

# Kontext, Methodik und Qualität von Indikatoren zur Bewertung von Umweltleistungen: Treibhausgasemissionen (THGE) und Ammoniakemissionen (NH<sub>3</sub>E)

Nicolas Lampkin

## Schlussbericht Teil II.16

Verbundprojekt “Entwicklung eines leistungsdifferenzierten Honorierungssystems für den Schutz der Umwelt“

## **Kontext, Methodik und Qualität von Indikatoren zur Bewertung von Umweltleistungen: Treibhausgasemissionen (THGE) und Ammoniakemissionen (NH3E)**

Der ökologische Landbau steht für ein ganzheitliches Konzept der Landnutzung mit dem Anspruch, in besonderer Weise die Belastungsgrenzen der Natur zu berücksichtigen. Für die erbrachten Umweltleistungen erhalten Ökobetriebe eine flächenbezogene Prämie. Die Höhe dieser Umweltprämie wird bisher auf der Basis regionaler durchschnittlicher Zusatzkosten und Erlöseinbußen der ökologischen Produktion im Vergleich zur konventionellen Wirtschaftsweise kalkuliert. Dieses Vorgehen hat zwei Nachteile. Zum einen steht die Prämienhöhe in keinem Zusammenhang zum Wert der erbrachten öffentlichen Leistung. Und zum zweiten bietet die Prämie keine finanziellen Anreize, Bewirtschaftungspraktiken umzusetzen, die über die gesetzlichen Öko-Mindestbedingungen hinausgehen. Vor diesem Hintergrund war das Ziel des UGÖ-Forschungsprojektes „Entwicklung eines leistungsdifferenzierten Honorierungssystems für den Schutz der Umwelt“, die Wirkungszusammenhänge zwischen verschiedenen ökologischen Landbaupraktiken und der Erbringung von Umweltleistungen zu quantifizieren und eine Grundlage für die Entwicklung eines Konzepts zur Honorierung von Umweltleistungen unter besonderer Berücksichtigung des ökologischen Landbaus zu schaffen.

Der vorliegende UGÖ-Schlussbericht Teil II.16 beschreibt die methodische Vorgehensweise und Datenquellen und bewertet die Qualität des Indikators ‚Treibhausgasemissionen (THGE) und Ammoniakemissionen (NH3E)‘, der eventuell als Teil des Honorierungssystems dienen könnte.

Gefördert durch



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Förderkennzeichen: 2818OE110

Die Durchführung des Projektes erfolgte in einem engen Austausch mit der BÖL-Geschäftsstelle und dem BMEL. Für die inhaltlichen Impulse und die administrative Unterstützung möchten wir insbesondere Frau Doris Pick, Dorothee Hahn, Viola Molkenthin und Karl Kempkens danken. Zudem möchten wir Bernhard Osterburg, Thünen-Institut Stabsstelle Klima und Boden, und Roland Fuß, Cora Vos und Claus Rösemann, Thünen-Institut für Agrarklimaschutz, sowie Andreas Gattinger, Justus-Liebig-Universität Gießen, für ihre Hilfe bei der Vorbereitung dieses Indikatorberichts unseren Dank aussprechen.

Nicolas Lampkin  
Thünen-Institut für Betriebswirtschaft  
Bundesallee 63  
38116 Braunschweig  
E-Mail: [bw@thuenen.de](mailto:bw@thuenen.de)

Braunschweig, September 2023

## Inhalt

<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>IV</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>IV</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Politische Relevanz und Vorschriften	1
1.2 Beitrag des ökologischen Landbaus	2
<b>2 Methodik</b>	<b>5</b>
2.1 Zusammenfassung	5
2.2 Detaillierte Methodenbeschreibung	5
2.3 Notwendige Inputdaten	7
2.4 Leistungsbestimmung (Schwellenwerte)	8
<b>3 Indikatorqualitätsbewertung</b>	<b>10</b>
3.1 Aussagekraft	10
3.2 Justiziabilität und Betrugsanfälligkeit	11
3.3 Datenverfügbarkeit und -qualität	12
3.4 Transaktionskosten	13
3.5 Kommunizierbarkeit	14
3.6 UGÖ-Modul-A-Ergebnisse: Ausschnitt aus dem Schlussbericht Teil 1 (2023)	15
<b>4 Schlussfolgerung</b>	<b>17</b>
<b>5 Literaturverzeichnis</b>	<b>18</b>

