schwefelsäure (H_2SO_4), welche mit Ammoniak (NH_3) in Anwesenheit von Wasser (H_2O) (was aufgrund der starken Hygroskopie von Schwefelsäure immer der Fall ist) zu Ammoniumsulfat ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) reagiert (SEINFELD & PANDIS 1998). Bei einem Überschuss an NH_3 kann dieses mit NO_x zu Ammoniumnitrat reagieren, wobei hier auch die Ozonchemie eine Rolle spielt.

chemische Umwandlungsprozesse

Details zur Bildung von sekundären anorganischen Partikeln, zur räumlichen Verteilung und zu unterschiedlichen Sensitivitäten hinsichtlich der Emissionsänderungen sind in einer in Ausarbeitung befindlichen Studie des Umweltbundesamtes zu finden (UMWELTBUNDESAMT 2014a).

1.1 Immissionsschutzgesetz-Luft (IG-L)

Bei PM_{10} ist es in der Vergangenheit in Österreich zu zahlreichen Grenzwertüberschreitungen gemäß Immissionsschutzgesetz-Luft (IG-L) und EU-Luftqualitätsrichtlinie gekommen⁵; diese können auch für die Zukunft nicht ausgeschlossen werden. Besonders betroffen sind der Osten Österreichs sowie alpine Becken und Täler mit ungünstigen Ausbreitungsbedingungen. Vor allem an der großflächig erhöhten regionalen Hintergrundbelastung im Osten Österreichs können die sekundären anorganischen Aerosole Ammoniumsulfat und Ammoniumnitrat zu mehr als einem Drittel zur PM_{10} - und $\text{PM}_{2,5}$ -Belastung beitragen, wobei das dafür notwendige Ammoniak zum ganz überwiegenden Teil aus der Landwirtschaft stammt. Wie Studien aus Deutschland gezeigt haben (PAREST⁶), kann die regionale PM_{10} - und $\text{PM}_{2,5}$ -Hintergrundbelastung durch kosteneffiziente Maßnahmen zur Reduktion von Ammoniakemissionen vermindert werden und somit ein entscheidender Beitrag zur Erreichung der $\text{PM}_{2,5}$ -Ziele zur nationalen Expositionsreduktion erreicht werden (UBA 2013).

**Feinstaub:
 $\text{PM}_{2,5}$ und PM_{10}**

⁵ siehe Jahresberichte der Luftgütemessung in Österreich:

<http://www.umweltbundesamt.at/jahresberichte/>

⁶ PAREST-Projekt (Particle Reduction Strategies) der Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER).

**Programm zur
Verringerung
des AEI**

Die Maßnahmen für den Sektor Landwirtschaft, die in der vorliegenden Studie analysiert, aufbereitet und dargestellt werden, dienen auch als fachliche Grundlage für ein Programm der Bundesregierung gemäß § 19 IG-L. Mit diesem Programm soll das nationale Ziel⁷ zur Reduzierung des Average Exposure Indicators (AEI⁸, Indikator für die durchschnittliche Exposition) erreicht werden. Im Rahmen dieses Programms sind alle erforderlichen Maßnahmen festzulegen, die keine unverhältnismäßigen Kosten verursachen. Die Erstellung des Programms wird vom BMLFUW koordiniert.

In einer vorbereitenden Studie des Umweltbundesamtes wurde dargelegt, dass bei Umsetzung zusätzlicher Maßnahmen die Einhaltung der Ziele erreicht werden kann (UMWELTBUNDESAMT 2014b). Diese müssen auch den Sektor Landwirtschaft umfassen, da gerade bei PM_{2,5} die sekundären anorganischen Partikel einen wesentlichen Beitrag liefern.

1.2 Emissionshöchstmengengesetz-Luft (EG-L)

In den Protokollen zum Genfer Luftreinhalteabkommen der Vereinten Nationen (LRTAP-Konvention) ist die Verpflichtung Österreichs zur jährlichen Emissionsberichterstattung detailliert geregelt. In den Bestimmungen der Emissionshöchstmengenrichtlinie (NEC-Richtlinie) der Europäischen Union ist für Ammoniak eine jährlich zulässige Höchstmenge von 66.000 Tonnen NH₃ vorgegeben, welche von Österreich seit 2010 nicht überschritten werden darf. Die NEC-Richtlinie wurde 2003 mit dem Emissionshöchstmengengesetz-Luft in nationales Recht umgesetzt. Aktuell werden in der EU neue Höchstmengen für 2020 erarbeitet, wobei zusätzlich zu den vier bisher erfassten Luftschadstoffen (SO₂, NO_x, NMVOC und NH₃) die primären Emissionen von Feinstaub (PM_{2,5}) in die Richtlinie aufgenommen werden.

1.3 Projektziele

Ziele dieses Projekts sind eine möglichst umfassende Darstellung potenzieller Maßnahmen zur Reduktion der Ammoniakemissionen aus Österreichs Landwirtschaft sowie Analysen über die Anwendbarkeit für Österreich.

In Zusammenarbeit mit der HBLFA Raumberg-Gumpenstein (DI Alfred Pöllinger, Ing. Eduard Zentner, Michael Kropsch BMA) wurden Maßnahmenempfehlungen entwickelt und Aussagen zum erreichbaren Reduktionspotenzial getroffen. Dabei lag das Augenmerk insbesondere auf der Anwendbarkeit in der Praxis (Arbeitsaufwand, Praxistauglichkeit), der Akzeptanz der jeweiligen Maßnahme in Österreich, den spezifischen Kosten (Wirtschaftlichkeit) sowie den erzielbaren Reduktionspotenzialen (Effizienz).

⁷ Reduktion des AEI, d.h. des Mittelwerts von fünf PM_{2,5} Messstellen im städtischen Hintergrund, von 2009–2011 auf 2018–2020 um einen bestimmten Prozentsatz abhängig von der Ausgangskonzentration. Für Österreich beträgt das Reduktionserfordernis 15 %.

⁸ AEI von 20 µg/m³ in den Jahren 2013–2015.

2 RELEVANTE EMISSIONSQUELLEN

Gemäß Österreichischer Luftschadstoff-Inventur (OLI) wurden in Österreich im Jahr 2011 etwa 62.000 Tonnen NH_3 emittiert, wovon der überwiegende Teil aus der Landwirtschaft stammt.

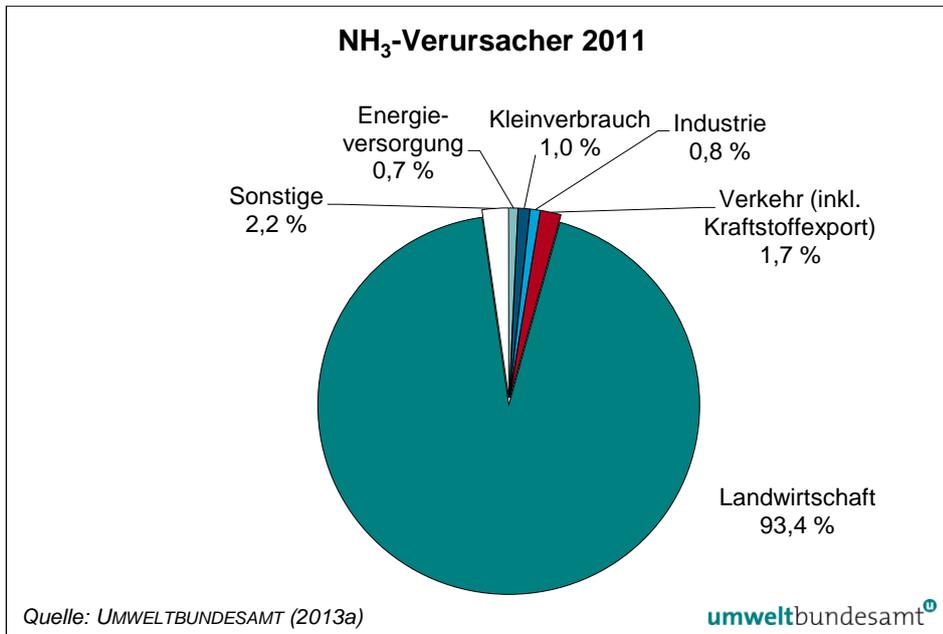
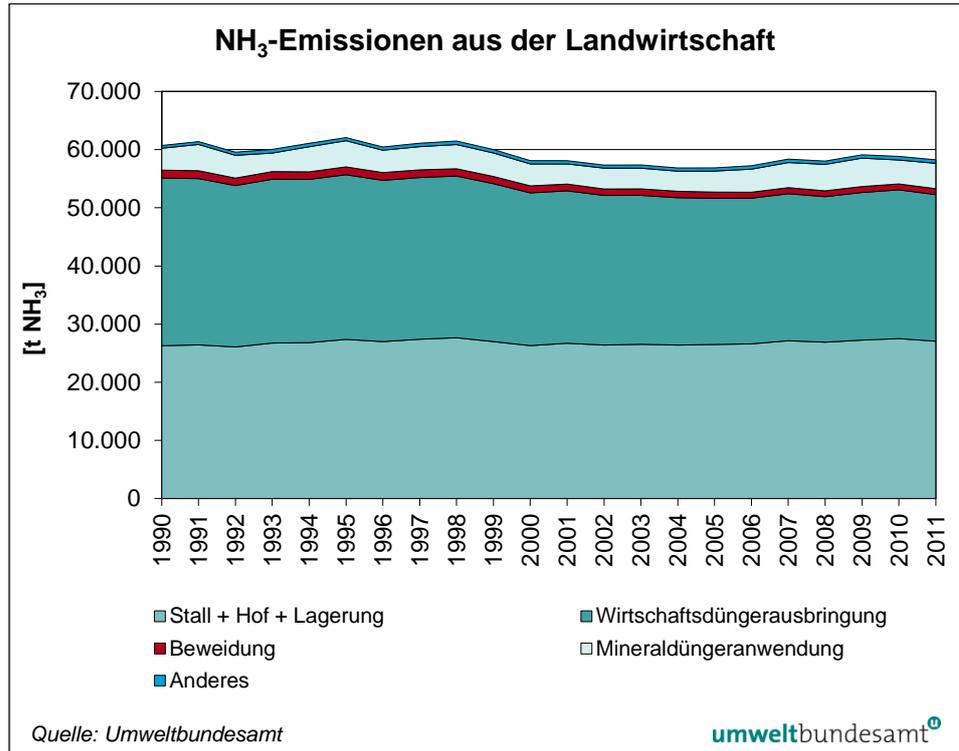


Abbildung 1:
Anteile der Verursachers
sektoren an den NH_3 -
Emissionen in
Österreich, 2011.

Eine detaillierte Beschreibung der österreichischen NH_3 -Emissionen nach Verursachern ist Inhalt der Emissionstrendberichte, welche jährlich vom Umweltbundesamt publiziert werden (UMWELTBUNDESAMT 2013a, b).

Im Sektor Landwirtschaft sind insbesondere die Stallsituation, Wirtschaftsdüngerlagerung und Ausbringung organischer Düngemittel (Gülle, Jauche und Festmist) mit hohen Stickstoffverlusten in Form von Ammoniak verbunden. Hauptquelle ist die Rinderhaltung, welche für 56 % der nationalen Gesamtemissionsmenge verantwortlich ist. Die Haltung von Schweinen und Geflügel trägt mit weiteren 17 % und 9 % zu den Gesamtemissionen bei (UMWELTBUNDESAMT 2013b).

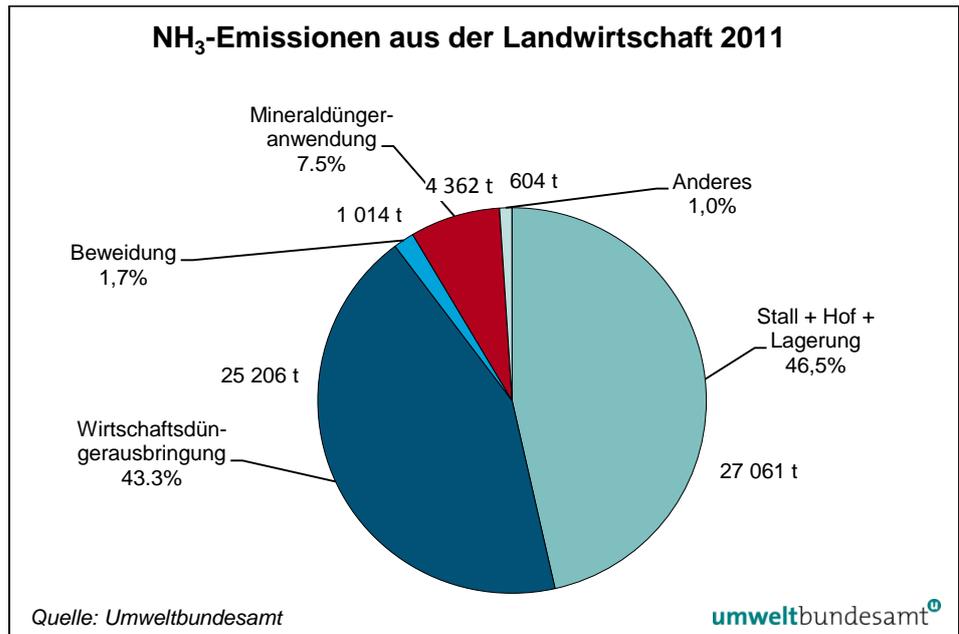
Abbildung 2:
NH₃-Emissionen aus der
Landwirtschaft,
1990–2011.



**NH₃-Trend
1990 bis 2011**

Hauptverantwortlich für die allgemeine Emissionsabnahme im Vergleich zu 1990 ist der reduzierte Viehbestand, insbesondere der Rinder. Die Viehzahlen haben sich in den letzten Jahren aber stabilisiert. Die vermehrte Rinderhaltung in Laufställen, der Trend zu leistungsstärkeren Milchkühen sowie der vermehrte Einsatz von Harnstoff als Stickstoffdünger wirken sich emissionserhöhend aus, so dass seit dem Jahr 2000 insgesamt keine Reduktion mehr zu verzeichnen ist.

Abbildung 3:
Anteil der NH₃-
Emissionen nach
landwirtschaftlichen
Quellen, 2011.



Je nach Ammoniumanteil am Gesamtstickstoffgehalt (bei Rindergülle ca. 50 %⁹ und bei Schweinegülle ca. 60 %), Lagerungs- und Ausbringungsbedingungen gibt es unterschiedlich hohe Stickstoffverluste. Insgesamt geht rund ein Drittel der von den Tieren in der Nutztierhaltung ausgeschiedenen Brutto-Stickstoffmengen als Luftemission, hauptsächlich in Form von Ammoniak, verloren.

Die Daten der OLI für 2011 zeigen, dass innerhalb des Sektors Landwirtschaft der größte Anteil an NH₃-Emissionen mit 43 % der Wirtschaftsdüngerausbringung zuzuordnen ist. Im Stall gehen 33 %, bei der Lagerung 11 %, in Auslauf und Weide jeweils rund 2 % des Ammoniak-Stickstoffs verloren. Der Rest, rund 9 %, stammt überwiegend von der Mineraldüngeranwendung und zu einem geringen Teil aus anderen Quellen in der Landwirtschaft.

NH₃-Emissionsquellen aus der Landwirtschaft

In Abbildung 4 ist der Stickstoffeintrag in die landwirtschaftlichen Böden dargestellt. Alle Stickstoffverluste von Stall und Wirtschaftsdüngerlagerung sind hier bereits abgezogen.

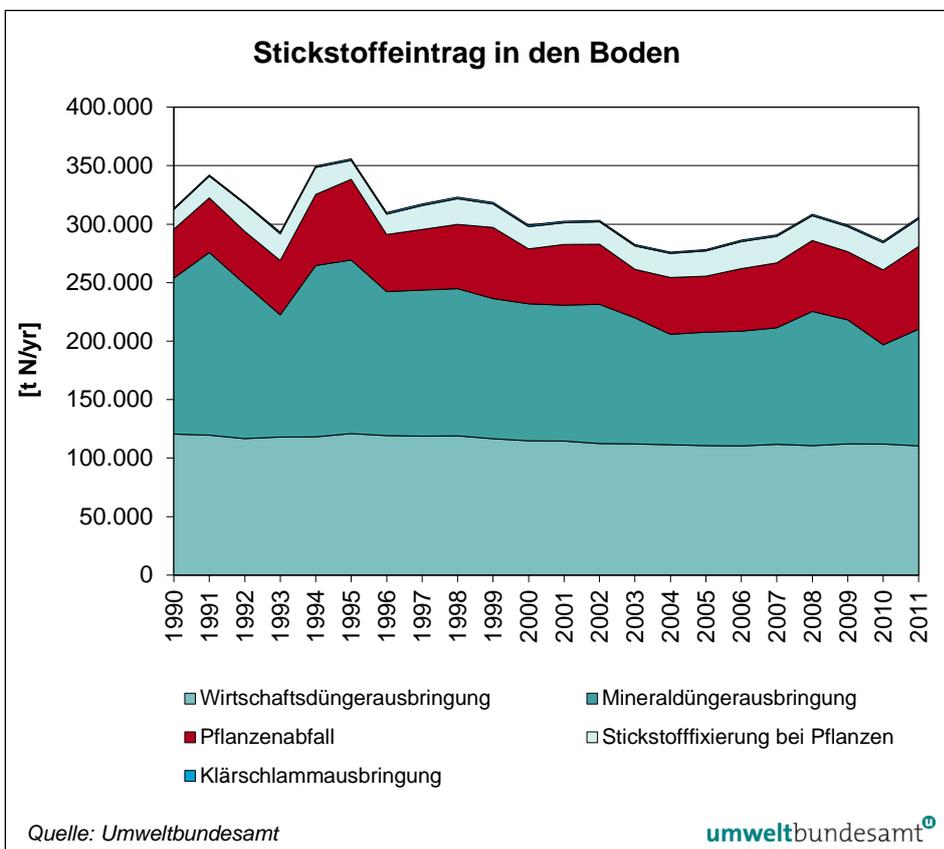


Abbildung 4: Stickstoffeintrag in den Boden (in Tonnen Stickstoff pro Jahr), 1990–2011.

Schwankungen, besonders in der ersten Hälfte der 90er-Jahre ersichtlich, resultieren aus den Verkaufszahlen des N-Mineraldüngers, der stark abhängig von der Preisentwicklung der Dünger und dem Preis der landwirtschaftlichen Produkte ist.

⁹ Der Rest auf 100% liegt als organisch gebundener Stickstoff bzw. in geringem Umfang in Nitratform vor.

2.1 Systeme und Emissionswirkung

Hauptquelle für die Entstehung von Ammoniakemissionen in der Landwirtschaft ist die Tierhaltung, wobei hier die Emissionen vorwiegend in den Stallungen, bei der Lagerung und der Ausbringung des Wirtschaftsdüngers und in einem geringeren Ausmaß während des Weidegangs entstehen.

2.1.1 Tierhaltung

beeinflussende Faktoren

Zahlreiche Faktoren beeinflussen die Entstehung von Emissionen aus der Tierhaltung im engeren Sinn (EEA 2009):

- Art, Menge und N-Gehalt des Futtermittels;
- Stickstoffgehalt in den Exkrementen;
- Aufenthaltsdauer der Tiere innerhalb und außerhalb der Ställe (variiert zwischen den Tierkategorien);
- Entmistungssysteme, z. B. Fest- und Flüssigmist;
- Art der Güllelagerung:
 - innerhalb des Stalles,
 - außerhalb des Stalles: offener oder geschlossener Güllebehälter; offen gelagerter Festmist; Behandlung von Wirtschaftsdünger durch Belüftung, Separation von Feststoffen oder Kompostierung und anaerobe Vergärung;
 - klimatische Bedingungen im Stall (z. B. Temperatur und Luftfeuchte, Jahresabschnitte) sowie das
 - Belüftungssystem.

Die Stickstoffausscheidung variiert zwischen den einzelnen Tierarten, aber auch innerhalb derselben Tierart, da je nach Alter und Zweck der Haltung (z. B. Milchkuh und Schlachtrind) eine unterschiedliche Fütterung erfolgt.

Emissionsarme Ställe zeichnen sich einerseits durch die schnelle Ableitung der Tierexkremente in einen abgedeckten Güllebehälter aus und andererseits durch eine konsequente Reinigung der Ställe.

In der **Rinderhaltung** kann zwischen Laufstall und Anbindestall unterschieden werden.

Anbindestall

Beim Anbindestall sind die Tiere in ihrer Bewegungsfreiheit und ihrem natürlichen Verhalten stark eingeschränkt. Mit diesem Haltungsverfahren gehen zwar die geringsten Emissionen einher (LFU 2011), es ist aber aus Gründen der Ethik und der Tierschutz-Gesetzgebung abzulehnen und aktuell nur noch für Kleinstbetriebe relevant (Ausnahmeregelungen).

Laufstallsysteme

Im Laufstall sind die Funktionsbereiche Liegen, Fressen und Melken getrennt und eher an die Bedürfnisse der Tiere angepasst. Aufgrund größerer, verschmutzter Flächen nehmen jedoch die Emissionen zu und sind in Laufställen mit Festmistsystemen deutlich höher als bei anderen Systemen. Beim Tretmist-system wird z. B. der Mist durch die Bewegung der Tiere von der geneigten Liegefläche auf die Gänge gefördert und dort mechanisch entfernt (LFU 2011).

Der Anteil an in Laufställen gehaltenen Milchkühen hat einen maßgeblichen Einfluss auf den Umfang der NH₃-Emissionen.

In der **Mastschweinehaltung** entstehen geringe Ammoniakemissionen aus Vollspaltenböden, da Kot und Harn durch die Spalten fallen und die verschmutzte Fläche gering ist.

Vollspaltenböden

Im Tiefstreu- oder Kompoststall werden die Bedürfnisse der Tiere besser erfüllt, denn sie können hier ihren natürlichen Verhaltensmustern besser folgen. Dies kann jedoch zu höheren Emissionen führen, wenn es dadurch zu einer längeren Verweildauer von Gülle und Mist im Stall kommt (LFU 2011).

Tiefstreu- oder Kompoststall

Einen Kompromiss zwischen Tierwohl-Überlegungen und geringer Emissionsintensität wie auch hinsichtlich des Arbeitsaufwandes stellt der Schrägbodenstall dar. Die Emissionsraten sind niedriger im Vergleich zum Vollspaltenboden (AMON et al. 2005).

Schrägbodenstall

Bei der **Legehennenhaltung** ist die Käfighaltung das NH₃-emissionsärmste Verfahren, da auf engem Raum anfallender Kot durch Kotbänder aus dem Stall transportiert wird. Die direkten Staubemissionen sind durch fehlende Einstreu ebenfalls gering. Die bisherige Käfighaltung wird jedoch allgemein als nicht artgerechte Haltungsform eingestuft und ist seit 1. Jänner 2012 in der Europäischen Union verboten. Seit dem 1. Jänner 2013 müssen gemäß der Richtlinie 1999/74/EG alle Legehennen in „ausgestalteten Käfigen“ mit Nestflächen, Platz zum Scharren und Sitzstangen oder in Alternativsystemen gehalten werden. So dürfen z. B. nur Käfige verwendet werden, die jeder Henne mindestens 750 cm² Käfigfläche, ein Legenest, Einstreu, Sitzstangen und Vorrichtungen zum Kürzen der Krallen bieten.

Käfighaltung

Bei der Bodenhaltung entstehen höhere Emissionen, insbesondere wenn der Kot während der gesamten Haltungsperiode im Stall bleibt. Als eine Weiterentwicklung sind die Volieren anzusehen, bei denen Futtertransport, Tränken, Sitzstangen und Legenester sich innerhalb eines Volierengestells befinden. Etwa 80 % des Kots kann durch Kotbänder entfernt werden. Die restlichen 20 % verbleiben in der Einstreu am Boden und werden evtl. erst nach dem Ausstallen der Tiere entfernt (LFU 2011).

Bodenhaltung und Volieren

2.1.2 Wirtschaftsdüngerlagerung

Durch die Abdeckung von Güllebehältern wird der Luftaustausch über die emittierende Oberfläche der Gülle minimiert. Dazu gibt es verschiedene Möglichkeiten: Einerseits entsteht in der Regel bei der Rinderhaltung eine natürliche Schwimmdecke, andererseits sind technische Möglichkeiten vorhanden, um eine Abdeckung der Gülle ohne oder ohne ausreichende natürliche Schwimmdecke zu erreichen. Diese variieren von künstlichen Schwimmdecken durch Granulate, Schwimmfolie und Schwimmkörper bis hin zu beständigen Abdeckungen mit Zelt, Kunststoffdach oder Betondecken (HBLFA RAUMBERG-GUMPENSTEIN 2011a).

Abdeckung der Güllebehälter

Festmist wird i.d.R. offen gelagert („Mistmieten“), was insbesondere bei feuchten Witterungsverhältnissen bei Mistarten mit hohem Stickstoffgehalt (z. B. Legehennenmist) mit sehr hohen Ammoniakemissionen verbunden sein kann. Emissionsreduzierend wirkt eine dreiseitige Umrandung und/oder eine Abdeckung mit Kompostvlies. Dadurch wird der Luftaustausch an der Oberfläche gebremst bzw. die emissionsaktive Oberfläche reduziert.

Lagerung von Festmist

Kompostierung Bei Kompostierung kann der Stallmist in seinem Düngewert verbessert werden, durch biologische Umwandlung und Humifizierung wird vor allem eine Minderung von Geruch und N-Verlusten in der Ausbringung erreicht (geringere Ausbringungsverluste bei vollständig umgesetztem Kompost¹⁰) und die Flexibilität bei der Ausbringung wird deutlich erhöht. Allerdings kann es während der Kompostierung im Vergleich zur Mietenlagerung von Stallmist zu höheren N-Verlusten kommen (PÖLLINGER et al., 2004).

2.1.3 Wirtschaftsdüngerausbringung

beeinflussende Faktoren Während und nach der Ausbringung der Gülle auf das Feld werden die Ammoniakemissionen durch folgende Faktoren beeinflusst (EEA 2009):

- Eigenschaften des Düngers (Flüssigkeitsgrad, TAN-Gehalt¹¹, C-Gehalt und pH-Wert),
- Bodenbeschaffenheit (pH-Wert, Kationenaustauschkapazität, Kalziumgehalt, Wassergehalt, Pufferkapazität, Porenanteil),
- Witterungsbedingungen wie Niederschlag, Temperatur, Sonneneinstrahlung, Bodenfeuchtigkeit und Windgeschwindigkeit,
- Maschinenausstattung, Fest- und Flüssigmistanteil,
- Höhe und Dichte des Pflanzenbestandes am Feld.

Bei der Düngerausbringung ist zu beachten, dass große Kontaktflächen zwischen Gülle und Umgebungsluft sowie eine lange Verweilzeit der Gülle auf dem Boden hohe Ammoniakemissionen mit sich bringen. In Österreich ist auf unbestelltem Ackerland die Einarbeitung der Gülle verpflichtend. Die Ammoniakemissionen nach der Ausbringung ergeben sich hauptsächlich im Grünland oder bei der Ausbringung auf dem Ackerland bei verzögerter Einarbeitung (> 5 Stunden) und in stehenden Feldkulturen (HBLFA RAUMBERG-GUMPENSTEIN 2011b).

bodennahe Ausbringungssysteme

Bodennahe Ausbringungssysteme gewährleisten eine NH₃-verlustarme Ausbringung und haben zudem folgende Vorteile (ARBEITSGRUPPE LANDWIRTSCHAFT/UMWELTSCHUTZ DER KOMMISSION UMWELT 2008):

- Reduzierte Geruchsbelastungen,
- verbesserte Düngerwirkung,
- sehr gute Verteilgenauigkeit,
- Verminderung der Gefahr von Abschwemmungen,
- Erhöhung der Flexibilität im Grünland bei der Wahl des Ausbringzeitpunktes.

Nachteile der bodennahen Ausbringung sind:

- Hohe Anschaffungskosten der Geräte, eventuell erleichtert durch eine überbetriebliche Nutzung.
- Die Ausbringungskosten steigen im Vergleich zum Breitverteiler um 0,5–1,5 €/m³ Gülle¹².

¹⁰ Die Kompostierung erfordert mehrere Umsetzungen und eine Nachrotte des Materials. Nicht vollständig gerottete bzw. unreife Komposte enthalten viele organische Säuren und verursachen hohe Luftemissionen.

