

Maßnahmenpotenziale zur
Ammoniakreduktion in der
Landwirtschaft



MASSNAHMENPOTENZIALE ZUR AMMONIAKREDUKTION IN DER LANDWIRTSCHAFT

Michael Anderl
Simone Mayer

REPORT
REP-0858

WIEN 2023

Projektleitung Michael Anderl

Autor:innen Michael Anderl
Simone Mayer

Lektorat Ira Mollay

Satz/Layout Thomas Lössl

Umschlagfoto © Deweis Maria

Auftraggeber Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)

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

Impressum

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

Diese Publikation erscheint ausschließlich in elektronischer Form auf <https://www.umweltbundesamt.at/>.

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2023

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 978-3-99004-695-1

INHALTSVERZEICHNIS

VORWORT	5
ZUSAMMENFASSUNG	6
SUMMARY	7
1 DATENBASIS UND METHODIK	8
1.1 Theoretisches Reduktionspotenzial	8
1.2 Technisches Reduktionspotenzial	9
2 MAXIMUM FEASIBLE SZENARIO	10
3 MAßNAHMENPAKETE	12
3.1 Rinder	12
3.2 Schweine	13
3.3 Düngung	14
4 ANALYSEN ZIELERREICHUNG	16
5 EINZELMAßNAHMEN	18
5.1 Proteinreduzierte Fütterungsstrategien – Rinder	19
5.2 Proteinreduzierte Fütterungsstrategien – Schweine	21
5.3 Behandlung der Abluft – Schweine	23
5.4 Behandlung der Abluft – Hühner	25
5.5 Feste Abdeckung der Güllebehälter – Rinder	27
5.6 Feste Abdeckung der Güllebehälter – Schweine	28
5.7 Einhausung (dreiseitig) und Abdeckung bzw. Überdachung des Festmistlagers (Rinder und Schweine)	29
5.8 Bodennahe Gülleausbringung – Rinder	31
5.9 Bodennahe Gülleausbringung – Schweine	33
5.10 Rasches Einarbeiten von Flüssigmist – Rinder und Schweine	35
5.11 Rasches Einarbeiten von Festmist – alle Tierkategorien	37
5.12 Separierung: mit und ohne weitere spezifische Behandlung der festen Fraktion	38
5.13 Ansäuern der Gülle (im Lager und bei der Ausbringung)	40
5.14 Urease-Inhibitoren zu Gülle	42
5.15 Harnstoffdünger – stabilisiert oder eingearbeitet	44

6	OPTIMIERUNGSPOTENZIAL OLI-LANDWIRTSCHAFT	45
7	REFERENZEN	51

VORWORT

Im Rahmen zweier Vorgänger-Projekte „MASSNAHMEN ZUR MINDERUNG SEKUNDÄRER PARTIKELBILDUNG DURCH AMMONIAKEMISSIONEN AUS DER LANDWIRTSCHAFT“ (2016) und „REDUKTIONSPOTENZIALE IM SEKTOR LANDWIRTSCHAFT“ (2017) wurden bereits Maßnahmen zur Minderung sekundärer Partikelbildung durch Ammoniakemissionen identifiziert und quantifiziert. Die Arbeiten dienten als fachliche Grundlage für die Programmerstellung gemäß § 19 IG-L für das Erreichen des nationalen Zieles¹ zur Reduzierung des Average Exposure Indicators (AEI, Indikator für die durchschnittliche Exposition). Die Ergebnisse stellten auch eine wichtige Datengrundlage für die Erstellung des Nationalen Luftreinhalteprogramms 2019 gemäß § 6 Emissionsgesetz-Luft (EG-L) dar.

Vorliegende Emissionsprojektionen (Umweltbundesamt, 2021) zeigen jedoch, dass mit den im Nationalen Luftreinhalteprogramm definierten Maßnahmen das NH₃-Minderungsziel für 2030 deutlich verfehlt wird. Es ist daher notwendig, die Effizienz der bestehenden Maßnahmen zu verstärken und neue, zusätzliche Maßnahmen in ein neues, überarbeitetes Programm aufzunehmen.

Im Rahmen des gegenständlichen Projekts wurden einerseits verschiedene Einzelmaßnahmen und andererseits ausgewählte Maßnahmenbündel für den Sektor Landwirtschaft auf ihre Wirksamkeit in der Österreichischen Luftschadstoffinventur (OLI) überprüft und quantifiziert. Durch die Verkettung der Maßnahmen wurde die Auswirkung in Hinblick auf die Zielerreichung gemäß EU NEC-Richtlinie analysiert.

¹ Reduktion des AEI, d. h. des Mittelwerts von fünf PM_{2,5}-Messstellen im städtischen Hintergrund, von 2009–2011 auf 2018–2020 um 15 %.

ZUSAMMENFASSUNG

In der gegenständlichen Studie werden die Effekte von Ammoniakminderungsmaßnahmen im Sektor Landwirtschaft untersucht. Es wurden dabei Potenzialabschätzungen zu Einzelmaßnahmen und Maßnahmenpaketen durchgeführt. Im Hinblick auf das NH₃-Minderungsziel gemäß EU-NEC Richtlinie für 2030 wurde zudem auf Grundlage der untersuchten Maßnahmen ein sogenanntes Maximum Feasible Szenario, ein größtmögliches technisches Minderungspotenzial, berechnet.

Analog zu den Vorgängerstudien (Umweltbundesamt und LFZ Raumberg-Gumpenstein, 2016, Umweltbundesamt, 2017) wurden Fact Sheets für 15 Einzelmaßnahmen mit Annahmen und Ergebnissen für das theoretische und technische Reduktionspotenzial erstellt.

Maßnahmenpakete wurden für den Rinder- und Schweinebereich sowie für die Düngung landwirtschaftlicher Böden geschnürt. In diesen Paketen wurden die technisch möglichen Potenziale ausgewählter Maßnahmen im OLI-Landwirtschaftsmodell miteinander verkettet und durchgerechnet. Für den Rinder- und Schweinebereich umfassen diese Pakete ausgewählte Maßnahmen aus den Bereichen Fütterung, Güllelagerung, Gülleaufbereitung und Wirtschaftsdüngerausbringung. Es wurden Ammoniak einsparungen von rund 7.300 Tonnen NH₃ für Rinder und knapp 2.900 Tonnen NH₃ für Schweine ermittelt. Die Stickstoffdüngung mit Wirtschafts- und Mineraldünger wurde ebenfalls im Rahmen eines eigenen Maßnahmenpaketes separat betrachtet und ergab eine Ammoniak einsparung von rund 7.400 Tonnen NH₃. Da die beiden zuvor genannten Analysen für Rinder und Schweine ebenfalls Minderungseffekte im Bereich der Wirtschaftsdüngerausbringung beinhalten, ist eine Aufsummierung der einzelnen Potenziale nicht zulässig.

Für das Maximum Feasible Szenario wurde eine Ammoniakreduktion von rund 11.700 Tonnen NH₃ ermittelt, was einer prozentuellen Reduktion von 13 % im Vergleich zur Emissionsmenge des Jahres 2005 entspricht. Das NH₃-Minderungsziel gemäß NEC-Richtlinie von -12 % wäre somit erreicht.

Das Prüfen von Maßnahmenvorschlägen auf ihre Relevanz und Anwendbarkeit in der Inventur, Inventurverbesserungsbedarf zu identifizieren und – falls möglich – ausgewählte Maßnahmen in das OLI-Landwirtschaftsmodell zu integrieren war ebenso Teil dieser Studie. Bei der Aufnahme von neuen Maßnahmen in die Inventur sind dabei die strengen internationalen Vorgaben gemäß IPCC und EMEP/EEA unbedingt einzuhalten.

Eine Reihe zusätzlicher Maßnahmen konnte dabei zwar technisch in das OLI-Modell Landwirtschaft implementiert werden, eine Aufnahme in die nationale Inventur ist jedoch nur bei Vorliegen valider Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren möglich. Zusätzlicher Handlungsbedarf wurde analysiert.

SUMMARY

The present study investigates the effect of ammonia abatement measures for the agriculture sector. Reduction potentials of single measures and packages of measures were calculated. Additionally, a so-called maximum feasible scenario was developed.

Along the lines of the previous studies (Umweltbundesamt and LFZ Raumberg-Gumpenstein, 2016, Umweltbundesamt, 2017), the effects of 15 single abatement measures were quantified. For each measure, the results are summarised in the form of fact sheets.

Specific packages of measures were analysed for the areas of cattle and pig husbandry as well as the fertilisation of agricultural soils with mineral fertilisers and animal manures. The emission calculations were carried out using the Austrian agriculture inventory model. The cattle and swine packages include measures for feeding, manure storage, manure spreading and manure treatment. Ammonia reductions of about 7,300 tonnes for cattle and almost 2,900 tonnes for swine were determined. Within the scope of N-fertilisation of agricultural soils, NH₃ abatement measures regarding mineral and organic fertiliser application resulted in a reduction of about 7,400 tonnes of NH₃. For the maximum feasible scenario, a NH₃ reduction potential of about 11,700 tonnes was determined, corresponding to a decrease of -13 % compared to 2005.

Another part of this study was the evaluation of additional ammonia measures regarding their relevance and applicability for the Austrian inventory and, in a final step, the integration into the Austrian inventory model in accordance with the provisions of the IPCC and EMEP/EEA emission inventory and reporting guidelines. The analyses showed that further valid activity data and emission factors are needed.

1 DATENBASIS UND METHODIK

Die Effekte der Ammoniakminderungsmaßnahmen wurden mit dem OLI-Landwirtschaftsmodell 2021 (Submission 2022) berechnet, welches die Emissionszeitreihe 1990–2020 umfasst.

Maximum Feasible Szenario, Maßnahmenpakete, Quantifizierungen und Zielerreichungsanalysen wurden auf Basis des letzten Inventurjahrs 2020 berechnet, da zum Zeitpunkt der Berichterstellung noch keine aktualisierten Projektionen für das Jahr 2030 vorlagen. Methodisch wurde dies durch Änderung spezifischer Parameter und Annahmen umgesetzt. Ergebnis ist die Differenz zur offiziellen Emissionsmenge des Jahres 2020 gemäß OLI 2021 (Submission 2022). Die theoretische Wirksamkeit der analysierten Maßnahmen ist somit gut ersichtlich.

Da den Berechnungen keine Szenarien zugrunde liegen, sondern auf ein und demselben Inventurjahr (2020) beruhen, bleiben etwaige Änderungen der Aktivitätsdaten im zeitlichen Verlauf, wie z. B. Viehbestand und Mineraldüngerdaten, unberücksichtigt. Die dargestellten Maßnahmeneffekte sind somit nicht durch Änderung der Aktivitätsdaten verzerrt.

Die angewandten Minderungsfaktoren basieren auf Werten aus internationalen Studien und Guidebooks (z. B. EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019, EEA, 2019 und UNECE Guidance Document 2015, UNECE, 2015).

1.1 Theoretisches Reduktionspotenzial

Die bereits in den Vorgängerstudien (Umweltbundesamt und LFZ Raumberg-Gumpenstein, 2016, Umweltbundesamt, 2017) angeführten Reduktionspotenziale der empfohlenen Maßnahmen wurden an entsprechender Stelle im OLI-Emissionsmodell methodisch implementiert (Fütterung, Stall, Auslauf, Lagerung, Ausbringung, Weide). Für das theoretische Reduktionspotenzial wird eine 100 %ige Maßnahmenumsetzung angesetzt.

Die Abschätzung des theoretischen Reduktionspotenzials erfolgt nach demselben Ansatz wie im Vorgängerprojekt (Umweltbundesamt, 2017) unter Verwendung des aktuellen OLI-Landwirtschaftsmodells.

1.2 Technisches Reduktionspotenzial

Das technische Reduktionspotenzial umfasst jenen Teil des theoretischen Potenzials, der sich unter Berücksichtigung einer Reihe von begrenzenden Faktoren, wie z. B. Betriebsgröße, Betriebsstruktur, Morphologie, Markt und Förderlandschaft, in der Praxis umsetzen lässt.

Ausgangspunkt für die Berechnungen ist das theoretische Emissionsminderungspotenzial in Tonnen NH₃ je Maßnahme. Diese Emissionsmenge wird um jenen Prozentsatz reduziert, der sich aus den getroffenen Annahmen und Analysen ergibt.

Betriebsgröße

Manche der Maßnahmen gehen mit einem erhöhten Aufwand (technisch, finanziell etc.) einher, was insbesondere für Kleinbetriebe eine überproportionale Zusatzbelastung darstellen kann. In einem vereinfachten Ansatz wird dem Rechnung getragen, indem Mindestbetriebsgrößen als untere Barriere festgelegt wurden.

Ammoniakreduktionsverordnung

Die Ammoniakreduktionsverordnung (BGBl. II Nr. 395/2022) normiert spezifische Maßnahmen für den Sektor Landwirtschaft zur Erreichung der nationalen Emissionsreduktionsverpflichtung für Ammoniak. Es wird angenommen, dass die verordneten Maßnahmen in der Praxis vollständig umgesetzt werden.

Expert:innenschätzungen

Im Rahmen einer Besprechung zu Luftreinhaltemaßnahmen für das Jahr 2030 (BMNT, 2020) wurden von nationalen Landwirtschaftsexpert:innen die Durchdringungsraten verschiedener Maßnahmen neu bewertet. Getroffene Annahmen wurden im gegenständlichen Projekt für spezifische Quantifizierungen herangezogen.