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1-1:	Politische Ziele und Indikatoren sowie Leistungen der Landwirtschaft zum Thema Treibhausgas- und Ammoniakemissionen	1
Tabelle 2-1:	Zusammenfassung der notwendigen Inputdaten und mögliche Datenquellen	8
Tabelle 2-2:	Vorschläge für THGE- und NH <sub>3</sub> E-Indikator-Schwellenwerte	9
Tabelle 3-1:	Bewertung des THGE/NH <sub>3</sub> E-Indikators nach den ausgewählten Aussagekraftkriterien	10
Tabelle 3-2:	Bewertung des THGE/NH <sub>3</sub> E-Indikatoren nach den ausgewählten Justiziabilitäts- und Betrugsanfälligkeitskriterien	12
Tabelle 3-3:	Bewertung des THGE/NH <sub>3</sub> E-Indikators nach den ausgewählten Datenverfügbarkeits- und -qualitätskriterien	13
Tabelle 3-4:	Bewertung des SSB-Indikators nach den ausgewählten Transaktionskostenkriterien	14
Tabelle 3-5:	Kommunizierbarkeit des THGE/NH <sub>3</sub> E-Indikators nach Zielgruppen	14
Tabelle 3-6:	Bewertung des THGE/NH <sub>3</sub> E-Indikators nach den ausgewählten Kommunizierbarkeitskriterien	15
Tabelle 4-1:	Gesamtbewertung des THGE/NH <sub>3</sub> E-Indikators	17

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1:	Relative Unterschiede zwischen der ökologischen und konventionellen Landwirtschaft hinsichtlich des Gehalts an organischem Bodenkohlenstoff ( $C_{org}/SOC$ %)	3
Abbildung 1-2:	Relative Unterschiede zwischen der ökologischen und konventionellen Landwirtschaft hinsichtlich der Emissionen von Lachgas je Hektar	3

# 1 Einleitung

Treibhausgas- und Ammoniakemissionen sind für das Klima und die Luftqualität sehr relevant (vgl. UGÖ-Schlussbericht Teil II.1). Die Landwirtschaft trägt auf verschiedene Weisen zu diesen Emissionen bei, mit über 60 Mt CO<sub>2</sub>-Äq jährlich direkt aus der deutschen Landwirtschaft (Haenel et al., 2020). Stickstoffkreisläufe (vgl. auch UGÖ-Schlussbericht Teil II.14) können zu Lachgas- und Ammoniakemissionen (N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>) sowie Nitratauswaschung (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) führen. Auch die Herstellung von N-Dünger ist sehr energieintensiv und verbunden mit Kohlendioxidemissionen (CO<sub>2</sub>). Die Bodenbewirtschaftung, einschließlich Umstellung von Grünland auf Ackerland, die Kultivierung des Bodens und die N-Düngung tragen zum Abbau von Kohlenstoff im Boden und CO<sub>2</sub>-Emissionen bei. Die Tierhaltung, vor allem von Wiederkäuern, ist zudem mit Methan- (CH<sub>4</sub>) und Ammoniakemissionen verbunden. Ammoniak ist nicht direkt als Treibhausgas (THG) zu bewerten, liefert aber Stickstoff und bildet zusammen mit Schwefel und Stickoxiden Feinstaub mit Konsequenzen für Luftqualität und menschliche Gesundheit.

## 1.1 Politische Relevanz und Vorschriften

Die Vermeidung von Emissionen aus der Landwirtschaft ist in mehreren Gesetzen und Strategien geregelt, einschließlich Klimaschutzgesetz (KSG), NEC-Richtlinie (NEC: National Emissions Ceiling), Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG), sowie in der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie (DNS) (Tabelle 1-1).

