

Verringerung von Ammoniakemissionen durch Gülleansäuerung auf dem Feld: Teilnahmebereitschaft von Landwirten an Förderprogrammen

Abating Ammonia Emissions through Slurry Acidification during Spreading: Farmers' Willingness to Participate in a Support Scheme

Insa Thiermann, Gunnar Breustedt und Uwe Latacz-Lohmann
Christian-Albrechts-Universität Kiel

Zusammenfassung

Im vorliegenden Artikel wurde mithilfe eines Discrete-Choice-Experiments bestimmt, welche Faktoren die Entscheidung von Landwirten beeinflussen, an einem hypothetischen Förderprogramm zur Ansäuerung von Gülle bei der Feldausbringung teilzunehmen. Bei der Gülleansäuerung handelt es sich um ein in Dänemark verbreitetes Verfahren zur Minderung von Ammoniakemissionen. Die Merkmale aus den Choice-Sets bildeten die Eigenschaften des Verfahrens (Emissionsminderung), der Finanzierung (Erstattung der zusätzlichen Kosten) und der gesetzlichen Regelungen (mindestens anzurechnende Stickstoffmenge, Erlass von Auflagen der Düngeverordnung) ab. Die Auswertung der Befragung erfolgte durch ein Mixed-Logit-Modell und die Schätzung latenter Klassen. Insgesamt zeigte sich eine sehr hohe Bereitschaft an möglichen Förderprogrammen teilzunehmen und das Verfahren zu nutzen. Die Entscheidung für die Gülleansäuerung wurde positiv von der zu erwartenden Emissionsreduktion und der Erstattung der zusätzlichen Kosten beeinflusst. Auch das Angebot, Gülle nicht einarbeiten zu müssen, wirkte sich positiv auf die Teilnahmebereitschaft aus. Die Vorgabe, den zusätzlich enthaltenden Stickstoff in der Düngedarfbsberechnung anzusetzen, senkte die Bereitschaft der Teilnahme.

Schlüsselwörter

Discrete-Choice-Experiment; Ammoniak; Emissionsminderung; Mixed-Logit-Modell; Ansäuerungsverfahren; Förderprogramm

Abstract

This article sought to determine farmers' willingness to join a hypothetical support scheme for slurry acidification during spreading. Slurry acidification is a novel technique to reduce ammonia emissions, which has been pioneered in Denmark. In an online discrete choice survey of German livestock farmers, the respondents were asked to choose between different policy schemes to promote the use of acidification techniques and an opt-out option. The support schemes were characterized by the following attributes: cost share, expected emission reduction as well as a relief from, and a tightening of, the German Fertilizer Ordinance. The relief was a waiver of the legal requirement to incorporate slurry immediately after spreading. The tightening related to the provision to account for the additional nitrogen in a farmer's fertilizer planning. The data was estimated using a mixed logit model and latent class analysis. The estimated probability of choosing a support scheme was 90 % in the mixed logit estimation. All attributes were crucial for the decision to use acidification techniques during slurry spreading. Higher emission reduction increased the chances of participation in a support scheme significantly. Furthermore, the cost share offered and the exemption from the requirement to incorporate slurry immediately after spreading had a significantly positive impact on farmers' willingness to participate. By contrast, the more of the extra nitrogen contained in acidified slurry had to be accounted for in a farmer's fertilizer planning, the lower the probability of participation.

Keywords

in-field-acidification; Discrete Choice Experiment; ammonia; emission reduction; support scheme; mixed logit model

1 Einleitung und Motivation

Stickstoffeinträge durch Ammoniakemissionen haben in der öffentlichen Wahrnehmung an Bedeutung gewonnen, da sie u. a. zur Gefährdung stickstoffsensitiver Ökosysteme, zur Eutrophierung von Gewässern und zur Bildung von gesundheitsschädlichem Feinstaub beitragen. Aus diesem Grund dürfen seit dem Jahr 2010 maximal 550.000 Tonnen Ammoniak jährlich deutschlandweit emittiert werden (UMWELTBUNDESAMT, 2017). Dieses Ziel wird bislang verfehlt. Daher droht der Bundesrepublik ein Vertragsverletzungsverfahren seitens der EU-Kommission. Erschwerend kommt hinzu, dass sich Deutschland in der NERC-Richtlinie (Nation Emissions Reduction Commitment) bis 2030 zu weiteren Minderungen der Ammoniakemissionen um 29 % gegenüber dem Jahr 2005 verpflichtet hat (UMWELTBUNDESAMT, 2017).

Im Hinblick auf die Emissionsminderung liegt ein besonderes Augenmerk auf der Landwirtschaft, die für 95 % der deutschen Ammoniakemissionen verantwortlich ist. Sie entstehen insbesondere in der Tierhaltung, hier vor allem während der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern (42 %) (WULF et al., 2017).

Ein vergleichsweise neues Verfahren zur Reduzierung von Ammoniakemissionen ist die Gülleansäuerung (FANGUEIRO et al., 2015). Neben der Emissionsminderung bietet das Verfahren beim Einsatz auf dem Feld weitere Vorteile. So kann es zur Einhaltung der Stickstoffsalden beitragen. Ferner ist ein Einsatz auch auf Grünland und in bereits aufgewachsenen Kulturen möglich (BULL, 2016; SEIDEL et al., 2017). Nachteilig ist, dass das Verfahren Mehrkosten verursacht.

Ziel dieses Beitrags ist es, die Bereitschaft von Vieh haltenden Landwirten zur Teilnahme an einem hypothetischen Förderprogramm zur Ansäuerung von flüssigen Wirtschaftsdüngern während der Ausbringung zu ermitteln. Die Gülleansäuerung auf dem Feld wurde gewählt, da es im Vergleich zu Ansäuerungsverfahren, die im Stall oder bei der Güllelagerung ansetzen, als das Verfahren mit den besten Umsetzungschancen in Deutschland gilt (ZACHARIAS, 2017). Konkret soll ermittelt werden, welche Eigenschaften des Förderprogramms für die Akzeptanz der Landwirte von Bedeutung sind und welche Tierhalter geeignete Ansprechpartner für eine Pilotphase wären. Ferner soll untersucht werden, ob es möglicherweise systematische

Unterschiede in den Präferenzen der Landwirte bzgl. der Fördergestaltung gibt.

Methodische Grundlage der Untersuchungen bildet ein Discrete-Choice-Experiment (DCE) mit 144 Vieh haltenden Landwirten aus Deutschland. Die Schätzung der Ergebnisse erfolgte mithilfe eines Mixed-Logit-Modells. Die Heterogenität zwischen den Entscheidern wurde über eine Schätzung latenter Klassen erfasst.

Die Methode wurde bereits mehrfach in der Agrarökonomie zur Ermittlung von Teilnahmebereitschaften eingesetzt. Befragungen von Tierhaltern führten beispielsweise DANNE und MUBHOFF (2017) durch, um die Bereitschaft zur Teilnahme an Förderprogrammen für Weidehaltung zu ermitteln. SCHREINER und LATACZ-LOHMANN (2015) erhoben mithilfe eines DCE die Bereitschaft von Milchviehaltern, GMO-freie Milch zu produzieren. SCHREINER und HESS (2017) analysierten die Motive von Milchviehaltern, an Tierwohlförderprogrammen teilzunehmen, und ob die Teilnahme rein ökonomisch motiviert ist oder möglicherweise auch intrinsisch durch eine Verbesserung des Wohlbefindens der Tiere. LATACZ-LOHMANN und SCHREINER (2019) führten eine ähnliche Studie mit Schweinehaltern durch, um deren Bereitschaft zur Umsetzung höherer Tierwohlstandards abzuschätzen. Die Bereitschaft emissionsmindernde oder das Nährstoffmanagement verbessernde Technologien einzusetzen, erhoben GEBREZGABHER et al. (2015) sowie TZEMI und BREEN (2019). GEBREZGABHER et al. (2015) ermittelten, welche betrieblichen und persönlichen Faktoren die Bereitschaft von niederländischen Landwirten beeinflussen, eine Gülleseparation vorzunehmen. TZEMI und BREEN (2019) untersuchten, wovon es abhängt, ob Landwirte eine neue Software nutzen, die Treibhausgasinderungspotentiale (THG) aufzeigt und ob die Entscheidung davon beeinflusst wird, wie die Probanden den Klimawandel und seine Folgen bewerten. Förderprogramme standen jedoch nicht im Mittelpunkt der Analyse dieser Artikel.

Zum besseren Verständnis wird im folgenden Abschnitt zunächst auf das bisher wenig bekannte Verfahren der Ansäuerung eingegangen. Dargestellt sind mögliche Vor- und Nachteile und die zu erwartenden Kosten. Es folgt eine Erläuterung des durchgeführten Experiments und der ökonomischen Schätzmethode, bevor die Ergebnisse präsentiert und kritisch diskutiert werden.

2 Das Verfahren der Gülleansäuerung auf dem Feld

Bei der Gülleansäuerung auf dem Feld handelt es sich um ein neues Verfahren, das bereits in Dänemark verbreitet ist und in Kürze auch in Deutschland zur Verfügung stehen wird. Bei der Ansäuerung wird durch die Beimischung von Schwefelsäure der pH-Wert der Gülle oder der Gärreste auf 6,5-6 abgesenkt. Die Einmischung der Säure erfolgt computergesteuert am Ende des Güllefasses durch ein Mischgerät. Die Säure wird in der Fronthydraulik des Schleppers in einem Sicherheitsbehälter mitgeführt, die Applikation erfolgt mit Schleppschläuchen (FANGUEIRO et al., 2015; TAMM et al., 2013). Durch den Einsatz einer non-drip-Kupplung (keine Tropfen) besteht keine Verletzungsgefahr für den Anwender (SINDHÖJ und MAZUR, 2017). Dennoch muss der Fahrer des Schleppers eine Lizenz zum Transport von Gefahrgütern besitzen (KUPPER, 2017). Die Ansäuerung und Ausbringung wird in der Regel von Lohnunternehmen durchgeführt, da die Investitionskosten vergleichsweise hoch sind (SINDHÖJ und MAZUR, 2017).

Die Vorteile durch den Einsatz des Verfahrens bestehen im Wesentlichen darin, dass mehr Stickstoff in der Gülle verbleibt und die Emissionen erheblich sinken: Im Vergleich zur direkten Einarbeitung nach vier Stunden sinken die Emissionen um weitere 55-65 % (WULF et al., 2017), gegenüber der Schleppschlauchausbringung ohne Ansäuerung um 49 % (VERA, 2012). In welchem Umfang die Emissionen tatsächlich sinken wird durch die eingesetzten Säuremengen, die Witterung und den Bewuchs beeinflusst (SEIDEL et al., 2017).