Zum Thema Fütterung und den Potenzialen zur Absenkung der Rohprotein-gehalte in den Rationen wurde die Expertise von Dr. Stefan Hörtenhuber, Institut für Nutztierwissenschaften an der Universität für Bodenkultur, eingeholt.

2 MAXIMUM FEASIBLE SZENARIO

Für dieses Szenario wurden die technischen Potenziale ausgewählter Maßnahmen verkettet und im OLI-Modell Landwirtschaft synchron für das Jahr 2020 berechnet. Der Begriff „Szenario“ bezieht sich folglich nur auf die Maßnahmenmodellierung. Die Erstellung von Zeitreihen-Szenarien bis zum Jahr 2030 war nicht Inhalt dieser Studie.

Für die Emissionsberechnung wurden folgenden Maßnahmen herangezogen:

- **Proteinreduzierte Fütterung (Rinder und Schweine):** Für Milchkühe – analog zu den Mastrindern – wird eine Reduzierung des Rohproteingehalts um 5 % angenommen. Für Mastschweine (ohne Ferkelaufzucht) und für Zuchtsauen wurde diese Annahme ebenso getroffen. Zusätzlich werden die GVE-Verhältnisse berücksichtigt: Nur Betriebe ab 20 GVE werden von dieser Maßnahme erfasst, das sind 78 % aller Rinder und 98 % aller Schweine in Österreich.
- **Abluftbehandlung für große Schweine- und Hühnerbetriebe:** Diese Maßnahme ist nur für Großbetriebe geeignet. Betriebe ab 200 GVE umfassen 27 % aller Schweine und 42 % aller Hühner in Österreich.
- **Abdeckung der Güllebehälter mittels Deckel-, Dach- oder Zeltstruktur für Rinder- und Schweinebetriebe:** Kleine Betriebe unter 20 GVE werden von dieser Maßnahme ausgenommen.
- **Lagerung des Festmistlagers unter Folie für Rinder- und Schweinebetriebe:** Kleine Betriebe unter 20 GVE werden vom technischen Potenzial ausgenommen – analog zur Gülleabdeckung.
- **Bodennahe Gülleausbringung (Rinder und Schweine):** Gemäß einer Einschätzung nationaler Landwirtschaftsexpert:innen zu Luftreinhaltemaßnahmen 2030 (BMNT, 2020) wird für den Schleppschuh im Rinderbereich ein Anteil von 35 % und für den Injektor ein Anteil von 5 % angenommen. Für den Rest auf 66,4 % wird die Ausbringungstechnik Schleppschlauch modelliert. Im Schweinebereich werden gemäß der o.g. Expert:innenschätzung Anteile an der bodennahen Gülleausbringung von jeweils 5 % für den Schleppschuh und den Injektor angenommen. Für den Rest auf 90,2 % wird die Ausbringungstechnik Schleppschlauch modelliert.
- **Einarbeiten Gülle <4 h (alle Tiere):** Alle Güllemengen, die aktuell eingearbeitet werden, werden auf Nutzflächen ohne Bodenbedeckung ausgebracht. Auch die bisher nur innerhalb von 12 h eingearbeiteten Mengen werden bereits innerhalb von 4 h eingearbeitet.
- **Einarbeiten Festmist <4 h (alle Tiere):** Jene Mengen des Festmists, für welche ausreichend Ackerland verfügbar ist, werden zu 100 % innerhalb von 4 h eingearbeitet.
- **Gülleseparation (Rinder und Schweine):** Auf Basis einer Einschätzung nationaler Landwirtschaftsexpert:innen zu Luftreinhaltemaßnahmen 2030 (BMNT, 2020) wird angenommen, dass 50 % der Gülle aufbereitet werden (Verdünnung, Separierung, Zusätze). Für die Berechnung des Potenzials

wird die Annahme getroffen, dass 40 % der Gülle separiert werden und 10 % bei der Ausbringung angesäuert werden (zuzüglich zum Anteil der Gülleverdünnung gemäß TIHALO-II-Studie).

- **Ansäuerung Gülle (Rinder und Schweine):** siehe Gülleseparation
- **Harnstoffdünger – stabilisiert oder eingearbeitet:** Es wird die Annahme getroffen, dass Harnstoff nur noch als Düngemittel aufgebracht werden darf, soweit ihm ein Urease-Hemmstoff zugegeben ist oder er unverzüglich, jedoch spätestens innerhalb von vier Stunden nach dem Zeitpunkt der Ausbringung, eingearbeitet wird. Aktuell werden 41 % des nicht-stabilisierten Harnstoffdüngers noch am Tag der Ausbringung eingearbeitet (Baumgarten et al., 2019). Es wird angenommen, dass diese 41 % innerhalb von 4 h eingearbeitet werden und die restlichen 59 % als stabilisierter Harnstoffdünger ausgebracht werden.

Die Verkettung der genannten Maßnahmen ergibt eine **Ammoniak einsparung** von **11.738 Tonnen NH₃**. Dies entspricht einer prozentuellen Reduktion der Emissionen zwischen 2005 und 2020 um **13 %**.

3 MAßNAHMENPAKETE

Es wurde die Ammoniakminderung für die Maßnahmenpakete „Rinder“, „Schweine“ und „Düngung“ berechnet. Dabei wurde immer das technische Potenzial der jeweiligen Maßnahmen herangezogen.

Anzumerken ist, dass neben dem Maßnahmenpaket Düngung (Kapitel 3.3) auch die Analysen zur Rinder- und Schweinehaltung (Kapitel 3.1 und 3.2) Maßnahmen für die Wirtschaftsdüngerausbringung enthalten. Eine Aufsummierung der für die einzelnen Pakete ausgewiesenen Potenziale ist daher nicht zulässig (Doppelzählung).

3.1 Rinder

Für den Rinderbereich wurden die technischen Potenziale der Maßnahmen zu Fütterung, Güllelagerung, Wirtschaftsdüngerausbringung und Gülleaufbereitung miteinander verkettet.

- **Proteinreduzierte Fütterung:** Aufgrund des Abbaus eines hohen Rohproteinanteils im Pansen durch die Pansenmikroben (ausgenommen pansengeschütztes, unabbaubares Protein) ist die Supplementierung von synthetischen limitierenden Aminosäuren bei Wiederkäuern bzw. Rindern nicht üblich und die Rohproteinabsenkung schwieriger als bei Schweinen und Geflügel umzusetzen. Für die Berechnung des technischen Potenzials wird daher für Milchkühe und Mastrinder (Masttiere und -kalbinnen ein Jahr bis zur Schlachtung) eine Reduzierung des Rohproteingehalts um nur 5 % angenommen. Das ergibt eine Reduktion der N-Ausscheidung um 6,8 % für Milchkühe, für die Masttiere um 5,9 % und für die Mastkalbinnen um 5,4 % (2020). Rinder in kleinen Betrieben unter 20 GVE werden für das technische Potenzial nicht berücksichtigt.
- **Abdeckung der Güllebehälter mittels Deckel-, Dach- oder Zeltstruktur:** Alle Flüssigmistlager, die in der OLI ein ungünstigeres Emissionsverhalten aufweisen, werden mit einer festen Abdeckung versehen. Dies betrifft nicht abgedeckte Lager, Lager mit Güllebelüftung, Strohabdeckung und natürliche Schwimmdecke. Diese Maßnahme wird ab einer Betriebsgröße von 20 GVE realisiert (78 % aller Rinder).
- **Lagerung des Festmistlagers unter Folie:** Von der Abdeckung der Festmistlager mit Plastikfolie werden die kleinen Betriebe unter 20 GVE ausgenommen.
- **Bodennahe Gülleausbringung:** Gemäß der Einschätzung nationaler Landwirtschaftsexpert:innen (BMNT, 2020) wurde für den Schleppschuh im Rinderbereich bis 2030 ein Potenzial von 35 % gesehen, für den Injektor ein Potenzial von 5 %.

In dieser Analyse wird für den Rest auf 66,4 % die Ausbringungstechnik

Schleppschlauch angenommen. Für den Prallteller ergibt sich ein Anteil von 33,6 %.

- **Einarbeiten Gülle <4 h:** Alle Güllemengen, die aktuell eingearbeitet werden, werden auf Nutzflächen ohne Bodenbedeckung ausgebracht. Auch die bisher nur innerhalb von 12 h eingearbeiteten Mengen werden bereits innerhalb von 4 h eingearbeitet.
- **Einarbeiten Festmist <4 h:** Jene Mengen des Festmists, für welche ausreichend Ackerland verfügbar ist, werden zu 100 % innerhalb von 4 h eingearbeitet.
- **Gülleseparierung:** Es wird angenommen, dass 40 % der Gülle separiert werden kann.
- **Gülleansäuerung:** Es wird angenommen, dass 10 % der Gülle bei der Ausbringung angesäuert werden kann.

Die Verkettung der genannten Maßnahmen für den Rinderbereich ergibt eine **Ammoniak einsparung** von **7.315 Tonnen NH₃**.

3.2 Schweine

Für den Schweinebereich wurden die technischen Potenziale der Maßnahmen zu Fütterung, Stall, Güllelagerung, Wirtschaftsdüngerausbringung und Gülleaufbereitung miteinander verkettet.

- **Proteinreduzierte Fütterung:** Eine Reduzierung des Rohproteingehalts um 5 % ergibt für die Mastschweine ohne Ferkelaufzucht eine Reduktion der N-Ausscheidung um 8,3 % und für die Zuchtsauen um 6,2 % (2020). Zusätzlich werden die GVE-Verhältnisse berücksichtigt: Nur Betriebe ab 20 GVE werden erfasst, das sind 98 % aller Schweine in Österreich.
- **Abluftbehandlung:** Diese Maßnahme ist nur für Großbetriebe geeignet. Betriebe ab 200 GVE umfassen 27 % aller Schweine.
- **Abdeckung der Güllebehälter mittels Deckel-, Dach- oder Zeltstruktur:** Alle Flüssigmistlager, die in der OLI ein ungünstigeres Emissionsverhalten aufweisen, werden mit einer festen Abdeckung versehen. Dies betrifft nicht abgedeckte Lager, Lager mit Güllebelüftung, Strohabdeckung und natürliche Schwimmdecke. Diese Maßnahme wird ab einer Betriebsgröße von 20 GVE realisiert (98 % aller Schweine).
- **Lagerung des Festmistlagers unter Folie:** Von der Abdeckung der Festmistlager mit Plastikfolie werden die kleinen Betriebe unter 20 GVE ausgenommen.
- **Bodennahe Gülleausbringung:** Gemäß der Einschätzung nationaler Landwirtschaftsexpert:innen (BMNT, 2020) wurde sowohl für den Schleppschuh als auch den Injektor im Schweinebereich bis 2030 ein Potenzial von je-

weils 5 % gesehen. Für diese Analyse wird der Rest auf 90,2 % mit der Ausbringungstechnik Schleppschlauch angenommen. Für den Prallteller ergibt sich ein Anteil von 9,8 %.

- **Einarbeiten Gülle <4 h:** Alle Güllemengen, die aktuell eingearbeitet werden, werden auf Nutzflächen ohne Bodenbedeckung ausgebracht. Auch die bisher nur innerhalb von 12 h eingearbeiteten Mengen werden bereits innerhalb von 4 h eingearbeitet.
- **Einarbeiten Festmist <4 h:** Jene Mengen des Festmists, für welche ausreichend Ackerland verfügbar ist, werden zu 100 % innerhalb von 4 h eingearbeitet.
- **Gülleseparierung:** Es wird angenommen, dass 40 % der Gülle separiert werden können.
- **Gülleansäuerung:** Es wird angenommen, dass 10 % der Gülle bei der Ausbringung angesäuert werden können.

Die Verkettung der genannten Maßnahmen für den Schweinebereich ergibt eine **Ammoniak einsparung** von **2.857 Tonnen NH₃**.

3.3 Düngung

Für den Bereich Düngung wurden die technischen Potenziale der Maßnahmen zu Harnstoff, bodennahe Gülleausbringung, das rasche Einarbeiten von Gülle und Festmist sowie die Aufbereitung der Gülle miteinander verkettet.

- **Bodennahe Gülleausbringung (Rinder und Schweine):** Auf Basis einer Einschätzung nationaler Landwirtschaftsexpert:innen (BMNT, 2020) wurden Annahmen für den Schleppschuh wie auch für den Injektor getroffen (siehe Kapitel 3.1 und 3.2).
- **Einarbeiten Gülle <4 h:** Alle Güllemengen, die aktuell eingearbeitet werden, werden auf Nutzflächen ohne Bodenbedeckung ausgebracht. Auch die bisher nur innerhalb von 12 h eingearbeiteten Mengen werden bereits innerhalb von 4 h eingearbeitet.
- **Einarbeiten Festmist <4 h:** Jene Mengen des Festmists, für welche ausreichend Ackerland verfügbar ist, werden zu 100 % innerhalb von 4 h eingearbeitet.
- **Gülleseparierung:** Es wird angenommen, dass 40 % der Gülle separiert werden können.
- **Gülleansäuerung:** Es wird angenommen, dass 10 % der Gülle bei der Ausbringung angesäuert werden können.
- **Harnstoffdünger – stabilisiert oder eingearbeitet:** Es wird die Annahme getroffen, dass Harnstoff nur noch als Düngemittel aufgebracht werden darf, soweit ihm ein Urease-Hemmstoff zugegeben ist oder er unverzüglich, jedoch spätestens innerhalb von vier Stunden nach dem Zeitpunkt der

Ausbringung, eingearbeitet wird. Aktuell werden 41 % des nicht-stabilisierten Harnstoffdüngers noch am Tag der Ausbringung eingearbeitet (Baumgarten et al., 2019). Es wird angenommen, dass diese 41 % innerhalb von 4 h eingearbeitet werden und die restlichen 59 % als stabilisierter Harnstoffdünger ausgebracht werden.

