

Minderung von Ammoniak- und Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft

Wirkungen national finanzierter Bausteine der Einzelbetrieblichen Förderung in Hessen (EFP)

Wolfgang Roggendorf

5-Länder-Evaluation

17/2020

Finanziell unterstützt durch:

HESSEN



Hessisches Ministerium für Umwelt,
Klimaschutz, Landwirtschaft und
Verbraucherschutz



EUROPÄISCHE UNION

Publiziert:

DOI: 10.3220/5LE1603804960000
www.eler-evaluierung.de

Impressum:

Thünen-Institut für Ländliche Räume
Johann Heinrich von Thünen-Institut
Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei
Bundesallee 64, 38116 Braunschweig
Tel.: 0531 596-5217
Fax: 0531 596-5199

Dipl.-Ing. agr. Wolfgang Roggendorf
E-Mail: wolfgang.roggendorf@thuenen.de

Braunschweig, im Oktober 2020

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	II
Abkürzungsverzeichnis	III
1 Einführung und Fragestellung	1
2 Fördermodalitäten und Förderverfahren	1
3 Inanspruchnahme	3
4 Minderungseffekte der Förderung – Ergebnisse der Schätzung	5
5 Schlussfolgerungen und Empfehlungen	8
6 Datengrundlage und Methodik der Schätzung	10
Literaturverzeichnis	14

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Schätzung des Anteils von Rinder- und Schweinegülle sowie Gärresten an den Mengenangaben in den Verpflichtungserklärungen	5
Tabelle 2:	Beantragte Menge und geschätzte Minderungseffekte emissionsarmer Ausbringungstechnik	6
Tabelle 3:	Emissionsarme Güllelagerung: Beantragte Lagermengen, Einsparfaktoren und eingesparte Ammoniakemissionen	8
Tabelle 4:	Eingesetzte Minderungsfaktoren der geförderten Ausbringungstechniken im Vergleich zu Breitverteiler und Schleppschlauch	13

Abkürzungsverzeichnis

AFP	Agrarinvestitionsförderungsprogramm
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
CO ₂	Kohlendioxid
CO ₂ -Äq	Kohlendioxid-Äquivalente (= Treibhausgaspotenzial)
DüV	Düngeverordnung
DVO	Durchführungsverordnung
EF	Emissionsfaktor(en)
EFP	Einzelbetriebliche Förderungsprogramm Landwirtschaft
EG	Europäische Gemeinschaft
ELER	Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des Ländlichen Raumes
GAK	Gemeinschaftsaufgabe "Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes"
ha	Hektar
HMUKLV	Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
IKSP	Integrierter Klimaschutzplan Hessen 2025
InVeKoS	Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem
kg	Kilogramm
LF	Landwirtschaftlich genutzte Fläche
LLH	Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen
m ³	Kubikmeter
N	Chemisches Zeichen für Stickstoff
NEC	National Emission Ceilings Directive der EU (RL über nationale Emissionshöchstmenge für bestimmte Luftschadstoffe)
NH ₃ /NH ₄	Chemische Formel für Ammoniak/Ammonium
NIR	Nationales Emissionsinventar
N ₂ O	Chemische Formel für Distickstoffmonoxid = Lachgas
NRW	Nordrhein-Westfalen
RL	Richtlinie
s. u.	siehe unten
t	Tonne(n)
TAN	Total ammonia nitrogen (gesamter Ammonium-Stickstoff)
TI	Thünen-Institut für Ländliche Räume
THG	Treibhausgas(e)
VE	Verpflichtungserklärung
VO	Verordnung

1 Einführung und Fragestellung

Zur Verringerung der aus der Landwirtschaft stammenden Treibhausgas- (THG-) und Ammoniakemissionen (NH_3) können Investitionen zur Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdünger beitragen. Diese Geräte und Lager können seit 2016 im Rahmen der GAK durch das Agrarinvestitionsförderungsprogramm (AFP) gefördert werden. Seit der Änderung der GAK-Fördergrundsätze im Jahr 2016 stellt der Bund zusätzliche Mittel für Vorhaben zur Verfügung, die der nachhaltigen Verbesserung des Umwelt-, Klima- und Ressourcenschutzes dienen.

Das Land Hessen hat dementsprechend die AFP-Förderung angepasst und bietet mit dem Einführungserlass 2016 diese zusätzlichen Fördermöglichkeiten an (HMUKLV, 2016). Für die seitens des Bundes zunächst bis 2019 befristete Förderung standen in Hessen rund 15,4 Mio. Euro GAK-Mittel zur Verfügung. Das Förderangebot wurde zwischenzeitlich bis Ende 2020 verlängert.

Die Förderung der Emissionsminderung bei der Lagerung und Ausbringung flüssiger Wirtschaftsdünger ist auch in den 2017 veröffentlichten Integrierten Klimaschutzplan Hessen 2025 (IKSP 2025) als prioritäre Maßnahme im Handlungsfeld Landwirtschaft aufgenommen worden. Sie trägt dort den Titel: „Steigerung der Stickstoffeffizienz durch technische Verbesserung für die Lagerung und Ausbringung von Gülle und Gärresten“ (HMUKLV, 2017). Ab 2019 wurden Vorhaben zum Teil aus Mitteln des IKSP 2025 gefördert und GAK-Mittel in andere Bereiche umgeschichtet.

Da die Finanzierung dieser Maßnahme rein national erfolgt, ist sie nicht Bestandteil der 5-Länder-Evaluation. Das Land Hessen hat das Evaluationsteam des Thünen-Instituts für Ländliche Räume (TI) gebeten, auch für diese rein national geförderten AFP-Vorhaben eine Schätzung zum Umfang der erzielten Emissionsminderungseffekte vorzunehmen. Die Fragestellung ist identisch mit der über die ELER-DVO vorgegebenen Frage 14 zu Effekten der ELER-kofinanzierten AFP-Stallbauvorhaben, die zuletzt im erweiterten Durchführungsbericht 2018 beantwortet wurde.

Im vorliegenden Bericht werden nun die bisherige Inanspruchnahme der rein national finanzierten Förderung und die Ergebnisse der Schätzungen der Effekte der bewilligten Vorhaben dargestellt sowie die Vorgehensweise und zugrunde liegenden Daten beschrieben.

2 Fördermodalitäten und Förderverfahren

Die Förderung erfolgt auf der Grundlage der Richtlinie für das Einzelbetriebliche Förderungsprogramm Landwirtschaft (RL-EFP) vom 20. Juni 2016. Die Ausführungsbestimmungen für die neuen Förderbausteine wurden über den Einführungserlass 2016 sowie ergänzend durch das Merkblatt zur Förderung von Maschinen und Geräten der Außenwirtschaft 2016-2019 geregelt (LLH und RP Darmstadt). Im Folgenden sind aus diesen Quellen die wichtigsten Förderregelungen zitiert, soweit sie für die Darstellung der Ergebnisse und Vorgehensweise bei der Schätzung von Relevanz sind. Auswahlkriterien wurden nicht vorgegeben.