¹¹ TAN-Gehalt.....Total Ammonical Nitrogen (Ammonium-Stickstoffgehalt)

- Gefahr der Futtermittelverschmutzung bei Schleppschlauch – Gülleverdünnung notwendig,
- geringe Hangtauglichkeit sowie Einschränkungen bei ungünstiger Flächenform (-struktur) und -größe.

Nicht nur die Technik der Düngerausbringung spielt hinsichtlich der Emissionsentwicklung eine Rolle, sondern auch der Zeitpunkt der Ausbringung. Je höher die Temperatur, die Sonneneinstrahlung und die Windverfrachtung sind, umso größer sind die Ammoniakemissionen in die Luft. Es wird daher empfohlen, die Ausbringung ab den späten Nachmittagsstunden oder/und bei möglichst windstiller, kühl-feuchter Witterung bzw. bedecktem Himmel vorzunehmen. Des Weiteren trägt die Verdünnung der Gülle mit Wasser vor der Ausbringung zur Emissionsminderung bei, da diese dann leichter in den Boden eindringt als feststoffreiche Gülle (ARBEITSGRUPPE LANDWIRTSCHAFT/UMWELTSCHUTZ DER KOMMISSION UMWELT 2008).

Zeitpunkt der Ausbringung

2.1.4 Weidegang

Bis zu 14 % der Rinderexkreme werden – je nach Rinderkategorie – in Österreich gemäß OLI für 2011 auf der Weide ausgeschieden.

Die Emissionen, die während des Weideganges entstehen, sind relativ gering, da der leicht umsetzbare Stickstoff (TAN – Total Ammoniacal Nitrogen) im Urin direkt auf die Weide aufgebracht und sehr schnell vom Boden absorbiert wird (EEA 2009).

Durch eine Verlängerung der Weidedauer können also Ammoniakemissionen reduziert werden, da weniger Stickstoff gelagert wird und dadurch weniger NH_3 während der Lagerung und Ausbringung des Düngers emittiert.

Verlängerung der Weidedauer

2.1.5 Mineraldüngeranwendung

Der Anteil des freigesetzten Ammoniak aus mineralischen Stickstoffdüngern ist von der Art des Düngers, vom Bodentyp (vor allem vom pH-Wert), von den Wetterbedingungen und vom Zeitpunkt der Ausbringung im Wachstumszyklus abhängig.

beeinflussende Faktoren

Mit einem Stickstoffgehalt von 46 % besitzt der mineralische Harnstoffdünger die höchste Nährstoffkonzentration unter den im Handel verfügbaren festen Stickstoffdüngemitteln. Im Zuge von Adsorptions- und Umwandlungsprozessen im Boden kann es bei Harnstoff jedoch zu teilweise deutlichen Stickstoffverlusten durch Ausgasung von NH_3 kommen. Teilweise wird dieser Verlust durch Wirksamkeitszuschläge bei der Bemessung berücksichtigt.

Im Vergleich zu den mineralischen Harnstoffdüngern sind die Emissionen von Ammoniumnitrat-Düngern viel geringer und überschreiten 4 % des verwendeten Stickstoffs nicht. Weniger Studien gibt es zu Mineraldüngern wie Ammoniumsulfat und Di-Ammoniumphosphat (EEA 2009).

Die Ammoniakemissionen aus im Feld eingearbeiteten Ernte- und Pflanzenresten werden allgemein als gering eingeschätzt.

¹² HBLFA RAUMBERG-GUMPENSTEIN (2011b): Evaluierungsbericht Bodennahe Ausbringung von Gülle und Biogasgülle

2.2 Durchdringungsraten in Österreich

Entwicklung der Rinderhaltung

Im Bereich der Rinderhaltung gibt es in Österreich die Tendenz einer zunehmenden Laufstallhaltung, einen anhaltenden Trend zur Güllewirtschaft sowie eine Steigerung der Einzeltierleistungen (Milch), womit höhere Stickstoffausscheidungen pro Tier verbunden sind. Diese bringen trotz stagnierender Tierzahlen im Bereich der Rinderhaltung höhere Emissionsraten mit sich (HBLFA RAUMBERG-GUMPENSTEIN 2011b).

Das Forschungsprojekt „Tierhaltung und Wirtschaftsdüngermanagement in Österreich“ (TIHALO), durchgeführt von der Universität für Bodenkultur (AMON et al. 2007), hatte den Zweck, die Österreichische Luftschadstoff-Inventur Österreichs zu verbessern, indem Daten zu Haltungssystemen und zum Wirtschaftsdüngermanagement ermittelt und ausgewertet wurden. Diese Daten wurden mittels einer Umfrage erhoben (Erhebungsjahr 2005) und die Ergebnisse liefern einen guten Überblick über die relevanten Systeme in Österreich.

2.2.1 Haltungssysteme

Die aktuellste Datengrundlage zur Verbreitung der Tierhaltungssysteme basiert auf einer Umfrage unter Tierhaltungsbetrieben, die bereits 2005 durchgeführt wurde (TIHALO, AMON et al. 2007). Aktuellere Zahlen sind derzeit nicht verfügbar.

Tabelle 1:
Anteil der Rinderkategorien nach Laufstall und Anbindestall im Jahr 2005 (AMON et al. 2007).

Tierkategorie	Laufstall (in %)	Anbindestall (in %)
Milchkühe	31,9	68,1
Mutterkühe	43,5	56,5
Jungvieh 1–2 Jahre (Stiere und Ochsen)	65,1	34,9
Jungvieh 1–2 Jahre Kalbinnen Mast	45,6	54,4
Jungvieh 1–2 Jahre Kalbinnen Zucht	43,6	56,4
Jungrinder Zucht	56,7	43,3
Jungrinder Mast	71,9	28,1
Schlachtkälber	56,4	43,6
Rinder > 2 Jahre Stiere und Ochsen	37,8	62,2
Rinder > 2 Jahre Kalbinnen	38,7	61,3

Nach KONRAD (1995) wurden im Jahr 1992 in Österreich noch 98 % der Kühe in Anbindeställen gehalten.

In Tabelle 1 ist die Tendenz einer zunehmenden Laufstallhaltung ersichtlich. TIHALO ermittelte hinsichtlich der Stallsysteme Boxenlaufställe mit Gülleentmischung, Boxenlaufställe mit Jauche/Mist-Systemen, Tieflaufställe und Tretmistställe, die für die Auswertung in eine Kategorie zusammengefasst wurden. Die Kategorie Anbindestall beinhaltet Anbindeställe mit Jauche/Mist-Systemen oder Gülle-Systemen.

Die Verteilung der Rinder- und Schweinekategorien auf Flüssig- und Festmist in Österreich ist in Tabelle 2 dargestellt. Es ist gut ersichtlich, dass in Österreich bei allen Rinderkategorien die Festmistsysteme überwiegen. Im Gegensatz dazu dominieren bei fast allen Schweinekategorien (bis auf Zuchteber) Flüssigmistsysteme.

Tierkategorie	Festmist (in %)	Flüssigmist (in %)
Milchkühe	60,4	39,6
Mutterkühe	75,6	24,4
Jungvieh 1–2 Jahre (Stiere und Ochsen)	48,3	51,7
Jungvieh 1–2 Jahre Kalbinnen Mast	66,7	33,3
Jungvieh 1–2 Jahre Kalbinnen Zucht	63,2	36,8
Jungrinder Zucht	84,7	15,3
Jungrinder Mast	73,6	26,4
Schlachtkälber	86,0	14,0
Rinder > 2 Jahre Stiere und Ochsen	70,6	29,4
Rinder > 2 Jahre Kalbinnen	62,2	37,8
Jungschweine 20 bis 50 kg	13,0	87,0
Mastschweine > 50 kg	10,2	89,8
Leere und tragende Sauen	36,9	63,1
Sauen säugend	44,4	55,6
Ferkel bis 20 kg	34,5	65,5
Zuchteber	74,5	25,5

Tabelle 2:
Anteil der Rinder- und Schweinehaltung auf Fest- oder Flüssigmist im Jahr 2005 (AMON et al. 2007).

2.2.2 Wirtschaftsdüngerlagerung

Hinsichtlich der Güllelagerung ergab die Befragung im Rahmen der TIHALO-Studie, dass im Jahr 2005 etwa 87 % des Güllevolumens über eine feste Abdeckung verfügten. 2 % wiesen eine Schwimmschicht auf und 11 % der Gülle wurden ohne Abdeckung gelagert.

An dieser Stelle muss jedoch angemerkt werden, dass die Bestimmungen der Nitratrichtlinie zu einem Neubau vieler großer Güllebehälter führten, die i.d.R. über keine Abdeckung verfügen. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass derzeit ein deutlich geringerer Anteil am Gesamtwirtschaftsdüngeraufkommen abgedeckt gelagert wird als in der TIHALO-Studie für 2005 erhoben wurde.

Güllelagerung

2.2.3 Wirtschaftsdüngerausbringung

Die Ausbringung der Gülle erfolgt in Österreich hauptsächlich mittels Güllefass und Breitverteiler. Es wurden auch die Kategorien Schleppschuh und Gülleinjektor abgefragt, jedoch aufgrund zu geringer Nennungen konnten diese Kategorien nicht in die Hochrechnung miteinbezogen werden. Des Weiteren wurden Angaben zur Berücksichtigung der Witterung und des Bodenzustandes beim Ausbringen der Gülle abgefragt, wie in Tabelle 3 dargestellt.

Ausbringungssysteme

*Tabelle 3:
Angaben zur Berücksichtigung der Witterung und des Bodenzustandes beim Ausbringen der Gülle im Jahr 2005 (AMON et al. 2007).*

Gülleausbringung	oft	manchmal	selten	nie
	(in %)			
Ausbringung bei heißem Wetter	0,8	12,9	52,2	34,1
Berücksichtigung des Bodenzustandes	90	6,9	1,7	1,5
Gülleausbringen vor leichtem Regen	45,7	41,7	10,2	2,5

45,7 % der an der Umfrage teilnehmenden Landwirtinnen und Landwirte bringen die Gülle oft vor leichtem Regen aus und 34,1 % nie bei heißem Wetter. 90 % berücksichtigen den Bodenzustand bei der Gülleausbringung.

2.2.4 Weidegang

In Tabelle 4 sind die Ergebnisse der TIHALO-Studie hinsichtlich Beweidung dargestellt. Wie zu entnehmen ist, weisen die Mutterkühe mit 78,1 % den mit Abstand höchsten Anteil an geweideten Tieren auf.

*Tabelle 4:
Anteil der Rinder, denen ein Auslauf zur Verfügung steht sowie der Anteil der geweideten Rinder im Jahr 2005 (AMON et al. 2007).*

Tierkategorie	Auslauf vorhanden (in %)	geweidet (in %)
Milchkühe	53,1	59,6
Mutterkühe	70,9	78,1
Jungvieh 1–2 Jahre (Stiere und Ochsen)	11,4	16,4
Jungvieh 1–2 Jahre Kalbinnen Mast	25,3	33,4
Jungvieh 1–2 Jahre Kalbinnen Zucht	50,9	69,9
Jungrinder Zucht	43,0	55,9
Jungrinder Mast	24,9	24,4
Schlachtkälber	41,0	34,4
Rinder > 2 Jahre Stiere und Ochsen	40,0	56,3
Rinder > 2 Jahre Kalbinnen	50,9	67,6

Bei den durchschnittlichen Weidezeiten fallen alle Tierkategorien in den Bereich von 5–12 Stunden pro Tag und bezüglich des Weidezeitraumes pro Jahr wurden Nennungen in den Bereichen 121–150 Tage und 151–230 Tage abgegeben (AMON et al. 2007).

2.2.5 Mineraldüngeranwendung

Im Rahmen des “FAO Questionnaire on Agricultural Resources” sammelt die Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) jährlich Datenmaterial zu Mineraldüngern (Produktionsdaten, Verfügbarkeit, Preise etc.). Dazu werden die notwendigen Angaben von den Marktteilnehmern abgefragt und von Statistik Austria an die FAO berichtet. Daneben gibt es eine auf freiwilliger Basis erhobene Verkaufsstatistik von Reinnährstoffmengen, durchgeführt von der AMA (Agrarmarkt Austria). Diese wird jährlich im Grünen Bericht veröffentlicht und an Eurostat sowie die Europäischen Kommission (DG Agriculture) berichtet.

Mineraldünger in Österreich

Das häufigste Produkt an stickstoffhaltigen Mineraldüngern ist in Österreich Kalziumammoniumnitratdünger (Reinstickstoffanteil 27 %), gefolgt von Harnstoffdünger (Reinstickstoffanteil 46 %), Ammoniumsulfatdünger (Reinstickstoffanteil 23 %) sowie Harnstoff- und Ammoniumnitratlösungen (Reinstickstoffanteil 28 %).

N-haltige Dünger

Bei den Mischdüngern, den NP-Düngern, findet in Österreich vor allem Di-Ammoniumphosphatdünger (Reinstickstoffanteil 18 %) Anwendung.

N- und P-haltige Dünger

Gemessen an der verwendeten Menge an Reinstickstoff wurde im Jahr 2011 in Österreich überwiegend Kalziumammoniumnitrat eingesetzt, gefolgt von NPK-Düngern und Harnstoffdüngern.

Emissionsfaktoren

Harnstoff geht derzeit in die NH₃-Emissionsberechnung der OLI mit einem 7,5-fach höheren Emissionsfaktor (0,15) als alle übrigen N-Dünger (0,02) ein.

Harnstoff

Obwohl der Anteil von Harnstoff an der Gesamtmenge an N-Düngern in Österreich derzeit nur bei etwa 5–15 % liegt, beträgt in der OLI dessen Emissionsanteil bis zu 50 % der NH₃-Emissionen aus Mineraldüngeranwendung.

Gemäß der neuen Berechnungsmethode, basierend auf dem EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook 2013, ist der Emissionsfaktor für Harnstoff 8-fach höher (0,24) als der für alle übrigen N-Dünger (0,03) (EEA 2013). Die Revision des nationalen Inventurmodells für Landwirtschaft wird derzeit am Umweltbundesamt umgesetzt.

Der Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz am BMLFUW hat im April 2009 Anwendungshinweise zum Einsatz von Harnstoff als Stickstoffdünger publiziert. Darin werden einerseits die Risikofaktoren ausführlich beschrieben und andererseits auch entsprechende Gegenstrategien erläutert (EUROPÄISCHE KOMMISSION 1999).

3 REGELUNGEN & MASSNAHMEN

In diesem Kapitel werden zuerst die für den Sektor Landwirtschaft auf internationaler und nationaler Ebene bereits festgelegten Maßnahmen angeführt. Danach folgt eine umfassende Darstellung der dokumentierten Maßnahmen zur Reduktion von Ammoniakemissionen in der Landwirtschaft.

3.1 Internationale Regelungen

Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC): BVT-Merkblatt „Beste verfügbare Techniken der Intensivhaltung von Geflügel und Schweinen“

Dieses Dokument präsentiert die Ergebnisse eines Informationsaustausches gemäß Artikel 16, Absatz 2 der Richtlinie 96/61/EG zwischen den EU-Mitgliedstaaten und der Industrie, die sich im Bereich der Hühner- und Schweinezucht mit dem Stand der Technik auseinandergesetzt haben. Als IPPC Nachfolge-Richtlinie ist die Industrieemissionsrichtlinie (IE-RL) 2010 in Kraft getreten, die die BVT-Dokumente weiterführt (IED 2010/75 EU).

Inhalt des Merkblattes

Es beinhaltet allgemeine Informationen über Hühner- und Schweinezucht, angewandte Produktionssysteme und Techniken, den Emissionslevel intensiver Hühner- und Schweinefarmen sowie über die besten verfügbaren Techniken.

verwendete Indikatoren

Typischerweise wird als ein messbarer Indikator, um die Effektivität einer Technik zu bewerten, der Ammoniaklevel verwendet. Zusätzlich werden noch weitere potenzielle Umwelteinflüsse herangezogen sowie der Leistungsgrad unter bestimmten Konditionen geprüft, wie etwa Kosten oder Medien-übergreifende Effekte.

Best-verfügbare Techniken werden für folgende Bereiche angeführt:

- Fütterung
- Aufstallung
- Wirtschaftsdüngerlagerung
- Gülleaufbereitung
- Gülleausbringung
- Wasserverbrauch
- Energieverbrauch

Industrieemissions-RL 2010

Die IPPC-Richtlinie wurde in einem Recast-Verfahren zwischen 2008 und 2010 überarbeitet und in der Industrieemissionsrichtlinie gemeinsam mit 6 anderen Richtlinien neu gefasst. Am 17. Dezember 2010 wurde die Industrieemissionsrichtlinie (2010/75/EU) veröffentlicht, trat mit 6. Jänner 2011 in Kraft und war innerhalb von zwei Jahren in nationales Recht umzusetzen.

Im Unterschied zur IPPC-Richtlinie werden nun die in der TWG („Technical Working Group“) erarbeiteten BAT-Schlussfolgerungen in einem 2-stufigen Annahmeverfahren (Art. 13 Forum und Art. 75 Komitee) angenommen und sind somit verbindlich. Sie dienen als Referenz für die Festlegung von Genehmigungsaufgaben. Die zuständige Behörde hat Emissionsgrenzwerte festzulegen, die die mit den besten verfügbaren Techniken assoziierten Emissionswerte unter normalen Betriebsbedingungen nicht überschreiten.

Derzeit wird das BVT-Merkblatt zur Intensivtierhaltung in einer von der Kommission eingerichteten Technical Working Group überarbeitet, die Fertigstellung ist für 2014 vorgesehen.

Nach Annahme der BAT-Schlussfolgerungen und Veröffentlichung im Amtsblatt der Europäischen Kommission stellt die zuständige Behörde sicher, dass alle Genehmigungsaufgaben überprüft und erforderlichenfalls auf den neuesten Stand gebracht werden und dass die Anlage diese Auflagen einhält. Dabei wird allen neuen bzw. aktualisierten BAT-Schlussfolgerungen Rechnung getragen.

Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über die Verringerung der nationalen Emissionen bestimmter Luftschadstoffe und zur Änderung der Richtlinie 2003/35/EG

In der NEC-Richtlinie 2001/81/EG sind für die einzelnen Mitgliedstaaten der Europäischen Union verbindliche nationale Emissionshöchstmengen (National Emission Ceilings, NEC) für Schwefeldioxid (SO₂), Stickstoffoxide (NO_x), flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (NMVOC) und Ammoniak (NH₃) ab dem Jahr 2010 festgelegt. Die NEC-Richtlinie wurde im Emissionshöchstmengengesetz-Luft (E-GL; BGBl. I Nr. 34/2003) national umgesetzt.

nationale Emissionshöchstmengen

Der aktuelle Richtlinienentwurf der Europäischen Kommission zur Aktualisierung der NEC-Richtlinie sieht neben neuen Höchstmengen ab 2020 auch eine Erweiterung um die Luftschadstoffe Feinstaub (PM_{2,5}) und Methan (CH₄) vor.

Zur Erreichung der vorgeschriebenen Reduktionserfordernisse sollen die Mitgliedstaaten ein nationales Luftreinhalteprogramm (air pollution control programme) beschließen. Letztlich soll damit auch die erfolgreiche Umsetzung der Luftreinhaltepläne der Bundesländer unterstützt werden.

nationales Luftreinhalteprogramm

Anhang III des vorliegenden NEC-Richtlinienentwurfs bezieht sich auf den Inhalt des zu erstellenden Programms. Demnach sollen die Mitgliedstaaten bei der Implementierung der Minderungsmaßnahmen nach dem *UNECE Guidance Document for Preventing and Abating Ammonia Emissions* (Ammonia Guidance Document¹³, siehe Kapitel 3.3) vorgehen sowie auch die besten verfügbaren Techniken (BAT), dargelegt in der Richtlinie 2010/75/EU über Industrieemissionen (siehe Kapitel 3.1), anwenden.

In Bezug auf die Minderung der Ammoniakemissionen sind in Anhang III folgende Maßnahmen angeführt:

Maßnahmen zur NH₃-Reduktion

1. Einrichtung eines nationalen Beratungs-Kodex für gute landwirtschaftliche Praxis zur Reduktion von Ammoniakemissionen, basierend auf dem *2001 UNECE Framework Code for Good Agricultural Practice for Reducing Ammonia Emissions*¹⁴.
2. Einrichtung einer nationalen Stickstoffbilanz für das Monitoring von N-Verlusten, basierend auf dem *UNECE Guidance Document on Nitrogen Budgets*¹⁵.

¹³ Decision 2012/11, ECE/EB/AIR/113/Add. 1

¹⁴ Decision ECE/EB.AIR/75, paragraph 28a

¹⁵ Decision 2012/10, ECE/EB.AIR/113/Add.1

3. Anwendung folgender Minderungsansätze im Bereich der Mineraldüngeranwendung:
 - Verbot von Ammoniumkarbonat-Dünger,
 - weitgehender Ersatz von Harnstoffdünger durch Ammoniumnitrat-Dünger,
 - bei weiterer Verwendung von Harnstoffdünger Implementierung spezifischer Maßnahmen, mit denen eine Emissionsreduktion um 30 % erreicht werden kann.
4. Anwendung folgender Minderungsansätze im Bereich Wirtschaftsdünger (ab 1. Jänner 2022):
 - Reduktion der Emissionen aus Wirtschaftsdüngeranwendung auf Acker- und Grünland unter Anwendung von Methoden, die eine Emissionsreduktion von mindestens 30 % im Vergleich zur Referenzmethode (lt. *Ammonia Guidance Document*) bewirken – unter Beachtung folgender Bedingungen:
 - Eine auf den Stickstoffbedarf der Pflanzen ausgerichtete Anwendung bei Beachtung von Bodentyp und Nährstoffgehalt anderer eingesetzter Düngemittel,
 - Verbot von Wirtschaftsdüngerausbringung auf wassergesättigten, überfluteten, gefrorenen oder schneebedeckten Böden,
 - Grünlanddüngung mittels Schleppschlauch-, Schleppschuh- oder Injektionsmethode,
 - Einarbeitung des auf Ackerland ausgebrachten Wirtschaftsdüngers innerhalb von 4 Stunden.
 - Reduktion der Emissionen aus Wirtschaftsdüngerlagerung außerhalb des Stalles durch:
 - Bau von emissionsarmen Lagern für Flüssigmist (Reduktion um mindestens 60 % NH_3 im Vergleich zum Referenzsystem bei Neubau ab 01.01.2022 und um mindestens 40 % NH_3 bei bestehenden Lagern),
 - verbindliche Abdeckung von Festmistlagern,
 - Sicherstellung von ausreichender Lagerkapazität für Wirtschaftsdünger.
 - Reduktion der Emissionen aus den Stallungen um mindestens 20 % im Vergleich zum Referenzsystem durch Verwendung emissionsarmer Systeme.
 - Reduktion der Emissionen vom Wirtschaftsdünger durch Anwendung proteinreduzierter Fütterungsstrategien.

3.2 Nationale Regelungen

- Aktionsprogramm Nitrat 2012

Die Umsetzung der Nitratrichtlinie (RL 91/676/EG) des Rates erfolgte mit Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über das Aktionsprogramm 2012 zum Schutz vor Verunreinigung der Gewässer durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen. Das Aktionsprogramm Nitrat 2008 wurde damit novelliert.

Ziel dieses Programms ist es, die durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen verursachte oder ausgelöste Gewässerverunreinigung zu verringern und weiterer Gewässerverunreinigung dieser Art vorzubeugen. Folgende Punkte werden im Aktionsprogramm verbindlich geregelt:

- Zeiträume, in denen stickstoffhaltige Düngemittel nicht auf landwirtschaftlichen Nutzflächen ausgebracht werden dürfen,
 - Ausbringen von stickstoffhaltigen Düngemitteln auf stark geneigten landwirtschaftlichen Nutzflächen,
 - Ausbringen von stickstoffhaltigen Düngemitteln auf wassergesättigten, überschwemmten, gefrorenen oder schneebedeckten Böden,
 - Bedingungen für das Ausbringen von stickstoffhaltigen Düngemitteln auf landwirtschaftlichen Nutzflächen in der Nähe von Wasserläufen,
 - Fassungsvermögen von Wirtschaftsdüngerbehältern,
 - Verfahren für das Ausbringen von stickstoffhaltigen Düngemitteln auf landwirtschaftlichen Nutzflächen,
 - Begrenzung für das Ausbringen von stickstoffhaltigen Düngemitteln auf landwirtschaftlichen Nutzflächen.
- Richtlinien für die sachgerechte Düngung
- Aufbauend auf den Ergebnissen von Versuchen und weiteren wissenschaftlichen Arbeiten hat der Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz die Richtlinien für die sachgerechte Düngung zusammengestellt, die als Leitfaden zur Optimierung einer pflanzengerechten, umweltschonenden und wirtschaftlichen Düngung dienen. Das Dokument stellt grundsätzlich eine fachliche Empfehlung dar, wird aber in Zusammenhang mit einigen ÖPUL-Maßnahmen bzw. als Inhalt des Aktionsprogramms Nitrat 2012 als verbindlich erklärt.

Verringerung des Nitrataustrags in Gewässer

3.3 Dokumentierte Maßnahmen

Die Recherche zur Erfassung von Maßnahmen zur Reduktion von Ammoniak basiert auf dem *Guidance Document for preventing and abating ammonia emissions from agricultural sources* (UNECE 2014). Dieses Dokument wurde vom *Executive Body to the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution* verabschiedet. Der Zweck dieses Dokumentes ist es, den Vertragsparteien eine Anleitung zur Verfügung zu stellen, um Minderungsmaßnahmen von Ammoniakemissionen zu identifizieren, wie es in ANNEX IX des Göteborg Protokoll berichtet ist (UNECE 2012).

Im *Guidance Document* werden die Maßnahmen in drei Kategorien eingeteilt. Maßnahmen der Kategorie 1 sind gut erforscht, praktisch anwendbar und es sind quantitative Daten zum Minderungspotenzial verfügbar. Kategorie 2-Maßnahmen sind weitgehend entwickelt und anwendungsfähig, jedoch fehlen noch letzte Forschungsbefunde bzw. ist das NH₃-Minderungspotenzial noch zu quantifizieren. Die Maßnahmen der Kategorie 3 sind noch im Entwicklungsstadium.

Maßnahmen-Kategorien

Für die Analyse der Maßnahmen werden hier in weiterer Folge somit vorwiegend Kategorie 1- und 2-Maßnahmen herangezogen. Die Maßnahmen der Kategorie 3 werden in diesem Kapitel nicht behandelt.

3.3.1 Stickstoffmanagement unter Beachtung des Stickstoffkreislaufs

Hinsichtlich des Stickstoffmanagements gibt es große Unterschiede. Generell kann man NH_3 -Emissionen unter der Berücksichtigung folgender Aspekte reduzieren:

- Beachtung aller Stickstoffformen und Emissionsquellen,
- bedarfsgerechte Fütterung von Tieren und Düngung von Pflanzen,
- angemessene Lagerung und Behandlung bei Minimierung von Stickstoffverlusten,
- sachgemäße Anwendung der Stickstoffdünger (Zeit, Technik, Menge und Ort).

Die Einführung eines effektiven Stickstoffmanagementsystems bedarf einer Analyse sämtlicher Aktivitäten. Beginnend mit dem Bestand (Stickstoffbedarf der Pflanzen und Tiere, verfügbare Stickstoffquellen, Lagerbedingungen und mögliche Verluste sowie verfügbare Techniken und Methoden) kann die beste Option entsprechend den ökonomischen und ökologischen Rahmenbedingungen gewählt und implementiert werden. Die Monitoring-Phase umfasst die Datensammlung zu Produktion und Stickstoffgehalt sowie die Erstellung einer Input-Output-Bilanz. Diese beinhaltet die Stickstoffüberschüsse (N-surplus: Differenz zwischen Gesamtstickstoffinput und Gesamtstickstoffoutput). Des Weiteren wird die Effizienz des Stickstoffverbrauchs erhoben (NUE: Differenz zwischen Gesamtstickstoffverbrauch verwendet für Produkte und Gesamtstickstoffinput).

Monitoring-Phase

N-surplus und NUE sind abhängig vom landwirtschaftlichen Betriebssystem und von den Umweltzielen. Somit sind Zielwerte zunächst betriebsspezifisch und sollten regional evaluiert werden.

Der Fortschritt im Stickstoffmanagement zeigt sich voraussichtlich am ehesten auf Basis der Änderungen von N-surplus und NUE im Laufe der kommenden Jahre.