Durch den zusätzlichen Stickstoff kommt es entweder zu Mehrerträgen auf Acker- und Grünland oder zu Kosteneinsparungen durch geringeren Zukauf von Mineraldünger. Außerdem erfolgt eine Schwefeldüngung durch den Einsatz von Schwefelsäure (TAMM et al., 2013; VESTERGAARD, 2017). Ein weiterer Vorteil ist, dass Mikronährstoffe sowie geruchsmindernde Substanzen beigemischt werden können (TAMM et al., 2013) und das Verfahren auch in stehenden Beständen, Dauerkulturen und auf Grünland einsetzbar ist, was einen Vorteil im Vergleich zum Güllegrubber darstellt (BULL, 2016). Im Vergleich zur Injektion ist der Materialverschleiß geringer, und es sind höhere Fahrgeschwindigkeiten möglich. Ferner werden die Wurzelschäden bei Grünland verringert (WEBB et al., 2010). Mit dem Verfahren gehen jedoch auch nachteilige Aspekte einher. Bei langjährigem Einsatz entsteht ein

geringfügig höherer Kalkbedarf (TAMM et al., 2013). Durch die Ausbringung mit Schleppschläuchen kommt es im Vergleich zur Injektion zu einer stärkeren Verschmutzung von Grünland und somit sind Verzögerung bei der Beweidung und Ernte von Futter möglich (NESER et al., 2010). Außerdem ist das Verfahren vergleichsweise teuer.

Die Investitionssumme für die oben beschriebene Ansäuerungstechnik ohne Fass beträgt laut Hersteller Biocover ca. 65.000 €. Hinzu kommen Kosten für die Umrüstung am Fass von ca. 10.000 €. Vorhandene Fässer können in der Regel umgerüstet werden (BIRKMOSE und VESTERGAARD, 2013). Für Dänemark wurden die folgenden Kosten für die Ansäuerung von einem m³ Gülle berichtet: Für den Einsatz der Technik fallen zusätzlich zu den Kosten der Gülleausbringung mit dem Schleppschlauch ca. 0,55 €/m³ Gülle an, hinzu kommen die Kosten für die Schwefelsäure. Verwendet werden im Durchschnitt 1,5 l H₂SO₄/m³ Gülle zu einem Preis von ca. 0,35 €/l H₂SO₄. Somit belaufen sich die zusätzlichen Kosten auf 1,08 €/m³ Gülle (TAMM et al., 2013). Höhere Säuremengen sind bei der Ausbringung von Gärresten aus Biogasanlagen notwendig. Gärrest wird mit 4-5 l H₂SO₄/m³ angesäuert (VESTERGAARD, 2017). Somit entstehen Kosten in Höhe von 1,95 €/m³ Gärrest (bei 4 l/H₂SO₄ je m³). Weder Düngereinsparungen noch die zusätzlichen Kosten für eine Kalkung sind in diesen Zahlen berücksichtigt.

In Dänemark konnten sich die Verfahren trotz der damit verbundenen Kosten stark verbreiten. Etwa 20 % der anfallenden Gülle wird angesäuert (KELLY-EDWARDS, 2018). Mögliche Gründe hierfür sind, dass die Verfahren der Ansäuerung politisch und finanziell gefördert werden. Beispielsweise muss der zusätzlich enthaltene Stickstoff nicht in der Düngebedarfsrechnung angerechnet werden. Da die Düngeaufwandsmenge je Kultur in Dänemark etwa 10 % unterhalb des ökonomischen Optimums liegt, stellt diese Regelung einen Anreiz für Landwirte dar, einen möglichst hohen Stickstoffgehalt der organischen Düngemittel sicherzustellen, um Mehrerträge zu erzielen (RAVNBORG, 2016). Die Landwirte erhalten außerdem Erleichterungen bei den gesetzlichen Auflagen zur Lagerung und Ausbringung von Gülle. Wenn angesäuerte Düngemittel ausgebracht werden, muss beispielsweise kein Injektionsverfahren genutzt werden. Diese sind auf unbestelltem Acker- oder auf Grünland ohne Ansäuerung vorgeschrieben (LYNGSO, 2016; DÄNISCHES PARLAMENT, 2012). Zudem wird die Investition in die erforderliche Technik gefördert (KUPPER, 2017).

3 Methodisches Vorgehen

3.1 Verwendete Modelle

In der Wissenschaft werden Discrete-Choice-Experimente angewandt, um zu bestimmen, wie Entscheidungen von Haushalten, Konsumenten oder anderen Agenten getroffen werden. Die Erhebung erfolgt dabei nicht anhand von Daten, die reale Kaufentscheidungen abbilden, wie im Revealed-Preference-Ansatz, sondern durch eine Befragung (Stated-Preference-Ansatz). Dies bietet den Vorteil, dass Präferenzen für hypothetische Produkte oder auf hypothetischen Märkten bestimmt werden können (HENSHER et al., 2018).

Dem durchgeführten DCE liegt das folgende Modell zugrunde, das beispielsweise in HENSHER et al., (2018) beschrieben wird. Der Entscheider (n) wählt aus unterschiedlichen Alternativen (j) aus. Aus jeder Alternative erwächst ihm ein unterschiedliches, nicht beobachtbares Nutzenniveau (U_{jn}). Dabei wird angenommen, dass sich der Entscheider immer dann für eine Alternative j entscheidet, wenn der Nutzen der Alternative j größer ist als der Nutzen der Alternative i .

Der Nutzen kann in einen beobachtbaren Anteil (V_{jn}) und einen nicht beobachtbaren Anteil (ε_{jn}) zerlegt werden. In ε_{jn} sind die stochastische Varianz und andere nicht beobachtbare Einflussgrößen erfasst. Im beobachtbaren Anteil sind die k -Merkmale des Förderprogramms (x_j) enthalten. Die indirekte Nutzenfunktion ist eine additive lineare Funktion, der Einfluss der Attribute wird über die Schätzer β beschrieben:

$$U_{jn} = V_{jn} + \varepsilon_{jn} = x'_{jk}\beta_{kn} + \varepsilon_{jn} \quad (1)$$

Im Experiment wird die Wahrscheinlichkeit (P_{jn}) einer Wahl der Alternative j vom Entscheider n über alle Alternativen bestimmt. Sie entspricht der Wahrscheinlichkeit, dass der Nutzen höher ist als der einer anderen Alternative:

$$P_{jn} = \text{Prob}(U_{jn} > U_{in}, \forall i \neq j) \quad (2)$$

Zur Schätzung werden in diesem Artikel ein Mixed-Logit-Modell und ein Latent-Class-Modell verwendet. Beide berücksichtigen die Heterogenität der Entscheider auf unterschiedliche Weise. Die Modelle werden von GREENE und HENSHER (2003) verglichen.

Heterogenität unter den Entscheidungsträgern wird im Mixed-Logit-Modell über entscheidungsträgerspezifische Schätzer β abgebildet. Anders als im Conditional-Logit-Modell wird nicht von einheitlichen Schätzern ausgegangen. Für einheitliche Schätzer

würde die bedingte Auswahlwahrscheinlichkeit L_{jn} über die Maximum Likelihood-Methode wie folgt ermittelt:

$$L_{jn}(\beta_{kn}) = \frac{\exp(x'_{jk}\beta_{kn})}{\sum_j \exp(x'_{jk}\beta_{kn})} \quad (3)$$

Im Mixed-Logit-Modell wird angenommen, dass die Schätzer β kontinuierlich verteilt sind und die Verteilung über $f(\beta_{kn}|M)$ beschrieben werden kann. M beschreibt die Momente der Verteilung. Die Auswahlwahrscheinlichkeit einer Alternative j durch das Individuum n ist ein Integral über die Werte von β :

$$P_{jn}(M) = \int_{\beta_{kn}} L_{jn}(\beta_{kn}) f(\beta_{kn}|M) d\beta_{kn} \quad (4)$$

Um das Modell zu lösen, werden Zufallsziehungen durchgeführt. Bei der Simulation werden Werte der Koeffizienten β aus der unterstellten Verteilung gezogen und der Mittelwert gebildet. Anhand von R -Ziehungen wird am Ende die approximative Wahlwahrscheinlichkeit für die Gesamtstichprobe ermittelt (ANASTASSIADIS und MUBHOFF, 2014; HENSHER und GREEN, 2003).

Die persönlichen und betrieblichen Charakteristika (z_n) können im Mixed-Logit-Modell als Interaktionseffekte mit der alternativenspezifischen Konstante aufgenommen werden, da sie nicht über die Wahlalternativen variieren. Die alternativenspezifische Konstante nimmt den Wert eins an, wenn sich für eines der Förderprogramme entschieden wurde, und den Wert null, wenn die Nicht-Teilnahme (Opt-out) gewählt wurde. Signifikante Schätzer dieser Interaktionseffekte zeigen an, dass die Probanden unterschiedliche Präferenzen für die angebotenen Förderprogramme haben. Des Weiteren können Interaktionseffekte zwischen den Merkmalen berücksichtigt werden, die zeigen, ob einem Merkmal eine unterschiedliche Bedeutung innerhalb der Stichprobe zugemessen wird (AUSPRUNG und LIEBE, 2011).

Die Vorteile des Mixed-Logit-Modells liegen darin, dass Heterogenität berücksichtigt wird und auch Korrelation zwischen den Entscheidungen eines Teilnehmers, wenn mehr als eine Entscheidung beobachtet wird. Ein weiterer Vorteil ist, dass die IIA-Annahme (Independence of Irrelevant Alternatives) nicht erfüllt sein muss. Ein möglicher Nachteil ist, dass das Mixed-Logit-Modell die Heterogenität zwischen den Entscheidungsträgern berücksichtigt, sie jedoch nur eingeschränkt über Interaktionseffekte abbilden kann. Aus dem letztgenannten Grund wurde ergänzend eine Schätzung latenter Klassen durchgeführt. Anders als das Mixed-Logit-Modell wird bei einem Latent-Class-

Modell nicht von einer kontinuierlichen Verteilung der Präferenzen ausgegangen, sondern von einer diskreten Verteilung. Die ermittelten Schätzer nehmen nur eine bestimmte Anzahl von Werten an, die für die Teilnehmer einer Klasse gleich sind. Die Klassen ermöglichen daher einen Vergleich unterschiedlicher Präferenzen innerhalb der Stichprobe. Die persönlichen und betrieblichen Merkmale (z_n) werden nicht als Interaktionseffekte aufgenommen, sondern zur Erklärung der Klassenzugehörigkeit herangezogen. Die Wahrscheinlichkeit der Klassenzugehörigkeit ergibt sich nach GREENE und HENSHER (2003) wie folgt:

$$H_{nq} = \frac{\exp(z'_n \theta_q)}{\sum_{q=1}^Q \exp(z'_n \theta_q)} \quad (5)$$

Die Wahrscheinlichkeit der Klassenzugehörigkeit für Individuum n ergibt sich aus den beobachtbaren betrieblichen und persönlichen Merkmalen (z_n), ihren Einfluss beschreiben die Schätzer θ_q .