**Tabelle 1-1: Politische Ziele und Indikatoren sowie Leistungen der Landwirtschaft zum Thema Treibhausgas- und Ammoniakemissionen**

Oberziel	Qualitative Zielsetzung	Zielindikator	Leistungsformulierung*
Den Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur auf deutlich unter 2 °C u. möglichst auf 1,5 °C ggü. dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen (KSG)	Die Treibhausgas-emissionen werden im Vergleich zum Jahr 1990 schrittweise gemindert (KSG, DNS).	Jahres-THG-Emissionen der Landwirtschaft einschließlich des landwirtschaftlichen Energieverbrauchs (1.A.4)	Verminderung der direkten und indirekten THG-Emissionen
Menschen, Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter vor schädlichen Umwelteinwirkungen zu schützen und dem Entstehen schädlicher Umwelteinwirkungen vorzubeugen (BImSchV)	<p>Reduzierung von anthropogenen atmosphärischen Emissionen, um signifikante negative Auswirkungen der Luftqualität auf die menschliche Gesundheit und Umwelt zu vermeiden (NEC, DNS)</p> <p>Zum besseren Schutz der Gesundheit soll bis zum Jahr 2030 erreicht werden, dass kein Mensch in DE an seinem Wohnort einer Feinstaubkonzentration oberhalb des WHO-Richtwertes ausgesetzt ist (DNS)</p>	<p>Reduktionshöhe der jährlichen Ammoniak- und Feinstaub- (PM<sub>2,5</sub>) Emissionen im Vgl. zu 2005</p> <p>Anzahl der Menschen, die einer Feinstaubkonzentration (PM<sub>10</sub>) von mehr als 20 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel ausgesetzt sind</p>	Verminderung der Ammoniak-Emissionen

Anmerkung: \* Die zu honorierende Umweltleistung besteht in der ...

Quelle: UGÖ-Schlussbericht Teil II.1.

Das KSG verlangt jährliche Minderungsziele von der Landwirtschaft und anderen Sektoren und relevante Klimaschutzplanung, um sie zu erreichen. Das Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung sieht vor, dass der Landwirtschaftssektor im Jahr 2030 noch höchstens 58 bis 61 Mt CO<sub>2</sub>-Äq pro Jahr emittieren darf (34 bis 31 %

weniger als in 1990). Die bestehenden Instrumente (siehe oben) würden aber nur 67 Mt CO<sub>2</sub>-Äq erreichen (KSP 2030). Um noch mehr zu erreichen, ohne erhebliche Produktionseinschränkung und wettbewerbliche Benachteiligung für die Landwirtschaft, werden folgende Maßnahmen vorgesehen:

- (1) Senkung der Stickstoffüberschüsse mit Anpassung der Gesetzgebung und Förderung gasdichter emissionsarmer Güllelager und emissionsmindernder Ausbringtechnik (Minderungspotential 1,9 bis 7,5 Mt CO<sub>2</sub>-Äq jährlich);
- (2) energetische Nutzung von Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft und von landwirtschaftlichen Reststoffen in Biogasanlagen, gefördert mit neuen Instrumenten flankierend zum Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) (Minderungspotenzial 2,0 bis 2,4 Mt CO<sub>2</sub>-Äq jährlich);
- (3) weiterer Ausbau des Ökolandbaus, von 12 bis 20 % der LF bis 2030 (Minderungspotenzial 0,4 bis 1,2 Mt CO<sub>2</sub>-Äq jährlich);
- (4) Emissionsminderungen in der Tierhaltung durch Forschung, Züchtung, Entwicklung der Tierbestände und Förderung von tierwohl- und umweltfreundlichen Investitionen (Minderungspotenzial 0,3 bis 1,0 Mt CO<sub>2</sub>-Äq jährlich);

Das Düngegesetz (DüG) von 2019, die Düngeverordnung vom 01.05.2020 (DüV) und die Verordnung über den Umgang mit Nährstoffen im Betrieb und betriebliche Stoffstrombilanzen vom 14.12.2017 (Stoffstrombilanzverordnung – StoffBilV) regeln die Stickstoffdüngung im Hinblick auf die Verringerung von Stickstoffüberschüssen sowie auf die Senkung der Stickstoffmineraldüngung, auch um Lachgasemissionen zu mindern.