3.3.2 Fütterungsstrategien

Die Zusammensetzung des Futters und die Art zu füttern haben Auswirkungen auf die Entstehung von NH_3 -Emissionen. Für die Tiere ist die Aufnahme von Wasser, Proteinen, Makro- und Mikronährstoffen sowie Spurenelementen und Vitaminen erforderlich. Der Orientierungswert für Tierfutter ist definiert als die Menge an Energie und Proteinen, die während der Verdauung im Magen-Darm-Trakt abgebaut werden kann. Der unverdauliche Stickstoff im Rohprotein des Futters wird in Form von organischen Verbindungen, Harnstoff, Harnsäure und Ammonium ausgeschieden. Die Aufteilung des Stickstoffs auf diese Komponenten zusammen mit dem pH-Wert des Dungs und Urins beeinflusst die NH_3 -Verluste.

Tierfutter mit angepasstem Proteingehalt ist insbesondere in der Schweinefütterung eine sehr kosteneffiziente Art, um NH_3 -Emissionen zu senken. Für jedes Prozent (absoluter Wert) Abnahme des Proteingehalts im Futter können NH_3 -Emissionen im Stall, beim Wirtschaftsdüngermanagement und bei der Ausbringung auf das Feld um 5–15 % reduziert werden, abhängig vom pH-Wert des Urins und Dungs. Diese Fütterungsweise reduziert auch Lachgasemissionen und erhöht die Effizienz des Stickstoffverbrauchs in der Tierproduktion.

**angepasster
Proteingehalt**

3.3.2.1 Fütterungsstrategien für Rinder (Milch- und Schlachtvieh)

Folgende Richtlinien dienen zur Reduktion der Ammoniakemissionen durch die Verringerung des Rohproteins:

**Verringerung des
Rohproteins**

- Der durchschnittliche Anteil des Rohproteinanteils im Futter für Milchkühe sollte 15–16 % in der Trockenmasse nicht überschreiten. Für Schlachtvieh älter als 6 Monate kann dieser Anteil weiter auf 12 % reduziert werden.
- Phasenfütterung bei Milchvieh kann so angewendet werden, dass der Rohproteinanteil von 16 % in der Trockenmasse (direkt vor dem Abkalben und im frühen Stadium der Laktation) auf weniger als 14 % (im späten Stadium der Laktation) reduziert wird.
- Phasenfütterung beim Schlachtvieh kann so angewendet werden, dass im Laufe der Zeit der Rohproteinanteil des Futters von 16 % auf 12 % reduziert wird.

Für Fütterungsmaßnahmen im Rinderbereich kann ein NH_3 -Reduktionspotenzial von bis zu 20% angegeben werden (SHL 2011)

3.3.2.2 Fütterungsstrategien für Schweine:

Folgende Maßnahmen zur Ammoniakreduktion lassen sich für Schweine zusammenfassen:

- Abstimmung des Proteingehaltes im Futter mit dem Bedarf je nach Alter, Gewicht und Kategorie der Tiere.

Der Rohproteingehalt kann reduziert werden, wenn die Aminosäurenversorgung durch die Zugabe von synthetischen Aminosäuren (z. B. Lysin) optimiert wird. Dadurch kann je nach Schweinekatégorie eine zusätzliche Rohproteinreduktion zur Phasenfütterung zwischen 2 % und 3 % erreicht werden. Durch die Kombination Multiphasenfütterung mit Absenkung des Rohproteins von 18 % auf 13 % und unter Zugabe von Aminosäuren ergibt sich eine NH_3 -Reduktion von rund 40 %.

Mit der Verwendung von sogenannten Futterzusatzstoffen kann sich ebenfalls eine Minderung zwischen 25 % und 35 % für NH_3 ergeben. Der Nachweis ist im Einzelfall durch entsprechende Untersuchungen zu führen.

Futterzusatzstoffe

3.3.2.3 Fütterungsstrategien für Hühner:

Bei Hühnern sind Fütterungsstrategien stärker limitiert als bei Rindern und Schweinen. Mit einer angepassten Proteinversorgung lässt sich NH_3 um 10 % reduzieren. Es kann unter Verwendung von Aminosäuren eine zusätzliche Rohproteinreduktion zur Phasenfütterung zwischen 1 % und 2 % erreicht werden.

**Aminosäuren und
Futterzusatzstoffe**

Durch die Verwendung von Futterzusatzstoffen kann sich eine weitere Minderung ergeben. Der Nachweis ist im Einzelfall durch entsprechende Untersuchungen zu führen.

3.3.3 Stallsysteme

Das Referenzsystem für die Emissionsminderungsmaßnahmen ist im Rinderbereich der Liegeboxenlaufstall.

generelle Richtlinien

Die generellen Richtlinien zur Ammoniakreduktion in Tierställen können folgendermaßen zusammengefasst werden:

- Reduktion der verschmutzten Oberfläche mit Exkrementen,
- Absorption oder Adsorption durch Streu,
- Trennung von Kot und Urin sowie schnelles, regelmäßiges Entfernen bzw. Abfließen von Urin,
- Reduktion bzw. Minimierung der Luftbewegung¹⁶ und Temperatur im Stall sowie über dem Dung. Dadurch ergeben sich geringere Ammoniak-Einträge insbesondere aus dem Güllebereich.
- Reduktion der Stalltemperatur und des Dungs (Kühlung) mit einer Emissionsminderung von 10 %,
- zusätzliche Behandlung des Düngers (z. B. Separation, Kompostierung, Vergärung),
- Reduzierung des pH-Wertes des Stallmists,
- Behandlung der Abluft lt. BAT-Dokument¹⁷
- Glatte und leicht zu reinigende Oberflächen in den Ställen.

3.3.3.1 Maßnahmen zu Stallsystemen für Rinder

Maßnahmen Kategorie 1

Maßnahmen für Stallsysteme der Kategorie 1:

- Gewährleistung des Abfließens von Urin durch Laufgang mit 3 % Quergefälle und versenkter Harnrinne.
- In traditionellen Ställen kann ein optimales Stallklima mittels Dachdämmung und/oder automatisch kontrollierter Belüftung eine Emissionsreduktion von 20 % bewirken.
- Ganztägige Weidehaltung von Rindern: Durch eine vermehrte Weidehaltung des Viehs werden Emissionen aus Stall, Wirtschaftsdüngerlagerung und -ausbringung reduziert, wodurch insgesamt eine Emissionsminderung pro Tier erreicht werden kann.

¹⁶ Die notwendige Abfuhr von Schadgasen und Wärme darf jedoch nicht unterschritten werden.

¹⁷ Nach Auffassung des Umweltbundesamtes ist in der zur Umsetzung der Industrieemissions-RL erlassenen österreichischen GewO BGBl. I 125/2013 § 71a, 77a der Stand der Technik („besten verfügbaren Technik“, BVT) dem BAT-Standard eindeutig gleichgesetzt. Nach Einschätzung der HBLFA Raumberg-Gumpenstein ist für Österreich die Abluftbehandlung nicht Stand der Technik.

Maßnahmen für Stallsysteme der Kategorie 2:

**Maßnahmen
Kategorie 2**

- Trockenes und wiederholt eingebrachtes Einstreumaterial in den Stallungen kann je nach physikalischer Beschaffenheit (z. B. Aufnahmefähigkeit und Füllichte) die Emissionsintensität beeinflussen.
- Chemische und/oder physikalische Abluftwäscher sind nur in geschlossenen, zwangsbelüfteten Ställen (Schweine- und Hühnerställen) einsetzbar, nicht jedoch in Rinderställen.
- Rinderställe sind aus Tierschutzgründen i.d.R. frei belüftet und weisen daher keine zentrale Ablufführung auf.

3.3.3.2 Maßnahmen zu Stallsystemen für Schweine

Das Referenzsystem für die Emissionsminderungsmaßnahmen ist im Schweinebereich der Vollspaltenboden.

Maßnahmen für Stallsysteme der Kategorie 1:

**Maßnahmen
Kategorie 1**

- Reduktion der emittierenden Fläche durch häufige Ableitung der Gülle vom Unterboden in die Güllegrube, auch mittels Vakuumsystem.
- Bei Teilspaltenböden mit einer Trennung der Funktionsbereiche (Liegen – Koten) entstehen 15–20 % weniger Ammoniakemissionen, wenn der Anteil mit Perforation weniger als 50 % der gesamten Stallfläche ausmacht, insbesondere auch, wenn die Spalten aus Metall oder kunststoffbeschichtet sind (reduzierte Haftung des Dungs). Bei ungekühlten Stallungen kann das Suhlen bei Hitze den Minderungseffekt umkehren.
- Bei Außenklima – Kistenstallungen mit Schrägboden ist eine Reduktion von 35 % gegenüber konventionellen Systemen zu erreichen.
- Reduktion der emittierenden Fläche durch Verkleinerung der Flächen der Spaltenböden und der darunterliegenden Güllebehälter. Um verstärkt auftretenden anaeroben Verhältnissen entgegenzuwirken kann ein weiterer Bereich mit Spaltenboden und einem Wasserkanal (dünnflüssige Gülle) eingebaut werden, der eintretenden Dung mittransportiert. Das System der Kombination aus Wasser- und Mistkanal kann in Abhängigkeit von der Größe des Kanals ca. 40–50 % der Emissionen reduzieren.
- Geneigte, V-förmige Grubenwände in Kombination mit Teilspalten- und Spaltenböden können die Emissionen um bis zu 65 % verringern.
- Flache V-förmige Abflussrinnen, die zweimal pro Tag mit der flüssigen Fraktion der Gülle ausgespült werden sollen.
- Für säugende Schweine kann mittels einer schrägen Bodenkonstruktion der Güllewanne unter dem Spaltenboden (Reduktion der emittierenden Fläche) eine Emissionsreduktion von bis zu 65 % erreicht werden.

Folgende Maßnahmen sind kostenintensiv (50 % und mehr vom Deckungsbeitrag) und nur für die der Industrieemissionsrichtlinie unterliegenden Großbetriebe geeignet:

- Ansäuern der Gülle, um das chemische Gleichgewicht von NH_3 zu NH_4^+ zu verschieben, wodurch eine Emissionsreduktion von 60 % erreicht werden kann. Der Dünger wird in einem bereits angesäuerten Behälter gesammelt, um einen pH-Wert kleiner als 6 zu halten.
- Oberflächenkühlung des Stallmists.
- Abluftbehandlung (Säurewäscher, Filter).

Nach Einschätzung von Alfred Pöllinger und Eduard Zentner (HBLFA Raumberg-Gumpenstein) sind diese Maßnahmen für Österreich als Kategorie 2-Maßnahmen zu bewerten.

**Maßnahmen
Kategorie 2**

Maßnahmen für Stallsysteme der Kategorie 2:

- Schwimmkörper bereits im Güllekeller (Maßnahme nur in den Niederlanden evaluiert).
- V-förmiger Gürtel, installiert unterhalb des Spaltenbodens, dient zur regelmäßigen Entfernung des Mists. Die Form des Gürtels gewährleistet einen kontinuierlichen Abfluss des Urins, wodurch Umwandlung von Harnstoff zu Ammoniak minimiert werden kann (Maßnahme nur in den Niederlanden evaluiert).

3.3.3.3 Maßnahmen zu Stallsystemen für Geflügel

Für Legehennen und Masthühner gibt es zwei verschiedene Stallungssysteme: ausgestaltete Käfige (mit etwas mehr Platz als traditionelle Käfige) und Bodenhaltung. Die Haltung in nicht ausgestalteten Käfigen ist seit 2012 in der EU verboten. Die Bodenhaltung kann auch mit Freilandhaltung (Bio) kombiniert sein.

Referenzsysteme für die Emissionsminderungsmaßnahmen im Geflügelbereich sind bei Käfighaltung die offene Kotlagerung sowie der Abtransport des Kots mittels Transportbändern (2 x pro Woche). Bei Bodenhaltung ist es die Entmistung mittels Kotgrube und teilweiser Einstreu.

**Maßnahmen
Kategorie 1**

Maßnahmen für Stallsysteme der Kategorie 1:

- Bei Käfigen und Volieren: Reduzierung des Feuchtgehalts im Kot durch Trocknung der Exkremate in den Dunggruben.
- Sammeln von Kot mittels Transportband und Trocknen sowie trockene Lagerung außerhalb des Stalles.
- In der Bodenhaltung ausreichend Einstreu durch regelmäßige Nachstreu zur Minimierung des Feuchtegehalts in der Auflage.
- Behandlung der Abluft mittels Abluftwäscher oder Filtern¹⁸.

**Maßnahmen
Kategorie 2**

Maßnahmen für Stallsysteme der Kategorie 2:

- Regelmäßige Zugabe von Aluminiumsulfat zur Einstreu kann sich emissionsmindernd (NH₃ und PM_{2,5}) und produktionssteigernd auswirken. Weitere Untersuchungen sind notwendig.

3.3.4 Wirtschaftsdüngerlagerung

Gülle wird zumeist in Betonbehältern gelagert, zunehmend werden aber auch aus Kunststoff gefertigte Anlagenteile und Erdteiche (sogenannte Gülle-Lagunen) als kostengünstige mittelfristige Lagerstätten errichtet. Für die Lagerung von Geflügelkot ist eine Überdachung des Lagerplatzes wichtig, damit Wieder-

¹⁸ Laut Einschätzung von Alfred Pöllinger und Eduard Zentner (HBLFA Raumberg-Gumpenstein) für Österreich als Kategorie 2-Maßnahme zu bewerten (siehe dazu Fußnote 17).

vernässung unterbunden wird. Zum Schutz gegen Schlagregen können Windschutznetze eingesetzt werden.

Maßnahmen für Systeme der Wirtschaftsdüngerlagerung der Kategorie 1:

**Maßnahmen
Kategorie 1**

- Abdeckung der Güllebehälter mittels winddichter Deckel-, Dach- oder Zeltkonstruktion. Dabei ist es wichtig den Luftaustausch zu minimieren, wobei aber ein Mindestmaß an Belüftung gegeben sein muss, um die Anhäufung leicht entflammbarer Gase (Methan) zu verhindern.
- Abdeckung mit einer Schwimmschicht (Plastikfolie, Plane, Geotextil, Schwimmkörper oder andere passende Materialien).
- Plastikgüllebehälter (Storage bags) – i.d.R. zur Zwischenlagerung von Gülle am Feldrand bzw. als Zwischenspeicher.
- Die Bildung einer natürlichen, ausreichend dicken und stabilen Kruste ist in erster Linie bei der Rinderhaltung zu erwarten. Häufiges Rühren der Gülle (> 5 x im Jahr) zum Anlass der Wirtschaftsdüngerausbringung verringert die emissionsmindernde Wirkung. Etwa 2 bis 3 Tage nach dem Rühren sollte die Schwimmschicht wieder voll emissionsmindernd aktiv sein.
- Bei den Leichtgutschüttungen gibt es unterschiedliche Erfahrungen in Österreich, der Schweiz und Deutschland. Bei Blähtonkugeln (Leca) besteht die Gefahr des Absinkens nach einer halbjährigen Lagerdauer als Abdeckung. Pergulit wurde in Deutschland mehrfach eingesetzt.
- Rückbau bestehender Gülle-Lagunen und Ersatz durch Behälter/Silos. Durch die geringere Kontaktfläche zur Luft bei tieferen Behältern kommt es im Vergleich zu Gülle-Lagunen zu deutlich geringeren Emissionen. Der Rückbau ist aber kostenintensiv und die Umsetzung schwierig¹⁹. Es wird die Abdeckung bestehender Gülle-Lagunen vorgeschlagen.

Maßnahmen für Systeme der Wirtschaftsdüngerlagerung der Kategorie 2:

**Maßnahmen
Kategorie 2**

- Für festen Stallmist (Rinder und Schweine) stehen nur wenige Optionen zur Verfügung. Eine dreiseitige Einhausung und eine Abdeckung zum Schutz vor Durchfeuchtung bestehender und neuer Anlagen sind technisch problemlos umsetzbar. Durch die Abdeckung des Misthaufens mit Kompostvlies können NH₃-Emissionen ohne signifikanten Anstieg von Methan- und Lachgasemissionen gemindert werden.

3.3.5 Wirtschaftsdüngerausbringung

Folgende emissionsmindernde Techniken können angeführt werden, wobei Topografie (Hangneigung), Bodenbeschaffenheit, Wirtschaftsdüngertyp und Feldstückgrößen als limitierende Faktoren genannt werden:

**emissionsmin-
dernde Techniken**

- Die bandförmige und bodennahe Ausbringung wie, z. B. mit Schleppschlauch- oder Schleppschuhverteiler,
- Injektionstechniken: offene und geschlossene Schlitztechnik,
- Verdünnung der Gülle bei einer Anwendung in Bewässerungssystemen mit niedrigem Druck oder in Kombination mit einer Gülleverschlachtung.

¹⁹ Daher bewertet Alfred Pöllinger (HBLFA Raumberg-Gumpenstein) diese Maßnahme für Österreich als Kategorie 2-Maßnahme.

Maßnahme Laut Einschätzung von Alfred Pöllinger (HBLFA Raumberg-Gumpenstein) ist
Kategorie 1 folgende unter UNECE Kategorie 2 angeführte Maßnahme für Österreich als Kategorie 1-Maßnahme zu bewerten:

- Optimierung des Zeitpunktes der Gülleausbringung unter Beachtung von Wetterbedingungen und Tageszeit.

Maßnahmen Folgende Maßnahmen der Kategorie 2 können aufgelistet werden:
Kategorie 2

- Erhöhung der Infiltrationsrate in den Boden
 - durch Verdünnung der Gülle mit Wasser (1:1),
 - durch Reduzierung der Trockensubstanz in der Gülle mittels mechanischer Separation und anaerober Vergärung des Festmistanteils.
- Injektion der Gülle unter Druck, eingeschränkt anwendbar auf steinigem Böden. Zu berücksichtigen sind dabei der deutlich erhöhte Zugkraftbedarf und die Gefahr der verstärkten Lachgasbildung.
- Ansäuern der Gülle: Ein hoher pH-Wert bedingt hohe NH_3 -Verluste; dadurch kann eine Reduzierung des pH-Wertes auf 6 und darunter die NH_3 -Emissionen reduzieren.

3.3.5.1 Bandförmige, bodennahe Ausbringsysteme

Schleppschlauch und Schleppschuh sind Gülleverteilsysteme, bei denen die Gülle zentral gesteuert über Schläuche in ca. 25 cm Abstand zum Boden abgeleitet und bandförmig ausgebracht wird. Bereits leicht angewachsene Grünlandbestände können ohne größere Gefahr der Futterverschmutzung noch gedüngt werden. Dazu muss die Gülle allerdings dünnflüssig sein (TM-Gehalt rd. 5 %). Die mikroklimatischen Vorteile (etwas feuchter und kühler) verhindern zusätzlich höhere Emissionsraten.

Die Schleppschlauch- und Schleppschuhverteilungssysteme unterscheiden sich durch das Beisein (Schleppschuh) oder das Fehlen (Schleppschlauch) eines Geräts am Ausgang jeder Düngerverteilungsröhre. Insbesondere der Schleppschuh wurde für die Grünlandausbringung konzipiert. Er teilt mit dem Schuh die Grasnarbe und legt die Gülle ganz dicht am Boden ab.

Schleppschlauch-technik Schleppschlauchtechnik: Die Gülle wird durch eine Reihe von hängenden oder schleppenden Röhren ausgebracht, die sich zwischen 0 und 150 mm über dem Boden befinden. Die Arbeitsbreite ist typischerweise zwischen 6 und 12 m, jedoch bis zu 24 m möglich. Diese Technik ist anwendbar auf Grasland und Ackerland. Ein Verstopfen der Rohre kann durch eine Schneidpumpe im Verteilungssystem verhindert werden, welches auch die Verteilungsgleichmäßigkeit verbessert.

Schleppschuh-technik Schleppschuhtechnik: Diese Technik wird hauptsächlich auf Grünland und im Ackerbau im frühen Pflanzenwachstumsstadium angewendet. Die Arbeitsbreiten bewegen sich zwischen 6 und 15 m. Blätter und Halme werden mit Hilfe eines engen Schuhs geteilt und die Gülle wird in schmalen Bändern am Boden platziert. Bei steinigem Boden ist nur eine eingeschränkte Anwendung möglich. Das Emissionsminderungspotenzial ist am effektivsten, wenn die Gülle unter einer gut entwickelten Pflanzenschicht angewendet wird und nicht auf freiliegendem Boden, da die Pflanzenschicht eine schützende Funktion vor Wind und Sonneneinstrahlung bietet. Generell sind die Emissionsreduktionen bei der Schleppschuhtechnik größer als bei der Schleppschlauchtechnik, vorwiegend zurückzuführen auf den höheren Verschmutzungsgrad der Pflanzen bei Anwendung der Schleppschlauchmethode.

Aufgrund der topografischen Besonderheiten in der österreichischen Grünlandbewirtschaftung hinsichtlich Lage, Steilheit und Exposition ist jedoch das Potenzial für Österreich beschränkt. AMON et al. (2007) gibt ein Potenzial von 40 % der Güllemenge an. Als wesentliche Gründe können genannt werden:

1. **Hangneigungen:** Das Maschinengewicht wird durch den Verteiler um 500 bis 1.000 kg erhöht. Fässer werden i.d.R. ab 8.000 l mit Schleppschräuchen ausgerüstet (Gewichtsabstützung). Rund 43 % der 2- und mehrschnittigen österreichischen Grünlandfläche weist eine Steilheit von mehr als 25 % auf, 58 % sind steiler als 20 % (INVEKOS 2011).
2. **Größenstruktur der Flächen und innere Verkehrslage:** Diese Technik ist an bestimmte Fassgrößen oder Transportketten bei Verschlauchung vom Feldrand her gebunden. Für kleine Fässer ergeben sich in Relation zur Ausbringungsmenge hohe Investitionskosten. Rund 31 % der 2- bis mehrschnittigen Grünlandfläche sind ≤ 1 ha. Flächen mit Hindernissen in der Bewirtschaftungsfläche stellen ebenfalls höhere Aufwendungen dar (im Vergleich zum einfachen Breitverteiler). Eine effiziente Bewirtschaftung kleinteiliger Flurstücke mit Großtechnik ist nur schwer möglich.

**topografische
Einschränkungen**

3.3.5.2 Schlitztechniken

Die Bearbeitungstiefe bei Schlitztechnik beträgt > 5 cm, die der Schleppschuh-technik dagegen < 5 cm. Schlitz- und Schleppschuh-techniken werden aus folgenden Gründen kritisch gesehen und abgelehnt (PÖLLINGER 2014):

- Der erhöhte Zugleistungsbedarf bewirkt einen deutlich höheren Dieserverbrauch und somit höhere CO₂-Emissionen.
- Die Injektion in den Boden kann zu höheren N₂O-Emissionen führen, was den sektoralen Treibhausgas-Minderungszielen entgegensteht.

Nachteile

Injektionstechnik – offener Schlitz: Diese Technik wird hauptsächlich auf Grünland oder Höchstetragsackerland angewendet. Verschieden geformte Messer oder Schare werden verwendet, um vertikale Rillen in den Boden zu schneiden (ca. 50 mm tief) und die Gülle darin zu platzieren. Die Abstandsfläche zwischen den Rillen ist üblicherweise zwischen 200 und 400 mm und die maschinelle Arbeitsbreite ≤ 6 m. Um effektiv hinsichtlich Emissionsreduktion und Erhöhung des verfügbaren Stickstoffs für die Pflanzen zu sein, sollte die Gülle bis zu einer maximalen Tiefe von 50 mm eingespritzt werden und der Abstand zwischen den Gölledüsen ≤ 300 mm betragen. Diese Technik sollte nicht auf steinigten Böden sowie auf flachgründigen oder sehr kompakten Böden angewendet werden.

**Injektionstechnik –
offener Schlitz**

Injektionstechnik – geschlossener Schlitz: Die Gülle wird nach der Ablage vollständig bedeckt, da die Schlitzlöcher durch Räder oder Roller, die hinter den Einspritzdüsen angebracht sind, geschlossen werden. Diese Technik kann sowohl flach also auch tief angewendet werden. Ein tieferer Eintrag der Gülle ist bei einer größeren Menge an Gülle erforderlich, damit diese nicht an der Oberfläche entweichen kann. Hinsichtlich Emissionsreduktion ist die flache Injektion mit geschlossenem Schlitz effizienter als die mit offenem Schlitz, jedoch unter Beachtung des Bodentyps, der eine vollständige Schließung der Schlitzlöcher gewährleisten muss. Aufgrund dieser Tatsache ist diese Technik nicht so breit anwendbar wie die offene Schlitztechnik. Die Zinkenbreite beträgt üblicherweise 250–500 mm und die Arbeitsbreite ≤ 4 m.

**Injektionstechnik –
geschlossener
Schlitz**

3.3.5.3 Rasches Einarbeiten von Wirtschaftsdünger

nur auf Ackerland anwendbar

Das rasche und vollständige Einarbeiten (innerhalb von 4 Stunden nach der Ausbringung) in den Boden ist eine effektive Methode, um Ammoniakemissionen zu reduzieren. Die Anwendbarkeit dieser Technik ist aber auf das Ackerland begrenzt und effektiv für Mist und Gülle, insbesondere wenn ein Risiko der Auswaschung besteht. Für Ackerbau mit Minimalbodenbearbeitung ist diese Technik wenig geeignet.

Grundsätzliche Voraussetzung ist das Vorhandensein von Kulturpflanzen, die einer Düngung bedürfen. Andernfalls würde rechtlich eine Entsorgung von Abfällen aus der Tierhaltung stattfinden, die in dieser Form unzulässig ist.

Im Grünland kann Festmist nur in vorgerotetem Zustand ausgebracht werden. Eine Einarbeitung ist nicht möglich.

3.3.5.4 Gülleverdünnung und Gülleverregnung

Die Emissionen sind bei verdünnter Gülle mit einem geringeren Anteil an Trockenmasse niedriger, da diese schneller in den Boden einsickert (infiltriert). Für die Gülleverregnung muss separierte und sehr stark verdünnte Gülle verwendet werden. Dazu wird die Gülle aus dem Lager gepumpt, den Nährstoffanforderungen der Pflanzen entsprechend in das Beregnungssystem eingemischt und über einen Niederdruck-Sprinkler auf den Boden verteilt. Die Verdünnungsrate kann bis zu 50:1 Wasser : Gülle sein. Die Gülleverdünnung sollte, wenn irgendwie möglich, mit Regenwasser durchgeführt werden, da basische Grundwasser zu zusätzlichen NH_3 -Emissionen führen. Der pH-Wert von Regenwasser liegt bei rund 5,6.

3.3.6 Mineraldüngeranwendung

Die Höhe der Ammoniakemissionen ist abhängig von der Art des Mineraldüngers sowie den Wetter- und Bodenbedingungen. Grundsätzlich werden N-Mineraldünger basierend auf Ammonium, Nitrat und Harnstoff hergestellt und gemeinsam mit Kalzium, Sulfat, Phosphat und Spurenelementen synthetisiert.

3.3.6.1 Mineraldünger basierend auf Harnstoff

Die NH_3 -Emissionen von Mineraldüngern basierend auf Harnstoff sind deutlich höher als bei anderen Mineraldüngern, weil die rasche Hydrolyse des Harnstoffs eine lokale Erhöhung des pH-Wertes bedingt.

Maßnahmen zur Emissionseinsparung

Folgende Maßnahmen können Emissionseinsparungen bei der Verwendung von Harnstoff-basierten Mineraldüngern bewirken:

- Verwendung von Harnstoffhemmsubstanzen: diese verzögern die Umwandlung von Harnstoff zu Ammoniumkarbonat durch eine gehemmte Tätigkeit des Harnstoffenzym Urease, wodurch durch die verlangsamte Hydrolyse der pH-Wert nicht so stark ansteigt.
- Polymerbeschichtetes Harnstoffgranulat bedingt eine langsame Mineraldünger-Freisetzung und kann Emissionen reduzieren.

- Einarbeitung des Mineraldüngers in den Boden durch direkte Injektion mit geschlossenem Schlitz.
- Beregnung mit mindestens 5 mm Niederschlag direkt nach der Mineraldüngeranwendung.
- Umstellen von Harnstoff auf Ammoniumnitrat-Dünger.