Die Auswahlwahrscheinlichkeit einer Alternative j für ein Individuum n , in Wahlsituation t und bei Klassenzugehörigkeit Q ist nach GREENE und HENSHER (2003):

$$P_{jnt|q} = \frac{\exp(x'_{ntj} \beta_q)}{\sum_{j=1}^J \exp(x'_{ntj} \beta_q)} \quad (6)$$

Die Anzahl der Klassen kann anhand des BIC-Kriterium (Bayesian Information Criterion) bestimmt werden.

3.2 Mögliche Einflussfaktoren auf die Akzeptanz hypothetischer Förderprogramme

Die folgenden Hypothesen zum Einfluss der Merkmale der Förderprogramme, der Merkmale der Ansäuerungstechnik und persönlicher und betrieblicher Eigenschaften sollen in der Schätzung überprüft werden. Sie lassen sich aus bestehenden Ergebnissen über die Akzeptanz von Förderprogrammen durch Landwirte und im Speziellen von Tierhaltern ableiten (SCHREINER und LATACZ-LOHMANN, 2015; DANNE und MUBHOFF, 2017; SCHREINER und HESS, 2017). Des Weiteren wurden bestehende Erkenntnisse zur Akzeptanz neuer Technologien in der Landwirtschaft einbezogen (MCBRIDE und DABERKOW, 2003; GEBREZGABHER et al., 2015; TZEMI und BREEN, 2019; BLASCH et al., 2020), da auch die Bewertung der Technologie die Akzeptanz der Förderprogramme beeinflussen könnte. Die ausgewählten Erleichterungen bei der Umsetzung ordnungsrechtlicher Vorgaben orientieren sich an den

dänischen Ansätzen zur Förderung der Ansäuerung, die in Abschnitt 2 beschrieben sind.

Für das hypothetische Förderprogramm ergeben sich die folgenden vier Hypothesen. *Es wird erwartet, dass mit einer höheren erwarteten Emissionsminderung durch das Verfahren die Bereitschaft des Einsatzes zunimmt (H1)*. Es wird angenommen, dass den Landwirten ein Nutzen aus dem Umweltschutz selbst (intrinsische Motivation) oder der Verbesserung ihrer Wahrnehmung (extrinsische Motivation), entsteht. In Modellen zur Akzeptanz von Technologien wurde gezeigt, dass das Image einer Technologie und die Wahrnehmung anderer die Akzeptanz beeinflusst (VENKATESH und DAVIS, 2000). Studien zur Akzeptanz von Förderprogrammen für mehr Tierwohl legen dies ebenfalls nahe (SCHREINER und HESS, 2017).

Wird eine höhere Anrechnung des Stickstoffs bei der Düngebedarfsermittlung vorgeschrieben, sinkt die Akzeptanz des Verfahrens (H2). Eine höhere Anrechnung schränkt die zulässige Einsatzmenge mineralischer Dünger in der Düngeplanung ein. Zudem erreichen Landwirte schneller die gesetzliche Obergrenze von 170 kg N/ha aus organischen Düngern und benötigen daher unter Umständen mehr Ausbringungsfläche oder müssen Dünger exportieren.

Es wird erwartet, dass ein höherer Anteil der Kostenerstattung positiv auf die Akzeptanz des Verfahrens wirkt (H3). Insbesondere bei Erstattungen von 100 % und mehr der Verfahrenskosten ergeben sich (auch unter Berücksichtigung des eingesparten Mineraldüngers) Gewinnmöglichkeiten. In Bezug auf THG-Emissionen fanden TZEMI und BREEN (2019) zudem eine geringe Bereitschaft irischer Landwirte, Kosten zu tragen, die durch Emissionsminderung entstehen.

Es wird erwartet, dass Erleichterungen bei der Umsetzung ordnungsrechtlicher Vorgaben die Akzeptanz des Verfahrens steigern lassen (H4). In der Befragung wurde angeboten, dass Landwirte, die angesäuerte Gülle ausbringen, diese nicht innerhalb der ansonsten vorgeschriebenen vier Stunden auf Ackerland einarbeiten müssen. Damit werden die Kosten der Einarbeitung eingespart, und der Nutzen aus der Programmteilnahme steigt.

Neben den vier Hypothesen zu den Merkmalen des Förderprogramms ergeben sich Hypothesen, die sich auf die Merkmale der Landwirte und ihrer Betriebe beziehen. *Es wird angenommen, dass größere Betriebe das Verfahren mit einer größeren Wahrscheinlichkeit einsetzen als kleinere (H5)*. Auf ihnen lastet ein stärkerer gesellschaftlicher Druck im Hinblick auf den Umgang mit Nährstoffen (MAGYLA, 2017), außerdem kön-

nen sie Skalenvorteile nutzen wie beispielsweise geringere Ausbringungskosten bei einer großen Menge an zusäuernden Wirtschaftsdüngers (GEBREZGABHER et al., 2015). Weiterhin verfügen Betriebsleiter größerer Betriebe möglicherweise über besser Informationen zu neuer Technik, da das Marketing der Landtechnik auf größere Unternehmen zugeschnitten ist (MCBRIDE und DABERKOW, 2003). Auch für Betriebe, die bereits einen N-Sensor einsetzen, wird erwartet, dass sie die Gülleansäuerung eher nutzen würden (H6), da sie ein stärkeres Bewusstsein für den Umweltschutz haben oder möglicherweise Kosteneinsparpotentiale durch ein besseres Düngemanagement erkannt haben. Einen positiven Einfluss auf die Adoption neuer Technologien zur Minderung von Treibhausgasen fanden TZEMI und BREEN (2019) für die Landwirte, die ein größeres Bewusstsein dem Thema gegenüber zeigten. Zudem wird erwartet, dass Landwirte, die ihre Wirtschaftsdünger von Lohnunternehmern ausbringen lassen, eher an einem Förderprogramm teilnehmen (H7). Landwirte, die die Gülle selbst ausbringen, werden ihre vorhandene Ausbringungstechnik in der Regel nicht zur Ansäuerung nutzen können. Eine eigene Investition in Ansäuerungstechnik wird nur bei einer großen Menge an anfallendem Wirtschaftsdünger empfohlen. Daher wird die Technik vor allem von Lohnunternehmen eingesetzt (SINDHÖJ und MAZUR, 2017). Für Betriebe, die über Nährstoffüberschüsse verfügen, wird eine geringere Bereitschaft zur Teilnahme erwartet (H8), da durch das Verfahren zusätzlicher Stickstoff zur Verfügung steht. Nährstoffüberschüsse werden für Betriebe vermutet, die in der Vergangenheit Probleme mit der Einhaltung eines Saldos von 60 kg N/ha hatten, ferner für solche, die bereits Gülle exportieren und Betriebe mit gewerblicher Tierhaltung, die im Verhältnis zur Flächenausstattung besonders viele Tiere halten. GEBREZGABHER et al. (2015) zeigten, dass vorhandene Nährstoffmanagementstrategien einen Einfluss auf die Entscheidung Gülle zu separieren hatten.

Das letzte betriebliche Merkmal, dessen Einfluss überprüft wird, ist die Weidehaltung. Auch hier haben unterschiedliche Ausbringungsstrategien möglicherweise einen Einfluss. Im Vergleich zur Injektion entsteht eine stärkere Verschmutzung des Aufwuchses, was verspätete Beweidungstermine nach sich ziehen kann (NESER et al., 2010). Es wird daher erwartet, dass Landwirte mit Weidehaltung eine geringere Teilnahmebereitschaft haben (H9).

In der Literatur zur Adoption neuer Technologien durch Landwirte wurde ein Einfluss persönlicher Merkmale wie der Bildung, dem Alter oder der Hof-

nachfolge ermittelt. Es wird eine höhere Bereitschaft zur Nutzung der Ansäuerungstechnik erwartet, wenn eine höhere Ausbildung vorhanden ist (H10), da besser gebildete Teilnehmer sich möglicherweise leichter in neue Technologien oder die rechtlichen Anforderungen der Förderprogramme einarbeiten können (z. B. MCBRIDE und DABERKOW, 2003). Zudem wird erwartet, dass jüngere Betriebsleiter eher bereit sind, neue Technologien zu nutzen (H11). Gleiches gilt für Landwirte mit einer gesicherten Nachfolge (H12), da das Alter und die Hofnachfolge den Planungshorizont beeinflussen (z. B. MCBRIDE und DABERKOW, 2003; SCHREINER und LATACZ-LOHMANN, 2015; GEBREZGABHER et al., 2015).

3.3 Das experimentelle Design

Anhand der oben genannten Hypothesen und der theoretischen Grundlagen wurde ein Fragebogen zur Ansäuerung während der Ausbringung konzipiert. Zur Überprüfung der Hypothesen eins bis vier wurden die in Tabelle 1 dargestellten Merkmale und Ausprägungsstufen für die Choice-Sets ausgewählt.

Tabelle 1. Merkmale des hypothetischen Förderprogramms und gewählte Ausprägungsstufen im DCE (fett = Ausprägungsstufe bei Nicht-Teilnahme)

Merkmal	Ausprägungen
Emissionsminderung	0 % , 20 %, 40 %, 60 %
Anstieg des anzurechnenden Stickstoffs in der Düngebedarfsermittlung ¹⁾	+ 0 %-Punkte , + 5 %-Punkte, + 10 %-Punkte, + 15 %-Punkte
Erstattung der zusätzlichen Kosten in %	0 % , 60 %, 80 %, 100 %, 120 %
Erleichterung auf die Düngeverordnung	Keine Erleichterung , keine direkte Einarbeitung

¹⁾ Die mindestens anzurechnende Stickstoffmenge wurde im Rahmen der Novelle der Düngeverordnung 2020 bereits um 10 Prozentpunkte erhöht (DÜNGEVERORDNUNG, 2020).