Zum einen wird der Kauf von neuen **Maschinen und Geräten der Außenwirtschaft** gefördert, die zu einer deutlichen Minderung von Emissionen bei der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern oder zu einer deutlichen Minderung von Umweltbelastungen bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln führen. Selbstfahrende Arbeitsmaschinen sind nicht förderfähig. Der Fördersatz beträgt 20 Prozent vom Netto-Anschaffungspreis.

Der Minderung von THG- und Ammoniakemissionen dienen Geräte zur Ausbringung flüssiger Wirtschaftsdünger. Förderfähig sind Geräte, die den Wirtschaftsdünger streifenförmig und emissionsarm ausbringen. Die Geräte können mit und ohne Tankwagen gefördert werden. Dies sind:

- Injektionsgeräte (Strip-Till-Geräte, Unterfußdüngung),
- Geräte zur Direkteinarbeitung (Grubber, Scheibenegge, Scheibenschlitzgeräte),
- Schleppschuhverteiler.

Bei der Anschaffung wird eine jährliche Mindestauslastung von 300 m³ flüssigem Wirtschaftsdünger (Gülle, Gärrest, Jauche) je m³ Fassvolumen gefordert (mit und ohne Tankwagen). Zum Erreichen der Mindestauslastung ist ein überbetrieblicher Einsatz im Rahmen von Kooperationen mit anderen Landwirt*innen möglich. Eine entsprechende Kooperationsvereinbarung muss vorliegen. Die Mindestauslastung ist durch eine Verpflichtungserklärung (VE) für den Zeitraum der Zweckbindung nachzuweisen. Die Zweckbindungsfrist beträgt fünf Jahre nach Abschlusszahlung.

Als weitere Technikvariante wurde mit Erlass 2018 die Förderung von Verschlauchungsverfahren eingeführt. Ausgehend von den Vorhabenbeschreibungen bewilligter Förderfälle ist bisher kein entsprechender Antrag gestellt worden.

Mit Änderung der GAK-Fördergrundsätze 2016 wurden zum anderen **bauliche Investitionen in landwirtschaftliche Betrieben** förderfähig, die zu einer emissionsmindernden bzw. Umweltbelastungen vermeidenden Wirtschaftsweise beitragen. Dazu zählen in Hessen separate Lagerstätten für feste und flüssige Wirtschaftsdünger, separate Fahrsiloanlagen und stallbauintegrierte Abluftreinigungsanlagen (HMUKLV, 2016).

Vor allem wirksam im Hinblick auf die Minderung von THG- und Ammoniakemissionen ist die Abdeckung von Lagerstätten für flüssige Wirtschaftsdünger. Eine Abdeckung von Festmistlagerstätten ist in dieser Hinsicht unwirksam, die Förderung von Abluftreinigungsanlagen wurde bisher nicht beantragt. Laut Abschnitt III. 4 im Einführungserlass sind neu zu fördernde Lagerstätten ab dem 2. Auswahlstichtag 2016 mit einem festen Dach oder Zeltdach auszustatten, künstliche Schwimmdecken sowie vergängliches Material sind nicht zugelassen. Bei Förderungen mit Auswirkung auf die Anpassung betrieblicher Lagerkapazitäten sind bereits vorhandene Lagerstätten für flüssige Wirtschaftsdünger ebenfalls abzudecken, wobei neben fester Decke und Zeltdach auch künstliche Schwimmdecken erlaubt sind. Die Nachrüstung vorhandener Lagerstätten ist ebenfalls förderfähig. Die Abdeckung muss ab Schlussabnahme des Vorhabens vorhanden sein und ist bis zum Ablauf der Zweckbindungsfrist zu gewährleisten (HMUKLV, 2016).

Bei der Errichtung von Lagestätten für flüssige Wirtschaftsdünger ist mindestens eine neunmonatige Lagerkapazität sicherzustellen, bei Festmistlagerung eine viermonatige. Auch bei baulichen Investitionen beträgt der Fördersatz laut Nr. 5.2.2 der EFP-Richtlinie (sonstige Investitionen) 20 Prozent bezogen auf das jeweils förderfähige Investitionsvolumen.

3 Inanspruchnahme

Unter den insgesamt seit 2016 bewilligten, rein national finanzierten Vorhaben sind vergleichsweise wenige **bauliche Investitionen in landwirtschaftliche Betriebe** zu finden. Insgesamt konnten über die Vorhabenbeschreibung sieben geförderte Betriebe identifiziert werden, die in Neubau von Güllebehältern investiert haben. Davon stammen sechs Bewilligungen aus dem Jahr 2019, die rein mit Landesmitteln aus dem Klimaschutzplan finanziert werden. Ein weiteres Vorhaben mit Bewilligung aus 2018 wurde mit GAK-Mitteln kofinanziert. Beihilfen für bauliche Investitionen in Festmistlager wurden laut vorliegenden Bewilligungsdaten bisher nicht beantragt.

Sechs der geförderten Unternehmen sind laut der Tierbestandsdaten aus dem InVeKoS 2018 Betriebe mit Rinderhaltung, einer weist als Betriebszweig die Schweinemast auf. Es wird für die durchgeführte Schätzung angenommen, dass zukünftig gemäß den Förderauflagen die gesamte anfallende Güllemenge der jeweiligen Tierbestände abgedeckt gelagert wird, also sowohl die neu errichteten als auch die vorhandenen Güllebehälter abgedeckt werden. Daher ist gesichert von einer emissionsmindernden Wirkung der geförderten Vorhaben auszugehen.

Die Förderung emissionsarmer Ausbringungstechnik wurde weitaus besser in Anspruch genommen als die Investitionen in emissionsarme Güllelagerstätten. In den dem TI vorliegenden Bewilligungsdaten 2016 bis 2019 sind laut Vorhabenbeschreibungen 97 Betriebe zu finden, die die Förderung emissionsarmer Ausbringungstechnik beantragt hatten. Die Zahl der Bewilligungen ist von Jahr zu Jahr stetig angestiegen (2016: fünf Betriebe, 2017: 16 Betriebe, 2018: 32 Betriebe, 2019: 43 Betriebe). In die Auswertung einbezogen wurden zusätzlich 11 Förderfälle, deren Verpflichtungserklärungen von den Bewilligungsstellen zur Auswertung zur Verfügung gestellt wurden, die bisher aber noch nicht in den dem TI vorliegenden Bewilligungsdaten enthalten waren. Hinzu kommen insgesamt 44 Partnerbetriebe, mit denen von 33 antragstellenden Betrieben zur Gewährleistung der Mindestauslastung Kooperationen vereinbart worden sind. Kooperationen bestehen zu meist aus zwei, häufiger auch aus drei Betrieben. Im Maximalfall haben fünf Betriebe eine Kooperation geschlossen.