Maßnahmen der Kategorie 2:

- Beachtung des Ausbringungszeitpunktes: unter kühleren Bedingungen und vor Regenfällen. Für das Monitoring ist gemäß UNECE ein verifizierbares Management-System erforderlich, das eine Quantifizierung ermöglicht.
- Die Mischung von Harnstoff mit Ammoniumsulfat könnte auf bestimmten Bodentypen Emissionen reduzieren, dazu sind jedoch weitere Untersuchungen erforderlich.

**Maßnahmen
Kategorie 2**

3.3.6.2 Mineraldünger basierend auf Sulfat, Phosphat und Nitrat

Einige der unter dem Kapitel Mineraldüngeranwendung beschriebenen Techniken zur Emissionseinsparung können auch für Mineraldünger, basierend auf Sulfat, Phosphat und Nitrat, angewendet werden. Die größten Risiken entstehen, wenn diese Dünger auf kalkhaltigen Böden oder Böden mit hohem pH-Wert angewendet werden.

Folgende Techniken können, wie teilweise bereits oben beschrieben, angewendet werden:

- Einarbeiten des Mineraldüngers in den Boden,
- Bewässerung nach der Düngung,
- Langsam freisetzende Dünger (insb. auf Böden mit hohem pH-Wert).

**Maßnahmen
Kategorie 1**

Maßnahmen der Kategorie 2:

- Einbeziehung der Umweltbedingungen bei der Ausbringung. Düngeranwendung unter kühleren Bedingungen und vor Regenfall. Für das Emissions-Monitoring ist gemäß UNECE ein verifizierbares Management-System notwendig.
- Die Mischung von Harnstoff mit Ammoniumsulfat für bestimmte Bodentypen – weitere Studien sind jedoch erforderlich.

**Maßnahmen
Kategorie 2**

3.3.7 Weidehaltung

Diese Maßnahme wurde bereits unter Kapitel 3.3.3.1 beschrieben.

3.3.8 Wirtschaftsdüngerbehandlung

Folgende Optionen können angeführt werden:

- Kompostieren von Festmist oder Gülle unter Zugabe von Feststoffen: Dazu liegen unterschiedliche Ergebnisse aus Versuchen vor. Zusätzliche Maßnahmen, wie Abdeckungen oder kontrollierte Belüftung (Mietenumsetzung) sind notwendig, damit es nicht zu einer Emissionserhöhung kommt.

**Maßnahmen zur
Emissionsein-
sparung**

- Kontrollierter Denitrifikationsprozess in der Gülle: Durch die Transformation von Ammonium via Nitrat zu N_2 könnten NH_3 -Emissionen reduziert werden. Jedoch sind die Effizienz dieses Systems und die Auswirkungen auf andere Emissionen – insbesondere N_2O – noch nicht ausreichend untersucht.

3.3.9 Nicht-landwirtschaftliche Verwendung von Stallmist

Auch bei der nicht-landwirtschaftlichen Verwendung des Stallmists können Emissionen reduziert werden. Als Beispiele gängiger Praxis in einigen Ländern kann die Verbrennung von Hühnermist (NO_x -Emissionen) oder die Verwendung von Pferde- und Hühnermist in der Pilzindustrie angeführt werden.

Eine Zusammenfassung der Maßnahmen aus dem *Guidance Document for preventing and abating ammonia emissions from agricultural sources* und der jeweiligen Reduktionspotenziale enthält der Anhang dieses Berichtes (siehe Kapitel 8.1).

4 ANALYSE DER MASSNAHMEN

In Kapitel 3.3 wurden bereits verschiedene Ansatzpunkte und Maßnahmen zur Emissionsreduktion vorgestellt. Die praktische Umsetzbarkeit hängt aber von vielen Faktoren ab, wie z. B. Betriebsstruktur, Betriebsgröße, Morphologie, Förderlandschaft.

Dieses Kapitel enthält zuerst eine zusammenfassende Darstellung und Beschreibung der dokumentierten Maßnahmen in tabellarischer Form. Danach folgt eine Beurteilung nach ausgewählten Kriterien als Grundlage für die Maßnahmenempfehlung in Kapitel 5.

Die in Tabelle 5 gelisteten Maßnahmen sind mit einem Code versehen, der eine rasche Zuordnung nach Maßnahmenbereichen erlaubt (z. B. F_R_01). Der erste Buchstabe bezeichnet die Maßnahmenbereiche Fütterung (F), Stall (ST), Wirtschaftsdünger-Lagerung (L), Wirtschaftsdünger-Ausbringung (A), Mineraldüngeranwendung (M) und weitere Maßnahmen (WM). Der zweite Buchstabe kennzeichnet die wesentlichen Tierkategorien Rinder (R), Schweine (S) und Geflügel/Legehennen (H). Die anschließende, fortlaufende Zahl nummeriert die Maßnahmen für jeden Bereich.

Tabelle 5: Zusammenfassende Darstellung potenzieller Maßnahmen.

Code	Name der Maßnahme	Ansatzpunkte zur Emissionsreduktion	Anmerkung
F_R_01	Proteinreduzierte Fütterungsstrategien	Senkung des Rohproteinanteils im Futter → geringere N-Ausscheidung	Großes Potenzial durch Anwendung neuer technischer Geräte (Futtermischwagen) und automatisierter Systeme
F_S_01	Proteinreduzierte Fütterungsstrategien/Phasenfütterung	Senkung des Rohproteinanteils im Futter → geringere N-Ausscheidung	Insbesondere bei neuen Einheiten oder größeren Altbeständen relevant. Gute Praxisakzeptanz. Reduktion von Eiweißkomponenten (Soja)
F_H_01	Proteinreduzierte Fütterungsstrategien/Phasenfütterung	Senkung des Rohproteinanteils im Futter → geringere N-Ausscheidung	Insbesondere bei neuen Einheiten oder größeren Altbeständen relevant. Gute Praxisakzeptanz. Reduktion von Eiweißkomponenten (Soja) zusätzlich positiv
ST_R_01	Verringerung der emittierenden Oberfläche in Rinderställen Empfehlung der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz – Tänikon ART: 3 % Quergefälle, Harnabflussrille	Gewährleistung des Abfließens von Urin durch Laufgang mit 3 % Quergefälle und versenkter Hamrinne. Perforierte Rillen sollen den Ablauf des Urins ermöglichen und die verschmutzte Oberfläche reduzieren.	Nachrüstung bestehender Ställe insbesondere mit diesem System ist kostenintensiv (HBLFA RAUMBERG-GUMPENSTEIN 2011c). Bei Neubau ist der Aufwand eher gering. Der Wissensstand zur Rillenwirkung ist noch unvollständig. Auf Spaltenböden wird eine laufende Spaltenreinigung empfohlen. Das Verschließen von Spaltenschlitzen nach unten, hin zum Gülleableitkanal, zeigt noch eine unzureichende Dauerfunktion in einem Rinderbetrieb. Die eingebauten Einsätze mit Klappenfunktion verstopfen sich häufig und lassen insbesondere strohreiche Gülle unzureichend durch.
ST_R_02	Dachdämmung und Kühlung von Stallungen	Durch Dämmung mittels Kaltdach oder Paneeldach wird die Stalltemperatur positiv beeinflusst. Dies wirkt sich emissionsmindernd aus.	Amortisation der Kosten, da Hitzestress mit verminderter Leistung und Trächtigkeit einhergeht.
ST_R_03	Ausweitung der Weidehaltung von Rindern	Die Erhöhung des Anteils der weidenden Rinder reduziert den Anfall von Tierexkrementen in den Ställen.	Eventuell höherer Arbeitsaufwand. Bodentypen, Arrondierung, Topografie und klimatische Bedingungen beeinflussen die Umsetzbarkeit der Maßnahme.
ST_R_04	Behandlung der Abluft	Verwendung von chemischen oder Säure-Abluftwäschern. Geruch-, Ammoniak-, Staubreduktion	Für Rinderställe nicht geeignet, da aus Tierschutzgründen i.d.R. natürlich belüftet. Im Geflügel- und Schweinebereich bei großen Beständen als Best verfügbare Technik (BVT) einzustufen.
ST_S_01	Verringerung der emittierenden Oberfläche durch Schrägböden	Schnelle Ableitung der Gülle von Boden- und Sammelbereich in die Güllegrube	Nur bei Neu- oder Umbauten möglich. Vakuumsysteme zur Ableitung der Gülle werden aber nicht empfohlen (aufwändig und kostenintensiv).
ST_S_02	Teilspaltenbodensystem mit verkleinertem Güllekeller	Verringerung der emittierenden Oberfläche mittels Teilspaltenboden (mindestens 50 % der gesamten Stallfläche)	Ein Neubaustall ist Voraussetzung.
ST_S_03	Geneigte Grubenwände in Kombination mit Teilspaltenböden und häufige Entfernung des Mists	Verringerung der emittierenden Oberfläche	Ein Neubaustall ist Voraussetzung.

Code	Name der Maßnahme	Ansatzpunkte zur Emissionsreduktion	Anmerkung
ST_S_04	Teilspaltenbodensystem mit V-förmiger Abflusssrinne	Verringerung der emittierenden Oberfläche	Die Emissionsreduktion ist abhängig von der Schweinekategorie und dem Vorhandensein von Teilspaltenböden. Die Kosten können einen limitierenden Faktor darstellen.
ST_S_05	Teilspaltenböden mit Kombination aus Wasser- und Mistkanal	Verdünnung der Gülle mit Wasser	Durch die vermehrte Güllemenge aufgrund des Wasserzusatzes sind größere Endbehälter notwendig. Die Kosten können einen limitierenden Faktor darstellen.
ST_S_06	Wannenkonstruktion für säugende Schweine	Verringerung der emittierenden Oberfläche mittels Wannenkonstruktion für säugende Schweine	Kann teuer werden bei der Implementierung in bestehende Ställe.
ST_S_07	Oberflächenkühlung des Stallmists	Oberflächenkühlung des Stallmists mittels Lamellen, unter Verwendung eines Wärmeaustauschsystems	In Verbindung mit Wärmenutzung/Austauschsystemen effektiv wirksam (Andersson, M. (1998)). Die Umsetzungsmöglichkeiten für Österreich wurden bislang noch nicht untersucht.
ST_S_08	Behandlung der Abluft	Behandlung der Abluft mittels Säurewäscher oder Bio-Filter	Ökonomisch nur bei neuen großen Stallgebäuden. Hoher Energieverbrauch und zusätzliche Lärmemissionen. End of Pipe-Lösung, keine Minderung im Stall. Hohe Kosten bei der Sanierung alter Ställe. In Österreich eingeschränktes Potenzial durch Kleinstrukturen mit mehreren Stallgebäuden
ST_S_09	Ansäuern der Gülle	Verschiebung des chemischen Gleichgewichts von NH_3 zu NH_4^+ (pH-Wert von 6 und weniger)	Bei anorganischen Säuren: Gefahr der Korrosion von Bauteilen, Handtierungsproblem. Forschungsbedarf.
ST_H_01	Trocknen des Hühnermists aus Käfigen und Volieren	Reduktion des Feuchtegehalts im Hühnermist durch Belüften der Förderbänder/Dunggrube	Anschließende Lagerung mit Überdachung senkt weitere Emissionen.
ST_H_02	Sammeln, Trocknen und anschließender Abtransport von Hühnermist mittels Transportband sowie trockene Lagerung außerhalb des Stalles	Geringe Emissionen im Stall und trockene Lagerung außerhalb des Stalles	Emissionen sind abhängig von der Verweildauer des Dungs auf dem Band, vom Trocknungssystem, der Hühnerrasse, der Ventilationsrate und der Futterzusammenstellung.
ST_H_03	Behandlung der Abluft	Behandlung der Abluft mittels Säurewäscher oder Bio-Filter	Die Kosten können einen limitierenden Faktor darstellen. Nur bei großen, zwangsbelüfteten Einheiten möglich ²⁰ . Hoher Energieverbrauch und zusätzliche Lärmemissionen sind zu erwarten. End of Pipe-Lösung, keine Minderung im Stall

²⁰ Abluftbehandlung ist als Stand der Technik im aktuellen BAT-Dokument als Minderungsmaßnahme enthalten (Dezember 2014). Nach Ansicht des Umweltbundesamtes ist in der zur Umsetzung der Industrieemissions-RL erlassenen GewO BGBl. I 125/2013 § 71a, 77a der Stand der Technik („besten verfügbaren Technik“, BVT) dem BAT-Standard eindeutig gleichgesetzt. Nach Einschätzung der HBLFA Raumberg-Gumpenstein ist für Österreich die Abluftbehandlung dennoch nicht Stand der Technik.

Code	Name der Maßnahme	Ansatzpunkte zur Emissionsreduktion	Anmerkung
L_01	Bedeckung der Güllebehälter mit natürlicher Schwimmdecke	Bildung einer natürlichen Schwimmdecke auf der Gülle nur bei Rinderhaltung gesichert ²¹	Bei Rindergülle bilden sich in der Regel natürliche Schwimmdecken, die ein Emissionsreduktionspotenzial von bis zu 85 % erreichen können. Die Emissionseffizienz ist aber abhängig von Art und Zeitdauer der Schwimmdecke. Weniger geeignet für Betriebe, die häufig Rühren und Gülle ausbringen.
L_02	Abdeckung der Güllebehälter mittels Deckel-, Dach- oder Zeltstruktur	Bei Abdeckung der Güllebehälter mittels Deckel, Dach- oder Zeltstruktur können Emissionen nicht entweichen. Der Eintrag von Niederschlagswasser wird reduziert.	Wesentliche Kosteneinsparungen durch Selbstbau sind nur bei kleinen Zeltedächern möglich. Kosten sind abhängig von der Größe der Güllegrube.
L_03	Bedeckung der Güllebehälter mit einer Schwimmschicht	Bedeckung der Güllebehälter mit einer Schwimmschicht (z. B. Strohhäcksel)	Bei natürlicher Schwimmdeckenbildung nicht sinnvoll (Rinder)
L_04	Plastikgüllebehälter	Mit vollkommen geschlossenen Kunststoff-Sackbehältern für Gülle kann eine Emissionsreduktion von 100 % erreicht werden.	Für die Güllemengen, die in kleinen Betrieben (z. B. < 150 Schweine) anfallen, geeignet.
L_05	Leichtgutschüttungen	Leichtgutschüttungen, wie Pergülit, bilden einen Schwimmkörper als Gülleabdeckschicht.	In Deutschland gibt es dazu mehrjährige Erfahrungen. Jährliche Erneuerung von ca. 10 % der Schüttung wegen Verlusten notwendig. Leuca-Kugeln sind nicht zu empfehlen.
L_06	Gülle-Lagunen: Abdeckung bestehender Anlagen und keine Baugenehmigung für Neuanlagen	Die Emissionswirkung bestehender Anlagen soll durch verpflichtende ²² Abdeckungsmaßnahmen verringert werden. Mittelfristig soll ein Umstieg auf andere, weniger emissionsintensive geschlossene Systeme umgesetzt werden. Die Funktionsdauer der Dichtungsfolien ist begrenzt.	Alternativ schlägt Alfred Pöllinger (HBLFA Raumberg-Gumpenstein) die Genehmigung von neuen Gülle-Lagunen unter der Voraussetzung vor, dass eine Abdeckung verpflichtet vorgeschrieben und kontrolliert wird.
L_07	Einhausung (dreiseitig) und Abdeckung bzw. Überdachung des Festmistlagers	Trockenere Lagerung, gebremster Luftaustausch an der Mistoberfläche. Abdeckung z. B. mittels Kompostvlies.	Bei Legehennenkot ist eine fixe Überdachung jedenfalls erforderlich.
A_01	Bandförmige Ausbringungssysteme: Anwendung der Schleppschlauchtechnik	Emissionsmindernde bodennahe Ausbringungstechnik	Für Ackerland entwickelt. Bei Hangneigungen > 25 % wird die Ausbringungsgenauigkeit schlechter und die fahrtechnische Stabilität eingeschränkt (Maschinengewicht, Flexibilität).

²¹ Gemäß Expertise der HBLFA Raumberg-Gumpenstein ist neben der Rinderhaltung auch bei der Zuchtsauenhaltung eine natürliche Schwimmdeckenbildung möglich.

²² Nach Auffassung HBLFA Raumberg-Gumpenstein kann die verpflichtende Abdeckung auf die Fälle einer unzureichenden Schwimmdecke beschränkt werden. Die Gefahr, dass eine unzureichende Schwimmdecke vorhanden ist, ist allerdings durch das ungünstige Verhältnis Volumen zur Oberfläche inhärent gegeben.

Code	Name der Maßnahme	Ansatzpunkte zur Emissionsreduktion	Anmerkung
A_02	Bandförmige Ausbringungssysteme: Anwendung der Schleppschuhtechnik	Emissionsmindernde bodennahe Ausbringungstechnik	Für Grünland adaptierte Weiterentwicklung des Schleppschlauches (HBLFA RAUMBERG-GUMPENSTEIN 2011b)
A_03	Schlitztechnik: offener Schlitz	Anwendung der Schlitztechnik vorwiegend auf Grünland und Ackerstandorten mit hohem Ertrag	Hoher Zugleistungsbedarf (CO ₂ -Emissionen) und erhöhte N ₂ O-Emissionen sind kritische Faktoren dieser Technik. Die Schlitztechnik ist ab einer Hangneigung > 15 % nicht anwendbar, ebenso nicht bei einem hohen Steinanteil des Bodens. Die Kosten sind ein limitierender Faktor.
A_04	Schlitztechnik: geschlossener Schlitz	Anwendung der Schlitztechnik vorwiegend auf Böden, die eine vollständige Schließung des Schlitzes nach dem Gülleeintrag zulassen	Hoher Zugleistungsbedarf (CO ₂ -Emissionen) und erhöhte N ₂ O-Emissionen sind kritische Faktoren dieser Technik. Die geschlossene Schlitztechnik ist weniger breit anwendbar wie die offene Schlitztechnik. Bodenbeschaffenheit und Kosten sind limitierende Faktoren.
A_05	Rasches Einarbeiten von Wirtschaftsdünger (innerhalb von 4 Stunden)	Rasches Einarbeiten vermindert die Kontaktfläche zwischen Gülle/Mist und Luft durch reduzierte Verweilzeit am Boden.	Insbesondere bei Festmist am Ackerland empfohlen. Wenig geeignet bei Minimalbodenbearbeitung
A_06	Erhöhung der Infiltrationsrate: Güleverdünnung	Durch den Zusatz von Wasser kann das Einsickern der Gülle gefördert und damit Ammoniakausgasung vermindert werden.	Ideal für die Gülleverschlauchung und auf hofnahen Flächen. Bei Gülletransport ev. hoher Aufwand. Nur weiches Wasser – idealerweise Regenwasser – mit niedrigem pH-Wert sollte dafür verwendet werden.
A_07	Erhöhung der Infiltrationsrate: Separation der Festsubstanzen	Erhöhung der Infiltrationsrate durch mechanische oder natürliche Separation der Festsubstanzen.	Bewertung der gesamten NH ₃ -Reduktion notwendig. Kosten und Arbeitsaufwand (Behandlung von Flüssig- und Feststoffanteil) sind limitierende Faktoren.
A_08	Erhöhung der Infiltrationsrate: Beregnung/Ausbringung von Wasser nach der Düngung	Erhöhung der Infiltrationsrate: Anwendung von Wasser nach der Düngung, um den Dünger vom Gras abzuschwemmen	Zur Verifikation dieser Methode müssen der Zeitpunkt der Wassergabe und die Menge des verwendeten Wassers herangezogen werden. Bodenbeschaffenheit und Hangneigung sind zu beachten.
A_09	Optimierung des Zeitpunktes der Gülleausbringung	Optimierung des Zeitpunktes der Gülleausbringung (z. B. abends, vor oder während eines Regensfalls etc.)	Die potenzielle Emissionsreduktion variiert, da diese Maßnahmen stark von der regionalen und lokalen Bodenbeschaffenheit sowie von klimatischen Bedingungen abhängig sind.
A_10	Zusatz von Hemmsubstanzen bei der Ausbringung und Einarbeitung von Gülle	Verzögerte Freisetzung des Ammoniumanteils in der Gülle, dadurch geringere Verluste und Steigerung der Effizienz	Anzuwenden bei bestimmten Anbautechniken (z.B. Strip till)
M_01	Langsam freisetzende Düngemittel: Harnstoffhemmsubstanzen bei Harnstoffdüngern	Bei Harnstoffhemmsubstanzen wird die Umwandlung von Harnstoff zu Ammoniumkarbonat durch die gehemmte Tätigkeit des Harnstoffzyms verzögert (verlangsamte Hydrolyse, der pH-Wert steigt langsamer).	Zugelassene Hemmstoffsubstanzen sind durch die Europäische Union gelistet (EC 1107/2008; http://www.clrtapfrn.org/webfm_send/239)
M_02	Langsam freisetzende Düngemittel: polymerbeschichtetes Harnstoffgranulat bei Harnstoffdüngern	Langsame Mineraldünger-Freisetzungsrate durch polymerbeschichtetes Harnstoffgranulat	Die Höhe der Emissionsreduktion ist abhängig von der Art der Polymerbeschichtung.

Code	Name der Maßnahme	Ansatzpunkte zur Emissionsreduktion	Anmerkung						
M_03	Langsam freisetzende Düngemittel: Ammonium-/Nitrat-hemmsubstanzen	Die Umwandlung von Ammonium zu Nitrat-N (durch Nitrifikationshemmer) wird eingesetzt, um die Wirkung der Düngung gezielt zu verzögern.	Zugelassene Hemmstoffsubstanzen sind durch die Europäische Union gelistet (EC 1107/2008; http://www.clrtapfrn.org/webfm_send/239)						
M_04	Einarbeitung des Mineraldüngers in den Boden	Einarbeitung einerseits durch die Schlitztechnik (geschlossener Schlitz) oder Bewirtschaftung (Einackern)	Die Effizienz der Emissionsreduktion ist abhängig von Bodentiefe und -textur.						
M_05	Bewässerung direkt nach der Mineraldüngeranwendung	Bewässerung direkt nach der Mineraldüngeranwendung mit wenigstens 5 mm Wasser	Ungeeignet für bereits wassergesättigte Böden						
M_06	Umstellen von Harnstoff-basierten Düngemitteln auf Ammonium-Nitrat-Dünger	Verwendung von Ammoniumnitrat-Dünger anstatt von Harnstoffdünger, da die Harnstoffanwendung mit erhöhten NH ₃ -Emissionen verbunden ist.	Höhere Düngemittelkosten können durch höhere Effizienz in Summe wieder wettgemacht werden. Es können aber vermehrt N ₂ O-Emissionen entstehen (besonders bei feuchten und nassen Böden).						
M_07	Verstärkte Einbeziehung der Umweltbedingungen bei der Ausbringung.	Die Düngung bei ungünstigen Boden- und Wetterbedingungen kann zu höheren gasförmigen Verlusten bei Mineraldüngern führen.	Abhängig von Bodenbeschaffenheit und klimatischen Bedingungen, z. B. Ausbringungszeitpunkt unter kühleren Bedingungen und vor Niederschlag empfohlen						
WM_01	Wirtschaftsdüngerbehandlung: Kompostierung unter Zugabe von Feststoffen	Der Wirtschaftsdünger wird durch Behandlung in eine organisch stabilere Kompostform überführt.	Die Ergebnisse von Versuchen sind sehr unterschiedlich und können sogar zu einer Emissionserhöhung führen. Deshalb sind zusätzliche Maßnahmen, wie Abdeckungen oder Belüftungssysteme, erforderlich. Wird Gülle kompostiert, führt dies zu hohen Wassergehalten, welche die Kompostierungsprozesse gefährden. Das macht einen sehr hohen Anteil an organischen Zuschlagstoffen erforderlich. Ein Sonderfall ist die Kompostierung des Feststoffes (> 30 % TM) nach einer Gülleseparierung. Der flüssige Anteil wird als Flüssigdünger eingesetzt. Die Kosten für die Kompostierung sind verglichen mit der Nichtbehandlung beachtlich.						
WM_02	Wirtschaftsdüngerbehandlung: Kontrollierter Denitrifikationsprozess in der Gülle	Durch die Transformation von Ammonium via Nitrat zu N ₂ O durch kontrollierte Denitrifikation könnten NH ₃ -Emissionen reduziert werden. Die Effizienz dieses Systems und die Auswirkungen auf andere Emissionen – insbesondere N ₂ O – sind aber noch nicht ausreichend untersucht.	Diese Methode entspringt der Abwasserreinigung, in der das Abwasser bis zu einer entsprechenden Qualität behandelt wird, um dann dieses in einen Vorfluter entlassen zu können. Diese Methode wird in Österreich nicht praktiziert und ist auch keine Option in absehbarer Zeit, da die im Wirtschaftsdünger anfallenden Nährstoffe für Düngezwecke gebraucht werden. Diese Maßnahme ist daher als Option auszuschließen, zumal N ₂ O-Emissionen in der Abwassertechnik hoch sind.						
WM_03	Wirtschaftsdüngervergärung	Emissionen können durch eine vollständige Vergärung im Fermenter, die abgedeckte Lagerung und die bodennahe Ausbringung vermieden werden.	Die Effizienz dieses Systems und die Auswirkungen auf andere Emissionen sind gut untersucht. Die an die Vergärung anschließende Lagerung ist – wegen der erhöhten Ammoniumgehalte – mit besonderer Sorgfalt durchzuführen und die Ausbringung des Gärrestes generell bodennah zu gestalten.						
F	Fütterung	L	Lagerung (Wirtschaftsdünger)	M	Mineraldünger	R	Rinder	H	Hühner
ST	Stall	A	Ausbringung (Wirtschaftsdünger)	WM	Weitere Maßnahmen	S	Schweine		

Als Beurteilungsgrundlage für die Maßnahmenempfehlung in Kapitel 5 werden folgende Kriterien herangezogen:

- **Praxisreife:** Wird diese Maßnahme bereits in der Praxis in Österreich und/oder in anderen europäischen Ländern angewandt oder ist sie noch in der Testphase?
- **Kosten-Nutzen-Überlegungen:** Ist unter den gegebenen wirtschaftlichen und technischen Aspekten in Österreich eine Implementierung der Maßnahme möglich? Die Bewertung erfolgt auch in Relation zur emissionsmindernden Wirkung der Maßnahme (Effektivität).
- **Reduktionspotenzial:** Wie hoch ist der zu erwartende emissionsmindernde Effekt der Maßnahme?