Die Verkettung der genannten Maßnahmen für den Bereich der Düngung ergibt eine **Ammoniak einsparung** von **7.424 Tonnen NH₃**.

4 ANALYSEN ZIELERREICHUNG

Die Berechnungen des Maximum Feasible Szenarios (siehe Kapitel 2) ergaben eine NH₃-Reduktion von rund 13 % im Vergleich zum Emissionswert des Jahres 2005. Auf Basis der Aktivitätsdaten für das Jahr 2020 wäre somit das NEC-Ziel für 2030 von -12 % leicht übererfüllt.

Im Rahmen dieses Arbeitspakets wurden die Effekte ausgewählter Maßnahmen in Hinblick auf die Zielerreichung näher betrachtet. Dabei wurden im Maximum Feasible Szenario einzelne Maßnahmen ausgeschaltet (also gemäß OLI 2021 für das Jahr 2020 abgebildet), wodurch die theoretische Wirksamkeit der analysierten Maßnahmen gut ersichtlich wird. Die Effekte dieser Berechnungen sind in Tabelle 1 dargestellt.

Folgende Maßnahmen wurden analysiert: verstärkte proteinreduzierte Fütterung für Rinder und Schweine, Abluftbehandlung für Schweine und Hühner (Großbetriebe >200 GVE), Festmistlagerung unter Plastikfolie für Rinder- und Schweinebetriebe, verstärkte bodennahe Gülleausbringung, verstärktes Einarbeiten von Festmist (alle Tiere), Güllebehandlung (50 % werden insgesamt behandelt, davon 40 % separiert und 10 % bei Ausbringung angesäuert), Ansäuern bei Ausbringung (10 % der Rinder- und Schweinegülle).

Tabelle 1: Effekte der Maßnahmen auf die Zielerreichung im Maximum Feasible Szenario.

Szenario	Differenz zum Inventurjahr 2020	Differenz zum Maximum Feasible Szenario	Differenz zum Inventurjahr 2005
	[t NH ₃]	[t NH ₃]	[%]
Maximum Feasible Szenario	-11.738		-12,7 %
Maximum Feasible Szenario ohne verstärkte Fütterungsmaßnahmen für Rinder	-10.838	+900	-11,1 %
Maximum Feasible Szenario ohne verstärkte Fütterungsmaßnahmen für Schweine	-11.340	+398	-12,0 %
Maximum Feasible Szenario ohne Abluftbehandlung für Schweine und Hühner	-10.337	+1.401	-10,3 %
Maximum Feasible Szenario ohne Festmistlagerung unter Folie für Rinder und Schweine	-11.215	+523	-11,8 %
Maximum Feasible Szenario ohne verstärkte bodennahe Ausbringung von Rinder- und Schweinegülle	-8.410	+3.328	-6,9 %
Maximum Feasible Szenario ohne verstärkte Einarbeitung von Festmist für alle Tiere	-11.265	+473	-12,1 %
Maximum Feasible Szenario ohne Güllebehandlung (Separierung und Ansäuern)	-10.287	+1.451	-10,2 %
Maximum Feasible Szenario ohne Gülleansäuerung ^{*)}	-11.251	+487	-11,9 %

^{*) Annahme: Nur 10 % der Rinder- und Schweinegülle werden bei der Ausbringung angesäuert.}

In Tabelle 1 ist ersichtlich, dass für das Erreichen des NEC-Ziels von -12 % (Basis 2005) jede einzelne Maßnahme ihre Notwendigkeit hat.

Die verstärkte bodennahe Gülleausbringung hat bei weitem die größte Auswirkung. Ohne weitere Forcierung dieser Maßnahme scheint eine Zielerreichung nahezu unmöglich. Wie später in den Kapiteln 5.8 und 5.9 angemerkt, können weitere Emissionseinsparungen durch vermehrte Ausbringung mit Schleppschuh- und Injektortechnik erreicht werden.

Unter der Annahme, dass 50 % der anfallenden Gülle aufbereitet werden können, hat auch die Güllebehandlung eine deutliche Auswirkung auf das Emissionsgeschehen. Die Abluftbehandlung in großen Schweine- und Geflügelställen (>200 GVE) wurde ebenfalls als wirksame Ammoniakminderungsmaßnahme identifiziert.

5 EINZELMAßNAHMEN

Dieses Kapitel beinhaltet die Ergebnisse der Maßnahmenquantifizierung ausgewählter Maßnahmen zur Reduktion von Ammoniakemissionen.

Analog zum Vorprojekt (Umweltbundesamt, 2017) wurden Berechnungswege, Annahmen und Ergebnisse für jede untersuchte Maßnahme in Form von Fact Sheets dokumentiert.

Die folgenden Maßnahmen wurden quantifiziert:

Fütterung

- Proteinreduzierte Fütterungsstrategien – Rinder (siehe Kapitel 5.1)
- Proteinreduzierte Fütterungsstrategien – Schweine (siehe Kapitel 5.2)

Stall

- Behandlung der Abluft – Schweine (siehe Kapitel 5.3)
- Behandlung der Abluft – Hühner (siehe Kapitel 5.4)

Abdeckung

- Feste Abdeckung der Güllebehälter – Rinder (siehe Kapitel 5.5)
- Feste Abdeckung der Güllebehälter – Schweine (siehe Kapitel 5.6)
- Einhausung (dreiseitig) und Abdeckung bzw. Überdachung des Festmistlagers (Rinder und Schweine) (siehe Kapitel 5.7)

Ausbringung

- Bodennahe Gülleausbringung – Rinder (siehe Kapitel 5.8)
- Bodennahe Gülleausbringung – Schweine (siehe Kapitel 5.9)
- Rasches Einarbeiten von Flüssigmist – Rinder und Schweine (siehe Kapitel 5.10)
- Rasches Einarbeiten von Festmist – alle Tierkategorien (siehe Kapitel 5.11)
- Separierung: mit und ohne weitere spezifische Behandlung der festen Fraktion (siehe Kapitel 5.12)
- Ansäuern der Gülle (im Lager und bei der Ausbringung) (siehe Kapitel 5.13)
- Urease-Inhibitoren zu Gülle (siehe Kapitel 5.14)

Mineraldünger

- Harnstoffdünger – stabilisiert oder eingearbeitet (siehe Kapitel 5.15)

5.1 Proteinreduzierte Fütterungsstrategien – Rinder

Proteinreduzierte Fütterungsstrategien – Rinder

Theoretisches

Reduktionspotenzial: 2.701 Tonnen NH₃

Annahmen:

Das theoretische Reduktionspotenzial wird unter der Annahme berechnet, dass diese Maßnahme für die betreffenden Rinderkategorien zu 100 % umgesetzt wird. Das Potenzial dieser Maßnahme ergibt sich durch den Vergleich mit den Fütterungsannahmen gemäß OLI 2021.

Laut Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) ist eine Reduktion der Rohproteingehalte im Futter von Milchkühen und Mastrindern („Fressern“) zu empfehlen. (<https://www.lfl.bayern.de/ite/rind/023216/index.php>)

Für Milchkühe wurde für das theoretische Potenzial eine Reduktion des Rohproteingehalts um 10 % angenommen.

Nach den Empfehlungen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE, 2001) und Gruber und Pötsch, 2006 liegt für die Fütterung von Milchkühen der Rohproteinbedarf (in %) und der Gehalt der Durchschnittsration für das Jahr 2020 bei:

- Milchkühe Bedarf = 13,0 %
- Milchkühe Durchschnittsanteil in Ration = 14,6 %

Eine -10 % Reduktion des mittleren Rohproteinanteils von 14,6 % liegt damit immer noch über dem Bedarf von 13,0 %.

Für Mastrinder (Masttiere und -kalbinnen ein Jahr bis zur Schlachtung) wurde eine Rohproteinabsenkung um nur 5 % berechnet, da die in der OLI implementierten Durchschnittsrationen bereits aus Praxisempfehlungen abgeleitet wurden.

Das Minderungspotenzial je Maßnahme wird immer in NH₃-Emissionen gesamt angegeben. Das bedeutet, dass die Wirksamkeit der Maßnahme im gesamten Stickstofffluss abgebildet ist.

Rechenweg:

Die Menge an Rohprotein in der Ration ist ein entscheidender Faktor für die Stickstoffausscheidung.

Die Berechnungen anhand der Futtermengen ergeben, dass

- eine Reduktion des Rohproteingehalts um 10 % bei Milchkühen die N-Ausscheidung um 13,7 % im Jahr 2020 reduziert,
- die Senkung des Rohproteingehalts bei Masttieren (ein Jahr bis zur Schlachtung) um durchschnittlich 5 % einen Rückgang der N-Ausscheidung um 5,9 % zur Folge hat,
- die Senkung des Rohproteingehalts bei Mastkalbinnen (ein Jahr bis zur Schlachtung) um durchschnittlich 5 % einen Rückgang der N-Ausscheidung um 5,4 % zur Folge hat.

Datengrundlagen: OLI 2021, Inventurmodell Landwirtschaft. Berechnungen zu Fütterung und Ausscheidung aus MiNutE-Studie (Hörtenhuber et al., 2022, 2023).

Technisches

Reduktionspotenzial: 1.149 Tonnen NH₃

Annahmen: Aufgrund des Abbaus eines hohen Rohproteinanteils im Pansen durch die Pansenmikroben (ausgenommen pansengeschütztes, unabbaubares Protein) ist die Supplementierung von synthetischen limitierenden Aminosäuren bei Wiederkäuern bzw. Rindern nicht üblich und die Rohproteinabsenkung schwieriger als bei Schweinen und Geflügel umzusetzen. Pansengeschützte, synthetische Aminosäuren sind zwar am Markt verfügbar, werden in der Praxis jedoch äußerst selten, höchstens bei Milchkühen im Hochleistungsbereich, eingesetzt. Der Einsatz von pansengeschützten synthetischen Aminosäuren stellte sich in Fütterungsversuchen der LfL als nicht sinnvoll heraus (<https://www.lfl.bayern.de/ite/rind/180406/index.php>).

Für die Berechnung des technischen Potenzials wird daher für die Milchkühe – analog zu den Mastrindern – eine Reduzierung des Rohproteingehalts um nur 5 % angenommen.

Betriebsgröße

Rinder in kleinen Betrieben unter 20 GVE werden für das technische Potenzial nicht berücksichtigt.

Rechenweg: Eine Reduzierung des Rohproteingehalts um 5 % ergibt für die Milchkühe eine Reduktion der N-Ausscheidung um 6,8 %, für die Maststiere um 5,9 % und für die Mastkalbinnen um 5,4 % (2020).

Zusätzlich werden für das technische Reduktionspotenzial die GVE-Verhältnisse berücksichtigt: Nur der Viehbestand in Betrieben ab 20 GVE wird erfasst, das sind 78 % aller Rinder.

Datengrundlagen: **Emissionsberechnung:** OLI 2021.

Die Auswertungen zur Fütterung basieren auf Hörtenhuber et al., 2022: Minderungspotenziale zu Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen aus der Nutztierhaltung unter besonderer Berücksichtigung ernährungsbezogener Faktoren (MiNutE). Wien: Universität für Bodenkultur; Hörtenhuber et al., 2023: Implementing IPCC 2019 Guidelines into a National Inventory: Impacts of Key Changes in Austrian Cattle and Pig Farming. Sustainability 2023.

Maßnahmen-Durchdringungsrate: Statistik Austria, 2022: Agrarstrukturerhebung 2020, Auswertung „Tierart und Größenklasse Großvieheinheiten nach Anzahl Vieh“.

5.2 Proteinreduzierte Fütterungsstrategien – Schweine

Proteinreduzierte Fütterungsstrategien – Schweine

Theoretisches

Reduktionspotenzial: 1.071 Tonnen NH₃

Annahmen: Ein Absenken der Rohproteingehalte in den Rationen ist insbesondere bei Monogastriden wie Schweinen gut realisierbar.

Das theoretische Reduktionspotenzial wird unter der Annahme berechnet, dass die Maßnahme für die betreffenden Schweinekategorien zu 100 % umgesetzt wird.

Das Potenzial dieser Maßnahme ergibt sich durch den Vergleich mit den Fütterungsannahmen gemäß OLI 2021.

Für das theoretische Potenzial werden die Effekte folgender Absenkungsstufen untersucht:

- Mastschweine ohne Ferkel: Rohproteinabsenkung um 10 %
- Zuchtsauen: Rohproteinabsenkung um 5 %

Für die Zuchtsauen wurde nur eine Absenkung um 5 % angenommen, da deren Proteingehalt in den Praxisrationen bereits eher am tatsächlichen Bedarf orientiert ist.

Das Minderungspotenzial je Maßnahme wird immer in NH₃-Emissionen gesamt angegeben. Das bedeutet, dass die Wirksamkeit der Maßnahme im gesamten Stickstofffluss abgebildet ist.

Rechenweg: Die Menge an Rohprotein in der Ration ist ein entscheidender Faktor für die Stickstoffausscheidung.

Die Berechnungen der Futtermischungen ergeben, dass

- eine Senkung des Rohproteingehalts um 10 % bei Mastschweinen ohne Ferkelaufzucht die N-Ausscheidung um 16,0 % im Jahr 2020 reduziert,
- bei Zuchtsauen eine Senkung des Rohproteingehalts um 5 % einen Rückgang der N-Ausscheidung um 6,2 % im Jahr 2020 zur Folge hat.