Quelle: eigene Darstellung

Das erste Merkmal ist die Emissionsminderung. In den Alternativen, die ein Förderprogramm abbilden, variierten die Ausprägungen 20 %, 40 % und 60 %. Als zweites Merkmal wird die in der Düngeverordnung vorgegebene mindestens anzusetzende Stickstoffausnutzung angehoben. In der DÜNGEVERORDNUNG 2017 (Anlage 3) waren dies mindestens 50 % des in Rindergülle und flüssigem Gärrest enthaltenen Stickstoffs und 60 % des in Schweinegülle enthaltenen Stickstoffs. In den Choice-Sets stiegen diese Mengen um 0 %-Punkte, 5 %-Punkte, 10 %-Punkte oder 15 %-Punkte an, um zu

berücksichtigen, dass durch die Emissionsminderung mehr verfügbarer Stickstoff im Boden verbleibt.

Das dritte Merkmal ist die Erstattung der Zusatzkosten in Prozent. In den Förderprogrammen variierten die Ausprägungen 60 %, 80 %, 100 % und 120 %. Die Erstattung wurde in Prozent angegeben, da die Kosten je nach Rohsubstrat und angestrebtem pH-Wert erheblich variieren können (siehe Abschnitt 2).

Wegen der Schwankungsbreiten der Emissionsersparungen wurden auch die positiven Nebeneffekte wie die Einsparung von Düngemitteln nicht verrechnet. Die Erstattung der Kosten in Höhe von 120 % wurde mit aufgenommen, da den Landwirten zusätzliche Kosten durch die Antragstellung und die Einarbeitung in das Thema entstehen. Derartige Transaktionskosten dürfen im Rahmen von Agrarumweltmaßnahmen der zweiten Säule der Gemeinsamen Agrarpolitik entgolten werden. Das vierte Merkmal ist ein Nachlass auf die bestehende Düngeverordnung. In einigen Alternativen wurde angeboten, dass keine Pflicht zur direkten Einarbeitung (spätestens 4 Stunden nach Ausbringung) auf Ackerland besteht.

In der Beschreibung des Verfahrens wurden die Landwirte darauf hingewiesen, dass die Ausbringung angesäuerter Gülle durch Lohnunternehmen vorgenommen wird. Ob die Landwirte planen, in eigene Technik zu investieren oder Technik von Lohnunternehmen zu nutzen, war nicht Teil der Erhebung. Es wurde nur angeboten, dass die Zusatzkosten, die im Vergleich zu einer Ausbringung ohne Ansäuerung anfallen, in unterschiedlicher Höhe erstattet werden.

In jedem der verwendeten Choice-Sets wurden vier Alternativen angeboten. In den ersten drei Alternativen variierten die Merkmale über die oben genannten Ausprägungen. Sie stellten somit mögliche Förderprogramme der Gülleansäuerung dar. Die vierte Alternative bildet in jedem Fragebogen den Status quo ab. Beispielfhaft ist in Abbildung 1 eines der verwendeten Choice-Sets dargestellt.

Für die Erstellung der Choice-Karten im Fragebogen wurde ein effizientes Design verwendet, das mittels *decreate* in *Stata* ermittelt wurde (HOLE, 2015). Das Design bestimmt, wie die Alternativen in den Choice-Sets zusammengesetzt werden. Es handelt es sich um ein fractional-factorial-Design, da eine Vorlage aller Designkombinationen (voll-faktorielles Design) in der Praxis nicht möglich ist (OLSEN und MEYERHOFF, 2017). Die Qualität des Designs wurde über die D-Effizienz bestimmt, die Werte zwischen null und hundert Prozent annehmen kann (KUHVELDT, 2010). Die ermittelte D-Effizienz beträgt 94 %. Jeder Teil-

Abbildung 1. Beispiel einer verwendeten Choice-Karte

	Alternative 1	Alternative 2	Alternative 3	Alternative 4 – Keine Ansäuerung
Emissionsersparung	40 %	20 %	60 %	0 %
Erstattung der zus. Kosten in %	60 %	100 %	80 %	0 %
Anstieg mindestens anzurechnender Stickstoff	5 %-Punkte	+ 10 %-Punkte	+ 0 %-Punkte	50 % Rind/BGA 60 % Schwein + 0 %-Punkte
Erleichterung DüV	Keine Einarbeitung	Direkte Einarbeitung	Direkte Einarbeitung	Direkte Einarbeitung
Ich würde wählen:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

BGA = Rückstände aus Biogasanlagen

Quelle: eigene Darstellung

nehmer erhielt in den verwendeten Fragebögen acht Choice-Sets zur Bearbeitung.

Vor dem Start der Befragung wurde der erstellte Fragebogen mit der Abteilung Grünland und Futterbau der Universität Kiel und dem LLUR (Landesamt für Landwirtschaft und ländliche Räume) besprochen und drei Landwirten vorgelegt, um Verständnisprobleme auszuschließen und sicherzustellen, dass die Probanden die Attribute und ihre Ausprägungen einheitlich verstehen.

4 Ergebnisse

4.1 Deskriptive Statistik

Die Befragung wurde auf der Website *Unipark* durchgeführt. Die Teilnehmer konnten vom 18.12.2017 bis zum 31.03.2018 auf den Link zugreifen. Für die Umfrage wurde mittels E-Mailverteiler des Gewässerschutzbundes und des LLUR geworben, über die Landwirtschaftskammer Niedersachsen und weitere Stakeholder.

Insgesamt haben 144 Landwirte den Fragebogen beantwortet. Die deskriptive Statistik der Stichprobe ist in Tabelle 2 dargestellt. Der durchschnittliche Befragte war 38 Jahre alt und bewirtschaftete etwa 200 Hektar Ackerland und 45 Hektar Grünland. Hinzu kamen im Durchschnitt 1.907 Mastplätze für Schweine und 168 Stallplätze für Milchvieh. Ein Drittel der Landwirte betrieb Weidehaltung, und 9 % der Teilnehmer hatten neben der landwirtschaftlichen auch eine gewerbliche Tierhaltung. In den Schätzungen wurden die

Tabelle 2. Deskriptive Statistik

Variable	Mittelwert	Standard- Abweichung	Erklärung
Ökologisch	0,01	0,12	Betrieb wird ökologisch bewirtschaftet (Dummy)
Vollerwerb	0,90	0,30	Vollerwerbsbetrieb (Dummy)
Ackerland	199,74	412,77	Bewirtschaftetes Ackerland in Hektar
Grünland	44,58	67,65	Bewirtschaftetes Grünland in Hektar
Mastschweine ²⁾	1906,87	1913,52	Mastschweineplätze je Betrieb mit Schweinemast
Sauen ³⁾	278,55	322,90	Sauenplätze je Betrieb mit Sauenhaltung
Milchkühe ⁴⁾	168,32	251,85	Milchviehplätze je Betrieb mit Milchviehhaltung
Bullen ⁵⁾	147,48	205,69	Bullenplätze je Betrieb mit Bullenhaltung
Weidehaltung	0,33	0,47	Betrieb betreibt Weidehaltung (Dummy)
N-Sensor	0,67	0,47	Betrieb setzt Technik zur Reduktion von N-Überschüssen ein (N-Sensor) (Dummy)
Biogas	0,31	0,46	Auf dem Hof wird eine Biogasanlage (BGA) betrieben (Dummy)
Eigene Ausbringung	0,33	0,47	Landwirt bringt seine Gülle selbst aus (Dummy)
Saldo	0,16	0,37	Betrieb hatte in der Vergangenheit Probleme den Stickstoffsaldo einzuhalten (Dummy)
Export	0,17	0,37	Betrieb exportiert Gülle in Ackerbauregionen (Dummy)
Gewerblich	0,09	0,29	Betrieb hält gewerblich Tiere (Dummy)
Viehhaltungsintensive Region	0,31	0,46	Betrieb liegt in einem Landkreis im Nord-Westen der Republik (Dummy)
Alter	38,33	11,58	Alter in Jahren
Hochschulabschluss	0,34	0,48	Teilnehmer verfügt über einen Hochschulabschluss (Dummy)

^{2), 3) 4) 5)} Die angegebenen Mittelwerte wurden nicht für die gesamte Stichprobe, sondern für die Betriebe errechnet, die tatsächlich die angegebene Tierart halten.

Quelle: eigene Berechnung

Großvieheinheiten (GVE) je Betrieb berücksichtigt, sie wurden mithilfe von Umrechnungsfaktoren des KTBL errechnet (KTBL, o.J.).

Fast alle Betriebe (99 %) wirtschafteten konventionell. Auf den Betrieben war folgende Technik vorhanden: Rund 31 % betrieben eine Biogasanlage und in 67 % der Betriebe wurde emissionsmindernde Technik bei der Ausbringung flüssiger Wirtschaftsdünger eingesetzt. Im Hinblick auf die Düngeverordnung hatten 16 % in der Vergangenheit Probleme den Saldo von 60 kg N/ha einzuhalten.

Teilgenommen haben vor allem Landwirte aus Niedersachsen (29,17 %), Schleswig-Holstein (17,36 %), Nordrhein-Westfalen (21,5 %) und Bayern (11,11 %).

Werden die Tierzahlen und Flächenausstattungen der teilnehmenden Betriebe mit den entsprechenden bundesdurchschnittlichen Werten verglichen, sind die Sauenhalter und Schweinemäster größer als der Bundesdurchschnitt. Letzterer liegt bei 653 Mastschweineplätzen und 254 Sauen. Die meisten Betriebe in Deutschland fallen in die Größenkategorie von 1.000-1.999 Mastplätzen. 40 % der Betriebe, die 72 % der

Mastschweine halten, befinden sich in dieser Kategorie. In der Sauenhaltung halten die meisten Betriebe in Deutschland (64 %) zwischen 100 und 249 Sauen (ROHLMANN et al., 2020, nach STATISTISCHES BUNDESAMT, 2020a, 2020b). Damit liegen die Betriebe der Probanden im Schnitt innerhalb der genannten Größenklassen. Die Milchviehherden der Probanden sind mit durchschnittlich 168 Kühen allerdings deutlich größer als der Bundesdurchschnitt von 64 Kühen (TERGAST et al., 2019 nach STATISTISCHES BUNDESAMT, 2019). Diese Abweichung ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass vor allem Haupterwerbsbetriebe an der Befragung teilgenommen haben. Dies sollte bei der Interpretation der Ergebnisse einschränkend berücksichtigt werden.