Code	Name der Maßnahme	Praxisreife (ja/nein)	Kosten-Nutzen-Überlegungen	Reduktionspotenzial (%)
F_R_01	Proteinreduzierte Fütterungsstrategien	ja	Der Nutzen wiegt die Kosten auf, da es sich um eine bedarfsgerechte und tiergesundheitsfördernde Maßnahme handelt.	bis 25 %*
F_S_01	Proteinreduzierte Fütterungsstrategien/Phasenfütterung	ja	Lohnende Maßnahme bei größeren Beständen ab ca. 500 Mastplätzen.	zweiphasig bis 20 %* multiphasig bis 40 %*
F_H_01	Proteinreduzierte Fütterungsstrategien/Phasenfütterung	ja	Lohnende Maßnahme bei Neubauten und bestehenden Anlage in entsprechenden Größenordnungen	bis 20 %*
ST_R_01	Verringerung der emittierenden Oberfläche in Rinderställen	ja	Jedenfalls lohnende Maßnahme	bis 20 %*
ST_R_02	Dachdämmung und Kühlung von Stallungen	ja	Jedenfalls lohnende Maßnahme	10 %*–20 %
ST_R_03	Ausweitung der Weidehaltung von Rindern	ja	Wenn die betrieblichen Voraussetzungen passen (Arrondiertheit, Bodentyp, ...) eine lohnende Maßnahme.	bis 15 %*
ST_R_04	Behandlung der Abluft	nein	In Rinderställen nicht sinnvoll (freie Durchlüftung aus Tierschutzgründen)	k. A.
ST_S_01	Verringerung der emittierenden Oberfläche durch Schrägboden	ja	Nur bei Neu- oder Umbauten möglich. Ist für Abferkelung und Ferkelaufzucht technisch umsetzbar.	25–65 %*
ST_S_02	Teilspaltenbodensystem mit verkleinertem Güllekeller	ja	Im Außenklima-Kistenstall bereits üblich	15–35 %*

*Tabelle 6:
Beurteilung der
Maßnahmen hinsichtlich
ihrer Anwendbarkeit in
Österreich.*

Code	Name der Maßnahme	Praxisreife (ja/nein)	Kosten-Nutzen-Überlegungen	Reduktionspotenzial (%)
ST_S_03	Geneigte Grubenwände in Kombination mit Teilspaltenböden und häufige Entfernung des Mists	nein	Technisch schwer umsetzbar, kostenintensiv.	bis 65 %
ST_S_04	Teilspaltenbodensystem mit V-förmiger Abflussrinne	nein	Bei den üblichen Systemen, wie sie in Österreich anzutreffen sind, ist der Umbau kostenintensiv.	40–65 % (abhängig von Schweinekatégorie)
ST_S_05	Teilspaltenböden mit Kombination aus Wasser- und Mistkanal	nein	Bei den üblichen Systemen, wie sie in Österreich anzutreffen sind, ist der Umbau kostenintensiv.	40–50 % (abhängig von Schweinekatégorie)
ST_S_06	Schräge Wannenkonstruktion für säugende Schweine	ja	Nur bei Neu- oder Umbauten möglich. Ist für Abferkelung und Ferkelaufzucht technisch umsetzbar.	bis 65 %*
ST_S_07	Oberflächenkühlung des Stallmists	nein	Derzeit keine Praxiserfahrung in Österreich, weitere Untersuchungen sind notwendig. Eventuell künftig von Bedeutung.	45 %
ST_S_08	Behandlung der Abluft	ja	Nur bei Großbetrieben (IPPC-, UVP-Anlagen) finanziell darstellbar.	70–90 %
ST_S_09	Ansäuern der Gülle	Ja ²³	Derzeit keine Praxiserfahrung in Österreich, weitere Untersuchungen sind notwendig. Eventuell künftig von Bedeutung.	60–90 %*
ST_H_01	Trocknen des Hühnermists aus Käfigen und Volieren	ja	Ein wesentlicher Nutzen ist neben den geringeren N-Verlusten die deutlich verbesserte Geruchsbelastung.	30 %
ST_H_02	Sammeln, Trocknen und anschließender Abtransport von Hühnermist mittels Transportband sowie trockene Lagerung außerhalb des Stalles	ja	Kostengünstiges Verfahren – übliche Maßnahme	50–85 %*

²³ Die Anlagenteile müssen für den Einsatz von mineralischen Säuren geeignet sein.

Code	Name der Maßnahme	Praxisreife (ja/nein)	Kosten-Nutzen-Überlegungen	Reduktionspotenzial (%)
ST_H_03	Behandlung der Abluft	Ja ²⁴	Nur bei Großbetrieben (IPPC-, UVP-Anlagen) möglich	70–90 %
L_01	Bedeckung der Güllebehälter mittels natürlicher Schwimmdecke (nur bei Rindergülle gesichert)	ja	Im Rinderbereich geübte Praxis; bei anderen Tierarten teilweise problematisch	35–50 %
L_02	Abdeckung der Güllebehälter mittels Deckel-, Dach- oder Zeltstruktur	ja	Geübte Praxis mit Investitionsbedarf; Massive Abdeckung wird präferiert, insb. wenn der Platz auf der Betondecke auch anderwärtigen Nutzen stiftet (Verkehrsfläche)	80 %
L_03	Bedeckung der Güllebehälter mit einer Schwimmschicht (z. B. Strohhäcksel)	ja	Künstliche Einbringung kann die Güllekette stören und Zusatzaufwand verursachen, unsichere Funktionsweise	40 % ²⁵ , abhängig vom Ausbringintervall
L_04	Plastikgüllebehälter	ja	Ist nur als Zwischenlager bei großen Feld- Hofentfernungen zu empfehlen	bis 100 %
L_05	Leichtgutschüttungen (z.B. Pergülit, Leca)	ja	Leca ev. problematisch, da ein Absinken der Schwimmschicht möglich ist.	40 % ²⁶
L_06	Gülle-Lagunen: Abdeckung bestehender Anlagen und keine Baugenehmigung für Neuanlagen. ²⁷	ja	Eine Zwischenlösung zum alternativen Abbau der Lagune und dem Neubau von stabilen Behältern.	30–60 % (bezogen auf den Neubau, je nach Bauart)
L_07	Einhausung (dreiseitig) und Abdeckung bzw. Überdachung des Festmistlagers	ja	Abdeckung bei Geflügelmist üblich. Für Legehennen-Kot ist Überdachung Standard. Der Festmist anderer Tierarten sollte im Endlager zumindest mit Kompostvlies bedeckt sein.	bis 20 %*

²⁴ Siehe dazu Fußnote 28.

²⁵ Die gewählten 40 % entsprechen dem aktuellen Standard-Faktor für die Emissionsberechnung gemäß EMEP/EEA Guidebook 2013. Das Reduktionspotenzial gemäß KTBL beträgt 30–80 %, abhängig von den Rührintervallen zur Ausbringung (HBLFA Raumberg-Gumpenstein).

²⁶ Die gewählten 40 % entsprechen dem aktuellen Standard-Faktor für die Emissionsberechnung gemäß EMEP/EEA Guidebook 2013. KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) gibt etwas höhere Reduktionspotenziale an (HBLFA Raumberg-Gumpenstein).

²⁷ Siehe dazu Fußnote 22.

Code	Name der Maßnahme	Praxisreife (ja/nein)	Kosten-Nutzen-Überlegungen	Reduktionspotenzial (%)
A_01	Anwendung der Schleppschlauchtechnik	ja	Investitionskosten sollten sich auf größere Güllemengen verteilen; überbetrieblicher Anwendung optimal	30 %
A_02	Anwendung der Schleppschuhtechnik	ja	Wie A_01; Anwendung in stehenden Kulturen und Grünland	60 %
A_03	Schlitztechnik: offener Schlitz	ja	Hohe Investitionskosten. Durch geringere Breiten häufigere Überfahrten notwendig. Hangneigung und Bodenbeschaffenheit setzen Grenzen; erhöhte N ₂ O-Emissionen möglich.	70 %
A_04	Schlitztechnik: geschlossener Schlitz	ja	Wie A_03	bis 80 %
A_05	Rasches Einarbeiten von Wirtschaftsdünger	ja	Ideal wäre eine direkte Einarbeitung in einem Zug, dazu ist ein hoher Zugleistungsbedarf notwendig. Einarbeiten innerhalb von 4 Stunden ist die Standardanforderung laut BAT-Dokument 2014.	Gülle: 60–80 % sofortiges Einarbeiten 30 % innerhalb von 12 h durch Pflügen Festmist: 90–95 % sofortiges Einarbeiten durch Pflügen 50–70 % innerhalb von 12 h durch Pflügen
A_06	Erhöhung der Infiltrationsrate: Gülle-Verdünnung	ja	Transport des Verdünnungswasser verursacht Zusatzkosten; wirtschaftlich nur bei arrondierten Flächen; sonst ist verdünnte Gülle zu transportieren.	bis 30 %*
A_07	Erhöhung der Infiltrationsrate: Separation der Festsubstanzen	ja	Maßnahme mit hohem Reduktionspotenzial, noch unüblich und ev. künftig von Bedeutung. Mehrkostenschätzung (2,5–4,0 €/m ³)	bis 30 %*

Code	Name der Maßnahme	Praxisreife (ja/nein)	Kosten-Nutzen-Überlegungen	Reduktionspotenzial (%)
A_08	Erhöhung der Infiltrationsrate: Beregnung/Ausbringung von Wasser nach der Düngung	nein	Limitiert möglich, da die Beregnungsarten i.d.R. in Trockengebieten sind, wo wenig Tierhaltung ist.	bis 20 %*
A_09	Optimierung des Zeitpunktes der Gülleausbringung	ja	Standardanforderung	bis 80 %*
A_10	Verzögerte Freisetzung des Ammoniumanteils in der Gülle durch Zusatz von Hemmsubstanzen bei der Ausbringung und Einarbeitung		Maßnahme mit hohem Zukunftspotenzial. Für bestimmte Anbautechniken (z.B. Strip till) besonders anzustreben; Mehrkosten	k.A.
M_01	Langsam freisetzende Düngemittel: Harnstoffhemmsubstanzen bei Harnstoffdüngern	ja	Maßnahme mit hohem Zukunftspotenzial	70 % für festen, 40 % für flüssigen Harnstoff
M_02	Langsam freisetzende Düngemittel: polymerbeschichtetes Harnstoffgranulat bei Harnstoffdüngern	ja	Wie M_01	etwa 30 %
M_03	Langsam freisetzende Düngemittel: Ammonium-/Nitrathemmsubstanzen	ja	Wie M_01 Für bestimmte Anbautechniken (z. B. Strip till) besonders anzustreben; Mehrkosten	k. A.
M_04	Einarbeitung des Mineraldüngers in den Boden	ja	Standardmethode, im Eigeninteresse der Landwirte vorzusetzen	50–80 % (für harnstoffbasierte Mineraldünger)
M_05	Bewässerung direkt nach der Mineraldüngeranwendung	ja	Beregnung i.d.R. in Trockengebieten.	40–70 %
M_06	Umstellen von Harnstoff auf Ammoniumnitrat-Dünger	ja	Nur geringe Mehrkosten – im Eigeninteresse des Landwirts.	bis zu 90 %
M_07	Verstärkte Einbeziehung der Umweltbedingungen bei der Ausbringung.	ja	Standardverfahren laut Güter fachlicher Praxis	k. A.
WM_01	Wirtschaftsdüngerbehandlung: Kompostierung unter Zugabe von Feststoffen	ja	Kompostierung unter guten, kontrollierten Bedingungen optimal. Suboptimale Rotteverlauf kann Kosten und Emissionen verursachen.	k. A.
WM_02	Wirtschaftsdüngerbehandlung: Kontrollierter Denitrifikationsprozess in der Gülle	nein	Derzeit keine Option Wirtschaftsdünger mit Abwassertechnik zu behandeln; End of pipe Technik.	k. A.

Code	Name der Maßnahme	Praxisreife (ja/nein)	Kosten-Nutzen-Überlegungen	Reduktionspotenzial (%)
WM_03	Wirtschaftsdüngervergärung	ja	Optimale Emissionsreduktion wäre damit zu erreichen. Die Mehrkosten sind aber nur bei entsprechenden Einspeisetarifen für Erdgasersatz oder elektrischen Strom tragbar.	80 %*

F..... Fütterung
 ST Stall
 L..... Lagerung (Wirtschaftsdünger)
 A..... Ausbringung (Wirtschaftsdünger)
 M..... Mineraldünger
 WM.... Weitere Maßnahmen

RRinder
 SSchweine
 H.....Hühner

* Reduktionspotenziale basierend auf ExpertInnenschätzungen

Die Reduktionspotenziale wurden aus dem EMEP/EEA Guidebook 2013 (EEA 2013) entnommen, ergänzt um Angaben aus dem UNECE *Guidance Document for preventing and abating ammonia emissions from agricultural sources* sowie ExpertInnen-Schätzungen.

Zur Emissionsberechnung in nationalen Emissionsinventuren sind grundsätzlich die Methoden und Faktoren aus der aktuellsten Version des EMEP/EEA Handbuchs heranzuziehen (EEA 2013).

Davon abweichende nationale Modelle und Faktoren können für Inventurzwecke nur dann verwendet werden, wenn die Repräsentativität für Österreich im Rahmen spezifischer wissenschaftlicher Studien (basierend auf Messprogrammen) eindeutig nachgewiesen werden kann.

5 EMPFEHLUNGEN

Spezifische Betriebsformen dominieren die landwirtschaftliche Struktur vor Ort und damit auch die Emissionsintensität in den verschiedenen NUTS 3-Regionen. Zur besseren Übersichtlichkeit wird in diesem Kapitel eine Untergliederung nach den vier wesentlichen emissionsrelevanten Betriebs- und Tierhaltungsformen vorgenommen. Die bei Umsetzung der empfohlenen Maßnahmen erreichbaren Emissionspotenziale sind in Kapitel 6.2 zusammenfassend aufbereitet.

5.1 Rinderbereich

F Fütterung (Rinder)

F_R_01 Proteinreduzierte Fütterungsstrategien

Eine an die Milch- bzw. Fleischleistung angepasste Fütterung umfasst auch eine auf den Rohproteinbedarf (nXP-Bedarf) abgestimmte Futtermittelration. Grundsätzlich können zwar hohe Einzeltierleistungen zu geringeren Ammoniakemissionen pro produziertem Liter Milch führen – bezogen auf die Flächeneinheit können diese jedoch auch deutlich höher ausfallen. Nicht nur aus Gründen des Tierschutzes, dem Ziel der Erhaltung der Kulturlandschaft, der Verringerung von Flächenkonkurrenz (Lebensmittelproduktion bzw. Kraftfutter) sondern auch hinsichtlich der Emissionsintensität ist daher eine grundfutterbasierte Rinderhaltung zu präferieren.

ST Stall (Rinder)

ST_R_01 Verringerung der emittierenden Oberfläche in Rinderställen

Im Stall geht es im Wesentlichen darum, den Anteil an verschmutzter Oberfläche so gering wie möglich zu halten. Auf Spaltenböden wird eine laufende Spaltenreinigung empfohlen.

Auf planbefestigten Oberflächen werden der Einbau einer Jauchenrinne und ein Quergefälle von 3 % hin zu einer Jauchenrinne empfohlen. Es geht vor allem darum, einen möglichst raschen Harnabfluss zur gewährleisten. Die Emissionsraten steigen auf Harnoberflächen um das 4- bis 5-Fache im Vergleich zu einer ausschließlich mit Kot verschmutzten Oberfläche. Eine Erhöhung der Reinigungsintervalle von zweimal täglich auf vier bis zehnmal täglich verbessert ebenfalls das Abflussverhalten von Harn und ist auf vielen Betrieben eine einfach umzusetzende Maßnahme. An die jeweilige Oberfläche angepasste Räumtechnik und vor allem Räumleisten können die Sauberkeit und damit das Abfließverhalten von Harn auf den Laufflächen verbessern.

Das Rillenboden-System wird hier nicht als empfohlene Maßnahme angeführt.

ST_R_02 Dachdämmung und Kühlung von Stallungen

In Anbetracht des Klimawandels wird u. a. dem Stallklima für die Leistungsfähigkeit der Rinderhaltung ein hoher Einfluss zugeschrieben. Hohe Temperaturen führen bei der Milchviehhaltung zu abnehmender Leistung. Eine Wärmedämmung der Dachflächen und die Kühlung der Zuluft kann daher eine Reduktion der NH₃-Gesamtemission herbeiführen. Die Kosten für Wärmedämmung der Dachflächen sollte durch die Leistungssicherung aufgewogen werden. Die Kühlung der Zuluft wird derzeit in rinderhaltenden Betrieben aus Kostengründen nicht praktiziert, zumal sich das Reduktionspotenzial derzeit auf die Hitzeperioden konzentriert und damit voraussichtlich gering ist.

ST_R_03 Ausweitung der Weidehaltung von Rindern

Die Weidehaltung bietet grundsätzlich ein großes Reduktionspotenzial, ist aber nur in Mastbetrieben und wenigen Betrieben mit Milchviehhaltung umsetzbar. Die wesentlichen Hinderungsgründe liegen in der Flächenausstattung der Betriebe (arrundierte und weidetaugliche Flächen).

90 % der Mutterkühe werden während der Vegetationsperiode auf der Weide gehalten. Eine wesentliche Ausweitung der Weidehaltung, vor allem der Kurzrasenweidehaltung, dürfte aus Gründen fehlender geeigneter Flächen nur beschränkt möglich sein.

L Wirtschaftsdüngerlagerung (Rinder)

L_01 Bedeckung der Güllebehälter mittels natürlicher Schwimmdecke

Flüssige Rinder-Wirtschaftsdünger benötigen aufgrund der in der Regel starken Schwimmdeckenbildung grundsätzlich keine Abdecksysteme. Der Minderungsgrad der Emissionen ist allerdings dennoch sehr stark von der Homogenisierungshäufigkeit abhängig. Sollten häufig zeitlich unterschiedliche Ausbringtermine notwendig sein (mehr als viermaliges Aufrühren pro Jahr), wirkt auch in der Rinderhaltung eine Fixabdeckung im Vergleich zur Schwimmdecke deutlich emissionsmindernd.

L_02 Abdeckung der Güllebehälter mittels Deckel-, Dach- oder Zeltstruktur

Eine fixe Abdeckung kann bei Rindergülle nur eine kostspielige Betondecke oder ein Zeltdach sein. Schwimmkörper oder -folien sind für Rindergülle ungeeignet. Laut den ExpertInnen der FAT Tänikon (Schweiz) und des KTBL (Deutschland) kostet die Maßnahme mehr als sie an Emissions- und damit Stickstoffeinsparung für den einzelnen Betrieb bringt.

Ringkanal- und Slalomsysteme sollten nur noch in begründeten Einzelfällen genehmigungsfähig sein. Durch das periodische Rühren, meist 2- bis 4-mal pro Woche, kommt es zu hohen NH₃-Emissionen im Vergleich zu einer Außenlagerung mit natürlicher Schwimmdecke.

L_04 Plastikgüllebehälter

Die Lagerung von Gülle in Kunststoffbehältern ist eine für Österreich neue Methode der temporären Aufbewahrung von Gülle. In der warmen Jahreszeit ist jedoch mit einer Erwärmung der Gülle zu rechnen, was zu einer Freisetzung von Methan und Ammoniak führen kann.

L_06 Gülle-Lagunen: Abdeckung bestehender Anlagen und keine Baugenehmigung für Neuanlagen.

Die Genehmigung von neuen Gülle-Lagunen ist aufgrund umweltpolitischer Überlegungen hintanzuhalten. Die Lebensdauer der Bauwerke ist mit der Funktionsgarantie der Folien auf ca. 15 Jahre begrenzt. Die Beschädigung der Abdichtungen ist möglich, Leckagen sind schwer erkennbar und es besteht aus Luftreinhaltesicht ein äußerst ungünstiges Verhältnis von Volumen zu Oberfläche der Gülle.

Existierende Gülle-Lagunen sollten verpflichtend abgedeckt werden. Da es derzeit für die Abdeckung von Gülle-Lagunen praktisch nur die Möglichkeit mit Strohhäcksel, Schwimmkörper oder Pergülit mit unsicherem Reduktionseffekt gibt, soll mittelfristig der Umstieg auf andere Behälterformen umgesetzt werden (Umbau).

L_07 Einhausung (dreiseitig) und Abdeckung bzw. Überdachung des Festmistlagers

Die Lagerung von festem Wirtschaftsdünger sollte auf dreiseitig umwandeten, betonierten Lagerflächen mit einer entsprechenden Sickersaftableitung erfolgen. Mit einer Umrandung kann einerseits ein günstigeres Oberflächen-/Volumenverhältnis erzielt werden und andererseits auch die luftumströmte Mistoberfläche und damit die Emissionsraten verringert werden. Im Falle einer Feldmietenlagerung sollte die Miete mit Kompostvlies abgedeckt werden. Damit kann der Luftaustausch an der Mistoberfläche stark gebremst werden und eine gleichmäßigere Verrottung stattfinden.

A Wirtschaftsdüngerausbringung (Rinder)

A_01 und A_02 Bodennahe Gülleausbringung – Schleppschlauch und Schleppschuh

Technisch können die flüssigen Wirtschaftsdünger zur Reduktion von Ammoniakemissionen mit einem Schleppschlauch- oder einem Schleppschuhverteiler ausgebracht werden. Im Vergleich zum einfachen Breitverteiler steigen aber die Ausbringungskosten um rund 1 € pro Kubikmeter ausgebrachtem Wirtschaftsdünger an. Ein Nachteil dieser Technik liegt in der Notwendigkeit, nur trockenmassearme Gülle und Gülle mit einem geringen Langstrohanteil verwenden zu können. Der großtechnische Einsatz auf den oft kleinteiligen und steilen Flächenstücken ist umständlicher und zeitlich aufwändiger. Ab einer Hangneigung von 25 % ist aufgrund kleinerer Fassgrößen mit geringeren Arbeitsbreiten oder Verschlauchung in Kombination mit Schleppschlauchverteilern mit einem Mehraufwand von 2–5 €/m³ zu kalkulieren.

A_05 Rasches Einarbeiten von Wirtschaftsdünger

Festmist und Flüssigmist lassen sich grundsätzlich vor dem Anbau gut einarbeiten. Die Ausbringung von Gülle mit direkter Einarbeitung (z. B. im Zusammenhang mit dem Stoppelsturz) ist zu bevorzugen. Für die direkte Einarbeitung braucht es allerdings ein Spezialgerät und entsprechende Arbeitswerkzeuge (Grubber) mit genügend Motorleistung.

Das rasche Einarbeiten von Gülle und Mist (innerhalb von 4 Stunden nach der Ausbringung) in den Boden ist eine effektive Maßnahme, um Ammoniakemissionen zu reduzieren. Die Anwendbarkeit dieser Technik ist aber auf das Ackerland begrenzt.

A_06 bis A_10 Maßnahmen zur Erhöhung der Infiltrationsrate

Die flüssigen Wirtschaftsdünger (Harn und Gülle) sind grundsätzlich mit einer Verteiltechnik mit hoher Verteilgenauigkeit auszubringen. Vor allem bei Breitverteilern ist auf optimale Managementfaktoren zu achten.

Wesentliche Managementfaktoren sind:

- Kühle Witterung (< 20 °C) wenigstens fünf Stunden nach der Ausbringung,
- feuchte Witterung – ideal bei leichtem Regen,
- Bodenfeuchtegehalt: wenn der Boden aufnahmefähig ist (nicht wassergesättigt, aber auch nicht zu trocken),
- tageszeitliche Einschränkung: Sollte keine der vorher genannten Managementmaßnahmen zur Verfügung stehen, ist flüssiger Wirtschaftsdünger am späten Nachmittag bis in die Abendstunden auszubringen – während der feucht-kühlen Nacht geht weniger Ammoniak-N verloren.
- Gülleverdünnung: die Gülle sollte nach Möglichkeit 1:1 mit Regenwasser (pH-Wert rd. 5,5) verdünnt werden. Auf arrondierten Betrieben ist diese Maßnahme direkt zu fordern. Auf Betrieben mit großen Feld-Hof-Entfernungen ist aber mit erhöhten Transportkosten zu rechnen.

WM Weitere Maßnahmen (Rinder)

WM_01 Wirtschaftsdüngerbehandlung: Kompostierung unter Zugabe von Feststoffen

Durch die Kompostierung von Festmist, sowie in Ausnahmefällen von Gülle, wird der anfallende Wirtschaftsdünger behandelt und in eine organisch stabilere Kompostform überführt. Dabei sind maschinelle Misch- und Lockerungsdurchgänge, Belüftung und Siebung vorzusehen. Eine gesicherte Emissionsreduktion wird nur in geschlossenen Anlagen erreicht – in der offenen Kompostierung sind die NH₃-Emissionsverhältnisse unsicher und eventuell sogar erhöht. Eine Abdeckung der Wirtschaftsdüngerkomposte fördert einerseits die Rotte und andererseits hilft es auch, die NH₃-Emissionsneigung zu reduzieren.

WM_03 Wirtschaftsdüngervergärung

Durch die Vergärung von Wirtschaftsdüngern wird die Emission von Schadgasen bei der Lagerung vermieden. Die damit gewonnene Energie in Form von Methangas/Biogas deckt zum Teil die Mehrkosten, die bei der Vergärung entstehen. Abhängig von den Energiepreisen werden die Mehrkosten evtl. über ei-

nen höheren Strom-Einspeisetarife (~25 ct je kWh) ausgeglichen. Voraussetzungen zur Reduktion von NH₃-Emissionen sind die abgedeckte Lagerung des Gärrestes sowie die bodennahe Ausbringung. Andernfalls ist durch den hohen Ammoniumgehalt insbesondere bei der Ausbringung mit hohen NH₃-Emissionen zu rechnen.

5.2 Schweinebereich

F Fütterung (Schweine)

F_S_01 Proteinreduzierte Fütterungsstrategien/Phasenfütterung

Es ist zwischen stickstoffreduzierter Fütterung und Phasenfütterung zu unterscheiden, wobei beide auch additiv angewendet werden könnten.

1. **Stickstoffreduzierte Fütterung** sieht die Verwendung von geprüften Ersatzkomponenten (z. B. Aminosäuren) vor. Damit wird einerseits die Proteinverdaulichkeit in der Ration erhöht und andererseits der Rohproteingehalt insgesamt reduziert.
2. Bei der **Phasenfütterung** wird, abhängig von den Entwicklungs- und Altersphasen der Tiere, in Summe eine Proteingehalt-Reduktion erreicht.

Während stickstoffreduzierte Fütterung ohne besondere bauliche Voraussetzungen, allerdings mit höheren variablen Futterkosten eingesetzt werden kann, ist die Phasenfütterung nur durchführbar, wenn die Fütterungsanlage eine gruppenspezifische Einstellung des Futters zulässt. Aufgrund der Einsparung an Futtermitteln rechnet sich diese Investition bei Großanlagen. Futterzusatzstoffe können abhängig von ihren Kosten rentabel sein. Die Emissionsreduktionen sind in beiden Fällen beachtlich und können kombiniert eingesetzt noch erhöht werden.

ST Stall (Schweine)

ST_S_01 Verringerung der emittierenden Oberfläche durch Schrägboden

Das Entmistungssystem ermöglicht die rasche Abführung von Gülle und Mist aus dem Stall.

Damit sich die Mehrkosten in Grenzen halten, werden die notwendigen baulichen Maßnahmen i.d.R. im Neubaufall umgesetzt. Die NH₃-Emissionen sind im Vergleich zur Standardsituation dann aber merklich verringert.

Vakuumsysteme sind in Österreich nicht in Gebrauch und werden wegen des hohen technischen Aufwandes nicht empfohlen.

ST_S_02 Teilspaltenbodensystem mit verkleinertem Güllekeller

Die Verringerung der Spaltenbereiche und die damit einhergehend kleinere Güllekeller-Fläche sind im Neubaufall ohne größere Kosten realisierbar. Die Emissionsreduktion ist beachtlich, jedoch ist dieser Effekt nur bei entsprechend regelbarem Stallklima möglich. Eine Zuluftkühlung bzw. Abkühlung der Tiere ohne zusätzlichen Luftdurchsatz sollte möglich sein. Die dafür notwendigen Mehrkosten äußern sich in etwas höheren Investitionskosten und etwas geringeren Betriebskosten, die jedoch langfristig rentabel sind.

ST_S_06 Schräge Wannenkonstruktion für säugende Schweine

Diese Konstruktion wird bei Neu- und Umbau des Stalls für Abferkelungsabteile und Ferkelaufzuchtbuchten empfohlen.

ST_S_08 Behandlung der Abluft²⁸

Diese Maßnahme ist für Großbetriebe geeignet. Die Behandlung von Abluft aus dem Stall erfolgt durch biologische und chemische Wäscher, die bei größeren Tierbeständen und in klimatisierten Ställen (auch im Hinblick auf den Klimawandel) als etablierte Technik eingesetzt werden. Die Investitionskosten sind beachtlich, ebenso die Betriebskosten. Der Vorteil ist jedoch, dass diese Maßnahme einen kontrollierten Immissionsschutz in problematischen Lagen und dicht verbauten Gebieten ermöglicht. Die erzielbare NH₃-Emissionsreduktion ist beachtlich.

L Wirtschaftsdüngerlagerung (Schweine)

Die Abdeckung von Güllelagern kann die Stickstoffverluste durch Ammoniakemissionen effektiv mindern. Dies gilt insbesondere für Schweinegülle, die keine natürliche Schwimmdecke ausbildet (DÖHLER et al. 2011).

L_02 Abdeckung der Güllebehälter mittels Deckel-, Dach- oder Zeltstruktur

Die Güllelagerabdeckung von Schweinegülle ist bei kostengünstigen Abdeckungssystemen grundsätzlich eine „kostenneutrale“ Investition²⁹. Als „kostenneutral“ werden die Investitionen dann bezeichnet, wenn die Stickstoffeinsparungen (1,0 €/kg NH₃-N) die einmaligen Mehrkosten für die Abdeckung ausgleichen. Betondeckel und Zeltdächer sind dabei die teuerste Abdeckmaßnahme. Betondecken sind betriebswirtschaftlich dann sinnvoll, wenn die Güllelagerdecke gleichzeitig auch als Verkehrs- bzw. Lagerplatz (z. B. für Festmist, Auslaufläche, ...) genutzt werden kann. Bei großen Spannweiten (15 m und mehr) werden die statischen Anforderungen und damit die Baukosten deutlich höher. Zeltdächer sind nur bei größeren Einheiten (ab ca. 3.000 m³) „kostenneutral“.