Datengrundlagen: OLI 2021, Inventurmodell Landwirtschaft. Berechnungen zu Fütterung und Ausscheidung aus MiNutE-Studie (Hörtenhuber et al., 2022, 2023).

Technisches

Reduktionspotenzial: 566 Tonnen NH₃

Annahmen: Für die Berechnung des technischen Potenzials wird bei Mastschweinen – analog zu den Zuchtsauen – eine Reduzierung des Rohproteingehalts um nur 5 % angenommen.

Betriebsgröße

Schweine in kleinen Betrieben unter 20 GVE werden für das technische Potenzial nicht berücksichtigt.

Rechenweg:

Eine Reduzierung des Rohproteingehalts um 5 % ergibt für die Mastschweine ohne Ferkelaufzucht eine Reduktion der N-Ausscheidung um 8,3 % und für die Zuchtsauen um 6,2 % (2020).

Zusätzlich werden für das technische Reduktionspotenzial die GVE-Verhältnisse berücksichtigt: Nur der Viehbestand in Betrieben ab 20 GVE wird erfasst, das sind 98 % aller Schweine.

Datengrundlagen:

Emissionsberechnung: OLI 2021.

Die Auswertungen zur Fütterung basieren auf Hörtenhuber et al., 2022: Minderungspotenziale zu Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen aus der Nutztierhaltung unter besonderer Berücksichtigung ernährungsbezogener Faktoren (MiNutE). Wien: Universität für Bodenkultur; Hörtenhuber et al., 2023: Implementing IPCC 2019 Guidelines into a National Inventory: Impacts of Key Changes in Austrian Cattle and Pig Farming. Sustainability 2023.

Maßnahmen-Durchdringungsrate: Statistik Austria, 2022: Agrarstrukturerhebung 2020, Auswertung „Tierart und Größenklasse Großvieheinheiten nach Anzahl Vieh“.

5.3 Behandlung der Abluft – Schweine

Behandlung der Abluft – Schweine

Theoretisches

Reduktionspotenzial: 3.584 Tonnen NH₃

Annahmen: Das theoretische Reduktionspotenzial wird unter der Annahme berechnet, dass die Behandlung der Abluft für alle Schweinekategorien zu 100 % umgesetzt wird.

Das Minderungspotenzial je Maßnahme wird immer in NH₃-Emissionen gesamt angegeben. Das bedeutet, dass die Wirksamkeit der Maßnahme im gesamten Stickstofffluss abgebildet ist.

Rechenweg: Für die Emissionsberechnung werden die NH₃-Emissionen aus dem Stall um 80 % für alle Schweinekategorien reduziert (UNECE, 2015).

Das Potenzial dieser Maßnahme ergibt sich durch den Vergleich mit der OLI 2021 (keine Abluftreinigung).

Datengrundlagen: OLI 2021, Berechnungsmodell Landwirtschaft. Die Annahmen zur landwirtschaftlichen Praxis basieren auf der TIHALO-II-Studie 2017 (Pöllinger et al., 2018).

Technisches

Reduktionspotenzial: 979 Tonnen NH₃

Annahmen: Die Behandlung der Abluft erfolgt mittels Säurewäscher oder Bio-Filter. Der Energie-Mehraufwand für die Reinigung ist relativ hoch und es ist eine zentrale Abluftfassung vonnöten.

Betriebsgröße

Diese Maßnahme ist für nur Großbetriebe geeignet. Aufgrund des beachtlichen Investitionsaufwandes sowie der erhöhten Betriebskosten wird die Annahme getroffen, dass ab einer Betriebsgröße von 200 GVE ein vertretbares Kosten-Nutzen-Verhältnis besteht. Die gewählte Betriebsgröße orientiert sich an der Definition für Kapazitätsschwellenwerte gemäß Richtlinie 2010/75/EU (IED): >2.000 Plätze für Mastschweine → dies entspricht in etwa 300 GVE. Da Mastschweine und Säue in der Berechnung des technischen Potenzials nicht getrennt betrachtet werden, wurde eine GVE-Grenze von 200 GVE gewählt.

Emissionssparende Lagerungs- und Ausbringungstechniken

In den ausgewaschenen Reinigungslösungen sind Stickstoffverbindungen enthalten, die für die Düngung herangezogen werden können. Zur vollen Wirksamkeit dieser Maßnahme ist daher eine emissionsarme Lagerungs- und Ausbringungstechnik notwendig.

Rechenweg: Das technische Reduktionspotenzial wird anhand der GVE-Verhältnisse abgeschätzt. Betriebe ab 200 GVE umfassen 27 % aller Schweine. Das technische Potenzial liegt somit bei 27 % des theoretischen Reduktionspotenzials.

Datengrundlagen: **Emissionsberechnung:** OLI 2021, Berechnungsmodell Landwirtschaft. Die Annahmen zur landwirtschaftlichen Praxis basieren auf der TIHALO-II-Studie 2017

(Pöllinger et al., 2018: Erhebung zum Wirtschaftsdüngermanagement aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung in Österreich. Abschlussbericht TIHALO).

Maßnahmen-Durchdringungsrate: Statistik Austria, 2022: Agrarstrukturerhebung 2020, Auswertung „Tierart und Größenklasse Großvieheinheiten nach Anzahl Vieh“.

Minderungsfaktoren: UNECE, 2015: Framework Code for Good Agricultural Practice for Reducing Ammonia Emissions. United Nations Economic Commission for Europe.

Richtlinie 2010/75/EU: Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24. November 2010 über Industrieemissionen (integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung).

5.4 Behandlung der Abluft – Hühner

Behandlung der Abluft – Hühner

Theoretisches

Reduktionspotenzial: 1.019 Tonnen NH₃

Annahmen: Das theoretische Reduktionspotenzial wird unter der Annahme berechnet, dass die Behandlung der Abluft in Hühnerställen für alle Hühnerkategorien (Legehennen und Masthähnchen) zu 100 % umgesetzt wird.

Das Minderungspotenzial je Maßnahme wird immer in NH₃-Emissionen gesamt angegeben. Das bedeutet, dass die Wirksamkeit der Maßnahme im gesamten Stickstofffluss abgebildet ist.

Rechenweg: Für die Emissionsberechnung werden die NH₃-Emissionen aus dem Stall um 80 % für alle Hühnerkategorien reduziert (UNECE, 2015).

Datengrundlagen: OLI 2021, Berechnungsmodell Landwirtschaft. Die Annahmen zur landwirtschaftlichen Praxis basieren auf der TIHALO-II-Studie 2017 (Pöllinger et al., 2018).

Technisches

Reduktionspotenzial: 427 Tonnen NH₃

Annahmen: Die Behandlung der Abluft erfolgt mittels Säurewäscher oder Bio-Filter. Der Energie-Mehraufwand für die Reinigung ist relativ hoch und es ist eine zentrale Abluftfassung vonnöten.

Betriebsgröße

Diese Maßnahme ist aufgrund des beachtlichen Investitionsaufwandes sowie der erhöhten Betriebskosten nur für Großbetriebe geeignet. Die als untere Grenze gewählte Betriebsgröße orientiert sich an der Definition für Kapazitätsschwellenwerte gemäß Richtlinie 2010/75/EU (IED): >40.000 Plätze für Geflügel, dies entspricht in etwa 160 GVE. Für das technische Potenzial wurde eine GVE-Grenze von 200 GVE gewählt.

Emissionssparende Lagerungs- und Ausbringungstechniken

In den ausgewaschenen Reinigungslösungen sind Stickstoffverbindungen enthalten, die für die Düngung herangezogen werden können. Zur vollen Wirksamkeit dieser Maßnahme ist somit eine emissionsarme Lagerungs- und Ausbringungstechnik notwendig.

Rechenweg: Betriebe ab 200 GVE umfassen etwa 42 % aller Hühner-GVE. Das technische Potenzial liegt somit bei 42 % des theoretischen Reduktionspotenzials.

Datengrundlagen: **Emissionsberechnung:** OLI 2021, Berechnungsmodell Landwirtschaft. Die Annahmen zur landwirtschaftlichen Praxis basieren auf der TIHALO-II-Studie 2017 (Pöllinger et al., 2018: Erhebung zum Wirtschaftsdüngermanagement aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung in Österreich. Abschlussbericht TIHALO).

Maßnahmen-Durchdringungsrate: Statistik Austria, 2022: Agrarstrukturerhebung 2020, Auswertung „Tierart und Größenklasse Großvieheinheiten nach Anzahl Vieh“.

Minderungsfaktoren: UNECE, 2015: Framework Code for Good Agricultural Practice for Reducing Ammonia Emissions. United Nations Economic Commission for Europe.

Richtlinie 2010/75/EU: Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24. November 2010 über Industrieemissionen (integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung).

5.5 Feste Abdeckung der Güllebehälter – Rinder

Feste Abdeckung der Güllebehälter – Rinder

Theoretisches

Reduktionspotenzial: 451 Tonnen NH₃

Annahmen: Das theoretische Reduktionspotenzial wird unter der Annahme berechnet, dass alle Flüssigmistlager, die in der OLI ein ungünstigeres Emissionsverhalten aufweisen, abgedeckt werden. Dies betrifft nicht abgedeckte Lager, Lager mit Güllebelüftung, Strohabdeckung und natürliche Schwimmdecke. Das Minderungspotenzial je Maßnahme wird immer in NH₃-Emissionen gesamt angegeben. Das bedeutet, dass die Wirksamkeit der Maßnahme im gesamten Stickstofffluss abgebildet ist.

Rechenweg: Für die Emissionsberechnung der entsprechenden OLI-Flüssigmistmengen wird der Minderungsfaktor für feste Abdeckung von 80 % (UNECE, 2015) angesetzt.

Datengrundlagen: OLI 2021, Berechnungsmodell Landwirtschaft. Die OLI-Annahmen zur landwirtschaftlichen Praxis basieren auf der TIHALO-II-Studie 2017 (Pöllinger et al., 2018).

Technisches

Reduktionspotenzial: 354 Tonnen NH₃

Annahmen: Die Abdeckung der Güllebehälter mittels Deckel-, Dach- oder Zeltstruktur ist eine effektive Maßnahme zur Minimierung von Lagerverlusten.

Betriebsgröße

Kleine Betriebe unter 20 GVE werden für das technische Potenzial von dieser Maßnahme ausgenommen.

Rechenweg: Das technische Reduktionspotenzial wird anhand der GVE-Verhältnisse abgeschätzt. Betriebe ab 20 GVE umfassen 78 % aller Rinder. Das technische Potenzial liegt somit bei 78 % des theoretischen Reduktionspotenzials.

Datengrundlagen: **Emissionsberechnung:** OLI 2021, Berechnungsmodell Landwirtschaft. Die Annahmen zur landwirtschaftlichen Praxis basieren auf der TIHALO-II-Studie 2017 (Pöllinger et al., 2018: Erhebung zum Wirtschaftsdüngermanagement aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung in Österreich. Abschlussbericht TIHALO).

Maßnahmen-Durchdringungsrate: Statistik Austria, 2022: Agrarstrukturerhebung 2020, Auswertung „Tierart und Größenklasse Großvieheinheiten nach Anzahl Vieh“.

Minderungsfaktoren: UNECE, 2015: Framework Code for Good Agricultural Practice for Reducing Ammonia Emissions. United Nations Economic Commission for Europe.

5.6 Feste Abdeckung der Güllebehälter – Schweine

Feste Abdeckung der Güllebehälter – Schweine

Theoretisches

Reduktionspotenzial: 314 Tonnen NH₃

Annahmen: Das theoretische Reduktionspotenzial wird unter der Annahme berechnet, dass alle Flüssigmistlager, die in der OLI ein ungünstigeres Emissionsverhalten aufweisen, abgedeckt werden. Dies betrifft nicht abgedeckte Lager, Lager mit Güllebelüftung, Strohabdeckung und natürliche Schwimmdecke. Das Minderungspotenzial je Maßnahme wird immer in NH₃-Emissionen gesamt angegeben. Das bedeutet, dass die Wirksamkeit der Maßnahme im gesamten Stickstofffluss abgebildet ist.

Rechenweg: Für die Emissionsberechnung der entsprechenden OLI-Flüssigmistmengen wird der Minderungsfaktor für feste Abdeckung von 80 % (UNECE, 2015) angesetzt.

Datengrundlagen: OLI 2021, Berechnungsmodell Landwirtschaft. Die OLI-Annahmen zur landwirtschaftlichen Praxis basieren auf der TIHALO-II-Studie 2017 (Pöllinger et al., 2018).

Technisches

Reduktionspotenzial: 306 Tonnen NH₃

Annahmen: Die Abdeckung der Güllebehälter mittels Deckel-, Dach- oder Zeltstruktur ist eine effektive Maßnahme zur Minimierung von Lagerverlusten.

Betriebsgröße

Kleine Betrieben unter 20 GVE werden für das technische Potenzial von dieser Maßnahme ausgenommen.

Rechenweg: Das technische Reduktionspotenzial wird anhand der GVE-Verhältnisse abgeschätzt. Betriebe ab 20 GVE umfassen 98 % aller Schweine. Das technische Potenzial liegt somit bei 98 % des theoretischen Reduktionspotenzials.

Datengrundlagen: **Emissionsberechnung:** OLI 2021, Berechnungsmodell Landwirtschaft. Die Annahmen zur landwirtschaftlichen Praxis basieren auf der TIHALO-II-Studie 2017 (Pöllinger et al., 2018: Erhebung zum Wirtschaftsdüngermanagement aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung in Österreich. Abschlussbericht TIHALO).