4.2 Ergebnisse der Regression

Die Auswertung der erhobenen Daten erfolgte mithilfe der Statistik-Software *Stata* 16. Folgendes ist dabei zu berücksichtigen: Vor der Schätzung wurden fehlende Werte bei Betriebs- und Altersangaben durch Mittelwerte ersetzt.¹ Für die Attribute *Emissionseinsparung*,

¹ Bei den Betriebsangaben und dem Alter wurden 12 fehlende Angaben durch Mittelwerte ersetzt. Es wurden die

Mittelwerte der Tierhalter herangezogen, die die jeweilige Tierart hielten.

Erstattung der zusätzlichen Kosten in % und *mindestens anzurechnender Stickstoff* wurde ein Test auf Linearität durchgeführt. Hierzu wurden die Ausprägungen der Attribute als Dummy-Variablen aufgenommen. Ferner wurde die Annahme graphisch überprüft und konnte bestätigt werden. Genauere Angaben zu den Testmöglichkeiten sind in MARIEL et al. (2021) beschrieben.

Die Auswahl des verwendeten Mixed-Logit-Modells in Tabelle 3 erfolgte schließlich durch einen Likelihoodratio-Test, der ergab, dass alle Variablen zu verwenden sind (Chi^2 11,93; $\text{Prob} > \text{Chi}$ 0,0006). Das Pseudo- R^2 des Modells beträgt 0,322. Es wurde anhand von 1.000 Ziehungen ermittelt. In der Tabelle sind die ermittelten Koeffizienten, die errechneten marginalen Effekten und die Willingness to Accept (WTA) dargestellt. Die 95 % Konfidenzintervalle sind mit angegeben.

Im Ergebnis zeigte sich eine sehr hohe Bereitschaft der Landwirte an Förderprogrammen teilzunehmen. In 90 % der Wahlentscheidungen entschieden sich die Probanden für eines der Förderprogramme. Wie die Merkmale des Programms und die betrieb-

lichen und persönlichen Charakteristika die Auswahlwahrscheinlichkeit beeinflusst haben, zeigen die Vorzeichen der Koeffizienten. Die aufgestellten Hypothesen können anhand der Koeffizienten wie folgt beantwortet werden:

Die Hypothesen, dass die Akzeptanz mit einer höheren Emissionsminderung (H1) und höheren Kostenerstattung (H3) steigt, können bestätigt werden, da signifikant positive Schätzer ermittelt wurden. Für die Erhöhung des anzurechnenden Stickstoffanteils wurde ein negativer Einfluss auf die Akzeptanz angenommen. Damit kann auch Hypothese H2 aufgrund des signifikant negativen Schätzers bestätigt werden. Die letzte Hypothese, die sich auf die Attribute des hypothetischen Förderprogramms bezieht, besagte, dass sich die Ausnahme von der gesetzlichen Pflicht zur direkten Einarbeitung von Gülle positiv auf die Akzeptanz auswirkt (H4). Auch diese Hypothese ist anzunehmen, da ein signifikant positiver Schätzer ermittelt wurde. Insgesamt zeigten somit alle Merkmale des hypothetischen Förderprogramms die erwartete Einflussrichtung.

Tabelle 3. Ausgewähltes Modell zur Ermittlung der Akzeptanz hypothetischer Förderungsprogramme

	Koeffizient	z-Wert	Marginaler Effekt	WTA	Konfidenzintervall (unten) (oben)	
Merkmale des Programms						
Emissionseinsparung	0,034***	6,27	0,002	-1,42	-2,00	-0,84
Mindestens anzurechnender Stickstoff	-0,129***	5,10	-0,005	5,45	2,72	8,18
Erstattung der zusätzlichen Kosten in %	0,024***	5,81	0,002			
Nachlass DüV	0,937***	4,01	0,074	-39,51	-61,03	-17,99
Persönliche und betriebliche Merkmale						
Vollerwerb	-5,188**	2,03	-0,367	218,82	-0,29	437,92
Ackerland	0,004	1,50	0,0003	-0,19	-0,44	0,07
Grünland	0,005	0,99	0,0004	-0,20	-0,61	0,21
Großvieheinheiten	-0,002	1,49	-0,0002	0,10	-0,03	0,23
Sauen-Dummy	-2,657*	1,82	-0,165	112,08	-11,50	235,65
Mastschweine-Dummy	0,269	0,19	0,020	-11,33	-130,79	108,13
Milchvieh-Dummy	3,238***	2,66	0,229	-136,57	-244,19	-28,95
Bullen-Dummy	-1,906	1,55	-0,127	80,40	-24,07	184,86
Biogas-Dummy	-2,052*	1,95	-0,137	86,54	-4,48	177,92
Weidehaltung	-4,275***	2,93	-0,244	180,31	47,03	313,58
N-Sensor	-1,201	1,02	-0,090	50,67	-47,91	149,24
Eigene Ausbringung	2,239**	2,28	0,170	-94,43	-179,30	-9,56
Saldo	-0,844	0,68	-0,060	35,60	-66,74	137,95
Export	-2,699	1,46	-0,164	113,83	-42,61	270,27
Gewerbliche Tierhaltung	1,353	0,63	0,108	-57,07	-234,22	120,08
Viehhaltungsintensive Region	3,155***	2,61	0,238	-133,08	-242,01	-24,16
Alter	0,145***	2,91	0,011	-6,10	-10,43	-1,77
Hochschulabschluss	2,824**	2,52	0,212	-119,08	-217,39	-20,78
Hofnachfolger	-1,040	0,97	-0,075	43,87	-45,76	133,50
Konstante	3,19	1,14				

Signifikanzniveau: * $p < 0,1$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,01$

Quelle: eigene Berechnungen

Um zu überprüfen, ob innerhalb der Stichprobe Unterschiede in der Wahrnehmung der Attribute bestanden, wurden Interaktionseffekte gebildet. Überprüft wurden die Variablen *Großvieheinheiten * mindestens anzurechnenden Stickstoffmenge*, *viehhaltung-intensive Region * mindestens anzurechnende Stickstoffmenge*, *Grünland * Nachlass auf die Düngeverordnung*, *Großvieheinheiten * Dummies der Tierhaltung* und *eigene Ausbringung * Dummies der Tierhaltung*. Da keiner der untersuchten Interaktionseffekte in der Mixed-Logit-Schätzung signifikant war, wurden sie nicht mit abgebildet. Daher ist zunächst davon auszugehen, dass die Teilnehmer ähnliche Präferenzen im Hinblick auf die Attribute des Förderprogramms aufweisen.

Die weiteren Hypothesen bezogen sich auf die Teilnehmer und ihre Betriebe und können zur Identifikation einer geeigneten Zielgruppe für mögliche Förderprogramme beitragen. Erwartet wurde, dass größere Betriebe das Verfahren eher einsetzen als kleinere (H5). Diese Hypothese kann nicht für eine größere Flächenausstattung bestätigt werden, denn der Schätzer war nicht signifikant. Tierhalter größerer Herden zeigten möglicherweise eine geringere Motivation zur Teilnahme, der Schätzer war negativ, verpasste jedoch ein Signifikanzniveau. Unter den Tierhaltern zeigten vor allem diejenigen eine ablehnende Haltung, die Weidewirtschaft betreiben (H9), was der Hypothese entspricht. Werden die Tierarten verglichen, würden Milchviehhalter eher teilnehmen, Sauenhalter zeigten hingegen eine ablehnende Haltung.

In Bezug auf die Technik, die auf den Betrieben eingesetzt wurde, hatte der Einsatz des N-Sensors keinen Einfluss (H6). Auch für Betriebe, die möglicherweise Nährstoffüberschüsse aufweisen, was durch die Dummy-Variablen *Saldo*, *gewerbliche Tierhaltung* und *Export* überprüft wurde, zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zu Betrieben ohne Nährstoffmanagementprobleme. Demnach kann H8, wonach Betriebe mit Nährstoffmanagementproblemen eine höhere Teilnahmebereitschaft aufweisen, nicht bestätigt werden. Jedoch scheinen Betriebe in Regionen mit intensiver Viehhaltung größeres Interesse an den Programmen zu haben. Hierzu gab es keine Hypothese. Entgegen der ursprünglichen Hypothese wirkte es zudem positiv auf die Teilnahmebereitschaft, wenn der Betrieb bislang Gülle in Eigenregie ausbringt² (H7). Auffällig ist der stark negative Einfluss des Merkmals

Biogasanlage. Hierzu gab es keine Ausgangshypothese.

Werden persönliche Merkmale wie Alter, Hofnachfolge und Bildung betrachtet, nahmen Betriebsleiter mit einer höheren Ausbildung eher teil, dies entspricht der Hypothese (H10). Zudem schienen, entgegen der ursprünglichen Hypothese, ältere Befragungsteilnehmer offener gegenüber einer Teilnahme zu sein als jüngere (H11). Die Hofnachfolge hatte keinen Einfluss (H12).

Die beschriebenen Koeffizienten geben lediglich die Richtung des Einflusses der Variablen auf die Teilnahmebereitschaft an, sie geben jedoch keinen Aufschluss über die Stärke des Effektes. Aus diesem Grund wurden marginale Effekte errechnet. Sie wurden für den Mittelwert der Stichprobe ermittelt und beschreiben den Effekt, den ein Anstieg einer Variablen um eine Einheit hat. Für Dummy-Variablen beschreibt der marginale Effekt den Einfluss des Wechsels von keiner Ausprägung (0) zu einer Ausprägung (1).

Die ermittelten Effekte zeigen, dass eine Erhöhung der Kostenerstattung um einen Prozentpunkt die Teilnahmebereitschaft im Durchschnitt um 0,2 %-Punkte erhöhte. Die Emissionsminderung hatte einen ähnlich starken Effekt. Eine weitere Erhöhung der mindestens anzurechnenden Stickstoffmenge um einen Prozentpunkt verminderte die Bereitschaft zur Teilnahme vergleichsweise stark, nämlich um 0,5 %-Punkte. Ein Nachlass auf die Düngeverordnung konnte die Teilnahmebereitschaft um 7 %-Punkte erhöhen.

Hinsichtlich der persönlichen und betrieblichen Charakteristika machte eine Erhöhung des Mittelwertes für das Alter um ein Jahr die Teilnahme um etwa einen Prozentpunkt wahrscheinlicher. Biogaserzeuger und Weidewirtschaftler nahmen mit etwa 14 %-Punkten bzw. 24 %-Punkten geringeren Wahrscheinlichkeiten teil, was eine deutliche Abneigung gegenüber dem Programm nahelegt.