²⁸ Abluftbehandlung ist als Stand der Technik im aktuellen BAT-Dokument als eine Minderungsmaßnahme enthalten (Dezember 2014). Nach Auffassung des Umweltbundesamtes ist in der zur Umsetzung der IE-RL erlassenen GewO BGBl. I 125/2013 § 71a, 77a der Stand der Technik („besten verfügbaren Technik“, BVT) dem BAT-Standard eindeutig gleichgesetzt. Nach Einschätzung der HBLFA Raumberg-Gumpenstein ist in Österreich die Abluftbehandlung nicht Stand der Technik.

²⁹ Die Investition amortisiert sich, da die erhöhte Effizienz der Wirtschaftsdünger-Kette zu einer dauerhaften Kosteneinsparung beim Mineraldünger-Aufwand führt.

L_03 Bedeckung der Güllebehälter mit einer Schwimmschicht (z. B. Strohhäcksel)

Die Güllelagerabdeckung mittels extra eingebrachten Strohhäcksel ist eine kostengünstige Maßnahme zur Reduktion der Ammoniakemissionen, insbesondere dann, wenn das Stroh und die Häckseltechnik am Betrieb zur Verfügung stehen. Allerdings werden damit einige Unsicherheiten und Nachteile in das Güllesystem eingebracht: Die Schwimmeigenschaft der Strohschicht ist von der Häcksellänge des Strohs abhängig. Wird eine bestimmte Länge unterschritten oder im Fall hoher Niederschläge kann die Schicht vernässen und damit endgültig versinken. Durch Rühren und die Manipulation der Gülle kommt es zu einem Verlust der Strohschicht durch Abtauchen. Wird Strohhäcksel auf großen Oberflächen eingesetzt – etwa auf Gülle-Lagunen – führt die Belastung durch Wind zu einem Aufreißen und Untertauchen der Schicht. Es ist generell auch mit Manipulationsstörungen bei der Entleerung der Behälter bzw. bei der Ausbringung der Gülle durch Strohbeimengungen zu rechnen. Des Weiteren begünstigt Stroh die Entwicklung von Methanemissionen.

Die praktische Anwendung einer Strohschicht als Emissionsreduktionsmaßnahme scheint daher mit erheblichen Nachteilen verbunden und die Umsetzung einer NH_3 -Reduktion ist nicht gesichert.

L_04 Plastikgüllebehälter

Details sind im Kapitel 5.1 bei der entsprechenden Maßnahme angeführt.

L_05 Leichtgutschüttungen (Pergülit und Leca)

Pergülit ist derzeit nur in einer Transportentfernung von 400 km vom Werk erhältlich. Für Österreich liegen bis dato noch keine verlässlichen Angebote vor. Schwimmkörper (Hexa Cover) stellen eine einfache und effiziente Maßnahme zur Güllelagerabdeckung dar.

Von Leichtgutschüttungen aus Leca wird aus heutiger Sicht abgeraten. In einem Praxisbeispiel (Biogasgülle) in Österreich sanken die Leca-Kugeln innerhalb eines halben Jahres ab.

L_06 Gülle-Lagunen: Abdeckung bestehender Anlagen und keine Baugenehmigung für Neuanlagen.

Details sind im Kapitel 5.1 bei der entsprechenden Maßnahme angeführt.

L_07 Einhausung (dreiseitig) und Abdeckung bzw. Überdachung des Festmistlagers

Details sind im Kapitel 5.1 bei der entsprechenden Maßnahme angeführt.

A Wirtschaftsdüngerausbringung (Schweine)

A_01 Anwendung der Schleppschlauchtechnik

Im Bereich des Ackerbaus ist der Einsatz des Schleppschlauchverteilers sowohl vor dem Anbau als auch für die Bestandsdüngung gut einsetzbar. Besonders zu berücksichtigen gilt es, die Fahrgassengestaltung an die Arbeitsbreite richtig anzupassen. Wesentliche Hinderungsgründe für den Einsatz der Schleppschlauchtechnik in der Praxis stellen die Flurstückformen (unsymmetrisch), -lage (sehr ungünstige innere Verkehrslage), -größen (viele kleinteilige Flurstücke) und die damit verbundenen Ausbringmengen (max. 40 m³ Gülle/ha³⁰) dar. Weitere Details sind im Kapitel 5.1 Rinder – Ausbringung (Wirtschaftsdünger) angeführt.

A_03 und A_04 Schlitztechnik: offener und geschlossener Schlitz

Die Schlitztechnik bei der Gülleausbringung ist nur dann zweckmäßig, wenn deutlich vor dem Anbau im Ackerland gedüngt wird ohne anschließende Einarbeitung oder auch wenn in stehenden Kulturen gedüngt wird. Wichtig ist, dass die Schlitztiefe gering genug gehalten wird (max. 10 cm), um die Gülle nicht in die Zone mit Luftabschluss zu bringen (Lachgasbildung!). Hinderungsgründe für die Schlitztechnik sind die Anforderungen an die Güllekonsistenz (geringer TM-Gehalt, geringer Strohanteil und keine Fremdkörper) und die teure Ausbringtechnik (→ überbetriebliche Verfügbarkeit). Des Weiteren sind die topografischen Verhältnisse zu berücksichtigen (innere und äußere Verkehrslage, Flurstückformen und Feldstückgrößen, Hangneigungen).

A_05 Rasches Einarbeiten von Wirtschaftsdünger (innerhalb von 4 h)

Details sind im Kapitel 5.1 Rinder – Ausbringung (Wirtschaftsdünger) angeführt.

A_06 bis A_10 Maßnahmen zur Erhöhung der Infiltrationsrate

Details sind im Kapitel 5.1 Rinder – Ausbringung (Wirtschaftsdünger) angeführt.

WM Weitere Maßnahmen (Schweine)

WM_01 Wirtschaftsdüngerbehandlung: Kompostierung unter Zugabe von Feststoffen

Details sind im Kapitel 5.1 Rinder – Weitere Maßnahmen angeführt.

WM_03 Wirtschaftsdüngervergärung

Details sind im Kapitel 5.1 Rinder – Weitere Maßnahmen angeführt.

³⁰ Die Ausbringmenge ist vom Stickstoffgehalt der Gülle abhängig, jedenfalls ist ein Limit von 170 kg N/ha aus Wirtschaftsdüngern zu beachten.

5.3 Geflügelbereich

F Fütterung (Geflügel)

F_G_01 Proteinreduzierte Fütterungsstrategien/Phasenfütterung

Es ist zwischen stickstoffreduzierter Fütterung und Phasenfütterung zu unterscheiden, wobei beide auch additiv angewendet werden könnten.

1. Stickstoffreduzierte Fütterung sieht die Absenkung der Eiweißkomponenten bzw. den Einsatz von Ersatzkomponenten vor. Damit kann einerseits die Proteinverdaulichkeit in der Ration erhöht und andererseits der Rohprotein-gehalt insgesamt reduziert werden.
2. Bei der Phasenfütterung wird abhängig von den Entwicklungs- und Leistungsphasen der Tiere in Summe eine Proteingehalt-Reduktion erreicht.

Während stickstoffreduzierte Fütterung ohne besondere bauliche Voraussetzungen, allerdings mit höheren variablen Futterkosten eingesetzt werden kann, ist Phasenfütterung nur durchführbar, wenn die Fütterungsanlage eine gruppenspezifische Einstellung des Futters zulässt. Diese Maßnahme hat in der Geflügelhaltung eine geringere Bedeutung als in der Schweinehaltung. Die Investition rechnet sich aufgrund der Einsparung an Futtermitteln. Futterzusatzstoffe können abhängig von ihren Kosten rentabel sein. Die Emissionsreduktionen sind in beiden Fällen beachtlich und können kombiniert noch erhöht werden.

ST Stall (Geflügel)

ST_H_01 Trocknen des Hühnermists aus Käfigen und Volieren

Hühnerkot hat einen hohen Wassergehalt und hohes Ammoniakpotenzial. Bei dieser Maßnahme wird innerhalb des Stalles eine Kotablage (evtl. Bunker) geschaffen, in der mittels Belüftung der Kot getrocknet wird.

ST_H_02 Sammeln, Trocknen und anschließender Abtransport von Hühnermist mittels Transportband sowie trockene Lagerung außerhalb des Stalles

Der Kot wird bereits am Förderband rasch getrocknet. Dadurch werden die NH₃-Emissionen zwar kurzfristig erhöht, jedoch kann der Mist in einen trockenen, emissionsarmen und stabilen Zustand überführt werden. Der Unterschied zu Maßnahme ST_H_01 ist, dass der Mist hier in regelmäßigen Abständen aus dem Stall befördert und außerhalb gelagert wird. Die Emissionsreduktion ist in Summe beachtlich und die Mehrkosten sind durch einmalige Investitionen gedeckt.

ST_H_03 Behandlung der Abluft³¹

Geeignet für Großbetriebe. Die Behandlung von Abluft aus dem Stall erfolgt durch biologische und chemische Wäscher, die bei größeren Tierbeständen und in klimatisierten Ställen (auch im Hinblick auf den Klimawandel) als etablier-

³¹ Siehe Fußnote 28.

te Technik eingesetzt werden soll. Die Investitionskosten sind beachtlich, ebenso die Betriebskosten. Der Vorteil ist jedoch, dass sie einen kontrollierten Immissionschutz in problematischen Lagen und dicht verbauten Gebieten bietet. Die erzielbare NH_3 -Emissionsreduktion ist beachtlich.

L Wirtschaftsdüngerlagerung (Geflügel)

L_07 Einhausung (dreiseitig) und Abdeckung bzw. Überdachung des Festmistlagers

Reiner Geflügelkot ist unbedingt unter Dach zu lagern. Erfolgt eine Außenlagerung, so sollte Mastgeflügelmist (Kot- und Einstreugemisch) zumindest mit einem dichten Kompostvlies abgedeckt werden, um vor übermäßiger Vernässung und biologischer Umsetzung geschützt zu sein. Wird Geflügelmist verflüssigt, gelten dieselben Maßnahmen wie für Schweinegülle.

A Wirtschaftsdüngerausbringung (Geflügel)

A_03 und 04 Schlitztechnik: offener und geschlossener Schlitz

Bei der verflüssigten Ausbringung von Geflügelmist wird aufgrund der extremen Geruchsbelastung und der hohen NH_3 -Emissionen die Durchführung mit Schlitztechnik dringend empfohlen.

A_05 Rasches Einarbeiten von Wirtschaftsdünger (innerhalb von 4 h)

Da Geflügelmist deutlich geruchsintensiver ist als Rinder- oder auch Schweinemist, ist eine direkte Einarbeitung in jedem Fall empfehlenswert (nur auf Ackerflächen möglich). Auch wenn es sich bei der Ausbringung um den geruchsarmen Trockenkot handeln sollte, entwickelt dieser bei der folgenden Wiederbefeuchtung starke Geruchs- und damit auch Ammoniakemissionen.

WM Weitere Maßnahmen (Geflügel)

WM_01 Wirtschaftsdüngerbehandlung: Kompostierung unter Zugabe von Feststoffen

Durch die Kompostierung von Festmist und in Ausnahmefällen von Hühnermistgülle wird der anfallende Wirtschaftsdünger behandelt und in eine organisch stabilere Kompostform überführt. Dabei sind maschinelle Misch- und Lockerungsdurchgänge, Belüftung und Siebung vorzusehen. Der hohe Wassergehalt von Hühnergülle gefährdet die Kompostierungsprozesse; es ist daher ein sehr hoher Anteil an organischen Zuschlagstoffen erforderlich. Die Kosten für die Kompostierung sind verglichen mit der Nichtbehandlung beachtlich. Eine Emissionsreduktion wird nur in geschlossenen Anlagen sicher erreicht. In der offenen Kompostierung sind – insbesondere bei Hühnermist – die NH_3 -Emissionsverhältnisse unsicher und evtl. tendenziell besonders erhöht.

WM_03 Wirtschaftsdüngervergärung

Details sind im Kapitel 5.1 Rinder – Weitere Maßnahmen angeführt.

5.4 Ackerbaubetriebe

M_01 Langsam freisetzende Düngemittel: Harnstoffhemmsubstanzen

Harnstoffhemmsubstanzen verzögern die Umwandlung von Harnstoff zu Ammoniumkarbonat durch eine gehemmte Tätigkeit des Harnstoffenzym Urease.

Die Verwendung von Hemmsubstanzen für die Harnstoffanwendung kann für bestimmte Kulturen zweckmäßig sein. Weitere Praxiserfahrung ist aber notwendig. Eine Bedeutung könnte diese Maßnahme künftig bei der speziellen Bodenbearbeitung Strip till erlangen. Bei dieser Art der Bodenbearbeitung werden nur Streifen des Ackerbodens mit einem Werkzeug (z. B. Zinke, Fräse) durchwühlt und die dazwischen liegenden Streifen unbearbeitet mit einer Bodenbedeckung belassen. In diesen Bearbeitungstreifen können bereits im Herbst Düngemittel einbracht werden. Beim späteren Anbau der Ackerkulturen werden diese mittels vorangegangener globaler Verortung (GPS) auf dem Fahrzeug in diese Streifen eingebracht. Der Vorteil liegt vor allem in der geringeren Überfahrfähigkeit, der ungebrochenen Bodenbedeckung und der geschützten Ablage von Gülle in tiefere Schichten des Bodens. Nachteile liegen in der potenziell höheren Auswaschbarkeit der Nährstoffe, evtl. höherer Lachgasentstehung und der Notwendigkeit von Spezialwerkzeugen wie z. B. der GPS-Bestückung der Traktoren.

M_02 Langsam freisetzende Düngemittel: polymerbeschichtetes Harnstoffgranulat

Die Verwendung von polymerbeschichtetem Granulat von Harnstoffdüngern ist in Österreich bisher kaum bekannt; Praxiserfahrung ist notwendig. Eine Bedeutung könnte diese Maßnahme künftig bei der speziellen Bodenbearbeitung Strip till erlangen.

M_03 Langsam freisetzende Düngemittel: Ammonium/ Nitrathemmsubstanzen

Die Verwendung von Hemmstoffen in der häufigsten Mineraldüngerform ist in Österreich bekannt, Bedeutung erlangte sie bisher jedoch noch nicht. Die verzögerte Wirkung der Düngemittel dürfte eine Unsicherheit hervorrufen, sodass vermehrt Versuche in der Praxis erforderlich sind. Eine höhere Bedeutung könnten diese künftig bei der speziellen Bodenbearbeitung Strip till erlangen. Wird die Effektivität der Düngung durch die Anwendung von Hemmstoffen erhöht, sind die Mehrkosten für die Hemmstoffe damit wahrscheinlich kompensiert.

M_04 Einarbeitung des Mineraldüngers in den Boden

Die Einarbeitung der Mineraldünger sollte der Standardvorgang sein (abgesehen von Nitratdüngern, die nur geringe Verluste durch Nichteinarbeiten erleiden). Im Zuge des Anbaus sind die Gerätegänge zumeist so abgestimmt, dass eine Einmischung des Mineraldüngers sichergestellt ist.

Bei Kulturen, in denen Kopfdünger gegeben werden, ist die Einarbeitung u. U. nicht möglich (Getreide). Hier schützt nur ein hoher Pflanzenbestand vor übermäßigen NH_3 -Emissionen.

M_05 Bewässerung direkt nach der Mineraldüngeranwendung

Die Bewässerung direkt nach einer Mineraldüngergabe ist nur in speziellen Fällen bei vorhandener Bewässerungsanlage gegeben. Eine ausschließlich zur Einarbeitung der Düngung durchgeführte Bewässerung scheint jedoch zu teuer, sodass eher im Zuge der Wasserversorgung die vorgehende Düngung mitbearbeitet werden wird.

M_06 Umstellen von harnstoffbasierten Düngemitteln auf Ammoniumnitrat-Dünger

Die Vermeidung von Harnstoffdüngern ist aus umweltpolitischer Sicht anzustreben. Durch die geringeren NH_3 -Verluste sind beim Ammoniumnitrat-Dünger geringere Düngemengen notwendig. Die erhöhte Effizienz vermindert somit auch den Kostenvorteil der günstigeren Harnstoffdünger (in Abhängigkeit von den Harnstoff/NAC-Düngerpreisen).

M_07 Verstärkte Einbeziehung der Umweltbedingungen bei der Ausbringung

Die Berücksichtigung der Umweltbedingungen bei der Düngung wird als Standardverhalten vorausgesetzt³². Besondere Verhältnisse sind stets neu zu bewerten. Die Ausbringung bei ungünstigen Boden- und Wetterbedingungen führt zu erhöhten gasförmigen Verlusten und sollte vermieden werden.

Ungünstige Bodenbedingungen sind:

- Hoher pH-Wert,
- geringe Pufferkapazität und geringes Absorptionsvermögen (geringer Tongehalt und geringe organische Substanz),
- geringe Bodenfeuchte,
- Auflage von organischen Reststoffen – reduzierte Bodenbearbeitung,
- Grünland.

Ungünstige Wetterbedingungen sind:

- Hohe Temperaturen und starker Wind,
- hohe Wasserverdunstungsraten,
- Trockenheit nach der Düngergabe.

Große Trockenheit und die Anwendung von z. B. Harnstoffdüngern erhöhen die NH_3 -Emissionen unverhältnismäßig. Ebenso ist die reduzierte Bodenbearbeitung mit speziellen Düngemaßnahmen zu verbinden, um den Mineraldünger so nahe wie möglich an die Kulturpflanze heranzuführen (Strip till und Streifendüngung kombiniert). In der Regel treffen das Interesse an gesicherten Erträgen und die Verminderung von NH_3 -Emissionen zusammen, sodass damit der Mehraufwand kompensiert werden kann.

³² Die Summe aller angeführten Kriterien sind in den Code of Good Agricultural Practice gefordert in der EU Gemeinsamen Agrarpolitik enthalten. Beispielsweise etwa im DEFRA (2009) für die Landwirte in Großbritannien zusammengefasst. Für Österreich sind diese in der guten landwirtschaftlichen Praxis, der Richtlinie zur sachgerechten Düngung 2005 bzw. im Aktionsprogramm 2012 zur Nitratrichtlinie enthalten.

6 REGIONALE AUSWERTUNGEN

6.1 Aktuelle Emissionen

Für die Analysen im Rahmen dieses Projekts wurden die nationalen Ammoniakemissionen auf Ebene der NUTS 3-Regionen ausgewertet. Dazu wurden die Emissionsdaten der nationalen Emissionsberichterstattung des Umweltbundesamtes mit regionalen Daten aus der Agrarstrukturerhebung 2010, des Grünen Berichts 2008 sowie der Arbeiten nach OECD³³-Stickstoffbilanzmethodik (EUROSTAT 2010) verknüpft.

6.1.1 Regionalisierungsmethodik

Bei der Auswertung wurde auf Konformität zu nationalen Statistiken und Berichten (z. B. Allgemeine Viehzählung, Mineraldüngereinsatz, OECD-Bilanz) sowie zu den Methoden der internationalen Berichtspflichten geachtet. Die Ergebnisse sind zudem mit den Daten der Bundesländer Luftschadstoff-Inventur (BLI), einem Kooperationsprojekt der Bundesländer mit dem Umweltbundesamt, konsistent (UMWELTBUNDESAMT 2013b).

Bei der Disaggregation der nationalen Emissionsdaten auf Ebene der NUTS 3-Regionen wurden folgende Emissionsquellen berücksichtigt:

- Wirtschaftsdüngermanagement: Emissionen aus Stall, Lagerung und bei der Ausbringung von Wirtschaftsdünger.
- Landwirtschaftliche Böden:
 - Emissionen aus der Weidehaltung,
 - Emissionen aus der Mineraldüngeranwendung.

Mit diesen Emissionsquellen sind die Emissionen vom Sektor Landwirtschaft nahezu vollständig erfasst. Die Emissionen aus Klärschlammasausbringung, N-Fixierung bei Leguminosen und offener Verbrennung am Feld wurden aufgrund ihrer geringen Relevanz für dieses Projekt nicht ausgewertet und sind somit nicht in den Analysen enthalten. Der Summenwert der hier ausgewiesenen Ammoniakemissionen entspricht folglich nicht der Gesamtmenge des Sektors Landwirtschaft gemäß österreichischer Luftschadstoff-Inventur.

Als Datengrundlage zur Regionalisierung auf die Ebene der NUTS 3-Regionen dienten die Emissionsdaten des Jahres 2010, entnommen aus der Bundesländer-Luftschadstoff-Inventur (BLI) 1990–2011.

Folgende Zuordnungsparameter wurden in den einzelnen Emissionskategorien verwendet:

- **Wirtschaftsdüngeranfall und -anwendung**

Großvieheinheiten (GVE nach ÖPUL³⁴-Umrechnungsschlüssel) je Tierkategorie auf Grundlage von Daten der Agrarstrukturerhebung, Sonderauswertung nach NUTS 3-Regionen 2008 (EUROSTAT 2010).

**berücksichtigte
Emissionsquellen**

Datengrundlage

³³ OECD Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, Paris

³⁴ ÖPUL – Österreichisches Programm für umweltgerechte Landwirtschaft

- **Mineraldüngeranwendung**

Als Regionalisierungsparameter wurde das arithmetische Mittel der für die Jahre 2003, 2005 und 2007 auf Ebene der NUTS 3-Regionen berechneten Mineraldüngereinsätze herangezogen.

Die NUTS 3-Mineraldüngermengen wurden wie folgt ermittelt:

Ausgangsbasis ist der Nährstoffbedarf, welcher anhand von NUTS 3-Bodennutzungsdaten und des unterstellten durchschnittlichen Ertragsniveaus ermittelt wurde (EUROSTAT 2010).

Zur Deckung des Nährstoffbedarfes wurde in der Bilanzierung zuerst die anfallende Wirtschaftsdüngeremenge bzw. die N-Fixierung durch Leguminosen herangezogen. Das verbleibende Nährstoff-Defizit wurde mit Mineraldünger gedeckt, wobei keine Wirksamkeitsabschläge für die Nährstoffmengen aus dem Wirtschaftsdünger berücksichtigt wurden.

Da aber aus Gründen der Konformität zu den nationalen Statistiken die ermittelte Mineraldüngermenge den offiziellen Düngemittelabsatz lt. Grünem Bericht nicht überschreiten sollte, erfolgte ein Abgleich mit der offiziellen Düngemittelstatistik. Dieser Abgleich ergab für einige Gebiete eine unvollständige Deckung des Bedarfes, für andere eine leichte N-Überdeckung. Die resultierenden Nährstoffdefizite wurden gleichmäßig aufgeteilt.

- **Weidegang**

Flächen (in ha) an Almen, Hutweiden und Kulturweiden pro NUTS 3-Region gemäß Sonderauswertung Agrarstrukturerhebung im Rahmen von EUROSTAT (2010).

Als Regionalisierungsparameter wurde das arithmetische Mittel der vorliegenden Jahreswerte 2003, 2005 und 2007 verwendet.

6.1.2 Auswertung und Darstellung

Die einzelnen NUTS 3-Regionen unterscheiden sich neben ihrer spezifischen landwirtschaftlichen Struktur auch in ihrer Flächenausdehnung teilweise beachtlich. Bei alleiniger Betrachtung der absoluten Emissionsmenge kann dies aber zu einer missverständlichen Interpretation der Ergebnisse führen, da die Emissionsmengen mit der Größe der Region ansteigen. Die Höhe der Gesamtemissionen je Region bietet somit nur wenig Hinweise auf die Belastung vor Ort. Ein Vergleich zwischen den Regionen ist daher mit dieser Auswertung nur bedingt möglich.

Berechnung von Emissions- intensitäten

Um ein objektiveres Bild, auch in Hinblick auf potenzielle Maßnahmen, zu erreichen, erfolgt die Darstellung und Analyse anhand von Emissionsintensitäten. Diese werden durch Division der absoluten Emissionsmenge pro NUTS 3-Region mit der Gesamtfläche pro NUTS 3-Region berechnet. Das Ergebnis ($\text{kg NH}_3/\text{km}^2_{\text{NUTS 3-Region}}$) erlaubt einen Rückschluss auf die durchschnittliche Emissionswirksamkeit (Luftbelastung) der landwirtschaftlichen Aktivitäten vor Ort, wodurch auch ein Vergleich zwischen den Regionen möglich ist.

6.1.3 Ergebnisse

Die Kapitel 6.1.3.1 bis 6.1.3.3 beinhalten regionale Auswertungen für die Kategorien Wirtschaftsdüngermanagement, Weidehaltung und Mineraldüngeranwendung. In Kapitel 6.1.3.4 erfolgt eine zusammenfassende Darstellung der Ammoniakemissionen auf Ebene der NUTS 3-Regionen.

6.1.3.1 Wirtschaftsdüngermanagement

Die Exkremate aus der Viehhaltung stellen die bedeutendste Emissionsquelle für Ammoniak dar. Rund 91 % der im Rahmen dieses Projekts analysierten Emissionsmenge stammen aus der Wirtschaftsdüngerhandhabung in Stall und Lager sowie bei der Ausbringung.

Die Regionen mit den höchsten Ammoniakemissionen sind das Innviertel (5,6 kt NH₃), die Oststeiermark (5,3 kt NH₃) und die Region Mostviertel-Eisenwurzen (5,0 kt NH₃), gefolgt vom Mühlviertel (3,7 kt NH₃), dem Waldviertel (2,7 kt NH₃) und der Region Linz-Wels (2,4 kt NH₃). Die Regionen mit dominierender pflanzlicher Produktion (Ackerbau) sowie die von Forstwirtschaft geprägten Gebirgsregionen weisen die geringsten Emissionen auf.

emissionsreichste Regionen

In Abbildung 5 sind die Emissionsintensitäten (kg NH₃/km²) landwirtschaftlicher Aktivitäten im Bereich des Wirtschaftsdüngermanagements (Stall, Lagerung, Ausbringung) auf Ebene der NUTS 3-Regionen dargestellt.

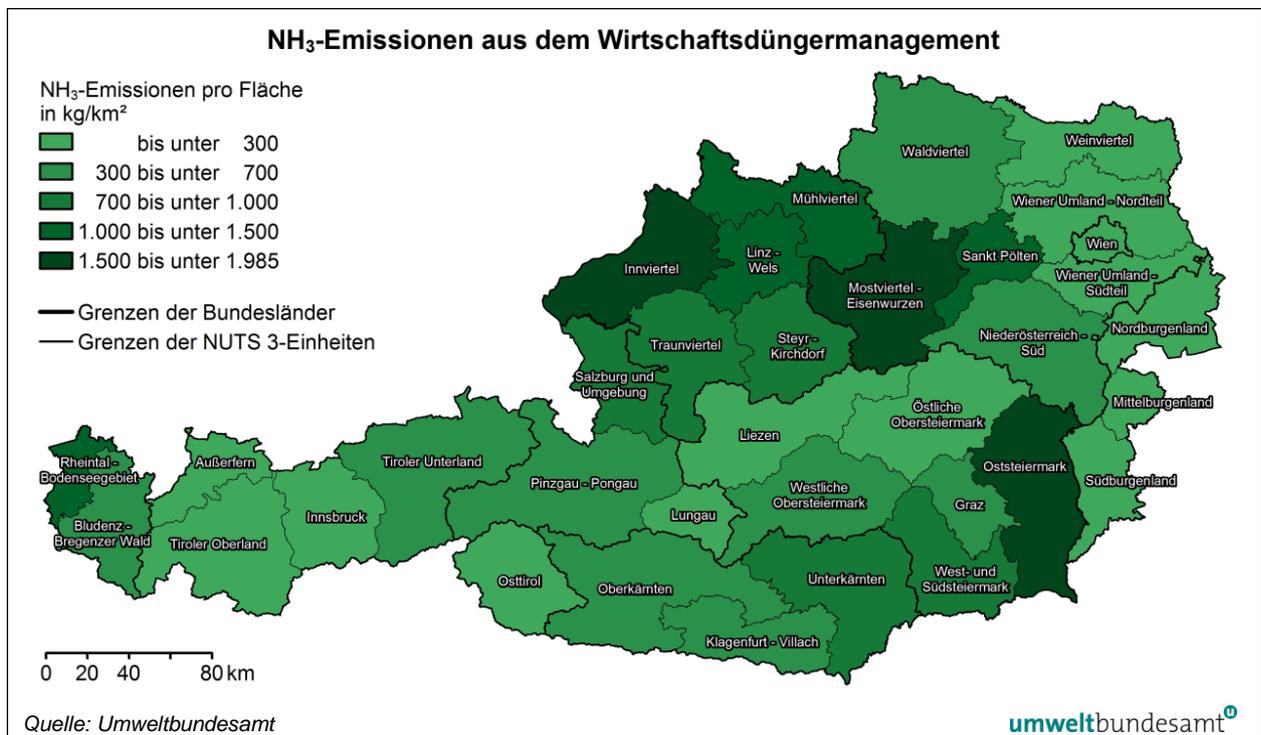


Abbildung 5: NH₃-Emissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement 2010.