Insgesamt wird die im Rahmen investiver Förderung eingeführte emissionsarme Ausbringtechnik also ab 2020 von 151 Betrieben in Hessen genutzt. Laut Auswertung der Vorhabenbeschreibung wurde fast ausschließlich die Anschaffung von Schleppschuhverteilern gefördert (wenige auch als Kombigeräte mit Scheibenegge), bei sechs Förderfällen ist die Ausbringungstechnik unklar. Laut Angaben in den Verpflichtungserklärungen wird eine Mindestausbringmenge pro Jahr von rund

522.000 m³ flüssiger Wirtschaftsdünger erwartet (s. Tabelle 1)¹. Das entspricht gut 9 % der laut Statistik in Hessen im Jahr ausgebrachten Gesamtmenge flüssiger Wirtschaftsdünger (DESTATIS, 2016). Zusammen mit den bereits 2015 vorhandenen emissionsarmen Verfahren können damit zu Beginn des Jahres 2020 gut 15 % der Gesamtmenge emissionsarm ausgebracht werden.

Für rund 86 % der laut Antragsdaten im Rahmen der Förderung anvisierten Ausbringungsmenge kann die Art des flüssigen Wirtschaftsdüngers über die Tierangaben in InVeKoS-Daten bestimmt werden. Übertragen aus den über InVeKoS-Daten geschätzten Mengenanteilen fällt gut 75 % der Gülle in den geförderten Betrieben aus der Rinderhaltung an. Der Schweinehaltung entstammt etwa 20 % der prognostizierten Menge. Vereinfachend wird angenommen, dass die restlichen knapp 5 % der Ausbringungsmenge auf die Vergärung von Energiepflanzen entfällt.²

Partnerbetriebe steuern rund 14 % der anvisierten Güllemenge bei. Das Verhältnis Rinder- zu Schweinegülle wird auch auf die 41 Partnerbetriebe übertragen, für die keine Betriebsnummern vorliegen und somit keine Möglichkeit besteht, Aktivitätsdaten zur Schätzung des Minderungseffektes aus den InVeKoS-Daten zu gewinnen.

Unter den geförderten Unternehmen mit Tierhaltung sind 17 Betriebe mit Eintrag in der vom BMEL laut VO (EG) Nr. 1069/2009 veröffentlichten Liste zu finden (BMEL, 2020), die tierische Exkremate in Biogasanlagen vergären. Da keine Angaben über die Menge vorliegen, wird pauschal davon ausgegangen, dass die gesamte über den Tierbestand laut InVeKoS erzeugte Gülle vergoren wird und die Differenz zu der in der Verpflichtungserklärung angegebenen Wirtschaftsdüngermenge über die zusätzliche Vergärung von Energiepflanzen erzeugt wird. Eine Übersicht über die Verteilung der ermittelten Wirtschaftsdüngerquellen und deren Übertragung auf die Gesamtmenge enthält die folgende Tabelle 1.

Die mittlere Betriebsgröße der Antragsteller liegt bei 153 ha LF (Spanne 37 – 340 ha), also sehr deutlich über dem Durchschnitt der im InVeKoS erfassten Betriebe in Hessen (39 ha). Der Ackeranteil dieser Betriebe beläuft sich im Schnitt auf 62 % (Median 60,5 %). Unter ihnen sind keine reinen Grünlandbetriebe, wohl aber zwei reine Ackerbaubetriebe zu finden.

¹ Es erscheint fraglich, ob die angegebene Mindestauslastung in allen Fällen realistisch eingeschätzt wurde. Sie liegt in vielen Fällen, auch bei Antragsteller*innen ohne Partnerbetrieb, deutlich (rd. 33 %) über der Menge an flüssigem Wirtschaftsdünger, die über den im InVeKoS 2018 angegebenen Tierbestand anfällt. Anhand der zur Verfügung stehenden Daten können die Angaben nicht überprüft werden, da höhere Mengen auch durch die Aufstockung der Tierbestände, durch Aufnahme von Wirtschaftsdüngern ohne Kooperationsvereinbarung oder durch Vergärung von Energiepflanzen zustande kommen können. Zu diesen Faktoren und insbesondere zur Situation in Partnerbetrieben liegen keine Angaben vor, sodass die prognostizierte Menge als Basis der Berechnungen genutzt werden muss.

² Dieser Anteil basiert auf Annahmen. Es sind keine Daten dazu verfügbar, welcher Betrieb tatsächlich Energiepflanzen vergärt. Der Anteil geht auf die sechs Betriebe zurück, die laut InVeKoS-Daten keinen gülleproduzierenden Tierbestand aufweisen. Zu 41 Partnerbetrieben ohne Betriebsnummer stehen – wie mehrfach aufgezeigt – keinerlei weitergehende Informationen zur Verfügung.

Tabelle 1: Schätzung des Anteils von Rinder- und Schweinegülle sowie Gärresten an den Mengenangaben in den Verpflichtungserklärungen

Mindestmenge emissionsarm auszubringender Gülle	in 1.000 m ³	
Prognostizierte Güllemenge lt. Verpflichtungserklärungen (VE) der Antragsteller und Partnerbetriebe	522	
davon Rindergülle unvergoren	beantragende Betriebe mit Rindern laut Tierangaben	315
davon Schweinegülle unvergoren	beantragende Betriebe mit Schweinen laut Tierangaben	79
davon Rinder- und Schweinegülle, vergoren	geschätzt aus Tierangaben der Biogasbetriebe	64
davon Gärreste aus Energiepflanzen	Mengendifferenz VE vs. Tierangaben bei Biogasbetrieben plus Mengenangaben beantragender Betriebe ohne Tierhaltung	65
davon prognostizierte Güllemenge der Partnerbetriebe	74	

Quelle: Eigene Berechnungen.