Aus den marginalen Effekten lässt sich die WTA ableiten. Sie errechnet sich aus dem Quotienten des Koeffizienten der untersuchten Variablen und dem Koeffizienten der Preisvariable. Sie beschreibt, um wie viele Prozentpunkte die Kostenerstattung erhöht werden muss, damit ein negativ bewertetes Merkmal akzeptiert wird, ohne dass sich die Auswahlwahrscheinlichkeit verändert. Im Umkehrschluss beschreibt die WTA die mögliche Einsparung an Fördermitteln, wenn ein positiv bewertetes Merkmal in einem Förderprogramm vor-

² Für Betriebe mit Schweinehaltung und Betriebe mit Rinderhaltung wurde jeweils ein Interaktionseffekt zur Verwendung eigener Ausbringungstechnik berücksichtigt,

da rinderhaltende Betriebe in stärkerem Umfang ausschließlich eigene Technik nutzen (22 %) als schweinehaltende Betriebe (9 %).

kommt. Könnten die Landwirte von einer um einen Prozentpunkt höheren Emissionsminderung ausgehen, hätten sie auf 1,4 %-Punkte der Kostenerstattung verzichtet. Würde die Menge an Stickstoff, die mindestens in der Düngedarfbsberechnung anzusetzen ist, hingegen um einen Prozentpunkt steigen, hätten sie 5 %-Punkte mehr Kostenerstattung erwartet. Für einen Nachlass auf die Düngeverordnung wäre auf einen großen Anteil der Kostenerstattung verzichtet worden (-40 %-Punkte). Auffällig ist, dass für die Merkmale *Vollerwerb*, *Biogaserzeugung*, *Weidehaltung* und *Ausbringung ohne Lohnunternehmen* sehr hohe Werte ermittelt wurden, aber auch weite Konfidenzintervalle, die widerspiegeln, dass nur wenige Beobachtungen insgesamt und für diese Merkmalsausprägungen im Speziellen vorliegen. Die signifikanten Merkmale sind daher möglicherweise nur dahingehend interpretierbar,

dass eine Präferenz (eigene Ausbringungstechnik) bzw. Abneigung (*Biogas-Dummy*, *Weidehaltung*, *Vollerwerb*) gegenüber dem Verfahren der Ansäuerung bestand.

Durch die Schätzung latenter Klassen sollte zudem überprüft werden, ob Unterschiede in der Wahrnehmung der Attribute bestehen, da kein Interaktionseffekt signifikant war. Zur Schätzung wurde die Software *Latent Gold 5.1.* verwendet. Es wurden vier Klassen als optimale Anzahl anhand des BIC-Kriteriums ermittelt. Sie sind in Tabelle 4 gegenübergestellt. Im Vergleich zum Mixed-Logit-Modell weist das Latent-Class-Modell ein höheres Pseudo-R² von 0,410 auf.

Werden die Auswahlwahrscheinlichkeiten der Förderprogramme verglichen, zeigt sich für die vierte Klasse eine ablehnende Haltung. Sie umfasste 12 % der Beobachtungen. Die Probanden dieser Klasse wählten

Tabelle 4. Ergebnis der Latent-Class-Schätzung. Die Klassenanteile sind in Klammern angegeben.

	Klasse 1 (39,4 %)		Klasse 2 (25,2 %)		Klasse 3 (23,1 %)		Klasse 4 (12,3 %)	
	Koeff.	z-Wert	Koeff.	z-Wert	Koeff.	z-Wert	Koeff.	z-Wert
Merkmale des pol. Förderprogramms								
Emissions-einsparung	0,025***	5,38	0,022***	4,43	0,032***	6,32	-0,031***	3,12
Mind. anzurechnender Stickstoff	-0,264***	12,56	0,051***	3,12	0,063***	3,52	-0,031	1,05
Erstattung der zusätzlichen Kosten in %	0,028***	9,60	0,007*	1,94	0,025***	6,40	0,003	0,60
Nachlass DüV	0,2412	1,30	2,193***	10,91	-0,343*	1,90	-1,224***	3,55
Betriebliche und persönliche Merkmale								
Vollerwerb	-4,292	0,62	-5,893	0,85	-2,630	0,37	0,00	0,00
Ackerland	0,004	0,98	-0,001	0,22	0,010*	1,91	0,00	0,00
Grünland	-0,005	0,86	-0,005	0,42	-0,021	0,90	0,00	0,00
Großvieheinheiten	-0,002	0,85	0,001	0,26	-0,018***	2,79	0,00	0,00
Sauen-Dummy	-0,313	0,24	-0,101	0,06	-1,260	0,76	0,00	0,00
Mastschweine-Dummy	2,723*	1,87	4,959***	2,85	5,0671***	2,77	0,00	0,00
Milchvieh-Dummy	3,071*	1,82	5,526***	2,91	2,635*	1,34	0,00	0,00
Bullen-Dummy	0,594	0,58	1,585	1,38	1,518	1,17	0,00	0,00
Biogas-Dummy	-0,375	0,29	1,093	0,71	-11,066	1,33	0,00	0,00
Weidehaltung	-2,005	1,48	-3,140**	2,18	-3,351**	2,18	0,00	0,00
N-Sensor	-1,527	1,38	-2,439**	2,02	-0,072	0,05	0,00	0,00
Eigene Ausbringung	0,349	0,34	2,630**	2,30	1,969	1,60	0,00	0,00
Saldo	0,379	0,34	-0,041	0,03	1,248	0,78	0,00	0,00
Export	0,163	0,14	-0,356	0,27	-1,949	1,08	0,00	0,00
Gewerbliche Tierhaltung	-0,838	0,50	-0,806	0,42	-2,540	1,15	0,00	0,00
Viehhaltungsintensive Region	1,944	1,63	1,0417	0,78	3,490	1,48	0,00	0,00
Alter	0,031	0,84	0,100**	2,29	0,053	1,10	0,00	0,00
Hochschulabschluss	2,627*	1,94	1,519	0,85	3,212*	1,94	0,00	0,00
Hofnachfolger	-1,237	1,16	-0,955	-0,83	-0,458	-0,35	0,00	0,00
Konstante	3,331	0,47	-0,414	0,06	0,696	0,09	0,00	0,00

Signifikanzniveau: * p<0,1; ** p<0,05; *** p<0,01

Quelle: eigene Berechnungen

ein Förderungsprogramm zur Ansäuerung von Gülle mit einer Wahrscheinlichkeit von nur ca. 37 %. In den anderen Klassen lag diese Wahrscheinlichkeit bei mehr als 97 %. Aufgrund dieser Unterschiede bildet die vierte Klasse die Referenz im dargestellten Modell.

Die vierte Klasse bewertete als einzige die Emissionsminderung negativ, was zu der stark ablehnenden Haltung geführt haben könnte. Auch der angebotene Nachlass auf die Düngeverordnung wurde negativ bewertet. Die Erstattung der zusätzlichen Kosten in % und die mindestens anzurechnende Stickstoffmenge hatten keinen Einfluss. Dies ist möglicherweise durch die allgemein ablehnende Haltung dem Programm gegenüber erklärbar.

Die erste Klasse zeigte im Vergleich weitestgehend die im Mixed-Logit-Modell ermittelten Präferenzen, nur der Nachlass auf die Düngeverordnung war für sie nicht von Interesse. Die zweite und dritte Klasse stand im Vergleich einem Anstieg der mindestens anzurechnenden Stickstoffmenge positiv gegenüber. Die zweite Klasse schätzte im Vergleich zu den anderen einen Nachlass auf die Düngeverordnung. Die dritte Klasse lehnt den Nachlass auf die Düngeverordnung ab. Sie bewertete insgesamt einen strengeren Umweltschutz positiv, was sich durch die Bereitschaft mehr Stickstoff anzurechnen sowie die ablehnende Haltung gegenüber dem Nachlass auf die Düngeverordnung zeigte. Die Wahrnehmung der Emissionsminderung und der Erstattung der zusätzlichen Kosten in % war in Klasse 1 bis 3 einheitlich, sie bewerteten die Merkmale positiv.

Im unteren Teil der Tabelle 4 ist weiterführend dargestellt, welche betrieblichen und persönlichen Faktoren einen Einfluss auf die Klassenzugehörigkeit hatten. In Klasse 1 fanden sich Landwirte, die eher einen höheren Bildungsabschluss aufwiesen als die Referenz (Klasse 4). Landwirte, die bereits älter waren und derzeit ihre Gülle selber ausbringen, aber noch nicht in stickstoffmindernde Technik investiert haben, waren eher in der zweiten Klasse zu finden. Signifikante Einflussfaktoren, die erklären, warum sie den Nachlass auf die Düngeverordnung schätzen oder eine höhere Menge des Stickstoffs angerechnet hätten, finden sich nicht.

Die Teilnehmer der Klasse 3 waren ebenfalls bereit, den zusätzlichen Stickstoff in der Düngungsplanung anzurechnen. Anders als in Klasse 2 kann dieser Effekt erklärt werden: Landwirte in Klasse 3 verfügten über eine höhere Ausstattung mit Ackerland und geringere Großvieheinheiten. Die niedrigere Viehbesatzdichte erleichtert eine höhere Anrechnung des zusätzlich enthaltenen Stickstoffs, ohne dass zusätzliche Flächen gepachtet oder Gülle exportiert werden muss. Ferner hatten die Landwirte der Klasse 3 ein höheres Bildungsniveau.

In den viehhaltungsintensiven Regionen scheinen daher zwei Gruppen von Landwirten unterscheidbar: Erstens diejenigen, die zwar teilgenommen hätten, aber strengeren Umweltschutzaufgaben ablehnend gegenüber standen (Klasse 1), und zweitens diejenigen, die strengere Auflagen akzeptiert hätten (Klasse 3). Der Unterschied scheint durch die einzelbetriebliche Viehbesatzdichte erklärbar.

Insgesamt zeigten auch in dieser Schätzung Weidehalter eine geringere Bereitschaft zur Teilnahme. Dieser Effekt war in allen Klassen beobachtbar, wenn auch nicht immer signifikant.