Maßnahmen-Durchdringungsrate: Statistik Austria, 2022: Agrarstrukturerhebung 2020, Auswertung „Tierart und Größenklasse Großvieheinheiten nach Anzahl Vieh“.

Minderungsfaktoren: UNECE, 2015: Framework Code for Good Agricultural Practice for Reducing Ammonia Emissions. United Nations Economic Commission for Europe.

5.7 Einhausung (dreiseitig) und Abdeckung bzw. Überdachung des Festmistlagers (Rinder und Schweine)

Einhausung (dreiseitig) und Abdeckung bzw. Überdachung des Festmistlagers (Rinder und Schweine)

Theoretisches Reduktionspotenzial: **Abgedecktes (Dach) und eingehautes (drei Seitenwände) Festmistlager: 338 Tonnen NH₃**

Lagerung Festmist unter Folie: 676 Tonnen NH₃

Annahmen: In der OLI wird zwischen kompostiertem und nichtkompostiertem Festmist unterschieden. Das theoretische Reduktionspotenzial wird unter der Annahme berechnet, dass alle nichtkompostierten Festmistlager mit der jeweiligen Abdeckungsvariante abgedeckt werden.

Das Minderungspotenzial je Maßnahme wird immer in NH₃-Emissionen gesamt angegeben. Das bedeutet, dass die Wirksamkeit der Maßnahme im gesamten Stickstofffluss abgebildet ist.

Rechenweg: Für die Emissionsberechnung der entsprechenden OLI-Festmistmengen wird der Minderungsfaktor für Abdeckung/Überdachung von 15 % (Umweltbundesamt und LFZ Raumberg-Gumpenstein 2016, Expert:innenschätzung) bzw. 30 % für Plastikfolie (Zhang et al., 2019, Pardo et al., 2015) angesetzt.

Datengrundlagen: OLI 2021, Berechnungsmodell Landwirtschaft. Die OLI-Annahmen zur landwirtschaftlichen Praxis basieren auf der TIHALO-II-Studie 2017 (Pöllinger et al., 2018).

Technisches Reduktionspotenzial: **Abgedecktes (Dach) und eingehautes (drei Seitenwände) Festmistlager: 268 Tonnen NH₃**

Lagerung Festmist unter Folie: 535 Tonnen NH₃

Annahmen: Die Festmistlager in Rinder- und Schweinebetrieben sind in der Regel ungeschützt gelagert und somit der freien Witterung ausgesetzt, wodurch bei der bis zu sechsmonatigen Lagerung chemische Umsetzungsvorgänge stattfinden. Eine Überdachung reduziert Niederschlags- und Wärmeeinflüsse deutlich, sodass das NH₃-Emissionsgeschehen reduziert werden kann. Anzumerken ist, dass es bei Folienabdeckung zu höheren N₂O-Emissionen kommen kann (Zhang et al., 2019, Pardo et al., 2015).

Betriebsgröße

Kleine Betrieben unter 20 GVE werden für das technische Potenzial von dieser Maßnahme ausgenommen.

Rechenweg: Das technische Reduktionspotenzial wird anhand der GVE-Verhältnisse abgeschätzt. Betriebe ab 20 GVE umfassen 78 % aller Rinder und 98 % aller Schweine. Das technische Potenzial liegt somit bei 78 % des theoretischen Reduktionspotenzials für Rinder und 98 % für Schweine.

Datengrundlagen:	<p>Emissionsberechnung: OLI 2021, Berechnungsmodell Landwirtschaft. Die Annahmen zur landwirtschaftlichen Praxis basieren auf der TIHALO-II-Studie 2017 (Pöllinger et al., 2018: Erhebung zum Wirtschaftsdüngermanagement aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung in Österreich. Abschlussbericht TIHALO).</p> <p>Maßnahmen-Durchdringungsrate: Statistik Austria, 2022: Agrarstrukturerhebung 2020, Auswertung „Tierart und Größenklasse Großvieheinheiten nach Anzahl Vieh“.</p> <p>Minderungsfaktoren: Pardo, G., Moral, R., Aguilera, E., del Prado, A. 2015. Gaseous emissions from management of solid waste: a systematic review. <i>Global Change Biology</i> 21, 1313-1327. https://doi.org/10.1111/gcb.12806</p> <p>Zhang, N., Bai, Z., Winiwarter, W., Ledgard, S., Luo, J., Liu, J., Guo, Y., Ma, L. 2019. Reducing ammonia emissions from dairy cattle production via cost-effective manure management techniques in China. <i>Environ. Sci. Technol.</i> 53, 11840–11848. DOI: 10.1021/acs.est.9b04284.</p>
-------------------------	---

5.8 Bodennahe Gülleausbringung – Rinder

Bodennahe Gülleausbringung – Rinder

Theoretisches Reduktionspotenzial:

- Schleppschlauch: 3.870 Tonnen NH₃**
- Schleppschuh: 6.620 Tonnen NH₃**
- Injektor: 7.470 Tonnen NH₃**

Annahmen: In der OLI wird bei der Gülleausbringung zwischen Breitenverteilung (Prallteller) und Ausbringung mittels Schleppschlauch, Schleppschuh oder Injektor unterschieden.

Das theoretische Reduktionspotenzial wird unter der Annahme berechnet, dass für jene Techniken der Gülleausbringung, die in der OLI ein ungünstigeres Emissionsverhalten aufweisen (dies betrifft z. B. immer die Gülleausbringung mittels Prallteller) entweder die Schleppschlauch-, Schleppschuh- oder die Injektortechnik angewendet werden.

Rechenweg: Für die Emissionsberechnung der entsprechenden OLI-Flüssigstmengen wird der Minderungsfaktor für Ausbringung

1. mittels Schleppschlauch von -30 % auf Ackerland und Grünland (UNECE, 2015) angesetzt
2. mittels Schleppschuh von -50 % (UNECE, 2015) auf Ackerland und Grünland angesetzt
3. mittels Injektor von -80 % auf Ackerland angesetzt. Gemäß OLI werden im Rinderbereich nur 20 % der Gülle auf Ackerland ausgebracht. Für den Teil, der auf Grünland ausgebracht wird (80 %), wird die Ausbringung mittels Schleppschuh angenommen (Minderungsfaktor -50 % gemäß UNECE, 2015).

Datengrundlagen: OLI 2021, Berechnungsmodell Landwirtschaft. Die OLI-Annahmen zur landwirtschaftlichen Praxis basieren auf der TIHALO-II-Studie 2017 (Pöllinger et al., 2018).

Technisches Reduktionspotenzial: 3.703 Tonnen NH₃

Annahmen: Steiles Gelände und kleine landwirtschaftliche Strukturen in Österreich stellen die limitierenden Faktoren für die Anwendung bodennaher Ausbringungstechniken dar.

Hangneigung und Parzellengrößen

Folgende Mindestkriterien werden für die Berechnungen des technischen Potenzials herangezogen:

- Betriebsgrößen ab 20 GVE
- Schläge ab 1 ha Größe
- Hangneigungen unter 18 %

Die Modellierung ergibt für die gesamte im Rinderbereich anfallende Gülle ein technisches Potenzial von 66,4 % für die bodennahe Ausbringung.

Rechenweg:	<p><i>Ausbringungstechnik</i></p> <p>Gemäß einer Einschätzung nationaler Landwirtschaftsexpert:innen (BMNT, 2020) wurde für die Ausbringung mit Schleppschuh im Rinderbereich ein Potenzial von 35 % und für den Injektor ein Potenzial von 5 % angenommen².</p> <p>Zur Potenzialberechnung in dieser Analyse wird für den Rest auf 66,4 % die Ausbringungstechnik Schleppschlauch angenommen (66,4-35-5 = 26,4 %). Für den Prallteller ergibt sich ein Anteil von immerhin noch 33,6 % (= 100-66,4).</p>
Datengrundlagen:	<p>Emissionsberechnung: OLI 2021, Berechnungsmodell Landwirtschaft. Die Annahmen zur landwirtschaftlichen Praxis in der OLI basieren auf der TIHALO-II-Studie aus dem Jahr 2017 (Pöllinger et al., 2018).</p> <p>Maßnahmen-Durchdringungsrate: Modellierung auf Basis von INVEKOS-Auswertungen (Umweltbundesamt, 2020 im Auftrag des BMK): Viehbestände auf Betriebsebene, Berechnung des N-Anfalls brutto und ab Lager, Verschneidung mit Schlagflächen <18 % mit dem Kriterium <1 ha.</p> <p>Expert:inneneinschätzung zu Ausbringungstechniken im Rahmen von Arbeiten zum nationalen Luftreinhalteprogramm, Ergebnisprotokoll vom 3.9.2020.</p> <p>Minderungsfaktoren: UNECE, 2015: Framework Code for Good Agricultural Practice for Reducing Ammonia Emissions. United Nations Economic Commission for Europe.</p>

² Das technische Potenzial für die bodennahe Gülleausbringung (66,4 %) wurde ohne Differenzierung nach verschiedenen Ausbringungstechniken ermittelt. Die Anteile der einzelnen bodennahen Ausbringungstechniken (Schleppschlauch, Schleppschuh, Injektor) basieren auf Schätzungen für das Jahr 2030 aus dem Jahr 2020, da zum Zeitpunkt der Studienerstellung keine validen Daten zu den einzelnen Techniken vorlagen. Weitere Emissionseinsparungen und somit eine Erhöhung des Potenzials können durch die verstärkte Anwendung der bodennahen Ausbringungstechniken Schleppschuh und Injektor erreicht werden.

5.9 Bodennahe Gülleausbringung – Schweine

Bodennahe Gülleausbringung – Schweine

Theoretisches Reduktionspotenzial: Schleppschlauch: 473 Tonnen NH₃

Schleppschuh: 933 Tonnen NH₃

Injektor: 1.602 Tonnen NH₃

Annahmen: In der OLI wird bei der Gülleausbringung zwischen Breitenverteilung (Prallteller) und Ausbringung mittels Schleppschlauch, Schleppschuh und Injektor unterschieden.

Das theoretische Reduktionspotenzial wird unter der Annahme berechnet, dass für jene Techniken der Gülleausbringung, die in der OLI ein ungünstigeres Emissionsverhalten aufweisen (dies betrifft z. B. immer die Gülleausbringung mittels Prallteller) entweder die Schleppschlauch-, Schleppschuh- oder die Injektortechnik angewendet werden.

Rechenweg: Für die Emissionsberechnung der entsprechenden OLI-Flüssigmistmengen wird der Minderungsfaktor für Ausbringung

1. mittels Schleppschlauch von -30 % (UNECE, 2015) auf Ackerland und Grünland angesetzt
2. mittels Schleppschuh von -50 % (UNECE, 2015) auf Ackerland und Grünland angesetzt
3. mittels Injektor von -80 % auf Ackerland angesetzt. Gemäß OLI werden im Schweinebereich 95 % der Gülle auf Ackerland ausgebracht. Für den Teil, der auf Grünland ausgebracht wird (5 %), wird die Ausbringung mittels Schleppschuh angenommen (Minderungsfaktor -50 % gemäß UNECE, 2015).

Datengrundlagen: OLI 2021, Berechnungsmodell Landwirtschaft. Die OLI-Annahmen zur landwirtschaftlichen Praxis basieren auf der TIHALO-II-Studie 2017 (Pöllinger et al., 2018).

Technisches

Reduktionspotenzial: 458 Tonnen NH₃

Annahmen: Steiles Gelände und kleine landwirtschaftliche Strukturen in Österreich stellen die limitierenden Faktoren für die Anwendung bodennaher Ausbringungstechniken dar.

Hangneigung und Parzellengrößen

Folgende Mindestkriterien werden für die Berechnungen des technischen Potenzials herangezogen:

- Betriebsgrößen ab 20 GVE
- Schläge ab 1 ha Größe
- Hangneigungen unter 18 %

Die Modellierung ergibt für die gesamte im Schweinebereich anfallende Gülle ein technisches Potenzial von 90,2 % für die bodennahe Ausbringung.

Rechenweg:	<p><i>Ausbringungstechnik</i></p> <p>Gemäß einer Einschätzung nationaler Landwirtschaftsexpert:innen (BMNT, 2020) wurde sowohl für die Ausbringung mit Schleppschuh als auch den Injektor im Schweinebereich ein Potenzial von jeweils 5 % angenommen³.</p> <p>Zur Potenzialberechnung in dieser Analyse wird der Rest auf 90,2 % mit der Ausbringungstechnik Schleppschlauch angenommen (90,2-5-5 = 80,2 %). Für den Prallteller ergibt sich ein Anteil von 9,8 % (= 100-90,2).</p>
Datengrundlagen:	<p>Emissionsberechnung: OLI 2021, Berechnungsmodell Landwirtschaft. Die Annahmen zur landwirtschaftlichen Praxis basieren auf der TIHALO-II-Studie 2017 (Pöllinger et al., 2018: Erhebung zum Wirtschaftsdüngermanagement aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung in Österreich. Abschlussbericht TIHALO).</p> <p>Maßnahmen-Durchdringungsrate: Modellierung auf Basis von INVEKOS-Auswertungen (Umweltbundesamt, 2020 im Auftrag des BMK): Viehbestände auf Betriebsebene, Berechnung des N-Anfalls brutto und ab Lager, Verschneidung mit Schlagflächen <18 % mit dem Kriterium <1 ha.</p> <p>Expert:inneneinschätzung zu Ausbringungstechniken im Rahmen von Arbeiten zum nationalen Luftreinhalteprogramm, Ergebnisprotokoll vom 3.9.2020.</p> <p>Minderungsfaktoren: UNECE, 2015: Framework Code for Good Agricultural Practice for Reducing Ammonia Emissions. United Nations Economic Commission for Europe.</p>

³ Das technische Potenzial für die bodennahe Gülleausbringung (90,2 %) wurde ohne Differenzierung nach verschiedenen Ausbringungstechniken ermittelt. Die Anteile der einzelnen bodennahen Ausbringungstechniken (Schleppschlauch, Schleppschuh, Injektor) basieren auf Schätzungen für das Jahr 2030 aus dem Jahr 2020, da zum Zeitpunkt der Studiererstellung keine validen Daten zu den einzelnen Techniken vorlagen. Weitere Emissionseinsparungen und somit eine Erhöhung des Potenzials kann durch die verstärkte Anwendung der bodennahen Ausbringungstechniken Schleppschuh und Injektor erreicht werden.