4 Minderungseffekte der Förderung – Ergebnisse der Schätzung

Über die im Rahmen des AFP ohne ELER-Kofinanzierung geförderten Vorhaben wird in erster Linie eine Minderung von Ammoniakemissionen erzielt. Die im Berichtszeitraum bis 2019 bewilligten Vorhaben erreichen zusammen eine Emissionsminderung im Umfang von rund 248 t NH₃ im Vergleich zur Referenzsituation ohne Förderung. Die eingesparten Ammoniakemissionen entsprechen einer Minderungsrate von 1,25 % des in Hessen im Berichtszeitraum pro Jahr von der Landwirtschaft im Mittel emittierten NH₃.

Entsprechend der hohen Inanspruchnahme wird der überwiegende Anteil, nämlich 244 t NH₃, durch die emissionsarme Ausbringung flüssiger Wirtschaftsdünger vermieden. Bezieht man die Einsparmenge auf die NH₃-Emissionsquelle Wirtschaftsdüngerausbringung, die inklusive Gärresten rund 42 % der hessischen NH₃-Emissionen ausmacht (vgl. Haenel et al., 2020), wird durch die Maschinenförderung eine Minderungsrate von 2,9 % erzielt.

Die sieben abgedeckten Güllelager tragen mit jährlich 4 t NH₃ zur Emissionsminderung der rein national finanzierten Investitionsförderung bei. Die Einzelergebnisse der wirksamen Vorhaben werden in den folgenden Unterkapiteln näher besprochen.

Aus der Minderung der Ammoniakemissionen resultiert zusätzlich eine Minderung indirekter Lachgasemissionen. Der Minderungseffekt aller wirksamen Vorhaben beläuft sich auf 3,2 t N₂O, das entspricht 0,96 t CO₂-Äq. Die Lachgasemissionen der Landwirtschaft in Hessen 2017 (Lentz und Dubois, 2019) werden damit nur marginal im Umfang von 0,08 % reduziert.

Emissionsarme Ausbringung von Wirtschaftsdüngern

Die geschätzte Minderungsmenge von 244 t NH₃ durch emissionsarme Ausbringung wurde, wie im Methodenkapitel dargestellt, ausgehend von den Angaben in den Verpflichtungserklärungen und im InVeKoS sowie den Emissionsfaktoren des nationalen Emissionsinventars (NIR) geschätzt.

Tabelle 2 fasst die auf Basis der Güllemengen aus Tabelle 1 berechneten Ergebnisse für die insgesamt 151 bewilligten Förderfälle zusammen. Wie im Methodenkapitel erwähnt, ist die tatsächliche Verteilung emissionsarm ausgebrachter Wirtschaftsdünger auf Grünland und Ackerflächen nicht bekannt. Zur Wirkungsabschätzung wurden stattdessen Angaben aus der Statistik verwendet (s. u.), was die Genauigkeit der Schätzung deutlich beeinträchtigt.

Wie oben dargestellt, sind rund 62 % der voraussichtlich emissionsarm auszubringenden Wirtschaftsdüngermenge Rindergülle. Bei dieser ist der Wirkungsgrad der Minderungstechniken deutlich höher als bei Schweinegülle (siehe Tabelle 2). Auch bei Gärresten ist der Einspareffekt höher als bei Schweinegülle.

Besonders hoch sind die Verringerungseffekte der emissionsarmen Techniken bei der Ausbringung auf Grünland. Ausgehend von der statistischen Verteilung wird angenommen, dass auf Grünland gut 40 % der von den geförderten Betrieben prognostizierten Wirtschaftsdüngermenge ausgebracht wird. Der Anteil der auf Grünland ausgebrachten Menge an der geschätzten Emissionsminderung liegt hingegen bei 62 %.

Tabelle 2: Beantragte Menge und geschätzte Minderungseffekte emissionsarmer Ausbringungstechnik

Wirtschaftsdüngerart ¹⁾	Beantragte Menge				Geschätzte Einsparmenge			
	Ausbringung verteilt nach DESTATIS 2016				Ausbringung verteilt nach DESTATIS 2016			
	Insgesamt	Grünland	Acker, bestellt	Acker, unbestellt	Insgesamt	Grünland	Acker, bestellt	Acker, unbestellt
	[in 1.000 m ³]				[t NH ₃] ²⁾			
Rindergülle								
Schleppschuh statt Breitverteiler	307	129	84	94	126	73	28	24
Schleppschuh statt Schlauch	16	3	9	5	2	1	1	0
<i>Summe</i>	323	131	93	98	128	74	29	24
Schweinegülle								
Schleppschuh statt Breitverteiler	62	28	16	18	32	21	9	2
Schleppschuh statt Schlauch	17	4	7	6	2	1,6	1	0
<i>Summe</i>	80	32	23	24	35	23	9	2
Gärreste								
Schleppschuh statt Breitverteiler	92	46	20	26	76	51	13	13
Schleppschuh statt Schlauch	28	2,6	15	11	5,2	2,1	3,1	0
<i>Summe</i>	120	49	35	37	81	53	16	13
Gesamtsumme der 152 ausgewerteten Vorhaben	522	213	151	159	244	150	54	40

¹⁾ Mittlere Ausgangsgehalte laut LLH: Rindergülle 2,0 kg TAN/m³, Schweinegülle 3,5 TAN/m³; TAN = Total ammonia nitrogen (gesamter Ammonium-Stickstoff).

²⁾ Stöchiometrische Umrechnung NH₃-N zu NH₃: 17/14.

Quelle: Eigene Berechnungen.

Bei der emissionsarmen Technik überwiegt die Ausbringung über Schleppschuhverteiler. Laut Bewilligungsdaten wurde fast ausschließlich Schleppschuhtechnik beantragt. Auf unbestelltem Acker sind Einsparmöglichkeiten im Vergleich zu herkömmlicher Ausbringungstechnik (bei vorge-

schriebener Einarbeitung innerhalb von vier Stunden) nur bei Verwendung von Injektionstechnik bzw. Güllegrubbern gegeben. Wird Schleppschuhtechnik auf unbestelltem Acker eingesetzt, was laut Erhebung der Officialstatistik für 30 % der ausgebrachten Güllemenge der Fall ist³, schneidet die Schleppschuhtechnik laut den Untersuchungen von Döhler et al. (2002) schlechter ab als die Referenz mit Einarbeitung. Nach Vorgaben des LLH ist bei Einsatz der Schleppschuhtechnik auf unbestelltem Acker daher ebenfalls eine Einarbeitung in der nach Düngeverordnung (DüV) vorgegebenen Frist erforderlich, sodass kein Unterschied mehr gegenüber der Referenz gegeben ist. Dies wird seit der jüngsten Berichterstattung auch im NIR berücksichtigt (Haenel et al., 2020).