Tabelle 5 gibt einen Überblick, wie die in Abschnitt 3.2 formulierten Hypothesen durch die Schätzungen beantwortet werden konnten. Die Tabelle verdeutlicht, dass die Ergebnisse des Mixed-Logit-Modells und der Latent Class Schätzung weitgehend über-

Tabelle 5. Hypothesen und ihre Beantwortung durch die verwendeten Modelle

Hypothesen	Mixed Logit	Latente Klassen			
		Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4
H1 Emissions-einsparung	✓	✓	✓	✓	×
H2 mind. anzurechnende Stickstoffmenge	✓	✓	×	×	
H3 Kostenerstattung %	✓	✓	✓	✓	
H4 Nachlass auf DüV	✓		✓	×	×
H5 Größere Betriebe (Flächenausstattung)				✓	
H5 Größere Betriebe (GVE)				×	
H6 N-Sensor			×		
H7 eigene Ausbringung	×		×		
H8 Nährstoffüberschüsse					
H9 Weidehaltung	✓		✓	✓	
H10 Bildung	✓	✓		✓	
H11 Alter	×		×		
H12 Hofnachfolge					

✓ Hypothese kann angenommen werden, × muss abgelehnt werden.

Quelle: eigene Darstellung

einstimmen. Im Ergebnis scheint das Latent-Class-Modell die Heterogenität innerhalb dieser Stichprobe besser abbilden zu können.

5 Diskussion und Schlussfolgerungen

Ziel der Studie war es, die Akzeptanz von Vieh haltenden Landwirten für hypothetische Förderprogramme zur Gülleensäuerung bei der Feldausbringung zu ermitteln. Dabei entschied sich ein Großteil der Befragten (90 %) für die Teilnahme an einem der angebotenen Förderprogramme.

Eine mögliche Erklärung für die gute Akzeptanz könnte die hohe Erstattung der zusätzlichen Kosten von bis zu 120 % sein. Akzeptanzfördernd könnte auch gewirkt haben, dass sich die Landwirte nicht festlegen mussten, das Verfahren dauerhaft einzusetzen, denn im Fragebogen wurde beschrieben, dass die Ansäuerung i.d.R. durch Lohnunternehmen erfolgt. Dies bietet den Landwirten eine hohe Flexibilität und die Möglichkeit, das Verfahren auszuprobieren.

Die weiteren Ergebnisse des DCE lassen Rückschlüsse auf eine zielgerichtete Ausgestaltung von Förderprogrammen zu. Eine hohe erwartete Emissionsreduktion war ein wichtiger Motivationsfaktor für die Befragten. Dies deutet darauf hin, dass Landwirte vom Umweltschutz selbst profitieren oder einen Nutzen aus der Verbesserung ihres Images erfahren. Letzteres wird von VENKATESH und DAVIS (2000) als Motiv für die Adoption von Technologien genannt. Dennoch deuten die Ergebnisse der Latent-Class-Schätzung an, dass unter den Befragten deutliche Unterschiede im Umweltbewusstsein bestehen. Dies drückt sich unter anderem darin aus, dass zwei der drei Klassen, die sich für die Ansäuerung entscheiden, bereit waren, den zusätzlich enthaltenen Stickstoff bei der Düngungsplanung anzurechnen. Die erste Klasse lehnte eine solche Anrechnung hingegen strikt ab. Zu beachten ist jedoch, dass seit Durchführung der Umfrage die Düngeverordnung verschärft wurde. Die Vorgabe, dass in den sogenannten „roten Gebieten“ die Düngung 20 % unterhalb des Nährstoffbedarfs der Pflanzen erfolgen muss (LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHSEN, 2019), könnte möglicherweise zu einer Abnahme der Bereitschaft geführt haben. Hinzu kommt, dass die anzurechnenden Stickstoffmengen in der Düngeverordnung bereits um 10 % für Schweine- und Rindergülle angehoben wurden, wenn sie auf Ackerland ausgebracht wird (Anlage 3 der Düngeverordnung 2020). Beides spricht

dafür, dass ein Verzicht auf die Anrechnung nun ein noch stärkerer Anreiz für Landwirte der ersten Klasse wäre, die die Anrechnung ablehnten. Für die anderen beiden Klassen könnte sich die Wahrnehmung ebenfalls in der Weise verändert haben, dass die Befragten die Anrechnung nun möglicherweise nicht mehr positiv bewerten.

Die Erstattung der zusätzlichen Kosten hatte erwartungsgemäß für alle Teilnehmer einen positiven Einfluss. Für finanzielle Anreize in der Praxis spricht, dass ein Förderprogramm zur Gülleensäuerung mithilfe von Lohnunternehmen möglicherweise günstiger wäre als die bisher angebotene Förderung von Schleppschuh- und Injektionsverfahren. Bei einer vollständigen Erstattung der entstehenden Kosten würde sich bei zusätzlichen Ausgaben in Höhe von ca. 1 €/m³ und einer Ausbringungsmenge von 30 m³/ha ein Fördersatz von 30 €/ha ergeben. Dies wäre deutlich günstiger als die in Schleswig-Holstein seit 2016 angebotene Förderung von 80 €/ha für die Anwendung von Injektions- und Schleppschuhverfahren (BLUNK, 2016). Würde man die Anwendung von Ansäuerungstechnik durch Lohnunternehmen (statt die Eigenanwendung auf landwirtschaftlichen Betrieben) fördern, stünde die Technik auch kleineren Landwirtschaftsbetrieben zur Verfügung.

Die Ergebnisse zeigen auch, dass eine geringere Kostenerstattung denkbar ist, wenn das Angebot besteht, die Gülle nicht direkt nach der Ausbringung in den Boden einarbeiten zu müssen. Hier gilt es allerdings unter deutschen Bedingungen zu ermitteln, welches Verfahren (Ansäuerung oder direkte Einarbeitung) im Hinblick auf Kosten und Emissionsreduktion auf unbestellten Flächen vorzuziehen ist und somit, ob ein Verzicht auf direkte Einarbeitung überhaupt ermöglicht werden sollte.

Das Mixed-Logit-Modell zeigte, dass Landwirte mit besserer Bildung und ohne Weidehaltung angesprochen werden sollten, wenn solche Programme in der Praxis aufgelegt werden sollen. Auch solche, die noch selber Gülle ausbringen, stehen dem Verfahren offener gegenüber. Denkbar ist, dass es sich bei der eigenen Ausbringungstechnik um Fässer mit Pralltellern handelt. Diese Form der Ausbringung wird ab 2025 auch auf Grünland verboten, seit 2020 ist sie bereits auf Ackerland verboten (DÜNGEVERORDNUNG, 2017). Das könnte erklären, warum Landwirte mit eigener Technik dem Verfahren offener gegenüberstehen, sie müssen möglicherweise ohnehin umdenken.

Die Ergebnisse der Schätzung latenter Klassen (Klasse 1, Klasse 3) legen nahe, dass die Intensität der Tierhaltung im Einzelbetrieb (gemessen anhand der

Vieheinheiten und der Ackerfläche) ebenfalls einen Einfluss hat. Betriebe mit geringerer Viehbesatzdichte können das Verfahren eher anwenden, ohne dass Nährstoffüberschüsse entstehen. Ferner ist es für diese Betriebe einfacher, den zusätzlich anfallenden Stickstoff in der Düngungsplanung zu berücksichtigen (Klasse 3). Ist keine Anrechnung vorgesehen, lassen sich auch Betriebe mit intensiver Viehhaltung für das Verfahren gewinnen (Klasse 1).

Auffällig ist der negative Einfluss des Vorhandenseins einer Biogasanlage. Auch Weidehalter lehnen das Verfahren ab. Sie sind daher keine geeigneten Ansprechpartner für eine mögliche Pilotphase eines Förderprogramms. Für die Betreiber von Biogasanlagen kann die ablehnende Haltung mit den höheren finanziellen Aufwendungen erklärt werden, die sich aus der größeren benötigten Menge an Säure ergeben. Im Fragebogen wurde nicht darauf eingegangen, ob die Kosten der Ansäuerung von Gärresten in gleicher Höhe erstattet werden wie die von rein tierischer Gülle. Die ablehnende Haltung von Weidehaltern könnte darin begründet sein, dass andere emissionsmindernde Verfahren, wie die Schlitztechnik, eine geringe Verschmutzung des Grünlandes bedingen (NESER et al., 2010). Eine weitere Erklärung könnte sein, dass Weidehaltung möglicherweise eher auf kleineren Flächen und/oder Grenzstandorten stattfindet, die weniger geeignet sind, um mit größerer Technik befahren zu werden.

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse, dass der überwiegende Teil der befragten Landwirte bereit wäre, das Verfahren der Gülleansäuerung auf dem Feld bei entsprechender Förderung anzuwenden. Im Hinblick auf die hohe Auswahlwahrscheinlichkeit ist jedoch der hypothetische Charakter des Programms zu beachten. Bei vorsichtiger Interpretation kann möglicherweise nur geschlussfolgert werden, dass mit einem starken Interesse der Landwirte gerechnet werden könnte, wenn ein solches Förderprogramm tatsächlich aufgelegt werden würde. Finanzielle Anreize scheinen für den Erfolg eines tatsächlichen Förderprogramms von entscheidender Bedeutung. Die Schätzergebnisse deuten ferner darauf hin, dass auch die intrinsische Motivation der Landwirte eine Rolle spielen könnte. Dieser Umstand könnte in Informationskampagnen genutzt werden, welche die mit der Technik zu erzielende Emissionsminderung herausstellen. Ob Nachlässe auf die bestehende Düngeverordnung oder eine geringere Anrechnung des zusätzlich enthaltenen Stickstoffs sinnvoll sind, sollte im Hinblick auf den Gewässerschutz kritisch hinterfragt werden. Diesbezüglich besteht weiterer Forschungsbedarf.