Als Regionen mit den höchsten flächenbezogenen Emissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement konnten das Innviertel (1.985 kg NH₃/km²), die Oststeiermark (1.565 kg NH₃/km²), die Region Mostviertel-Eisenwurzen

(1.502 kg/km²), das Mühlviertel (1.399 kg NH₃/km²), Linz-Wels (1.388 kg NH₃/km²), St. Pölten (1.225 kg NH₃/km²) sowie das Rheintal-Bodenseegebiet (1.029 kg NH₃/km²) identifiziert werden.

emissionsärmste Regionen

Die geringsten Emissionsintensitäten sind neben Wien (6 kg NH₃/km²) in den Gebirgsregionen Außerfern (89 kg NH₃/km²) und dem Tiroler Oberland (130 kg NH₃/km²) zu verzeichnen.

6.1.3.2 Weidehaltung

Die Ammoniakemissionen aus der Weidehaltung umfassen insgesamt nur rund 1,7 % der im Rahmen dieses Projekts analysierten Emissionsmengen. Auf lokaler und regionaler Ebene kann diese Emissionsquelle jedoch einen etwas höheren Stellenwert einnehmen.

emissionsreichste Regionen

Der Schwerpunkt dieser Emissionsquelle liegt in den Regionen mit vorwiegender Grünlandwirtschaft im westlichen Österreich (siehe Abbildung 6) wie z. B. die Regionen Oberkärnten, Bludenz-Bregenzer Wald sowie die großen Regionen Pinzgau-Pongau und das Tiroler Unterland, jeweils mit Emissionen von ca. 0,1 kt NH₃.

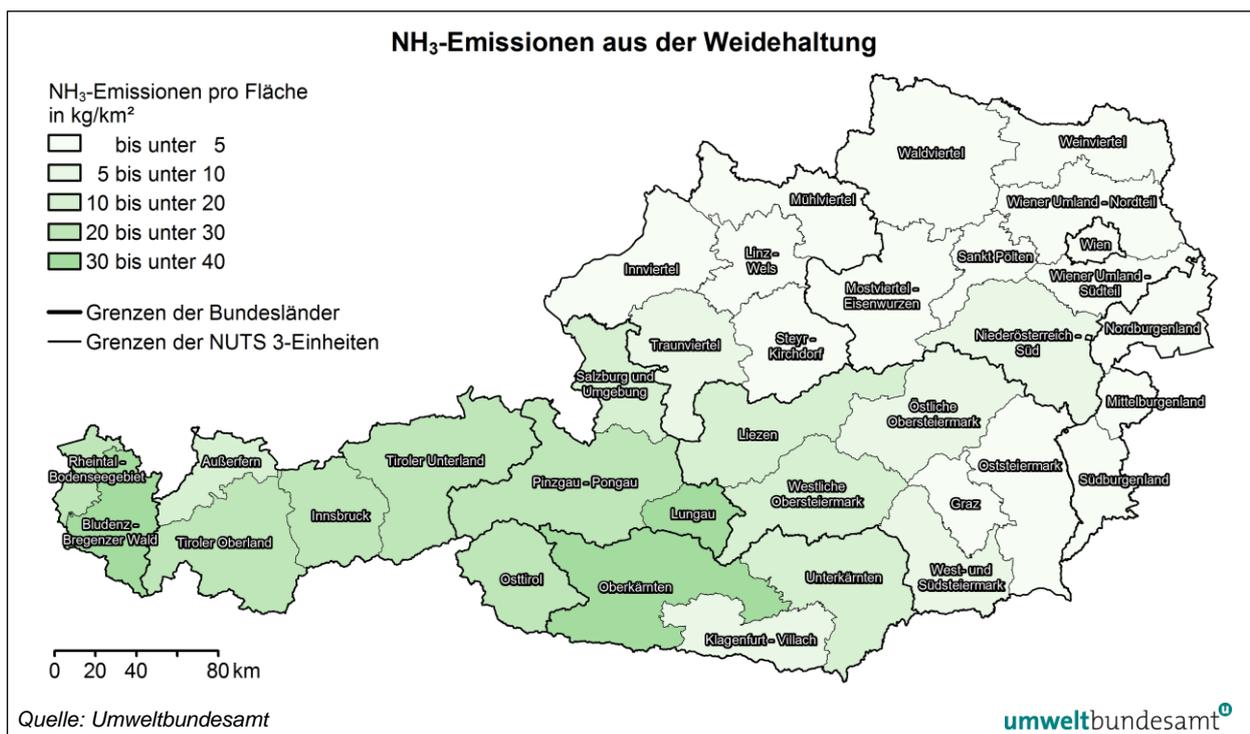


Abbildung 6: NH₃-Emissionen aus der Weidehaltung 2010.

Im Bereich der Weidehaltung zeigen die Regionen Bludenz-Bregenzer Wald (40 kg NH₃/km²), Lungau (33 kg NH₃/km²), Oberkärnten (31 kg NH₃/km²), Osttirol und Tiroler Oberland (jeweils 28 kg NH₃/km²) die höchsten Emissionsintensitäten.

emissionsärmste Regionen

Für die Regionen im Osten und Norden Österreichs (Wien, Wiener Umland, Mittel- und Südburgenland, Innviertel, Linz-Wels, Mühl- und Waldviertel) ergaben die Berechnungen nur geringe Emissionen, bezogen auf die Fläche (< 1 kg NH₃/km²).

6.1.3.3 Mineraldüngeranwendung

Die Ammoniakemissionen aus der Mineraldüngeranwendung umfassen insgesamt nur rund 0,8 % der im Rahmen dieses Projekts analysierten Emissionsmengen, wobei sich hier starke regionale Unterschiede zeigen. Der Schwerpunkt dieser Emissionsquelle liegt in den Ackerbaugebieten im nördlichen Teil Österreichs (siehe Abbildung 7).

Mit Emissionsmengen von jeweils etwa 0,5 kt NH₃ sind die beiden Regionen Wiener Umland/Nordteil und Weinviertel mit insgesamt 22,5 % an den Emissionen der Kategorie „Mineraldüngeranwendung“ beteiligt. Aus der Region Linz/Wels werden 0,3 kt NH₃ emittiert, was einem Anteil von 6,4 % entspricht.

**emissionsreichste
Regionen**

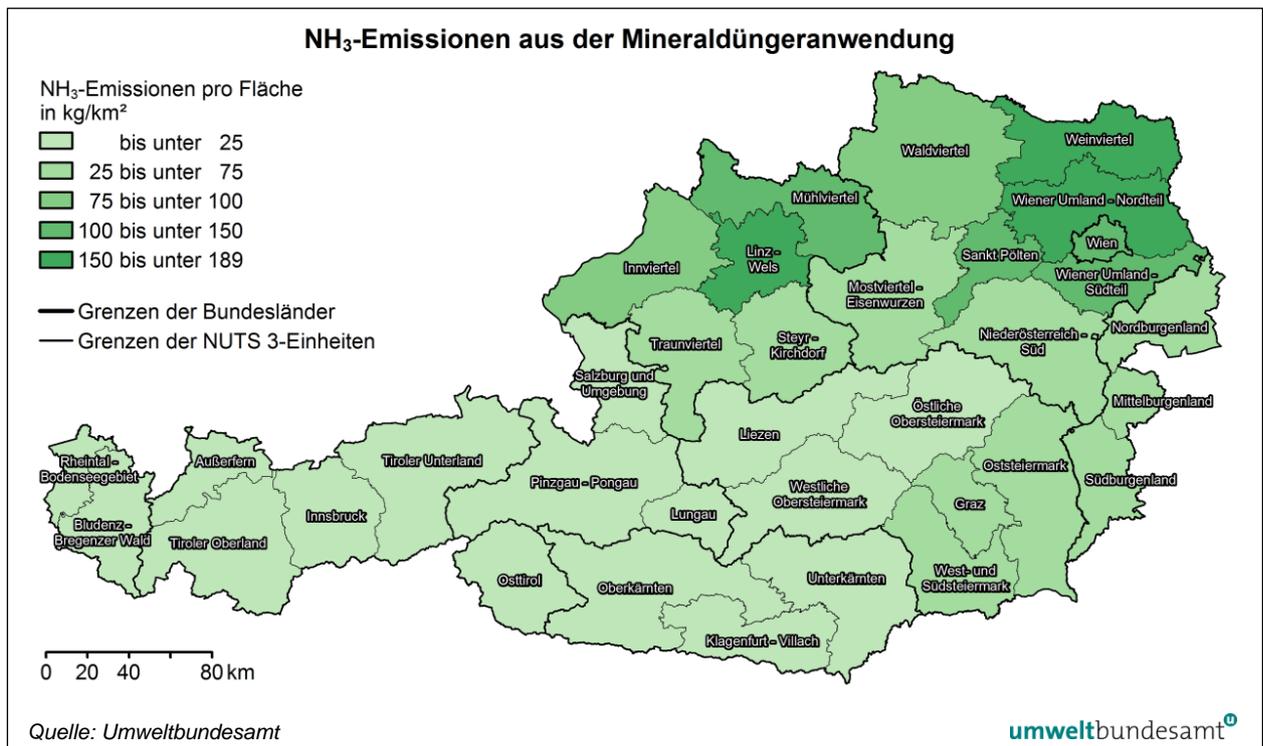


Abbildung 7: NH₃-Emissionen aus der Mineraldüngeranwendung 2010.

In Bezug auf die Mineraldüngeranwendung weisen das Weinviertel (189 kg NH₃/km²), das Wiener Umland/Nordteil (171 kg NH₃/km²), die Region Linz/Wels (152 kg NH₃/km²), das Wiener Umland/Südteil (143 kg NH₃/km²), Wien (121 kg NH₃/km²), St. Pölten (109 kg NH₃/km²) und das Mühlviertel (104 kg NH₃/km²) die höchsten Emissionsintensitäten auf. Von geringer Bedeutung ist die Mineraldüngeranwendung in den von Grünland- und Forstwirtschaft geprägten Gebirgsregionen.

6.1.3.4 Gesamtemissionen

emissionsreichste Regionen

Im Jahr 2010 wurden im Innviertel 5,9 kt NH₃ bzw. ein Anteil von 10,1 % an den gesamten³⁵, in diesem Bericht analysierten Ammoniakemissionen emittiert, gefolgt von der Oststeiermark (5,5 kt NH₃ bzw. 9,4 %) und der Region Mostviertel-Eisenwurzen (5,3 kt bzw. 9,1 %). Die Emissionshöhe ist weitgehend ein Ergebnis der intensiven Viehhaltung in diesen Regionen.

In Abbildung 8 ist die Gesamt-Emissionsintensität (kg NH₃/km²) des Sektors Landwirtschaft (Wirtschaftsdüngermanagement, Weidehaltung und Mineraldüngeranwendung) auf Ebene der NUTS 3-Regionen dargestellt.

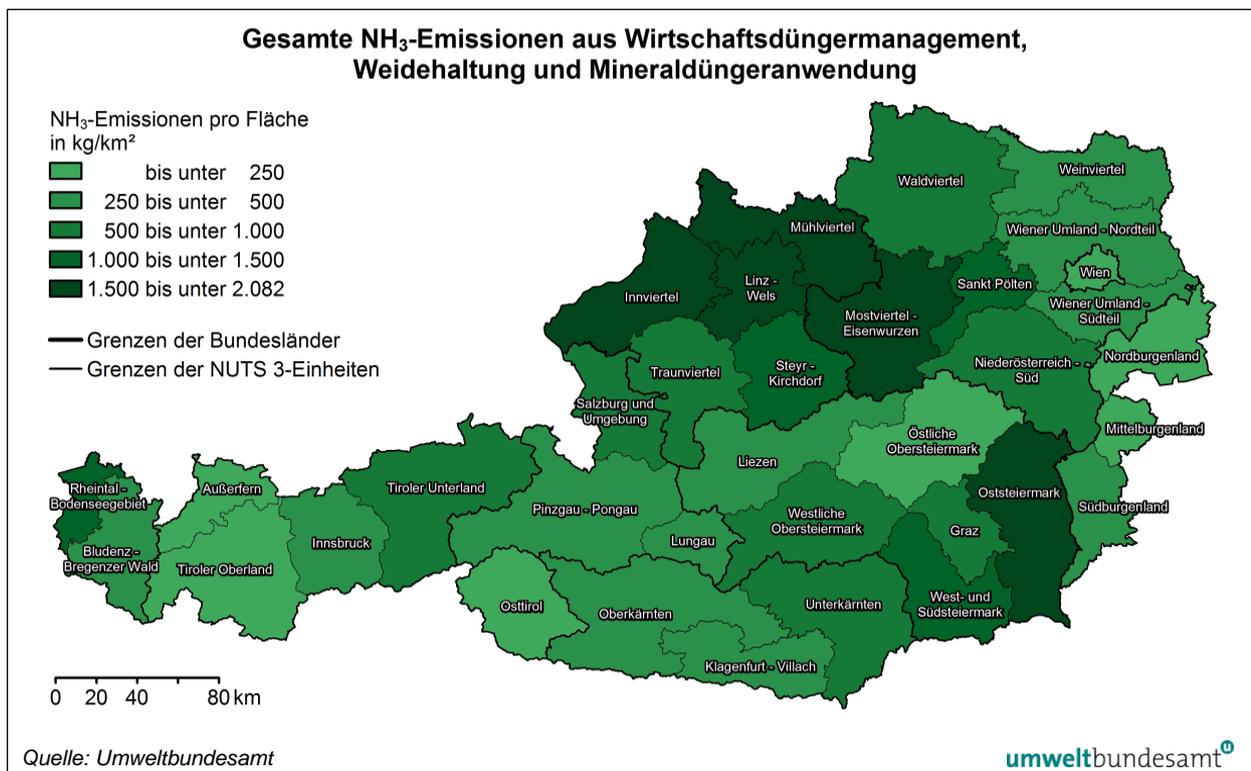


Abbildung 8: Gesamte NH₃-Emissionen aus Wirtschaftsdüngermanagement, Weidehaltung und Mineraldüngeranwendung 2010.

Regionen mit hohen Emissionsintensitäten sind das Innviertel (2.082 kg/km²), die Oststeiermark (1.633 kg NH₃/km²), die Region Mostviertel-Eisenwurzen (1.573 kg NH₃/km²), Linz-Wels (1.540 kg NH₃/km²), das Mühlviertel (1.504 kg NH₃/km²), St. Pölten (1.337 kg NH₃/km²), das Rheintal-Bodenseegebiet (1.058 kg/km²) sowie die West- und Südsteiermark (1.005 kg NH₃/km²) und Steyr-Kirchdorf (1.002 kg NH₃/km²).

emissionsärmste Regionen

Die Gebiete mit den geringsten Emissionsintensitäten befinden sich in den waldreichen und gebirgigen Regionen Österreichs wie z. B. dem Außerfern (109 kg NH₃/km²), dem Tiroler Oberland (158 kg NH₃/km²) Osttirol (233 kg

³⁵ Im Rahmen dieses Projekts wurden nur ausgewählte Emissionsquellen auf NUTS-3-Ebene berechnet. Die hier analysierten Gesamtemissionen entsprechen daher nicht der nationalen Gesamtmenge gemäß österreichischer Luftschadstoff-Inventur (siehe Kapitel 6.1.1).

NH₃/km²) sowie der östlichen Obersteiermark (244 kg/km²). Die geringen Emissionsraten im Nord- (226 kg NH₃/km²) und Mittelburgenland (230 kg NH₃/km²) sind in erster Linie auf den geringen Viehbestand in dieser Region zurückzuführen.

6.2 Emissionsreduktionspotenziale

In diesem Kapitel werden die zur Umsetzung empfohlenen Maßnahmen sowie deren Reduktionspotenziale zusammengefasst. Die Untergliederung nach Rinder-, Schweine- und Geflügelbereich sowie Ackerbau wird beibehalten.

6.2.1 Emissionsreduktionspotenziale der empfohlenen Maßnahmen – Rinderbereich

Geeignete Maßnahmen in der Rinderhaltung umfassen den gesamten „Düngerkreislauf“ – von der Fütterung der Tiere beginnend bis hin zur Ausbringung des Wirtschaftsdüngers auf das Feld. Dies bedeutet auch, dass sich die Reduktionspotenziale der jeweiligen Maßnahmen in einem breiten Spektrum bewegen: von 10 % bis nahezu 100 % Ammoniak-Reduktion.

Eine an den Rohproteinbedarf abgestimmte Futtermittelration für die Rinder hat ein Reduktionspotenzial von bis zu 25 % Emissionseinsparung und ist ebenso eine bedarfsgerechte wie auch tiergesundheitsfördernde Maßnahme.

***Futtermittelration
abstimmen***

Bei den Emissionen, die im Stall entstehen, ist das Einsparungspotenzial in einer ähnlichen Größenordnung – bei maximal 20 %. Hier liegt generell der Fokus auf der Reduktion der verschmutzten Oberflächen und einem verbesserten Stallklima. Den Anteil der geweideten Tiere zu erhöhen wird ebenso empfohlen – mit einer zu erwartenden Ammoniak einsparung von bis zu 15 %. Diese Maßnahme ist jedoch nur für Betriebe mit geeigneter Flächenausstattung sinnvoll.

***Stallemissionen
reduzieren***

Im Bereich der Wirtschaftsdüngerlagerung zielen alle Maßnahmen auf die Abdeckung der Lagerstätte ab. Die Emissionsreduktionspotenziale variieren von 20 % (Einhausung und Abdeckung bzw. Überdachung des Festmistlagers) bis 80 % (Abdeckung der Güllebehälter mittels Betondecke oder Zeltdach) und 100 % (Plastikgüllebehälter, als Zwischenlager gedacht). Da Schwimmkörper oder -folien für Rindergülle ungeeignet sind, kommt als fixe Abdeckung nur eine sehr kostspielige Betondecke oder ein Zeltdach in Frage. Die natürliche Schwimmdecke der Rindergülle hat ein Reduktionspotenzial von 35–50 %, jedoch im Fall von häufigen Ausbringterminen (Aufrühren der Gülle) wirkt eine Fixabdeckung im Vergleich zur Schwimmdecke deutlich emissionsmindernd. Die verpflichtende Abdeckung von existierenden Gülle-Lagunen ist die Alternative zum Ab- und Neubau, welcher mit hohen Kosten verbunden ist, jedoch sollte mittelfristig ein genereller Umbau auf andere Behälterformen angestrebt werden. Die Genehmigung von neuen Gülle-Lagunen ist aufgrund umweltpolitischer Überlegungen hintanzuhalten.

***Lagerstätten
abdecken***

Geeignete Maßnahmen im Bereich der Wirtschaftsdüngerausbringung können je nach Maßnahmenumsetzung zu Emissionsminderungen von 30–95 % führen. Größtes Potenzial liegt im unmittelbaren Einarbeiten von Mist (95 % Ein-

***Wirtschaftsdünger
gezielt ausbringen***

sparung) und Gülle (60–80 %) direkt nach der Ausbringung auf das Ackerland. Die Optimierung des Zeitpunktes der Gülleausbringung kann die NH₃-Emissionen ebenso um bis zu 80 % reduzieren. Bodennahe Gülleausbringung mit dem Schleppschuh hat ein Emissionsreduktionspotenzial von 60 % und mit dem Schleppschlauch von 30 %. Diese Techniken sind sinnvoll bei überbetrieblicher Anwendung aufgrund der höheren Ausbringungskosten sowie unter Beachtung der topografischen Gegebenheiten.

***Infiltrationsrate
erhöhen***

Zwischen 20 % und 30 % Ammoniak einsparung ist durch die Erhöhung der Infiltrationsrate mittels Gülleverdünnung gegeben. Auf arrondierten Betrieben ist diese Maßnahme einfach durchzuführen, bei großen Feld-Hof-Entfernungen sind die Transportkosten höher.

***Wirtschaftsdünger
kompostieren oder
vergären***

Unter den „weiteren Maßnahmen“ für Grünlandbetriebe sind die Kompostierung von Festmist (und in Ausnahmefällen auch Gülle) unter der Zugabe von Feststoffen sowie die Wirtschaftsdüngervergärung angeführt. Eine gesicherte Emissionsreduktion bei der Kompostierung wird aber nur in geschlossenen Anlagen erreicht. Zur Abschätzung des Reduktionspotenzials gibt es keine Angaben. Bei der Wirtschaftsdüngervergärung sind die abgedeckte Lagerung des Gärrestes sowie die bodennahe Ausbringung Voraussetzungen, um Emissionen zu reduzieren, wodurch ein Reduktionspotenzial von etwa 80 % erreicht werden kann. Zu beachten ist jedoch, dass bei dieser Maßnahme die Wirtschaftlichkeit nur bei entsprechenden Einspeisetarifen gegeben ist.

***Priorisierung der
Maßnahmen***

Durch eine erste Priorisierung können die Maßnahmen im Rinderbereich folgendermaßen gereiht werden:

- Ausbringung und Einarbeitung optimieren,
- Lagerung verlustarm gestalten (Abdeckung, Vergärung, Separierung und Kompostierung),
- Stall(bau)technik verbessern.

Begründung:

Die Ausbringungsverluste bei der Wirtschaftsdüngeranwendung betragen rd. 43 % der Ammoniakemissionen im Sektor Landwirtschaft, wobei die Menge an NH₃-Emissionen aus dem Rinderbereich klar dominiert. Durch die hohen Wirtschaftsdüngermengen liefert jede Optimierungsmaßnahme mit hoher Durchdringung in der Praxis einen signifikanten Beitrag zur Gesamtreduktion.

Auch im Bereich der Wirtschaftsdüngerlagerung, die aktuell rd. 11 % der Ammoniakverluste verursacht, sind kostengünstig und rasch eine Reihe effizienter Maßnahmen umsetzbar.

Maßnahmen in der Stalltechnik sind teuer und durch die Anforderungen an die Haltungsbedingungen (Tierwohl) in der Rinderhaltung nur begrenzt möglich. Eine geschlossene Stallhaltung, wie etwa in der Geflügelhaltung, ist aufgrund dieser Anforderung wenig geeignet. Langfristig können aber auch hier Emissionsminderungen erreicht werden. 32 % der Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft entweichen von den Stallungen der Tiere, überwiegend aus der Rinderhaltung.

6.2.2 Emissionsreduktionspotenziale der empfohlenen Maßnahmen – Schweinebereich

Auch im Bereich der Schweinehaltung gibt es geeignete Maßnahmen – von der Fütterung bis zur Wirtschaftsdüngerausbringung.

Bei größeren Betrieben (ab ca. 500 Mastplätzen) kann die Phasenfütterung zu Emissionsreduktionen von 20 % (zweiphasig) bis zu 40 % (multiphasig) führen. Die Phasenfütterung ist nur durchführbar, wenn die Fütterungsanlage eine gruppenspezifische Einstellung des Futters zulässt. Die Investition rechnet sich bereits aufgrund der Einsparung an Futtermitteln. Kombiniert mit einer stickstoffreduzierten Fütterung, z. B. durch die Verwendung von Ersatzkomponenten, können die Reduktionen noch höher sein.

**Fütterung
optimieren**

Die Maßnahmen im Bereich der Schweineställe sind vorwiegend im Fall von Neubauten und für große Strukturen anwendbar. Eine rasche Abführung von Mist und Gülle ist dabei entscheidend, viele der aus der Literatur empfohlenen Maßnahmen sind jedoch mit technischem bzw. finanziellem Aufwand verbunden. Empfohlene Maßnahmen sind der Schrägboden mit einem Emissionsreduktionspotenzial zwischen 25 % und 65 % sowie ein Teilspaltenbodensystem mit verkleinertem Güllekeller (15–35 % mögliche Ammoniak einsparung). Bei Großbetrieben ist durch die Behandlung der Abluft durch biologische und chemische Wäscher eine Emissionsreduktion zwischen 70 % und 90 % möglich.

**Stallemissionen
reduzieren**

Die Abdeckung für Schweinegülle ist besonders effektiv, da diese keine natürliche Schwimmdecke ausbildet. Wie für den Rinderbereich schon beschrieben, variieren die Reduktionspotenziale zwischen 20 % (Einhausung und Abdeckung bzw. Überdachung des Festmistlagers) bis 80 % (Abdeckung der Güllebehälter mittels Deckel-, Dach- oder Zeltstruktur) und 100 % (Plastikgüllebehälter, als Zwischenlager gedacht). Bei kostengünstigen Abdecksystemen ist dies grundsätzlich eine „kostenneutrale“ Investition.

**Lagerstätten
abdecken**

Größtes Reduktionspotenzial im Bereich der Wirtschaftsdüngerausbringung hat das Einarbeiten von Mist (90 % Einsparung) bzw. Gülle (60–80 %) rasch nach der Ausbringung auf das Ackerland. Die Anwendung der Schlitztechnik hat ebenso ein beachtliches Potenzial (bis zu 80 %), allerdings kann diese Technologie zu Mehremissionen bei Lachgas führen.

**Wirtschaftsdünger
gezielt ausbringen**

Die Wahl des optimalen Zeitpunkts der Gülleausbringung ist jedenfalls hervorzuheben.

Die Anwendung der Schleppschlauchtechnik bietet ein Emissionsreduktionspotenzial von rd. 30 %, ähnlich wie die Erhöhung der Infiltrationsrate durch Gülleverdünnung (20–30 %). Für beide Techniken ist die überbetriebliche Verfügbarkeit sinnvoll und es können topografische Verhältnisse und Ausbringungsmengen einschränkend wirken.

Bei Priorisierung können die Maßnahmen im Schweinebereich folgendermaßen gereiht werden:

**Priorisierung der
Maßnahmen**

- Stall(bau)technik und Fütterung,
- Lagerung verlustarm gestalten (Abdeckung, Vergärung, Separierung und Kompostierung),
- Ausbringung und Einarbeitung optimieren.

Begründung:

Die Menge an Stickstoffverlusten ist in der Schweinehaltung stark von der Stall- und Fütterungstechnik beeinflusst. Maßnahmen, die den Stickstoffdurchsatz in der Fütterung reduzieren, setzen am Beginn der Kette an und reduzieren kosteneffizient die Emissionen. Eine geschlossene Stallhaltung ist bei größeren Beständen unausweichlich. Maßnahmen im Bereich der Schadgasabfuhr, der Zu- und Abluft sowie der Klimatisierung des Stalls können ebenfalls zu einer beachtlichen Reduktion der Emissionsmengen führen.

Insbesondere unabgedeckte, unter freiem Himmel gelagerte Schweinegülle verursacht hohe Ammoniakemissionen. Wird die Lagerung der Wirtschaftsdünger durch stabile Abdeckung, Vergärung, Separierung und Kompostierung optimiert, können hohe Reduktionseffekte erzielt werden.

Die Ausbringung von Schweinegülle und Mist erfolgt vorwiegend auf Ackerland. Hier stehen effiziente Maßnahmen zur Verfügung, die auch mit einer erheblichen Reduktion der Geruchsbelästigung verbunden sind.

6.2.3 Emissionsreduktionspotenziale der empfohlenen Maßnahmen – Geflügelbereich

Im Vergleich zum Rinder- und Schweinebereich ist beim Geflügel die Palette der Maßnahmen etwas geringer.

Fütterung optimieren

Es gibt bei Geflügel proteinreduzierte Fütterungsstrategien und Phasenfütterung, jedoch hat diese Maßnahme eine etwas geringere Bedeutung als in der Schweinehaltung. Das Einsparungspotenzial beträgt dennoch bis zu 20 %.