Haben geförderte Betriebe vor Einstieg in die emissionsarmen Ausbringungsverfahren bereits Schleppschlauchtechnik eingesetzt, wurden geringere Minderungsfaktoren angesetzt als bei Umstieg vom Breitverteiler. Angaben zur verfügbaren Technik vor Investition liegen für die geförderten Betriebe ebenfalls nicht vor. Behelfsweise wurde zu diesem Punkt der Schätzung wieder die Verteilung entsprechend der Officialstatistik zugrunde gelegt. Danach lag 2015 der Anteil der Schleppschlauchtechnik bei den herkömmlichen Ausbringungsverfahren insgesamt erst bei rund 12 %. Auf Ackerland (18 %) fiel er deutlich höher aus als auf Grünland (2 %), bei Schweinegülle (28 %) und Gärresten (24 %) wiederum deutlich höher als bei Rindergülle (4 %).

Mithin ist der hohe Schätzwert für den Minderungseffekt bei der Ausbringung von Rindergülle auf Grünland auch auf den deutlich höheren Technologiesprung im Vergleich zur Ausbringung auf Acker zurückzuführen. Im Vergleich zu anderen Bundesländern fällt dieser Technologiesprung auch höher aus. Der aus Statistikangaben aus 2015 hergeleitete Einsatz der Schleppschuhtechnik auf Grünland sollte durch spezifische Erhebungen unbedingt verifiziert werden, um die Gefahr einer Überschätzung des Fördereffektes zu vermeiden. Auch der angenommene Einsatz von 30 % der Güllemenge auf unbestelltem Acker, der im Vergleich zur Referenz keinen Minderungseffekt mit sich bringt, ist dringend zu überprüfen.

Abdeckung von Güllelagern

Auch bei der Förderung der Abdeckung von neu errichteten Güllelagern (samt Abdeckung von bestehenden Lagerstätten) wurde die Schätzung des Minderungseffektes der ausgewerteten Förderfälle über die Tierangaben aus dem InVeKoS vorgenommen. Die aus den InVeKoS-Daten abgeleitete Gülleherkunft (Rinder-/Schweinehaltung), die geschätzten Lagermengen und der sich daraus ergebende potenzielle Minderungseffekt sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Die bewilligten Vorhaben erreichen einen Minderungseffekt von rund 4 t NH₃ pro Jahr. Insgesamt basieren nur gut 60 % des geschätzten Minderungseffektes auf der nachträglichen Abdeckung von Güllelagern der Rinderhaltung, obwohl diese 93 % der Lagermenge umfassen. Dies ist in der wesentlich geringeren Minderungsrate begründet, die bei der Lagerung von Rindergülle im Vergleich

³ Dieser Anteil konnte über eine Auswertung der Ausbringungsbelege von Betrieben aus Schleswig-Holstein bestätigt werden, die an der Förderung emissionsarmer Ausbringungsverfahren teilgenommen haben (vgl. Roggendorf (2019)).

zur Referenzsituation mit der üblicherweise entstehenden Schwimmdecke erreicht wird. Über die bewilligten Vorhaben wird eine Lagermenge von rund 31.000 m³ Rinder- und Schweinegülle emissionsarm gelagert. Bezogen auf die Gesamtmenge ausgebrachter Gülle und Jauche in Hessen (DESTATIS, 2016) bedeutet dies einen Anteil von 0,75 %.

Tabelle 3: Emissionsarme Güllagerung: Beantragte Lagermengen, Einsparfaktoren und eingesparte Ammoniakemissionen

Abdeckung separater Güllager mit ... ¹⁾	Einsparfaktor NH ₃ -Emissionen [kg NH ₃ -N/kg TAN] ²⁾	Geschätzte Güllemenge [m ³]	Geschätzte Einsparmenge [kg NH ₃] ³⁾
Rindergülle	0,030	28.789	2.412
Schweinegülle	0,135	2.250	1.549
Gesamtsumme bewilligter Vorhaben (7)		31.039	3.961

¹⁾ Mittlere Ausgangsgehalte laut LLH: Rindergülle 2,3 kg TAN/m³, Schweinegülle 4,2 TAN/m³.

²⁾ TAN = Total ammonia nitrogen (gesamter Ammonium-Stickstoff). ³⁾ Stöchiometrische Umrechnung NH₃-N zu NH₃: 17/14.

³⁾ Emissionsfaktoren Referenz: Rindergülle mit natürlicher Schwimmdecke: 0,045 kg NH₃-N/kg TAN; Schweinegülle offen gelagert, ohne natürliche Schwimmdecke: 0,15 NH₃-N/kg TAN.

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Bewilligungs- und InVeKoS-Daten.

Zusammenfassend ist zu beachten, dass die geschätzten Minderungseffekte mangels genauerer Daten auf zahlreichen Annahmen beruhen. Die berechneten Werte sind daher mit sehr großen Unsicherheiten verbunden und dürfen nicht überinterpretiert werden, sondern zeigen eher Tendenzen auf. Unbekannte Größen, die aber erheblichen Einfluss auf das Ergebnis haben, sind bei der emissionsarmen Ausbringung zum Beispiel der Anteil an Gärresten sowie die Ammoniumgehalte der ausgebrachten Gülle und Gärreste. Auch die der Berechnung zugrunde liegenden Mengenangaben aus den Verpflichtungserklärungen sind Planzahlen, die zum Teil erheblich von den auf Tierzahlen basierenden Schätzmengen für den Gülleanfall bei Antragsteller*innen abweichen.

5 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Wesentliche Einspareffekte durch die national finanzierten Förderbausteine des EFP wurden vor allem bei den Ammoniakemissionen erzielt. Wegen der sehr geringen Inanspruchnahme der baulichen Lösungen zur Emissionsminderung trug die Förderung emissionsarmer Ausbringungstechnik zu fast 99 % des Minderungseffektes bei.

Die Effekte bei der Minderung von Treibhausgasen sind hingegen marginal. Ob durch die Förderung indirekt auch eine Effizienzsteigerung des Stickstoffeinsatzes erzielt werden konnte, was ja Ziel des Klimaschutzplanes ist und einen zusätzlichen Minderungseffekt bedeuten würde, konnte anhand

der vorliegenden Daten nicht ermittelt werden. Es muss aber angezweifelt werden, dass solche Effizienzsteigerungen auf den geförderten Betrieben über die steigenden Anforderungen des Fachrechts hinaus tatsächlich eintreten.