5.10 Rasches Einarbeiten von Flüssigmist – Rinder und Schweine

Rasches Einarbeiten von Flüssigmist – Rinder und Schweine

Theoretisches

Reduktionspotenzial: 1.348 Tonnen NH₃ (Einarbeiten innerhalb von 4 h)

Annahmen: Das theoretische Reduktionspotenzial dieser Maßnahme wird unter der Annahme berechnet, dass jene Mengen des Flüssigmists, für welche ausreichend Flächen für die Ausbringung am Ackerland verfügbar sind, zu 100 % innerhalb von 4 h eingearbeitet werden.

Das Potenzial ergibt sich durch den Vergleich mit der gängigen Praxis gemäß OLI 2021.

Rechenweg: Die Emissionsberechnung erfolgt unter der Annahme, dass das Ausbringen auf Ackerland für 20 % der Gülle bei Rindern und für 95 % der Gülle bei Schweinen möglich ist (Annahmen gemäß OLI 2021). Gemäß UNECE 2015 wird ein Minde-
 rungsfaktor von -55 % für diese Maßnahme angesetzt.

Datengrundlagen: OLI 2021, Berechnungsmodell Landwirtschaft. Die OLI-Annahmen zur landwirtschaftlichen Praxis basieren auf der TIHALO-II-Studie 2017 (Pöllinger et al., 2018).

Technisches

Reduktionspotenzial: 994 Tonnen NH₃ (Einarbeiten innerhalb von 4 h)

Annahmen: Eine mögliche Querverteilung des Flüssigmists zwischen den Betrieben mit Ackerflächen und solchen ohne Ackerflächen wird in den Berechnungen nicht berücksichtigt.

Betriebsgröße

Die Betriebsgröße ist für die Umsetzbarkeit dieser Maßnahme kein limitierender Faktor.

Gängige Praxis

Das rasche Einarbeiten von Flüssigmist auf Ackerflächen wird in Österreich teilweise praktiziert und ist in der OLI folgendermaßen abgebildet:

22 % der Rindergülle <4 h und 60 % <12 h eingearbeitet, 18 % werden nicht eingearbeitet. Bei Schweinegülle werden 37 % <4 h und 59 % <12 h eingearbeitet, 4 % werden nicht eingearbeitet.

Rechenweg: Alle Güllemengen, die aktuell eingearbeitet werden, werden auf Nutzflächen ohne Bodenbedeckung ausgebracht. Für das technische Potenzial wird angenommen, dass auch die bisher nur innerhalb von 12 h eingearbeiteten Mengen bereits innerhalb von 4 h eingearbeitet werden.

Das ergibt folgende technische Potenziale:

- 82 % der Rindergülle werden <4 h eingearbeitet, 18 % werden nicht eingearbeitet.

- 96 % der Schweinegülle werden <4 h eingearbeitet, 4 % werden nicht eingearbeitet.
-

Datengrundlagen:

Emissionsberechnung: OLI 2021, Berechnungsmodell Landwirtschaft. Die Annahmen zur landwirtschaftlichen Praxis in der OLI basieren auf der TIHALO-II-Studie aus dem Jahr 2017 (Pöllinger et al., 2018).

Maßnahmen-Durchdringungsrate: Basierend auf Annahmen zum Einarbeiten von Festmist in der OLI 2021.

Minderungsfaktoren: UNECE, 2015: Framework Code for Good Agricultural Practice for Reducing Ammonia Emissions. United Nations Economic Commission for Europe.

5.11 Rasches Einarbeiten von Festmist – alle Tierkategorien

Rasches Einarbeiten von Festmist – alle Tierkategorien

Theoretisches

Reduktionspotenzial: 465 Tonnen NH₃ (innerhalb von 4 h)

Annahmen: Das theoretische Reduktionspotenzial dieser Maßnahme wird unter der Annahme berechnet, dass jene Mengen des Festmists, für welche ausreichend Flächen für die Ausbringung am Ackerland verfügbar sind, zu 100 % innerhalb von 4 h eingearbeitet werden.

Das Potenzial ergibt sich durch den Vergleich mit der gängigen Praxis gemäß OLI 2021.

Rechenweg: Die Emissionsberechnung erfolgt unter der Annahme, dass das Ausbringen auf Ackerland für 20 % des Festmists bei Rindern, für 95 % des Festmists bei Schweinen, Legehennen, Masthühnern, Truthähnen und für alle übrigen Tierkategorien zwischen 20 % und 80 % des anfallenden Festmists möglich ist (Annahmen gemäß OLI 2021). Gemäß UNECE, 2015 wird ein Minderungsfaktor von -55 % für diese Maßnahme angesetzt.

Datengrundlagen: OLI 2021, Berechnungsmodell Landwirtschaft. Die OLI-Annahmen zur landwirtschaftlichen Praxis basieren auf der TIHALO-II-Studie 2017 (Pöllinger et al., 2018).

Technisches

Theoretisches = Technisches Potenzial (innerhalb von 4 h)

Reduktionspotenzial: 465 Tonnen NH₃

Annahmen: Die Querverteilung des Festmists zwischen den Betrieben mit Ackerflächen und solchen ohne Ackerflächen wird in den Berechnungen nicht berücksichtigt.

Größenstruktur

Die Betriebs- und Feldstückgröße wurde für die Umsetzbarkeit dieser Maßnahme nicht als limitierender Faktor festgelegt.

Rechenweg: Das technische Reduktionspotenzial wird wie das theoretische Reduktionspotenzial unter der Annahme berechnet, dass jene Mengen des Festmists, für welche ausreichend Ackerland verfügbar ist, zu 100 % innerhalb von 4 h eingearbeitet werden.

Datengrundlagen: **Emissionsberechnung:** OLI 2021, Berechnungsmodell Landwirtschaft. Die Annahmen zur landwirtschaftlichen Praxis in der OLI basieren auf der TIHALO-II-Studie aus dem Jahr 2017 (Pöllinger et al., 2018).

Minderungsfaktoren: UNECE, 2015: Framework Code for Good Agricultural Practice for Reducing Ammonia Emissions. United Nations Economic Commission for Europe.

5.12 Separierung: mit und ohne weitere spezifische Behandlung der festen Fraktion

Separation der Festsubstanzen – Rinder und Schweine

Theoretisches

Reduktionspotenzial: 3.334 Tonnen NH₃

Annahmen:

In der OLI ist bisher nur die Aufbereitung von Gülle in Form von Verdünnung (1:1) erfasst. Rund 3 % der Rindergülle und 28 % der Schweinegülle werden aktuell verdünnt (Pöllinger, 2018).

Das theoretische Reduktionspotenzial wird unter der Annahme berechnet, dass 97 % der Rindergülle und 72 % der Schweinegülle separiert werden, wobei davon 75 % der separierten Gülle ohne weitere spezifische Behandlung der festen Fraktion erfolgt und 25 % mit spezifischer Behandlung der festen Fraktion (z. B. Einarbeiten). Die restlichen Güllemengen werden gemäß OLI-Annahmen 1:1 verdünnt.

Rechenweg:

Für die Emissionsberechnung der entsprechenden OLI-Flüssigmistmengen wird der Minderungsfaktor für Gülleseparierung von 20 % für separierte Gülle ohne weitere spezifische Behandlung der festen Fraktion und 30 % für separierte Gülle mit weiterer spezifischer Behandlung (z. B. Einarbeiten) der festen Fraktion (UNECE, 2015) angesetzt.

Datengrundlagen:

OLI 2021, Berechnungsmodell Landwirtschaft. Die Stallsystemverteilung der OLI basiert auf der TIHALO-Studie aus dem Jahr 2017 (Pöllinger et al., 2018).

Technisches

Reduktionspotenzial: 1.780 Tonnen NH₃

Annahmen:

Diese Maßnahme erfordert einen geänderten Umgang mit den Güllemengen. Die Lagerung des dünnflüssigen Anteils ist getrennt vom Feststoffanteil notwendig.

Gemäß einer Einschätzung nationaler Landwirtschaftsexpert:innen (BMNT, 2020) wird angenommen, dass etwa 50 % der Gülle in Österreich aufbereitet werden kann. In Anlehnung an diese Annahme wird für diese Maßnahme angenommen, dass 50 % der Gülle separiert werden. Die Anteile zur Gülleverdünnung (1:1) gemäß OLI bleiben zusätzlich unverändert berücksichtigt.

Rechenweg:

Das technische Reduktionspotenzial wird unter der Annahme ermittelt, dass insgesamt 50 % der Rinder- und Schweinegülle separiert werden.

Datengrundlagen:

Emissionsberechnung: OLI 2021.

Pöllinger, A., 2018: National expert at the Agricultural Research and Education Centre Raumberg-Gumpenstein. Expert judgements carried out within (Amon und Hörtenhuber, 2019).

Pöllinger, A. et al., 2018: Erhebung zum Wirtschaftsdüngermanagement aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung in Österreich. Abschlussbericht TIHALO.

UNECE, 2015: Framework Code for Good Agricultural Practice for Reducing Ammonia Emissions. United Nations Economic Commission for Europe.

5.13 Ansäuern der Gülle (im Lager und bei der Ausbringung)

Ansäuern der Gülle (Rinder und Schweine)	
Theoretisches Reduktionspotenzial:	Lager und Ausbringung: 8.224 Tonnen NH₃ Ausbringung: 7.752 Tonnen NH₃
Annahmen:	<p>Die Gülleinsäuerung kann entweder im Lager oder bei der Ausbringung erfolgen.</p> <p>Das theoretische Reduktionspotenzial wird unter der Annahme berechnet, dass 100 % der Gülle angesäuert werden – entweder schon im Lager oder erst bei der Ausbringung.</p> <p>Das Minderungspotenzial je Maßnahme wird immer in NH₃-Emissionen gesamt angegeben. Das bedeutet, dass die Wirksamkeit der Maßnahme im gesamten Stickstofffluss abgebildet ist.</p>
Rechenweg:	Für die Emissionsberechnung der entsprechenden OLI-Flüssigmistmengen wird ein Minderungsfaktor für die Gülleinsäuerung im Lager von 60 % und für die Ansäuerung bei der Ausbringung von 50 % (UNECE, 2015) angesetzt.
Datengrundlagen:	OLI 2021, Berechnungsmodell Landwirtschaft. Die Stallsystemverteilung der OLI basiert auf der TIHALO-Studie aus dem Jahr 2017 (Pöllinger et al., 2018).
Technisches Reduktionspotenzial:	
	Lager und Ausbringung: 3.998 Tonnen NH₃ Ausbringung: 3.955 Tonnen NH₃
Annahmen:	<p>Ein hoher pH-Wert bedingt hohe NH₃-Verluste. Durch eine Reduzierung des pH-Wertes auf 6 und darunter werden die NH₃-Emissionen reduziert. Bei anorganischen Säuren besteht jedoch die Gefahr der Korrosion von Bauteilen sowie gesundheitsschädlicher Gase für Tier und Mensch. Je nach Lage des Güllelagers im bzw. zum Stall kann die Ansäuerung im Lager nicht möglich sein.</p> <p>Gemäß einer Einschätzung nationaler Landwirtschaftsexpert:innen (BMNT, 2020) wird angenommen, dass etwa 50 % der Gülle in Österreich aufbereitet werden können. In Anlehnung an diese Annahme wird für diese Maßnahme angenommen, dass 50 % der Gülle angesäuert werden. Die Anteile zur Gülleverdünnung (1:1) gemäß OLI bleiben zusätzlich unverändert berücksichtigt.</p>
Rechenweg:	<p>Das technische Reduktionspotenzial wird unter der Annahme ermittelt, dass für insgesamt 50 % der Rinder- und Schweinegülle eine Ansäuerung erfolgt.</p> <p>Aufgrund der genannten kritischen Punkte zur Gülleinsäuerung im Lager wird die Annahme getroffen, dass lediglich 10 % der Gülle bereits im Lager angesäuert wird.</p>
Datengrundlagen:	Emissionsberechnung: OLI 2021

Pöllinger, A., 2018: National expert at the Agricultural Research and Education Centre Raumberg-Gumpenstein. Expert judgements carried out within (Amon und Hörtenhuber, 2019).

Pöllinger, A. et al., 2018: Erhebung zum Wirtschaftsdüngermanagement aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung in Österreich. Abschlussbericht TIHALO.

UNECE, 2015: Framework Code for Good Agricultural Practice for Reducing Ammonia Emissions. United Nations Economic Commission for Europe.