Stallemissionen verringern

Die Maßnahmen im Stallbereich sehen in erster Linie das Trocknen des Hühnermists mittels Belüftung vor (30 % potenzielle Ammoniakreduktion). Wird der Hühnerkot zusätzlich auch regelmäßig aus dem Stall befördert und außerhalb trocken und abgedeckt gelagert, führt dies zu einer beachtlichen Emissionsreduktion von 50 % bis zu 85 %.

Wirtschaftsdünger gezielt ausbringen

Die Schlitztechnik wird zur Ausbringung von verflüssigtem Geflügelkot empfohlen, nicht nur um das beachtliche Reduktionspotenzial von 70–80 % zu erzielen, sondern auch um der stärkeren Geruchsbelastung von Hühnermist vorzubeugen. Wegen der hohen Stickstoffgehalte ist aber auch auf das negative Lachgaspotenzial zu achten.

Ein rasches Einarbeiten von weniger geruchsintensivem Trockenkot wird ebenso empfohlen, denn bei der Ausbringung entwickelt dieser bei Wiederbefeuchtung starke Geruchs- und damit auch Ammoniakemissionen. Das Reduktionspotenzial liegt bei 95 % für Festmist und 60–80 % für Gülle.

Priorisierung der Maßnahmen

Bei Priorisierung können die Maßnahmen im Geflügelbereich folgendermaßen gereiht werden:

- Stall(bau)technik und Fütterung,
- Ausbringung und Einarbeitung optimieren,
- Lagerung verlustarm gestalten (unter Dach, Vergärung).

Begründung:

Die Menge an NH_3 -Emissionen ist in der Geflügelhaltung besonders stark von der Stalltechnik beeinflusst. Ein etwas geringerer Einfluss kann bei der Fütterung festgestellt werden. Eine geschlossene Stallhaltung bei größeren Beständen reduziert den Emissionsstrom in der Regel deutlich, dagegen sind Ställe mit Freilandanteilen mit höheren Emissionen behaftet. Maßnahmen, welche die Zu- und Abluft, die Trocknung des Kotanfalls, die Temperierung und Klimatisierung beeinflussen, können das Ammoniak-Reduktionspotenzial gut ausschöpfen.

Gelagerter Hühnermist muss jedenfalls vor Wiedervernässung geschützt werden, bei der Nutzung von Biogas mittels anaerober Vergärung kann zudem Strom und Wärme gewonnen werden.

Maßnahmen betreffend die Ausbringung von Geflügelmist sind insbesondere im Zusammenhang mit der Geruchsbelästigung von höherer Dringlichkeit.

6.2.4 Emissionsreduktionspotenziale der empfohlenen Maßnahmen – Ackerbaubetriebe

Das größte Potenzial, um Ammoniakemissionen im Ackerbaubereich einzusparen, liegt in der Umstellung von Harnstoffdüngern auf Ammoniumnitrat-Dünger. Es beträgt bis zu 90 % und verursacht nur geringe Mehrkosten. Des Weiteren kann das Einarbeiten von harnstoffbasiertem Mineraldünger die Emissionen um beachtliche 50–80 % senken und sollte der Standardvorgang sein.

Die Verwendung von Harnstoffhemmsubstanzen und polymerbeschichtetem Granulat kann die Ammoniakbildung im Vergleich zu herkömmlichen Harnstoffdüngern um 30–70 % reduzieren.

Da die Bewässerung direkt nach der Mineraldüngeranwendung nur in speziellen Fällen möglich und sinnvoll ist, kann das Reduktionspotenzial dieser Maßnahme (zwischen 40 % und 70 %) nur eingeschränkt ausgeschöpft werden.

Die verstärkte Einbeziehung der Umweltbedingungen bei der Mineraldüngeranbringung ist gängige Praxis, es gibt jedoch keine Angabe zum Einsparungspotenzial.

Bei Priorisierung können die Maßnahmen im Ackerbaubereich folgendermaßen gereiht werden:

- Harnstoffdünger vermeiden,
- optimierte Ausbringung, Einarbeitung und Anrechnung im Zusammenspiel von Wirtschaftsdünger und Mineraldünger,
- Übernahme und Lagerung von Wirtschaftsdüngern in Ackerbaugebieten optimieren.

Begründung:

Die Anwendung von Harnstoffdüngern geht mit deutlich erhöhten NH_3 -Emissionen einher. Die hohen N-Verluste von Harnstoffdüngern bedingen zudem eine Kompensation der verlorenen N-Düngewirkung mittels höherer Gaben.

Harnstoffdünger vermeiden

Priorisierung der Maßnahmen

Wird das Potenzial der Düngewirkung von Wirtschaftsdüngern durch verlustarmen Umgang gut ausgeschöpft, kann ergänzender Mineraldünger niedriger dosiert werden. Dazu ist es aber auch notwendig, dem effizient ausgebrachten Wirtschaftsdünger eine verbesserte Düngewirkung anzurechnen.

Das Transferieren von Wirtschaftsdünger aus Nährstoff-Überschussgebieten in Ackerbaugebiete mit hohem Nährstoffbedarf ist eine mögliche Strategie zur Minimierung von N-Verlusten. Um den unnötigen und kostspieligen Transport hoher Wasseranteile zu vermeiden, wäre eine Separierung vorzusehen. Der Flüssiganteil sollte vor Ort am viehhaltenden Betrieb eingesetzt werden. Unter Beachtung der NH_3 -verlustarmen Handhabung wird so ein Reduktionspotenzial durch Optimierung der Stoffflüsse realisierbar.

7 LITERATURVERZEICHNIS

- AMON, B.; FRÖHLICH, M.; KRYVORUCHKO, V. & AMON, T. (2005): Messen und Mindern von Ammoniak-, Lachgas- und Methanemissionen aus einem Schrägbodenstall für Mastschweine. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Land und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft, Wien.
- AMON, B.; FRÖHLICH, M.; WEIßENSTEINER, R.; ZABLATNIK, B. & AMON, T. (2007): Tierhaltung und Wirtschaftsdüngermanagement in Österreich. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Land und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft, Wien.
- AMT FÜR LEBENSMITTELKONTROLLE UND UMWELTSCHUTZ (2013): Ammoniak und Landwirtschaft.
http://landwirtschaft.bodenseekonferenz.org/36174/Aktuelles/landw_index.aspx
- ANDERSSON, M. (1998): Reducing ammonia emissions by cooling of manure in manure culverts. Department of Agricultural Biosystems and Technology, Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp, Sweden. Agricultural Sciences.
- ARBEITSGRUPPE LANDWIRTSCHAFT/UMWELTSCHUTZ DER KOMMISSION UMWELT (2008): Emissionsmindernde Gülleausbringung. IBK Positionspapier – Antrag an die Regierungen. Lindau (Bodensee).
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (LFU) (2011): Intensivtierhaltung: Umweltrelevante Emissionen und Immissionen (Feinstaub – PM₁₀, PM_{2,5}, NH₃, N₂O, CH₄, NMVOC, Keime, Pilze, Endotoxine). Endbericht, Augsburg.
- BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2008): Grüner Bericht, Bericht über die Lage der österreichischen Land- und Forstwirtschaft.
- DEFRA, DEPARTMENT OF ENVIRONMENT, FOOD AND RURAL AFFAIRS (2009): A Code of Good Agricultural Practice for farmers, growers and land managers, London.
- DÖHLER, H., EURICH-MENDEN B., VANDRE, R., WULF, S. (2011): Abdeckung von Güllelagerbehältern – Stand der Technik. Bautagung Raumberg-Gumpenstein 2011 1 – 4.
- EEA – European Environment Agency (2009): EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – 2009. Technical report No 6/2009. Copenhagen.
- EEA – European Environment Agency (2013): EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – 2013. Technical report No 12/2013. Copenhagen.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (1999): Landwirtschaft, Umwelt, ländliche Entwicklung: Zahlen und Fakten – Herausforderungen für die Landwirtschaft. Zugriff: Juni 2013
http://ec.europa.eu/agriculture/envir/report/de/acid_de/report.htm
- EUROSTAT (2010): Regionale Nährstoffbilanzen in Österreich für NUTS 3-Gebiete. Eurostat, Grant.
- HBLFA RAUMBERG-GUMPENSTEIN (2011a): Pöllinger, A.; Kropsch, M.; Huber, G.; Amon, B.; Breining, W. & Längauer, M.: Bewertung von Güllelagerabdeckungen. Abschlussbericht Emissionen, HBLFA Raumberg-Gumpenstein.

- HBLFA RAUMBERG-GUMPENSTEIN (2011b): Pöllinger, A.; Kropsch, M.; Leithold, A.; Huber, G.; Amon, B.; Breininger, W. & Längauer, M.: Emissionen – Gülleausbringung, -lager. Evaluierung der ÖPUL-Maßnahme „Verlustarme Ausbringung von flüssigen Wirtschaftsdüngern und Biogasgülle“. Enderbericht, HBLFA Raumberg-Gumpenstein. Wien.
- HBLFA RAUMBERG-GUMPENSTEIN (2011c): Bautagung Raumberg-Gumpenstein 2011: Neue Herausforderungen und Strategien in der Rinder- und Schweinehaltung. Bericht, HBLFA Raumberg-Gumpenstein.
- INVEKOS (2011): HBLFA Raumberg-Gumpenstein Auswertung L035 Invekos 2011.
- KONRAD, S. (1995): Die Rinder-, Schweine- und Legehennenhaltung in Österreich aus ethologischer Sicht, WUV Universitätsverlag, Wien.
- PÖLLINGER, A.; CHYTIL, K.; PÖTSCH, E.M.; EDER, G.; HEIN, W.; WENZL, W.; SOBOTIK, M.; URAY, G. (2004): Vergleichsuntersuchungen von landesüblichen bäuerlichen Stapel- und Kompostmisten bezogen auf die Gehalte und Mengen an Nährstoffen, Umsetzungsprozesse und ihre Wirkung auf Ertrag, Pflanzenbestand, Inhaltsstoffe des Futters sowie auf den Boden, am Grünland und am Acker in den inneralpinen Lagen. Abschlussbericht AL00292, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft, A-8952 Irnding.
- SHL – SCHWEIZERISCHE HOCHSCHULE FÜR LANDWIRTSCHAFT, AGROSCOPE (2011): Annelies Bracher, A.; Schlegel, P.; Münger, A.; Stoll, W.; Menzi, H.: Möglichkeiten zur Reduktion von Ammoniakemissionen durch Fütterungsmassnahmen beim Rindvieh (Milchkuh). Liebefeld-Posieux, 2011.
- SEINFELD, J. H. & PANDIS, S. N. (1998): Atmospheric Chemistry and Physics, John Wiley & Sons, New York.
- STATISTIK AUSTRIA (2011): Allgemeine Viehzählung am 1. Dezember 2011; Österreichisches Statistisches Zentralamt, Wien.
- UBA (2013): Beschreibung der Minderungsmaßnahmen im Projekt PAREST – Maßnahmenblätter Teilbericht zum F&E-Vorhaben „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung – PAREST“. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, Juni 2013.
- UMWELTBUNDESAMT (2013a): Pazdernik, K.; Anderl, M.; Gangl, M.; Jobstmann, H.; Köther, T.; Mandl, N.; Nagl, C.; Poupa, S.; Schieder, W.; Stranner, G.; Tista, M. & Zechmeister, A.: Emissionstrends 1990–2011. Ein Überblick über die österreichischen Verursacher von Luftschadstoffen. Datenstand 2013. Reports, Bd. REP-0436. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2013b): Köther, T.; Anderl, M.; Haider, S.; Jobstmann, H.; Pazdernik, K.; Poupa, S.; Schindlbacher, S.; Stranner, G.; Wieser, M. & Zechmeister, A.: Austria's Informative Inventory Report 2013. Submission under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. Reports, Bd. REP-0414. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2013c): Anderl, M.; Gangl, G.; Haider, S.; Ibesich, N.; Pazdernik, K.; Poupa, S.; Schieder, W. & Zechmeister, A.: Bundesländer Luftschadstoff-Inventur 1990–2011. Regionalisierung der nationalen Emissionsdaten auf Grundlage von EU-Berichtspflichten. Datenstand 2013. Ein Kooperationsprojekt der Bundesländer mit dem Umweltbundesamt. Reports, Bd. REP-0445 Umweltbundesamt, Wien.

UMWELTBUNDESAMT (2014a): Anderl, M.; Buxbaum, I.; Nagl, C. & Spangl, W.: Sekundäres anorganisches Aerosol. Beiträge zur PM-Belastung in Österreich. Umweltbundesamt, Wien. (in Druck)

UMWELTBUNDESAMT (2014b): Nagl, C.; Pazdernik, K. & Spangl, W.: Vorarbeiten für ein Programm nach § 19 IG-L. Fachgrundlagen für ein Programm der Bundesregierung zur Reduktion der PM_{2,5}-Belastung. Umweltbundesamt, Wien. (unveröffentlicht)

UNECE – United Nations Economic Commission for Europe (2012): Working group on strategies and review.

UNECE – United Nations Economic Commission for Europe (2014): Guidance Document for preventing and abating ammonia emissions from agricultural sources. ECE/EB.AIR/120.

Rechtsnormen und Leitlinien

BGBI. Nr. I 2013/125: Bundesgesetz, mit dem die Gewerbeordnung 1994 geändert wird.

BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2006): Richtlinien für die sachgerechte Düngung. Anleitung zur Interpretation von Bodenuntersuchungsergebnissen in der Landwirtschaft. 6. Auflage, Wien.

BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2012): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über das Aktionsprogramm 2012 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen (Aktionsprogramm Nitrat 2012).

Emissionshöchstmengengesetz-Luft (EG-L; BGBl. I Nr. 34/2003): Bundesgesetz, mit dem ein Bundesgesetz über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe erlassen sowie das Ozongesetz und das Immissionsschutzgesetz-Luft geändert werden.

Emissionshöchstmengenrichtlinie (NEC-RL; RL 2001/81/EG): Richtlinie des europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2001 über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe. ABl. Nr. L 309.

EUROPEAN COMMISSION (2003): Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). Reference Document on Best Available Techniques for Intensive Rearing of Poultry and Pigs.

EUROPEAN COMMISSION (2013a): Proposal for a directive of the European Parliament and of the Council on the reduction of national emissions of certain atmospheric pollutants and amending Directive 2003/35/EC. COM(2013) 920 final. Brussels.

EUROPEAN COMMISSION (2013b): Annexes to the Proposal for a directive of the European Parliament and of the Council on the reduction of national emissions of certain atmospheric pollutants and amending Directive 2003/35/EC. COM(2013) 920 final. Brussels.

Gewerbeordnung 1994 (GewO; BGBl. Nr. 194/1994 i.d.F. BGBl. I 125/2013): Kundmachung des Bundeskanzlers und des Bundesministers für wirtschaftliche Angelegenheiten, mit der die Gewerbeordnung 1973 wiederverlautbart wird.

Immissionsschutzgesetz-Luft (IG-L; BGBl. I Nr. 115/1997 i.d.g.F.): Bundesgesetz zum Schutz vor Immissionen durch Luftschadstoffe, mit dem die Gewerbeordnung 1994, das Luftreinhaltegesetz für Kesselanlagen, das Berggesetz 1975, das Abfallwirtschaftsgesetz und das Ozongesetz geändert werden.

Industrieemissionsrichtlinie (IED-RL; RL 2010/75/EU): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24. November 2010 über Industrieemissionen (integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung). ABl. Nr. L 334/17.

Nitratrichtlinie (RL 91/676/EWG): Richtlinie des Rates vom 12. Dezember 1991 zum Schutz von Gewässern vor Verunreinigungen durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen. ABl. Nr. L 375.

RL 1999/74/EG: Richtlinie des Rates vom 19. Juli 1999 zur Festlegung von Mindestanforderungen zum Schutz von Legehennen.

8 ANHANG

8.1 UNECE Guidance Document (Zusammenfassung)

Folgende Tabelle beinhaltet eine Zusammenfassung der Maßnahmen zur Ammoniakreduktion aus dem *Guidance Document for preventing and abating ammonia emissions from agricultural sources* (UNECE³⁶ 2014). Das Reduktionspotenzial bezieht sich immer auf Referenzsituationen bzw. Referenzsysteme. Nach Maßnahmenfeld gegliedert gibt es folgende Referenzsysteme bzw. -situationen:

- **Stickstoffmanagement:** Betriebssituation ohne Planung eines Stickstoffmanagements und ohne Stickstoffbilanzen.
- **Fütterungsstrategien:** keine einheitliche Referenzstrategie für die unter dem UNECE-Dach zusammengefassten Staaten möglich.
- **Stallsysteme:**
 - Rinder: Liegeboxenlaufstall,
 - Schweine: Vollspaltenboden mit Güllebehälter unterhalb des Spaltenbodens (auch, wenn in einigen Ländern verboten).
 - Hühner:
 - Käfigsystem mit offener Kotlagerung,
 - verbessertes Käfigsystem (mehr Platz): kann ohne Abänderung des bestehenden Gebäudes ein konventionelles Käfigsystem ersetzen,
 - Freilandhaltung: Stall mit tiefer Kotgrube und teilweiser Einstreu.
- **Wirtschaftsdüngerlagerung:** Referenzszenario sind die Düngerlagerungsstätten, jeweils ohne Abdeckung.
- **Wirtschaftsdüngerausbringung:** Breitenverteilung von unbehandelter Gülle oder Festmist über den gesamten Boden ohne Einarbeitung und ohne Beachtung eines günstigen Ausbringungszeitpunktes zur Minderung von Emissionen.
- **Mineraldüngeranwendung:** Breitenverteilung.

**Referenzsysteme
bzw. -situationen**

Tabelle A 1: Überblick der Maßnahmen zur Ammoniakreduktion.

Maßnahmenfeld	Detailmaßnahmen	Kosten	Reduktionspotenzial [%]
Stickstoffmanagement unter Beachtung des Stickstoffkreislaufs	Einführung eines Stickstoffmanagements auf Betriebslevel	keine Angabe	keine Angabe
	Erstellung einer Input-Output Balance	200–500 €	keine Angabe
	Verbesserung des Stickstoffmanagements durch Erhöhung des NUE und Reduktion des N-surplus	–1 bis +1 € pro kg N	keine Angabe
	Einführung eines Stickstoffbudgets auf nationaler Ebene	10.000–100.000 €/Jahr	keine Angabe

³⁶ UN ECE UN-Organisation für die wirtschaftliche Zusammenarbeit in Europa – Europäische Staaten, Kanada, USA, Russland, Japan

Maßnahmenfeld	Detailmaßnahmen	Kosten	Reduktionspotenzial [%]
Fütterungsstrategien	Tierfutter mit niedrigem Proteingehalt	-2 bis +2 €/pro gespartem kg NH ₃ -N	5–15 % Emissionsreduktion pro % an gespartem Protein
	Phasenfütterung bei Rindern und Schweinen		
	Ganztägige Weidehaltung von Rindern	keine Angabe	bis zu 50 % (Referenzsystem: gänzlich ungeweidete Milchkühe)
Stallsysteme (Rinder)	Rillenboden-System	keine Angabe	25–46 %
	Optimales Stallklima mit Dachdämmung und/oder automatisch kontrollierte natürliche Belüftung	keine Angabe	20 %
	Verbesserte Bodentypen	keine Angabe	Keine Angabe
	Verwendung von entsprechendem Einstreumaterial	keine Angabe	Keine Angabe
	Chemische Abluftwäscher – im Rinderbereich nicht anwendbar ³⁷	keine Angabe	70–90 %
Stallsysteme (Schweine)	Verkleinerung der emittierenden Fläche durch häufige Ableitung der Gülle vom Boden in die Senkgrube mittels Vakuumsystem	keine Angabe	25 %
	Teilspaltenbodensystem mit verkleinerter Senkgrube	keine Angabe	15–35 % (abhängig von Schweinekatégorie)
	Geneigte Grubenwände in Kombination mit Teilspaltenböden und häufige Entfernung des Mists	5–6 €/kg vermindertes NH ₃ -N	bis zu 65 %
	Teilspaltenböden und V-förmige Abflussrinnen	10–15 €/kg vermindertes NH ₃ -N	40–65 % (abhängig von Schweinekatégorie)
	Teilspaltenböden mit Kombination aus Wasser- und Mistkanal	2–3 €/kg vermindertes NH ₃ -N (bei Ferkeln 5–6 €)	40–50 % (abhängig von Schweinekatégorie)
	Wannenkonstruktion für säugende Schweine	9 €/kg vermindertes NH ₃ -N	bis zu 65 %
	Teilspaltenböden und Ansäuern der Gülle	Ferkelstall: 15 €/kg vermindertes NH ₃ -N	in Ferkelställen bis zu 60 %
	Oberflächenkühlung des Stallmists	4–15 €/kg vermindertes NH ₃ -N je nach Schweinekatégorie	45 %

³⁷ Nach Expertise von HBLFA Raumberg-Gumpenstein und Umweltbundesamt ist diese Möglichkeit im Rinderbereich für Österreich auszuschließen, da Stallungen mit offenem Luftaustausch aus Tierschutzgründen angebracht sind.

Maßnahmenfeld	Detailmaßnahmen	Kosten	Reduktionspotenzial [%]
	Behandlung der Abluft	5–12 €/kg vermindertes NH ₃ -N je nach Schweinekatégorie	70–90 %
	Schwimmkörper bereits im Güllekeller	4–16 €/kg vermindertes NH ₃ -N je nach Schweinekatégorie	25 %
	Teilspaltenboden mit V-förmigem Gürtel zur regelmäßigen separaten Entfernung der festen und flüssigen Fraktion	0–3 €/kg vermindertes NH ₃ -N	70 %
Stallsysteme (Hühner)	Trocknen der Exkremete	0–3 €/kg vermindertes NH ₃ -N/Jahr (konv. Käfige)	30 % (Käfige) 40 % (verbesserte Käfige)
	Sammeln von Kot mittels Transportband (und gleichzeitiges Trocknen) sowie Lagerung außerhalb des Stalles	0–5 €/kg vermindertes NH ₃ -N/Jahr (konv. Käfige)	50–80 % (Käfige)
		0–3 €/kg vermindertes NH ₃ -N/Jahr (verbesserte Käfige)	35–45 % (verbesserte Käfige)
		1–7 €/kg vermindertes NH ₃ -N/Jahr (Freilandhaltung)	80–95 % (Freilandhaltung)
	Behandlung der Abluft	Legehennen:	
1–4 €/kg vermindertes NH ₃ -N/Jahr (konv. Käfige)			(für alle Haltungssysteme sowie Legehennen und auch Masthähnchen)
2–5 €/kg vermindertes NH ₃ -N/Jahr (verbesserte Käfige)			
6–9 €/kg vermindertes NH ₃ -N/Jahr (Freilandhaltung)			
	Masthähnchen:		
	10–15 €/kg vermindertes NH ₃ -N/Jahr		
	Regelmäßige Zugabe von Aluminiumsulfat zur Einstreu	keine Angabe	70 % bei Freilandhaltung
Wirtschaftsdüngerlagerung	Abdeckung der Güllebehälter mittels dichter Deckel-, Dach- oder Zeltstruktur	2–4 €/m ³ /Jahr	80 %
	Bedeckung mit einer Schwimmschicht	1,5–3 €/m ³ /Jahr	60 %
	Plastikgüllebehälter (Storage bags)	2,50 €/m ³ /Jahr	100 %
	Bildung einer natürlichen Kruste	0 €	40 %
	Leichtgutschüttungen: Leuca(light expanded clay aggregates)-Bälle	1–4 €/m ³ /Jahr	60 %
	Austausch von Gülle-Lagunen durch abgedeckte Tanks oder Silos	15 €/m ³ /Jahr (50% der Kosten eines Tanks)	30–60 %

Maßnahmenfeld	Detailmaßnahmen	Kosten	Reduktionspotenzial [%]
	Abdeckung von Misthaufen mit Plastikplanen	keine Angabe	Keine Angabe
Wirtschaftsdünger- ausbringung	Schleppschlauchverteiler	–0,5 bis 1,5 €/kg vermindertes NH ₃ /Jahr	30–35 %
	Schleppschuhverteiler	–0,5 bis 1,5 €/kg vermindertem NH ₃ /Jahr	30–60%
	Injektionstechnik: offene Schlitztechnik	–0,5 bis 1,5 €/kg vermindertes NH ₃ /Jahr	70 %
	Injektionstechnik: geschlossene Schlitztechnik	–0,5 bis 1,2 €/kg vermindertes NH ₃ /Jahr	80 % (flacher Schlitz 5–10 cm) 90 % (tiefe In- jektion > 15 cm)
	Oberflächennahe Gülleausbrin- gung (Flüssigmist)	–0,5 bis 2,0 €/kg vermindertes NH ₃ /Jahr	Pflügen: 90 % Eggen: 70 % Eintragung in- nerhalb 4 h: 4–65 % Eintragung in- nerhalb 24 h: 30 %
	Oberflächennahe Gülleausbrin- gung (Festmist)	–0,5 bis 2,0 €/kg vermindertes NH ₃ /Jahr	Pflügen: 90 % Eggen: 60 % Eintragung in- nerhalb 4 h: 45–65 % Eintragung in- nerhalb 24 h: 30 %
	Gülleverdünnung (von > 4 % Trockenmasse zu < 2 % Tro- ckenmasse für den Gebrauch in Bewässerungssystemen)	–0,5 bis 1,0 €/kg vermindertes NH ₃ /Jahr	30 %
Mineraldün- geranwen- dung (Harnstoff- basierter Mi- neraldünger)	Verwendung von Harnstoff- hemmsubstanzen	–0,5 bis 2,0 €/kg vermindertes NH ₃ /Jahr	70 % für festen Harnstoff 40 % für flüssi- ges Harnstoff Ammonium- nitrat
	Verwendung von polymerbe- schichtetem Harnstoffgranulat	–0,5 bis 2,0 €/kg vermindertes NH ₃ /Jahr	30 %
	Einarbeitung des Mineraldün- gers in den Boden	–0,5 bis 2,0 €/kg vermindertes NH ₃ /Jahr	50–80 %
	Bewässerung direkt nach der Mineraldüngeranwendung	–0,5 bis 1,0 €/kg vermindertes NH ₃ /Jahr	40–70 %

Maßnahmenfeld	Detailmaßnahmen	Kosten	Reduktionspotenzial [%]
	Umstellen von Harnstoff auf Ammoniumnitrat-Dünger	–0,5 bis 1,0 €/kg vermindertes NH ₃ /Jahr	bis zu 90 %
Mineraldüngeranwendung	Einarbeitung des Mineraldüngers in den Boden	siehe Harnstoff-basierter Mineraldünger	
(Sulfat, Phosphat und Nitrat-basierter Mineraldünger)	Bewässerung direkt nach der Mineraldüngeranwendung Langsam freigesetzte Dünger mit Abdeckschicht auf Böden mit hohem pH-Wert		
Weitere Maßnahmen	Weidehaltung	keine Angabe	keine Angabe
	Wirtschaftsdüngerbehandlung	keine Angabe	keine Angabe
	Nicht-landwirtschaftliche Verwendung von Stallmist	keine Angabe	keine Angabe

Quelle: *Guidance Document for preventing and abating ammonia emissions from agricultural sources. ECE/EB.AIR/120 (UNECE 2014).*

Umweltbundesamt GmbH

Spittelauer Lände 5
1090 Wien/Österreich

Tel.: +43-(0)1-313 04

Fax: +43-(0)1-313 04/5400

office@umweltbundesamt.at

www.umweltbundesamt.at

Der Bericht enthält eine umfassende Darstellung potenzieller Maßnahmen zur Verminderung der Ammoniakemissionen aus Österreichs Landwirtschaft. In Zusammenarbeit mit der HBLFA Raumberg-Gumpenstein wurden Empfehlungen für Maßnahmen entwickelt und Aussagen zum Emissionspotenzial getroffen. Dabei lag das Augenmerk auf der Anwendbarkeit in der Praxis, der Akzeptanz der jeweiligen Maßnahme, den spezifischen Kosten (Wirtschaftlichkeit) sowie erzielbaren Reduktionspotenzialen (Effizienz). Die Empfehlung erfolgt gegliedert nach Betriebsformen, bei denen relevante Emissionen entstehen: Futterbaubetriebe (Rinderhaltung), Veredelungs betriebe in der Schweine- und Geflügelhaltung sowie Marktfruchtbetriebe (Ackerbau). Die Maßnahmen betreffen Fütterungsstrategie, Tierhaltung, Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdünger sowie Mineraldüngeranwendung.