Literatur

- ANASTASSIADIS, F. und O. MUBHOFF (2014): Berücksichtigen Landwirte bei ihren Investitionsentscheidungen die damit verbundenen Auswirkungen auf die finanzielle Flexibilität ihres Betriebes?. In: *German Journal of Agricultural Economics* 63 (4): 240-258.
- AUSPRUNG, K. und U. LIEBE (2011): Choice-Experimente und die Messung von Handlungsalternativen in der Soziologie. In: *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie* 63 (1): 301-314.
- BIRKMOSE, T. und A. VESTERGAARD (2013): Acidification of slurry in barns, stores and during application: Review of Danish Research, Trials and Experience. *Proceedings from the 15th RAMIRAN Conference, Versailles*.
- BLASCH, J., B. VAN DER KROON, B. VA BEUKERING, R. MUSTER, S. FABIANI, P. NINO und S. VANINO (2020): Farmer preferences for adopting precision farming technologies: a case study from Italy. In: *European Review of Agricultural Economics*: 1-49. doi.org/10.1093/erae/jbaa031.
- BLUNK GMBH (2016): Fördergeld für emissionsarmes, fristgerechtes Gülle-Ausbringen und Lagern. <http://www.blunk-gmbh.de/allgemeines/guelle-foerderung/>, Abruf: 21.11.2019.
- BULL, I. (2016): Verminderung von Ammoniak-Emissionen durch pH-Wert Regulierung - Die Dänen machen es vor. Bericht der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Gülzow-Prüzen.
- DÄNISCHES PARLAMENT (2012): Order on commercial Livestock, Livestock Manure, Silage etc. (the Livestock Manure Order). Order No. 764, 28/06/2012. <https://eng.mst.dk/media/mst/Attachments/Orderoncommerciallivestocklivestockmanuresilageetc.pdf>, Abruf: 18.04.2021.
- DANNE, M. und O. MUBHOFF (2017): Analysis of farmers' willingness to participate in pasture grazing programs: Results from a discrete choice experiment with German dairy farmers. In: *Journal of Dairy Science* 100 (9): 7569-7580.
- DÜNGEVERORDNUNG (2017): Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen. https://www.gesetze-im-internet.de/d_v_2017/BJNR130510017.html, Abruf: 18.04.2021
- FANGUEIRO, D., M. HJORTH und F. GIOELLI (2015): Acidification of Animal Slurry -A Review. In: *Journal of Environmental Management* 149 (1): 46-56.
- GEBREZGABHER, S.A., M.P.M. MEUWISSEN, G. KRUSEMAN, D. LAKNER und A.G.J. OUDE LANSINK (2015): Factors influencing adoption of manure separation technology in the Neatherlands. In: *Journal of Environmental Management* 150 (1): 1-8.
- GREENE, W.H. und D.A. HENSHER (2003): A latent Class Model for Discrete Choice Analysis: Contrasted by Mixed Logit. In: *Transportation Research Part B Methodological* 37(8): 681-698.
- HENSHER, D.A. und W.H. GREENE (2003): The Mixed Logit model: The state of practice. *Transportation* 30: 133-146

- HENSHER, D.A., J.M. ROSE und W.H. GREENE (2018): *Applied Choice Analysis*. Second Edition. Cambridge University Press, Cambridge.
- HOLE, A.R. (2015): StataList - The StataForum. dcreate: a new module for creating efficient designs for discrete choice experiments. https://www.stata.com/meeting/nordic-and-baltic16/slides/norway16_hole.pdf, Abruf: 21.11.2019.
- KELLY-EDWARDS, Q. (2018): Eco-Innovations for Air Quality. 21th European Forum on Eco Innovations, 05.-06.02.2018, Sofia (Bulgarien).
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) (o.J.): Goßvieheinheitenrechner. <https://www.ktbl.de/webanwendungen/grossvieheinheitenrechner/>, Abruf: 1.2.2021.
- KUHFELDT, W.F. (Hrsg.) (2010): *Efficient Experimental Design with Marketing Research Applications*. In: *Marketing Research Methods in SAS. Experimental Design, Choice, Conjoint and Graphical Techniques*. SAS Institute, Cary.
- KUPPER, T. (2017): Beurteilung der Ansäuerung von Gülle als Maßnahme zur Reduktion von Ammoniakemissionen in der Schweiz - aktueller Stand. Berner Fachhochschule, Bern.
- LATACZ-LOHMANN, U. und J. SCHREINER (2019) Assessing Consumer and Producer Preferences for Animal Welfare Using a Common Elicitation Format. In: *Journal of Agricultural Economics* 70 (2): 293-315
- LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHSEN (2019): Festlegung der "roten Gebiete" für Niedersachsen. <https://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/58/nav/2145/article/34670.html>, Abruf: 12.12.2019.
- LYNGSO, H. (2016): Policy brief- Slurry Acidification has wide benefits. *Baltic Slurry Acidification*. <http://balticslurry.eu/wp-content/uploads/2017/01/Policy-Brief-Benefits.pdf>, Abruf: 18.04.2021.
- MAGYLA, R. (2017): Lithuania. In: Rohde, L., J. Casimir und E. Sindhøj (Hrsg.): *Baltic Slurry Acidification - Possibilities and bottlenecks for implementing slurry acidification techniques in the Baltic Sea Region*. RISE report: 33.
- MARIEL, P., D. HOYOS, J. MEYERHOFF, M. CZAJKOWSKI, T. DEKKER, K. GLENK, J. BREDAHL JACOBSEN, U. LIEBE, S.B. OLSEN, J. SAGEBIEL und M. THIENE (2021): *Environmental Valuation with Discrete Choice Experiments. Guidance on Design, Implementation and Data Analysis*. Springer, Cham.
- MCBRIDE, W.D. und S.G. DABERKOW (2003): Information and the Adoption of Precision Farming Technologies. In: *Journal of Agribusiness* 21 (1): 21-38.
- NESER, S., F. LEIPPERT und M. HONISCH (2010): Technik zur Ausbringung flüssiger Wirtschaftsdünger – wirtschaftliche und umweltgerechte Lösungen. Güllebehandlung und Güllezusätze. Bodenseekonferenz, 2010, Kempten.
- OLSEN, S. und J. MEYERHOFF (2017): Will the alphabet soup of design criteria affect discrete Choice experiments results? In: *European Review of Agricultural Economics* 44 (2): 309-316.
- ROHLMANN, C., M. VERHAAG und S. EFKEN (2020): Steckbriefe zur Tierhaltung in Deutschland: Ferkelerzeugung und Schweinemast. Thünen Institut, Braunschweig.
- RAVNBORG, H. (2016): Slurry acidification in a danish environmental regulation scheme. *International Seminar on slurry Acidification*, 28.9.2016, Munkebjerg.
- SCHREINER, J. und S. HESS (2017): The role of non-use values in dairy farmers' willingness to accept a farm animal welfare program. In: *Journal of Agricultural Economics* 68 (2): 553-578.
- SCHREINER, J. und U. LATACZ-LOHMANN (2015): Farmers' valuation of incentives to produce genetically modified organism-free milk: Insights from a discrete choice experiment in Germany. In: *Journal of Dairy Science* 98 (11): 7498-7509.
- SEIDEL, A., A. PACHOLSKI, T. NYORD, A. VESTERGAARD, I. PAHLMANN, A. HERRMANN und H. KAGE (2017): Effects of acidification and injection of pasture applied cattle slurry on ammonia losses, N₂O emissions and crop N uptake. In: *Agriculture, Ecosystems & Environment* 247 (1): 23-32.
- SINDHÖJ, E. und K. MASUR (2017): 4. Description of slurry acidification techniques (SATs) and how it is practiced. In: Rohde, L., J. Casimir und E. Sindhøj (Hrsg.): *Baltic Slurry Acidification - Possibilities and bottlenecks for implementing slurry acidification techniques in the Baltic Sea Region*. RISE report: 9-21.
- TAMM, K., R. VETTIK und J.T.I. SINDHÖJ (2013): 4. Slurry Acidification. In: Sindhøj, E. und L. Rodhe (Hrsg.): *Knowledge Report - Examples of Implementing Manure Processing Technology at Farm Level: 22-30*. Swedish Institute of Agriculture and Environmental Engineering, Uppsala.
- TERGAST, H., L. SCHICKRAMM, T. LINDENA, R. ELLBEL und H. HANSEN (2019): Steckbriefe zur Tierhaltung in Deutschland: Milchkühe. Thünen Institut, Braunschweig.
- TZEMI, D. und J. BREEN (2019): Climate change and the agricultural sector in Ireland: examining farmer awareness and willingness to adopt new advisory mitigation tools. In: *Climate Policy* 19 (5): 611-622.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2019): Fachserie 3, Reihe 4.1 Viehbestand. Vorbericht. Wiesbaden.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2020a): Viehbestand 3. Mai 2020. 2.2 Schweine. Tabelle 2.2.3 Betriebe mit Haltung von Zuchtsauen nach Größenklassen der gehaltenen Tiere in Deutschland und den Bundesländern (ohne Stadtstaaten). Fachserie 3 Reihe 4.1. Wiesbaden.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2020b): Viehbestand. 3. Mai 2020. 2.2 Schweine. Tabelle 2.2.1 Betriebe mit Haltung von Schweinen und Schweinebestände in Deutschland und den Bundesländern (ohne Stadtstaaten). Fachserie 3 Reihe 4.1. Wiesbaden.
- UMWELTBUNDESAMT (Hrsg.) (2017): *Umweltschutz in der Landwirtschaft*. Hausdruckerei des Umweltbundesamtes, Berlin.
- VENKATESH, V. und F.D. DAVIS (2000): A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies. In: *Management Science* 46 (2): 186-204.
- VERA (Verification of Environmental Technologies for Agricultural Production) (2012): *VERA Verification Statement for SyreN*. Verification of Environmental

- Technologies for Agricultural Production. https://www.vera-verification.eu/app/uploads/sites/9/2019/05/VERA-Statement001_SyreN.pdf, Abruf: 15.12.2020.
- VESTERGAARD, A. (2017): Baltic Slurry Acidification - status, economy and consideration by acidification of slurry -SEGES report. SEGES. <http://balticslurry.eu/wp-content/uploads/2017/03/SEGES-review-Slurry-acidification.pdf>, Abruf: 21.11.2019.
- WEBB, J., B. PAIN, S. BITTMANN und J. MORGAN (2010): The impact of manure application methods on emissions of ammonia, nitrous oxide and on crop response - A review. In: Agriculture, Ecosystems & Environment 137 (1): 39-46.
- WULF, S., C. RÖSEMANN, B. EURICH-MENDEN und E. GRIMM (2017): Ammoniakemissionen in der Landwirtschaft Minderungsziele und Potentiale. Aktuelle rechtliche Rahmenbedingungen für die Tierhaltung. KTBL Jahrestagung, 2017, Hannover.
- ZACHARIAS, M. (2017): 6.4. Germany. In: Rohde, L., J. Casimir und E. Sindhøj (Hrsg.): Baltic Slurry Acidification - Possibilities and bottlenecks for implementing slurry acidification techniques in the Baltic Sea Region. RISE report: 28.

Kontaktautorin:

[INSA THIERMANN](#)

Christian-Albrechts-Universität Kiel

Department für landwirtschaftliche Betriebslehre

Wilhelm-Seelig-Platz 6, 24118 Kiel

E-Mail: ithiermann@ae.uni-kiel.de