5.14 Urease-Inhibitoren zu Gülle

Zugabe von Urease-Inhibitoren zur Gülle

Theoretisches

Reduktionspotenzial: 3.704 Tonnen NH₃

Annahmen:

In der OLI ist bisher nur die Aufbereitung von Gülle in Form von Verdünnung (1:1) erfasst. Rund 3 % der Rindergülle und 28 % der Schweinegülle werden aktuell verdünnt (Pöllinger, 2018).

Durch den der Gülle zugesetzten Hemmstoff werden die Urease-Enzyme für einen gewissen Zeitraum blockiert. Die Umsetzung von Harnstoff zu Ammonium wird verzögert, wodurch die NH₃-Verluste gesenkt und die Stickstoffausnutzung der Pflanzen erhöht werden.

Theoretisch ist die Zugabe von Hemmsubstanzen bereits im Güllelager möglich, die Fachliteratur bezieht sich jedoch vorwiegend auf die Ausbringung. Für das Potenzial zur Anwendung in Ställen ist aktuell noch wenig bekannt; spezifische Studien, die auch mögliche Effekte auf die Gesundheit für Mensch, Tier und Umwelt erforschen, sind notwendig.

Das theoretische Reduktionspotenzial wird daher nur für die Ausbringung berechnet. Die Annahme für das theoretische Potenzial ist, dass 97 % der Rindergülle und 72 % der Schweinegülle bei der Ausbringung Urease-Inhibitoren zugegeben werden. Die restlichen Güllemengen werden gemäß OLI-Annahmen 1:1 verdünnt.

Rechenweg:

Für die Emissionsberechnung der entsprechenden OLI-Flüssigstmengen wird ein Minderungsfaktor für die Zugabe von Urease-Inhibitoren bei der Ausbringung von 25 % (Park et al., 2021) angesetzt.

Datengrundlagen:

OLI 2021, Berechnungsmodell Landwirtschaft. Die Stallsystemverteilung der OLI basiert auf der TIHALO-Studie aus dem Jahr 2017 (Pöllinger et al., 2018).

Technisches

Reduktionspotenzial: 1.978 Tonnen NH₃

Annahmen:

Gemäß einer Einschätzung nationaler Landwirtschaftsexpert:innen (BMNT, 2020) wird angenommen, dass etwa 50 % der Gülle in Österreich aufbereitet werden kann. In Anlehnung an diese Annahme wird für diese Maßnahme angenommen, dass 50 % der Gülle Urease-Inhibitoren zugegeben wird. Die Anteile zur Gülleverdünnung (1:1) gemäß OLI bleiben zusätzlich unverändert berücksichtigt.

Rechenweg:

Das technische Reduktionspotenzial wird ermittelt unter der Annahme, dass für insgesamt 50 % der Rinder- und Schweinegülle eine Zugabe von Urease-Inhibitoren erfolgt.

Datengrundlagen:

Emissionsberechnung: OLI 2021

Pöllinger, A., 2018): National expert at the Agricultural Research and Education Centre Raumberg-Gumpenstein. Expert judgements carried out within (Amon und Hörtenhuber, 2019).

Pöllinger, A. et al., 2018: Erhebung zum Wirtschaftsdüngermanagement aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung in Österreich. Abschlussbericht TIHALO.

Park, S., Lee, B., Kim, T., 2021: Urease and nitrification inhibitors with pig slurry effects on ammonia and nitrous oxide emissions, nitrate leaching, and nitrogen use efficiency in perennial ryegrass sward. Anim Biosci 34(12), 2023-2033. DOI: <https://doi.org/10.5713/ab.21.0046>

UNECE, 2015: Framework Code for Good Agricultural Practice for Reducing Ammonia Emissions. United Nations Economic Commission for Europe.

5.15 Harnstoffdünger – stabilisiert oder eingearbeitet

Harnstoffdünger – stabilisiert oder eingearbeitet

Theoretisches

Reduktionspotenzial: 847 Tonnen NH₃

Annahmen: Das theoretische Reduktionspotenzial wird unter der Annahme berechnet, dass der in Österreich angewendete Harnstoffdünger zu 100 % entweder innerhalb von 4 h eingearbeitet wird oder ihm ein Urease-Hemmstoff zugegeben wird (stabilisierter Harnstoff). Aktuell werden 41 % des nichtstabilisierten Harnstoffdüngers noch am Tag der Ausbringung eingearbeitet (Baumgarten et al., 2019). Es wird angenommen, dass diese 41 % innerhalb von 4 h eingearbeitet werden und die restlichen 59 % als stabilisierter Harnstoffdünger ausgebracht werden.

Das Potenzial dieser Maßnahme ergibt sich durch den Vergleich mit den Annahmen zur landwirtschaftlichen Praxis in der OLI 2021.

Rechenweg: Für die Emissionsberechnung wird der Emissionsfaktor für Harnstoffdünger sowohl für das rasche Einarbeiten wie auch die Stabilisierung um 70 % reduziert (UNECE, 2015).

Datengrundlagen: OLI 2021, Berechnungsmodell Landwirtschaft. Studie zur Einarbeitung von Harnstoff (Baumgarten et al., 2019).

Technisches

Theoretisches = Technisches Potenzial

Reduktionspotenzial: 847 Tonnen NH₃

Annahmen: Es wird die Annahme getroffen, dass Harnstoff nur noch als Düngemittel ausgebracht werden darf, soweit ihm ein Urease-Hemmstoff zugegeben ist oder er unverzüglich, jedoch spätestens innerhalb von vier Stunden nach dem Zeitpunkt der Ausbringung, eingearbeitet wird.

Rechenweg: Siehe Rechenweg theoretisches Potenzial.

Datengrundlagen: **Emissionsberechnung:** OLI 2021. Die Annahmen zur Harnstoffanwendung basieren auf Baumgarten et al., 2019: Anwendung von Harnstoff in der österreichischen Landwirtschaft. Endbericht zum Forschungsprojekt Nr. 101400. Wien: Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit, Bundesanstalt für Agrarwirtschaft und Bergbauernfragen, Umweltbundesamt, Niederösterreichische Landes-Landwirtschaftskammer.

Maßnahmen-Durchdringungsrate: Gemäß Ammoniakreduktions-VO muss Harnstoffdünger entweder stabilisiert oder innerhalb von 4 h eingearbeitet werden.

Minderungsfaktoren: UNECE, 2015: Framework Code for Good Agricultural Practice for Reducing Ammonia Emissions. United Nations Economic Commission for Europe.

6 OPTIMIERUNGSPOTENZIAL OLI-LANDWIRTSCHAFT

Die Österreichische Luftschadstoffinventur (OLI) unterliegt jährlichen Überprüfungen durch die UNFCCC, die UNECE und die EU. Um diesen standhalten zu können, sind bei der Aufnahme neuer Maßnahmen in die Inventur die strengen internationalen Vorgaben gemäß IPCC und EEA/EMEP unbedingt einzuhalten.

Die Implementierung von Maßnahmen in das OLI-Landwirtschaftsmodell erfordert neben methodischen Überarbeitungen, wie z. B. die Implementierung geeigneter Minderungsfaktoren, vor allem auch repräsentativ erhobene und regelmäßig konsistent verfügbare Informationen zur Durchdringung in Österreich.

Im Rahmen dieser Studie wurden vorliegende Maßnahmenvorschläge auf Relevanz und Anwendbarkeit für die OLI geprüft. Als Ergebnis wurden spezifische NH₃-Maßnahmen eruiert, die aktuell noch nicht im OLI-Modell erfasst sind, für die jedoch bei ansteigender Maßnahmendurchdringung eine Aufnahme in die OLI sinnvoll erscheint. Die Arbeiten zu diesem Arbeitspaket erfolgten in Zusammenarbeit mit Dr. Stefan Hörtenhuber, Universität für Bodenkultur, Institut für Nutztierwissenschaften, Department für Nachhaltige Agrarsysteme.

Folgende Minderungsmaßnahmen konnten im Rahmen dieses Arbeitspaketes technisch in das OLI-Modell implementiert werden:

- Gülleseparierung mit und ohne weitere spezifische Behandlung der festen Fraktion
- Ansäuern der Gülle (im Lager und bei der Ausbringung)
- Beimengung von Urease-Inhibitoren zur Gülle
- Abgedecktes (Dach) und eingehaustes (drei Seitenwände) Festmistlager
- Lagerung von Festmist unter Folie
- Reinigungsroboter im Güllestall (Rinder)
- Luftwäscher (Schweine und Geflügel)

In Tabelle 2 sind diese Maßnahmen detailliert dokumentiert. Ferner ist der weitere Handlungsbedarf für eine Berücksichtigung in der nationalen Inventur dargestellt.

Weitere Maßnahmen wurden geprüft, aber nicht technisch in das OLI-Landwirtschaftsmodell implementiert:

- Verringerung der emittierenden Oberfläche in Rinderställen: Nationale Expert:innen gehen von einem Minderungspotenzial von bis zu 20 % aus (Umweltbundesamt und LFZ Raumberg-Gumpenstein, 2016). Die Literaturrecherche ergab jedoch keine spezifischen Hinweise auf NH₃-Minderungsfaktoren. Ein weiterer Austausch mit den Expert:innen der HBLFA Raumberg-Gumpenstein ist notwendig.
- Dachdämmung und Kühlung von Rinderställen: Es gibt zu wenig verlässliche Daten zur genauen Bauweise und Dämmung von Ställen. Hierzu wären

Messdaten sinnvoll (z. B. Vergleich Referenzstall mit gedämmtem Stall am gleichen Standort). Weiters könnten je nach Ausrichtung der Ställe und Dächer verstärkende oder aufhebende Effekte entstehen. Auch diesbezüglich ist ein weiterer Austausch mit den Expert:innen der HBLFA Raumberg-Gumpenstein nötig.

- Schrägboden und Wannenkonstruktion bei Schweinen: Aktuell besteht keine Praxisrelevanz für diese Maßnahme.
- Fußbodenheizung bei Masthühnern: In der vorliegenden Fachliteratur wurden keine Informationen zu NH₃-Minderungsfaktoren gefunden.

Tabelle 2: Maßnahmen, die in das OLI-Modell Landwirtschaft 2022 neu integriert wurden (technisch).

Maßnahme		Maßnahmenbeschreibung	Aktivitätsdaten (AD) vorhanden	Korrekturfaktor (CF)	Referenz	Praktiziert / relevant in Österreich	Anforderungen für die OLI-Implementierung	Maßnahme für OLI weiterverfolgen	Zeitplan/ weitere Schritte
Rinder – Stall	Reinigungsroboter	Reinigungsroboter im Güllestall, damit der Anteil an verschmutzter Oberfläche so gering wie möglich gehalten wird	nein	nein	Schätzung von -15 % bis -20 % in Umweltbundesamt und LFZ Raumberg-Gumpenstein, 2016	ja	Robuste Emissionsfaktoren (EF) basierend auf Messungen notwendig, mit Bezug zur Aktivität. Studienbedarf, Recherche. Aktivitätsdaten notwendig	Technisch im OLI-Modell implementiert	Erhebung AD (z. B.: TIHALO III), valide EF notwendig
Schweine – Stall	Behandlung der Abluft mittels Säurewäscher oder Bio-Filter	Kontrollierte Abluftreinigung von Stallgebäuden	nein	-80 %	UNECE, 2015	ja	Aktivitätsdaten notwendig	Technisch im OLI-Modell implementiert	Erhebung AD (z. B.: TIHALO III), Recherche Informationen aus IED-Betreiber-meldungen
Geflügel – Stall	Behandlung der Abluft mittels Säurewäscher oder Bio-Filter	Kontrollierte Abluftreinigung von Stallgebäuden	nein	-80 %	UNECE, 2015	ja	Aktivitätsdaten notwendig	Technisch im OLI-Modell implementiert	Erhebung AD (z. B.: TIHALO III), Recherche Informationen aus IED-Betreiber-meldungen
Rinder – Lagerung	Einhausung (dreiseitig) und Abdeckung des Festmistlagers	Abgedecktes (Dach) und eingehautes (drei Seitenwände) Festmistlager	nein	nein	Schätzung von -15 % bis -20 % in Umweltbundesamt und LFZ Raumberg-Gumpenstein, 2016	ja	Robuste EF basierend auf Messungen notwendig, mit Bezug zur Aktivität. Studienbedarf, Recherche. Aktivitätsdaten notwendig.	Technisch im OLI-Modell implementiert	Erhebung AD (z. B.: TIHALO III), zur Berechnung sind aber valide EF notwendig
Rinder – Lagerung	Lagerung von Festmist unter Folie	Festmist unter Folie gelagert	nein	-30 %*)	Zhang et al., 2019, Pardo et al., 2015	ja	Aktivitätsdaten notwendig	Technisch im OLI-Modell implementiert	Erhebung AD (z. B.: TIHALO III), Recherche von Förderdaten, weitere Prüfung des EF notwendig