Die Grundsätze der guten fachlichen Praxis und die Cross-Compliance-Bestimmungen bzw. die Konditionalitäten der GAP (GAPKondV<sup>1</sup>) spezifizieren Maßnahmen zum Erhalt des guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustands (GLÖZ). GLÖZ 1: Erhaltung von Dauergrünland und GLÖZ 8: Mindestanteil der landwirtschaftlichen Fläche für nichtproduktive Flächen oder Landschaftselemente sind besonders relevant für die Erhaltung von Kohlenstoff im Boden.

Einige Bundesländer bieten Agrarumweltmaßnahmen an, die auch zur Speicherung von Kohlenstoff beitragen können, zum Beispiel Anbau von Zwischenfrüchten zur Bodenbedeckung (Winterbegrünung) und Maßnahmen zur Förderung vom Anbau von mehrj. Klee-/Luzernegras sind besonders relevant (vgl. UGÖ-Schlussbericht Teil II.12).

## 1.2 Beitrag des ökologischen Landbaus

Die Richtlinien und Verordnungen des Öko-Landbaus enthalten viele Bedingungen, die zu einer Reduktion der Treibhausgas- und Ammoniakemissionen führen sollen. Der Verzicht auf synthetische N-Dünger und deren Ersetzung durch mehrj. Klee- und Luzernegras und sonstige Leguminosen ist besonders wichtig. Synth. N-Dünger sind mit THG-Emissionen von im Durchschnitt fast 10 kg CO<sub>2</sub>-Äq/kg N verbunden (Menegat et al., 2022), einschließlich Emissionen vom Energieverbrauch in der Herstellung, die normalerweise nicht der Landwirtschaft zugeordnet werden. Mit dem Verzicht auf synth. N-Düngung könnten im Ackerbau mehr als 1.000 kg CO<sub>2</sub>-Äq/ha vermieden werden. Dazu kommen Einschränkungen in der Tierhaltung, einschließlich Tierbesatzdichte (< 2.0 GVE/ha), in der Stallhaltung (keine Spaltenböden) und eine höhere Bewertung der Wirtschaftsdünger und ihrer Behandlung und Ausbringung.

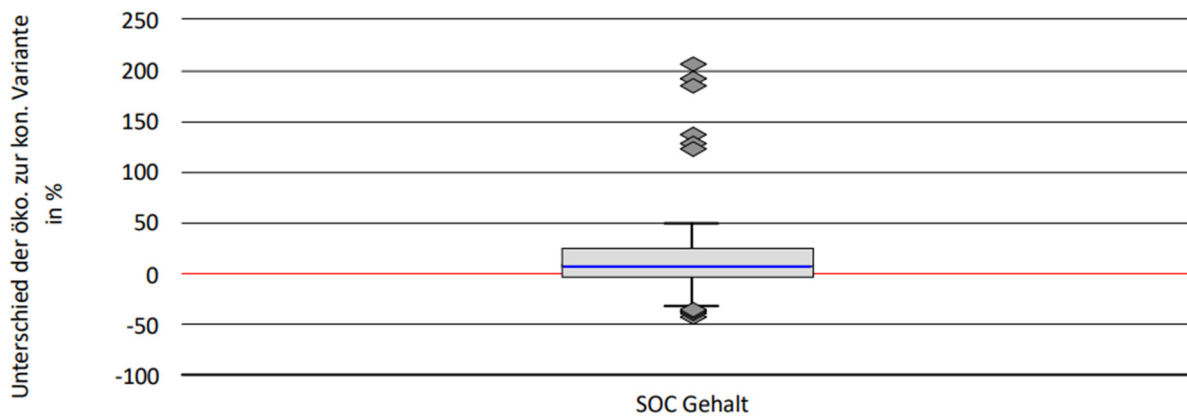
Weckenbrock et al. (2019) in Sanders und Heß (2019) stellten fest, dass der auf empirischen Messungen basierende Vergleich von bodenbürtigen Treibhausgasemissionen in gemäßigten Klimazonen positive Effekte der ökologischen Wirtschaftsweise zeigt. Im Durchschnitt weisen ökologisch bewirtschaftete Böden einen um 10 %