Die Abdeckung von Güllelagerstätten ist als eine der wesentlichen sektorbezogenen Maßnahmen im Luftreinhalteprogramm der Bundesregierung sowie im hessischen Klimaschutzplan aufgeführt, mit der die Ziele der neuen NEC-Richtlinie erreicht werden sollen. Gemessen am von Osterburg et al. (2018) bundesweit geschätzten Bedarf an Emissionsminderung durch Abdeckung hat die Förderung über das EFP in Hessen – verursacht durch die geringe Inanspruchnahme – diesbezüglich deutlich zu wenig erreicht. Mit den eingesparten 4 t NH₃ wird, gemessen am Emissionsanteil von Hessen bei Stall und Lagerung (=3 % der bundesdeutschen Emissionen aus diesen Quellen), gerade mal ein Minderungsanteil von 1,6 % an der Menge erzielt, die das Land bei einer paritätischen Verteilung der Minderungsquote an den bundesweit bis 2030 zu reduzierenden insgesamt 8.000 t durch Abdeckung von Güllelagerstätten beizusteuern hätte (BMU, 2019).

Auch aus diesem Grund wird bezüglich der Lagerung von Gülle und Gärresten zukünftig weiterhin ein Investitions- und Förderprogramm zur Unterstützung der notwendigen Anpassungen zur Umsetzung der neuen NEC-Richtlinie erforderlich sein, das von Expertenseite aus gesamtdeutscher Sicht ohnehin empfohlen wird (Osterburg et al., 2019). Um eine höhere Inanspruchnahme zu erzielen, sollten ggf. die Förderauflagen überdacht werden (Mindestlagerkapazität).

Trotz hoher Inanspruchnahme besteht aber auch bei der Förderung emissionsarmer Ausbringungstechnik Verbesserungspotenzial. Von landwirtschaftlichen Betrieben wurde überwiegend Schleppschuhtechnik beantragt (laut Bewilligungsdaten mindestens 95 % der projektierten Menge). Mit der Konzentration auf Schleppschuhtechnik wird aber der im Luftreinhalteprogramm angestrebte Technologiesprung zur Emissionsminderung bei der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern nicht im erwünschten Umfang vollzogen. Die Projektionen zum erforderlichen Minderungsbedarf für die Erreichung der NEC-Ziele gehen von einer anzustrebenden Ausbringung mit Injektion bzw. Schlitztechnik auf bestelltem Acker bzw. Grünland aus, die höhere Einspareffekte erzielen als Schleppschuhverteiler. Mit Konzentration auf Schleppschuhverteiler in der aktuellen Investitionswelle werden die anvisierten Minderungsmengen nicht erreicht.

Um hier gegenzusteuern, sollte bei zukünftigen Förderangeboten nach Wegen gesucht werden, die Attraktivität für Investitionen in noch effektivere Minderungstechniken zu erhöhen. Dabei wird angeraten, die technischen Entwicklungen inklusive Ansäuerung von Gülle im Lager und bei der Ausbringung zu beobachten und ggf. einzubeziehen.

Falls für die Zukunft weitere Wirkungsabschätzungen zur national finanzierten, investiven Förderung vorgesehen werden, sollte dafür gesorgt werden, durch Erfassung von mehr Informationen im Rahmen des Antragsverfahrens eine bessere Datengrundlage für die Berechnungen zu schaffen. Beispiele wären hier etwa Angaben zum Volumen und zur Abdeckung von Güllelagerstätten (auch

bei Nachrüstung vorhandener Behälter) oder zur spezifischen Technik bei der Förderung emissionsarmer Wirtschaftsdüngerausbringung (jeweils vorher/nachher).

6 Datengrundlage und Methodik der Schätzung

Daten

Folgende Datengrundlagen standen für die durchgeführten Berechnungen zur Verfügung:

- EFP-Bewilligungsdaten der Jahre 2016 bis 2019, Maßnahmenart 0449 und 0490.
- Verpflichtungserklärungen (VE) für Anträge zu Maschinen und Geräten der Außenwirtschaft als Kopien aus den Akten des Bewilligungsverfahrens, Zulieferung der Bewilligungsstellen. Unter den zugelieferten Verpflichtungserklärungen waren mehrere zu finden, zu denen keine Bewilligungsdaten vorliegen. Diese vermutlich schon 2020 erfolgten Bewilligungen wurden dennoch mit ausgewertet. Es handelt sich um 11 Unternehmen, eines mit Partnerbetrieb.
- InVeKoS-Daten: Diese liegen im Rahmen der Evaluation bis einschließlich der Antragstellung 2018 vor. Daher konnten nicht zu allen Förderfällen in den Bewilligungsdaten entsprechende Angaben gefunden werden. Aus den InVeKoS-Daten werden für die Schätzung die Tierangaben sowie die Hauptflächennutzung der Betriebe herangezogen. Für 104 der insgesamt 107 Antragsteller*innen und drei Partnerbetriebe für emissionsarme Ausbringungstechnik und allen für Investitionen in neue Wirtschaftsdüngerlagerstätten liegen InVeKoS-Daten aus 2018 vor. Für Antragsteller*innen ohne InVeKoS sowie für die Partnerbetriebe werden die Mittelwerte der übrigen Antragsteller*innen übertragen (s. Methodik).

Methodik

Für die Schätzung der Verringerung von Ammoniak- und THG-Emissionen werden die in der nationalen Treibhausgasberichterstattung genutzten Emissionsfaktoren (EF) für Lagerung und Ausbringung von flüssigen Wirtschaftsdüngern herangezogen (Haenel et al., 2020). Basierend auf den Arbeiten von Döhler et al. (2002) unterscheiden sich die Emissionsfaktoren der geförderten emissionsärmeren Technikvarianten sowohl bei der Lagerung als auch bei der Ausbringung flüssiger Wirtschaftsdünger im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren hinsichtlich der in die Atmosphäre entweichenden Ammoniakmengen.

Theoretisch können die investiven Maßnahmen eine zusätzliche Einsparung von Mineraldünger zur Folge haben, wenn aufgrund der Minderung der NH_3 -Verluste mehr kurzfristig verfügbarer Stickstoff in den Wirtschaftsdüngern verbleibt und dieser in der Düngeplanung Berücksichtigung findet. Ob ein solcher Effekt bei geförderten Betrieben auftritt, kann anhand der zur Verfügung stehenden Daten nicht ermittelt werden. Er wird aber als eher unwahrscheinlich eingeschätzt, eine Schätzgröße wird daher nicht berechnet. Dieser Punkt sollte zu einem späteren Zeitpunkt auf Grundlage einer besseren Datenbasis geklärt werden.

Abdeckung von Güllelagern

Die nationale THG-Berichterstattung weist den Lagerverfahren je nach Art der Abdeckung (ohne Abdeckung bzw. mit natürlicher Schwimmdecke vs. Zeltdach, fester Betondecke oder Folienabdeckung) und differenziert nach Art der anfallenden Wirtschaftsdünger (Rinder, Schweine) unterschiedliche Emissionsfaktoren zu. Die Emissionsfaktoren der Lagerverfahren sind in Tabelle 3 in Kapitel 4 mit dargestellt.