Maßnahme		Maßnahmenbeschreibung	Aktivitätsdaten (AD) vorhanden	Korrekturfaktor (CF)	Referenz	Praktiziert / relevant in Österreich	Anforderungen für die OLI-Implementierung	Maßnahme für OLI weiterverfolgen	Zeitplan/ weitere Schritte
Rinder – Lagerung	Ansäuern der Gülle	Im Lager angesäuerte Gülle	nein	-60 %	UNECE, 2015	ja	Aktivitätsdaten notwendig	Technisch im OLI-Modell implementiert	Erhebung AD (z. B.: TIHALO III), Recherche von Förderdaten
Schweine – Lagerung	Einhausung (dreiseitig) und Abdeckung des Festmistlagers	Abgedecktes (Dach) und eingehautes (drei Seitenwände) Festmistlager	nein	nein	Schätzung von -15 % bis -20 % in Umweltbundesamt und LFZ Raumberg-Gumpenstein, 2016	ja	Robuste EF basierend auf Messungen notwendig, mit Bezug zur Aktivität. Studienbedarf, Recherche. Aktivitätsdaten notwendig	Technisch im OLI-Modell implementiert	Erhebung AD (z. B.: TIHALO III), zur Berechnung sind aber valide EF notwendig
Schweine – Lagerung	Lagerung von Festmist unter Folie	Festmist unter Folie gelagert	nein	-30 %	Zhang et al., 2019, Pardo et al., 2015	ja	Aktivitätsdaten notwendig	Technisch im OLI-Modell implementiert	Erhebung AD (z. B.: TIHALO III), Recherche von Förderdaten
Schweine – Lagerung	Ansäuern der Gülle	Im Lager angesäuerte Gülle	nein	-60 %	UNECE, 2015	ja	Aktivitätsdaten notwendig	Technisch im OLI-Modell implementiert	Erhebung AD (z. B.: TIHALO III), Recherche von Förderdaten
Rinder – Ausbringung	Ansäuern der Gülle	Bei Ausbringung angesäuerte Gülle	nein	-50 %	UNECE, 2015	ja	Aktivitätsdaten notwendig	Technisch im OLI-Modell implementiert	Erhebung AD (z. B.: TIHALO III), Recherche von Förderdaten
Rinder – Ausbringung	Urease-Inhibitoren zu Gülle	Verzögerte Freisetzung des Ammoniumanteils in der Gülle durch Zusatz von Hemmsubstanzen bei der Ausbringung und Einarbeitung	nein	-25 %	Park et al., 2021	ja	Aktivitätsdaten notwendig	Technisch im OLI-Modell implementiert	Erhebung AD (z. B.: TIHALO III), Recherche von Förderdaten

Maßnahme		Maßnahmenbeschreibung	Aktivitätsdaten (AD) vorhanden	Korrekturfaktor (CF)	Referenz	Praktiziert / relevant in Österreich	Anforderungen für die OLI-Implementierung	Maßnahme für OLI weiterverfolgen	Zeitplan/ weitere Schritte
Rinder – Ausbringung	Gülleseparation	Separierte Gülle ohne weitere spezifische Behandlung der festen Fraktion	ja	-20 %	UNECE, 2015 (niedrigerer Wert)	ja	Geschätzte separierte und förderungsrelevante Güllemengen sind ab 2023 erhältlich. Es sind keine Werte zur Aufteilung der separierten Mengen auf Rinder und Schweine verfügbar.	Technisch im OLI-Modell implementiert	Erhebung AD (z. B.: TIHALO III), Recherche von Förderdaten
Rinder - Ausbringung	Gülleseparation	Separierte Gülle mit weiterer spezifischer Behandlung (z. B. Einarbeiten) der festen Fraktion	jaa	-30 %	UNECE, 2015 (höherer Wert)	ja	Geschätzte separierte und förderungsrelevante Güllemengen sind ab 2023 erhältlich. Es sind keine Werte zur Aufteilung der separierten Mengen auf Rinder und Schweine verfügbar.	Technisch im OLI-Modell implementiert	Erhebung AD (z. B.: TIHALO III), Recherche von Förderdaten
Schweine - Ausbringung	Ansäuern der Gülle	Bei Ausbringung angesäuerte Gülle	nein	-50 %	UNECE, 2015	ja	Aktivitätsdaten notwendig	Technisch im OLI-Modell implementiert	Erhebung AD (z. B.: TIHALO III), Recherche von Förderdaten
Schweine - Ausbringung	Urease-Inhibitoren zu Gülle	Verzögerte Freisetzung des Ammoniumanteils in der Gülle durch Zusatz von Hemmsubstanzen bei der Ausbringung und Einarbeitung	nein	-25 %	Park et al., 2021	ja	Aktivitätsdaten notwendig	Technisch im OLI-Modell implementiert	Erhebung AD (z. B.: TIHALO III), Recherche von Förderdaten
Schweine – Ausbringung	Gülleseparation	Separierte Gülle ohne weitere spezifische Behandlung der festen Fraktion	ja	-20 %	UNECE, 2015 (niedrigerer Wert)	ja	Geschätzte separierte und förderungsrelevante Güllemengen sind ab 2023 erhältlich. Es sind keine Werte zur Aufteilung der separierten Mengen auf Rinder und Schweine verfügbar	Technisch im OLI-Modell implementiert	Erhebung AD (z. B.: TIHALO III), Recherche von Förderdaten
Schweine – Ausbringung	Gülleseparation	Separierte Gülle mit weiterer spezifischer Behandlung (z. B. Einarbeiten) der festen Fraktion	ja	-30 %	UNECE, 2015 (höherer Wert)	ja	Geschätzte separierte und förderungsrelevante Güllemengen sind ab 2023 erhältlich. Es sind keine Werte zur Aufteilung der separierten Mengen auf Rinder und Schweine verfügbar	Technisch im OLI-Modell implementiert	Erhebung AD (z. B.: TIHALO III), Recherche von Förderdaten

*) Eine große Spreizung von möglichen Korrekturfaktoren ist aus zwei Studien zur Abdeckung des Festmists unter Plastikfolien zwischen 4 % (Zhang et al., 2019) und 61 % (Pardo et al., 2015) zu finden. Es wurde ein Mittelwert der beiden Studien von Zhang et al. (2019) und Pardo et al. (2015) angewendet.

In diesem Arbeitspaket wurde auch die **Aktualisierung der Annahmen zur bodennahen Wirtschaftsdüngerausbringung in der OLI** auf Basis aktuellster verfügbarer Förderdaten in Zusammenarbeit mit der HBLFA Raumberg-Gumpenstein vorgenommen. Dazu wurden für die von Raumberg-Gumpenstein durchzuführenden Arbeiten die Anforderungen für die OLI an die Daten, deren Auswertung und Dokumentation erstellt sowie die Qualitätssicherung der Ergebnisse durchgeführt. Ziel ist, dass für die OLI eine jährliche Routine zur Aktualisierung der Daten für die bodennahe Gülleausbringung ausgearbeitet wird.

Im November 2021 wurden die Anteile der bodennah ausgebrachten Gülle gemäß OLI (basierend auf der TIHALO-II-Studie) von Raumberg-Gumpenstein (DI Alfred Pöllinger) auf Grundlage von ÖPUL-Förderdaten überarbeitet. Die Ergebnisse wurden in die OLI 2021 (Submission 2022) implementiert, eine jährliche Aktualisierung ist nun möglich.

Basis der Berechnungen sind die Daten aus dem MFA (Mehrfachantrag) für den Bereich der bodennahen Gülleausbringung aus den Jahren 2020 und 2021. Aus der Mengenstatistik des MFA wurde ein Steigerungsfaktor für die bodennah ausgebrachte Gülle berechnet. Als Basisjahr wurde dabei das Jahr 2017 mit der konkret beantragten Fördermenge von 3.139.480 m³ und den damals gemäß TIHALO II angewendeten verschiedenen Applikationstechniken (Schleppschlauch, Schleppschuh, Injektor) herangezogen.

Die folgende Tabelle veranschaulicht die aktualisierte Gülleausbringung nach Applikationstechnik für 2017 sowie die Ergebnisse für 2020.

Tabelle 3: Bodennahe Gülleausbringung – Ergebnisse für 2017 und 2020.

	2017				2020			
	Prallteller	Schleppschlauch	Schleppschuh	Injektor	Prallteller	Schleppschlauch	Schleppschuh	Injektor
NH₃-Minderung		-30 %	-50 %	-80 %		-30 %	-50 %	-80 %
OLI 2020 – Rinder	94,5 %	4,2 %	1,3 %	0 %				
OLI 2021 – Rinder	91,4 %	5,8 %	2,9 %	0 %	91,0 %	6,0 %	3,0 %	0 %
OLI 2020 – Schweine	68,0 %	29,0 %	2,0 %	1,0 %				
OLI 2021 – Schweine	67,5 %	2,0 %	2,0 %	1,5 %	66,1%	30,3 %	2,1 %	1,6 %

7 REFERENZEN

- BAUMGARTEN, A, SPIEGEL, H., STÜGER, H. P., ALDRIAN, U., STICKLER, Y., TRIBL, C., ANDERL, M., HAIDER, S., SPRINGER, J., 2019. Anwendung von Harnstoff in der österreichischen Landwirtschaft. Endbericht zum Forschungsprojekt Nr. 101400. Wien. Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit, Bundesanstalt für Agrarwirtschaft und Bergbauernfragen, Umweltbundesamt, Niederösterreichische Landes-Landwirtschaftskammer.
- BMNT – Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus, 2020. Ergebnisprotokoll einer Besprechung zur Neuberechnung des WAM-Szenarios im Rahmen der geplanten Überarbeitung des nationalen Luftreinhalteprogramms am 03.09.2020 (intern, unveröffentlicht).
- EEA – European Environment Agency, 2019. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – 2019. EEA Technical report No. 19/2019. <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019>
- HÖRTENHUBER, S., GRÖßBACHER, V., WEIßENSTEINER, R., ZOLLITSCH, W., 2022. Minderungspotenziale zu Treibhausgas- und Luftschadstoff-Emissionen aus der Nutztierhaltung unter besonderer Berücksichtigung ernährungsbezogener Faktoren (MiNutE). Wien: Universität für Bodenkultur.
- HÖRTENHUBER, S.J.; GRÖßBACHER, V.; SCHANZ, L.; ZOLLITSCH, W.J., 2023. Implementing IPCC 2019 Guidelines into a National Inventory: Impacts of Key Changes in Austrian Cattle and Pig Farming. Sustainability 2023, 15, 4814. <https://doi.org/10.3390/su15064814>
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Published: IGES, Japan. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>
- PARDO, G., R. MORAL, E. AGUILERA and A. DEL PRADO, 2015. Gaseous emissions from management of solid waste: a systematic review. Global Change Biology 21, 1313-1327. <https://doi.org/10.1111/gcb.12806>
- PARK, S., B. LEE and T. KIM, 2021. Urease and nitrification inhibitors with pig slurry effects on ammonia and nitrous oxide emissions, nitrate leaching, and nitrogen use efficiency in perennial ryegrass sward. Anim Biosci 34 (12, 2023-2033. DOI: <https://doi.org/10.5713/ab.21.0046>
- PÖLLINGER, A., A. ZENTNER, Y. STICKLER, B. AMON, L. LACKNER und S. BRETTSCHUH, 2018. Erhebung zum Wirtschaftsdüngermanagement aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung in Österreich. Surveys on manure management from agricultural livestock farmings in Austria. Abschlussbericht TIHALO II. Projekt Nr./Wissenschaftliche Tätigkeit Nr. 3662., HBLFA Raumberg-Gumpenstein und Bundesanstalt für Agrarwirtschaft, Wien.

- STATISTIK AUSTRIA, 2022. Agrarstrukturerhebung 2020, Auswertung „Tierart und Größenklasse Großvieheinheiten nach Anzahl Vieh“.
[Agrarstrukturerhebung_2020_20221117](https://www.statistik.at/neuerscheinung/agrarstrukturerhebung_2020_20221117) (statistik.at)
- UMWELTBUNDESAMT und LFZ RAUMBERG-GUMPENSTEIN, 2016. Maßnahmen zur Minderung sekundärer Partikelbildung durch Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft. Reports, Bd. REP-0569. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT, 2017. Quantifizierung von Maßnahmen zur Ammoniakreduktion aus der Landwirtschaft. Reports, Bd. REP-0629. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT, 2021. Austria's National Air Emission Projections 2021 for 2020, 2025 and 2030. Reports, Bd. REP-0769. Umweltbundesamt, Wien.
- UNECE, 2015. Framework Code for Good Agricultural Practice for Reducing Ammonia Emissions. United Nations Economic Commission for Europe, 2015.
<https://unece.org/environment-policy/publications/framework-code-good-agricultural-practice-reducing-ammonia>
- ZHANG, N., Z. BAI, W. WINIWARTER, S. LEDGARD, J. LUO, J. LIU, Y. GUO and L. MA, 2019. Reducing ammonia emissions from dairy cattle production via cost-effective manure management techniques in China. Environ. Sci. Technol. 53, 11840–11848. DOI: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.est.9b04284>

Umweltbundesamt GmbH

Spittelauer Lände 5
1090 Wien/Österreich

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

office@umweltbundesamt.at
www.umweltbundesamt.at

Das Umweltbundesamt hat die Effekte von Maßnahmen zur Minderung von Ammoniak im Sektor Landwirtschaft untersucht. Es wurden dabei Potenziale von Einzelmaßnahmen als auch von Maßnahmenpaketen für die Rinder- und Schweinehaltung sowie für die Düngung landwirtschaftlicher Böden abgeschätzt. Für den Bereich der Rinder- und Schweinehaltung sind in diesen Paketen ausgewählte Maßnahmen betreffend Fütterung, Güllelagerung, Gülleaufbereitung und Wirtschaftsdüngerausbringung enthalten. Die Stickstoffdüngung wurde im Rahmen eines eigenen Maßnahmenpaketes analysiert. In einem Maximum Feasible-Szenario wurden zudem ausgewählte Maßnahmen verkettet und modellhaft für den Sektor Landwirtschaft berechnet. Ergänzend wurden die Maßnahmenvorschläge in Hinblick auf das Berechnungsmodell der Österreichischen Luftschadstoff-Inventur geprüft.