Die Verringerung der NH_3 -Emissionen aus Wirtschaftsdüngerlagern durch nachträgliche Abdeckung wird als einfacher Mit-Ohne-Vergleich über die Emissionsfaktoren für die jeweilige Abdeckungstechnik in Verbindung mit den Lagermengen berechnet. Angaben zur Abdeckungstechnik (vorher/nachher) wurden im Bewilligungsverfahren nicht erhoben. Entsprechend den Erfahrungen mit dem Förderverfahren in NRW wird pauschal davon ausgegangen, dass nur Zeltdächer installiert wurden, auch bei der Nachrüstung vorhandener Güllebehälter (Forstner et al., 2020).

Die Lagermengen wurden anhand des Tierbestandes laut InVeKoS 2018 geschätzt, Angaben zu den geplanten Lagermengen liegen in den Antragsdaten nicht vor. Ausgehend von den im InVeKoS erfassten Tierkategorien (vgl. Sammelantrag) wurden die voraussichtlichen Lagermengen laut der Schlüsseltablette des LLH aus dem AFP-Antragsverfahren berechnet (Berechnung Lagerstättenkapazitätsbedarf). Insbesondere beim wenig differenzierten Rinderbestand muss dabei stark vereinfachend mit Mittelwerten aus den LLH-Schlüsselwerten gearbeitet werden. Auch die Anteile von Schweine- bzw. Rindergülle wurden näherungsweise über Angaben zum Tierbestand im InVeKoS-Antrag der geförderten Unternehmen geschätzt.

Für den $\text{NH}_4\text{-N}$ -Gehalt der zur Lagerung anfallenden Gülle wurden mittlere Werte nach LLH (2018) gebildet, zuzüglich der laut Düngeverordnung in Anrechnung zu bringenden Stall- und Lagerverluste (Rinder $2,3 \text{ kg NH}_4\text{-N/m}^3$, Schweine $4,2 \text{ kg /m}^3$). Als Referenz wurde bei Rindergülle die in der Regel entstehende natürliche Schwimmdecke angesetzt. Bei Lagerung von Schweinegülle wurden die Abdecktechniken mit der Lagerung ohne jegliche Abdeckung verglichen.

Emissionsarme Ausbringung von Wirtschaftsdüngern

Auch für die Ermittlung der Minderungswirkung emissionsarmer Ausbringungsverfahren werden die Emissionsfaktoren der nationalen Treibhausgasberichterstattung genutzt. Nach Döhler et al. (2002) sind die deutlich höheren Emissionsfaktoren der zur Ausbringung flüssiger Wirtschaftsdünger eingesetzten, herkömmlichen Technikvarianten Breitverteiler und Schleppschlauch zu unterscheiden von denen der geförderten emissionsärmeren Techniken Schleppschuh, Schlitzverfahren und Güllegrubber bzw. Injektionsverfahren. Wie oben beschrieben, wurden fast ausschließlich Schleppschuhverteiler beantragt. Auf eine Differenzierung nach emissionsmindernden Technikvarianten wird daher bei der Schätzung verzichtet.

Laut Döhler et al. (2002) unterscheiden sich zudem die Emissionsfaktoren von Rinder- und Schweinegülle. Der Anteil von Rinder- und Schweinegülle wurde für die durchgeführten Berechnungen identisch zum oben beschriebenen Verfahren (s. Güllelagerung) auf Basis der Tierbestandsangaben

der Antragsteller im InVeKoS geschätzt. Unbekannt ist in den meisten Fällen die Tierhaltung in den Partnerbetrieben. Deren Rinder- und Schweinegülle wird grundsätzlich als gleich verteilt angenommen wie die für Antragsteller berechneten Mengen.

Derzeit werden im nationalen Emissionsinventar für die Ausbringung von Gärresten vorläufig noch die Emissionsfaktoren für die Ausbringung unbehandelter Rindergülle verwendet (vgl. Haenel et al., 2020). Die Gärreste-Ausbringung wird im Inventar aber getrennt von der Ausbringung unbehandelten Wirtschaftsdüngers berechnet, um unterschiedliche Häufigkeiten der Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten berücksichtigen zu können. Für die vorliegende Schätzung wird ebenso verfahren. Näheres zur Schätzung des Anteils von Gärresten an der ausgebrachten Güllemenge ist Kapitel 2 (Inanspruchnahme) zu entnehmen.

Zusätzlich ist der Vegetationszustand auf den Ausbringungsflächen (Grünland oder Acker, mit oder ohne Vegetation) und bei unbestelltem Acker die Einarbeitungszeit zu berücksichtigen. Da entsprechende Angaben für die geförderten Betriebe nicht vorliegen, wurde angenommen, dass die prognostizierten Ausbringungsmengen so verteilt werden, dass die Vegetation auf den Ausbringungsflächen den hessischen Mittelwerten der statistischen Erhebung im Jahr 2015 entspricht (DESTATIS, 2016).⁴ Für Berechnungen zum nationalen Emissionsinventar stehen von DESTATIS differenzierte Anteilswerte jeweils für Rinder-, Schweinegülle und Gärreste zur Verfügung, die für die vorliegende Berechnung ebenfalls genutzt werden konnten.

Bei der Ausbringung auf unbestelltem Acker mittels Breitverteiler oder Schleppschlauch wurde dabei, der Baseline der in 2017 gültigen Fassung der Düngeverordnung folgend, eine Einarbeitung innerhalb von vier Stunden angenommen. Abgeleitet aus den Emissionsfaktoren der aktuellen nationalen THG-Berichterstattung (Haenel et al., 2020) wurden also für die Berechnungen zum vorliegenden Bericht die in Tabelle 4 gelisteten Minderungsfaktoren angesetzt.

Ausgehend von den ausgebrachten Güllemengen kann dann anhand der Emissionsfaktoren mit und ohne emissionsarme Ausbringungstechnik die Verringerung der Ammoniakemissionen in t NH₃-N berechnet werden. Da aber keine Angaben zu den tatsächlich ausgebrachten Mengen vorliegen, wurden für die bewilligten Vorhaben die Planmengen aus den im Bewilligungsverfahren beizubringenden Verpflichtungserklärungen herangezogen.

Die Berechnungen gehen von folgenden durchschnittlichen Ammoniumgehalten der Gülle nach Lagerung aus, die auf den veröffentlichten Werten des LLH basieren (LLH, 2018): Rindergülle normal 2,0 kg NH₄-N/m³, Schweinegülle normal 3,5 kg NH₄-N/m³.

⁴ Die geförderten Betriebe weisen laut InVeKoS-Auswertung eine Verteilung von Acker zu Grünland von 60 zu 40 % auf. Das entspricht in etwa der Verteilung der gesamten Wirtschaftsdüngerausbringung in der 2016er-Statistik (DESTATIS 2016). Daher ist die Übertragung der Statistikdaten auf die vorliegende Auswertung als plausibel einzuschätzen.

Tabelle 4: Eingesetzte Minderungsfaktoren der geförderten Ausbringungstechniken im Vergleich zu Breitverteiler und Schleppschlauch

	Acker		Grünland
	unbestellt	Vegetation	
Rindergülle			
Schleppschuh statt Breitverteiler	0,00	0,14	0,24
Schleppschuh statt Schleppschlauch	0,00	0,065	0,18
Schweinegülle			
Schleppschuh statt Breitverteiler	0,00	0,13	0,18
Schleppschuh statt Schleppschlauch	0,00	0,0675	0,09

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Haenel et al. (2020).

Als Referenz für den Zustand vor Investition in emissionsarme Technik wurde die Verteilung der beiden herkömmlichen Ausbringungsverfahren Breitverteiler und Schleppschlauch ebenfalls gemäß der statistischen Erhebung des Jahres 2015 angesetzt (Haenel et al., 2020).

Lachgasemissionen

Durch die Minderung der NH₃-Emissionen infolge der Abdeckung von Güllelagern vermindern sich auch die indirekten N₂O-Emissionen aus Deposition. Zur Schätzung des förderbedingten Minderungseffektes bei Lachgasemissionen wird der im nationalen Emissionsinventar verwendete Emissionsfaktor genutzt. Danach ist von einer Einsparung von 0,01 kg N₂O-N pro kg vermiedener NH₃-N-Emission auszugehen. Der Minderungseffekt wird also in Abhängigkeit von den eingesparten Ammoniakemissionen berechnet.

Literaturverzeichnis

- BMEL [Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft] (2020) Zugelassene und registrierte Betriebe für tierische Nebenprodukte gemäß Artikel 23 und 24 der Verordnung (EG) Nr. 1069/2009, zu finden in <https://tsis.fli.de/Home/BMEL/_fserve.aspx?f=8sqTpbd%2bEiYLw2V9w96IMw%3d%3d> [zitiert am 7.7.2020]
- BMU [Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit] (2019) Nationales Luftreinhalteprogramm der Bundesrepublik Deutschland, 120 p, zu finden in <https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Luft/luftreinhalteprogramm_bericht_bf.pdf> [zitiert am 21.11.2019]
- DESTATIS [Statistisches Bundesamt] (2016) Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft in landwirtschaftlichen Betrieben – Erhebung zur Wirtschaftsdüngerausbringung. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt (DESTATIS), Fachserie 3 Reihe 2.2.2, zu finden in <<https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Produktionsmethoden/Publikationen/Downloads-Produktionsmethoden/wirtschaftsduenger-2030222169004.pdf>> [zitiert am 28.3.2019]
- Döhler H, Eurich-Menden B, Dämmgen U, Osterburg B, Lüttich M, Bergschmidt A, Berg W, Brunsch R (2002) BMVEL/UBA-Ammoniak-Emissionsinventar der deutschen Landwirtschaft und Minderungsvarianten bis zum Jahre 2010. Berlin: Eigenverlag. UBA-Texte 05
- Forstner B, Ebers H, Roggendorf W, Bergschmidt A (2020) Evaluation des Agrarinvestitionsförderungsprogramms (AFP – TM 4.1 des EPLR): Entwicklungsplan für den ländlichen Raum des Landes Hessen 2014 bis 2020. 5-Länder-Evaluation
- Haenel H-D, Rösemann C, Dämmgen U, Döring U, Wulf S, Eurich-Menden B, Freibauer A, Döhler H, Schreiner C, Osterburg B, Fuß R (2020) Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990-2018 : Report on methods and data (RMD) Submission 2020: Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 – 2018 Report zu Methoden und Daten (RMD) Berichterstattung 2020, Thünen-Institut (TI), 448 p. Thünen Report, zu finden in <https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn062152.pdf> [zitiert am 8.6.2020]
- HMUKLV [Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz] (2016) EFP-Einführungserlass 2016. Wiesbaden
- HMUKLV [Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz] (2017) Integrierter Klimaschutzplan Hessen 2025. Wiesbaden, zu finden in <https://www.klimaschutzplan-hessen.de/umsetzung?file=files/iksp/content/downloads/Integrierter_Klimaschutzplan_Web_barrierefrei.pdf> [zitiert am 2.9.2019]
- Lentz T(H), Dubois J(H) (2019) Treibhausgasbilanz für das Land Hessen. Bilanzjahr 2017. Wiesbaden: Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV), zu finden in <https://statistik.hessen.de/sites/statistik.hessen.de/files/Hessische_Treibhausgasbilanz_2017.pdf> [zitiert am 1.7.2020]
- LLH [Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen] (2018) Die organische Düngung richtig bewerten. Kassel, zu finden in <<https://llh.hessen.de/pflanze/boden-und-duengung/wirtschaftsduenger/naehrstoffueberhaenge-zum-vegetationsende-vermeiden-die-organische-duengung-richtig-bewerten/>> [zitiert am 7.7.2020]

LLH [Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen], RP Darmstadt [Regierungspräsidium Darmstadt Dezernat Weinbau] Merkblatt zur Förderung von Maschinen und Geräten der Außenwirtschaft 2016-2019 in der Landwirtschaft , im Obst- und Gartenbau sowie im Weinbau im Rahmen des Agrarinvestitionsförderungsprogramms (AFP)

Osterburg B, Heidecke C, Bolte A, Braun J, Dieter M, Dunger K, Elsasser P, Fischer R, Flessa H, Fuß R, Günter S, Jacobs A, Offermann F, Rock J, Rösemann C, Rüter S, Schmidt T, Schröder J-M, Schweinle J, Tiemeyer B, Weimar H, Welling J, Witte Td (2019) Folgenabschätzung für Maßnahmenoptionen im Bereich Landwirtschaft und landwirtschaftliche Landnutzung, Forstwirtschaft und Holznutzung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050, Thünen-Institut (TI). Thünen Working Paper 137

Osterburg B, Rösemann C, Fuß R, Wulf S (2018) Ammoniak geht alle an. DLG-Mitteilungen 2018(4):14-17

RL-EFP: Richtlinien Einzelbetriebliches Förderungsprogramm Landwirtschaft (RL-EFP) vom 20. Juni 2016 (2016)