---

<sup>1</sup> Verordnung zur Durchführung der im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik geltenden Konditionalität (GAP-Konditionalitäten-Verordnung - GAPKondV) <https://www.gesetze-im-internet.de/gapkondv/BJNR224400022.html>, abgerufen am 28.06.2023.

höheren Gehalt an organischem Bodenkohlenstoff (Abbildung 1-1) und eine um 256 kg C/ha höhere jährliche Kohlenstoffspeicherungsrate auf. Die Lachgasemissionen sind, gemäß der ausgewerteten Studien, im Mittel um 24 % niedriger (Abbildung 1-2). Aus diesen Werten ergibt sich eine kumulierte Klimaschutzleistung des ökologischen Landbaus von 1.082 kg CO<sub>2</sub>-Äq/ha und Jahr.

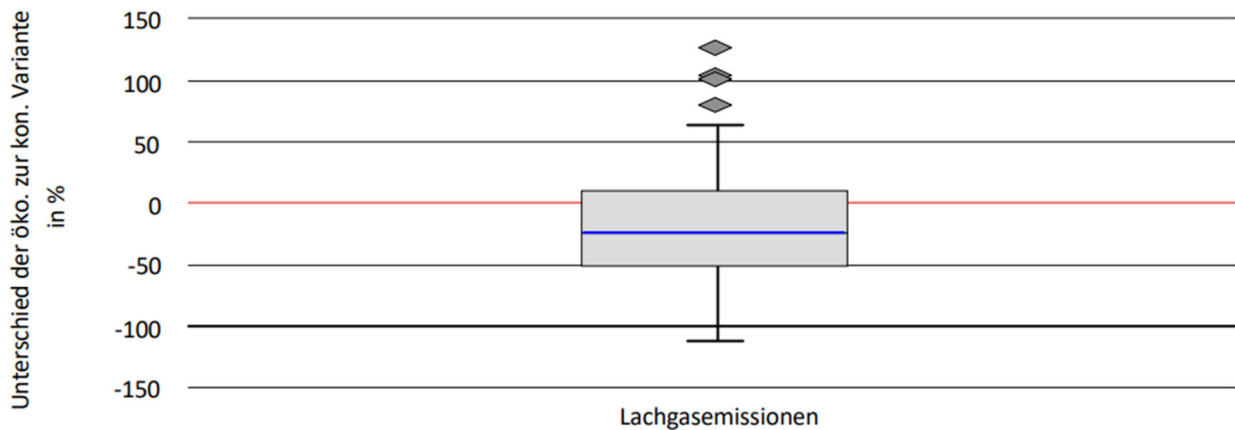
**Abbildung 1-1: Relative Unterschiede zwischen der ökologischen und konventionellen Landwirtschaft hinsichtlich des Gehalts an organischem Bodenkohlenstoff (C<sub>org</sub>/SOC %)**



Positive Werte zeigen einen erhöhten SOC % in ökologisch bewirtschafteten Flächen (kon. Variante = 0%) und deuten auf mehr Klimaschutz durch erhöhte C-Speicherung im ökologischen Landbau je Hektar hin.

Quelle: Weckenbrock et al. (2019).

**Abbildung 1-2: Relative Unterschiede zwischen der ökologischen und konventionellen Landwirtschaft hinsichtlich der Emissionen von Lachgas je Hektar**



Negative Werte zeigen niedrigere Lachgas-Emissionen in ökologisch bewirtschafteten Flächen an (kon. Variante = 0 %) und deuten auf mehr Klimaschutz durch eingesparte N<sub>2</sub>O-Emissionen je Hektar im ökologischen Landbau hin.

Quelle: Weckenbrock et al. (2019).

Aufgrund fehlender robuster empirischer Vergleichsstudien wurden die ertragsskalierten Klimaschutzleistungen qualitativ bewertet. Demnach erbringt die ökologische Landwirtschaft bezüglich ertragsskalierter Treibhausgasemissionen im Bereich Boden/Pflanze wahrscheinlich vergleichbare Leistungen wie die konventionelle Landwirtschaft. Ferner erbringt die ökologische Rinderhaltung bezüglich stoffwechselbedingter Methanemissionen pro kg Milch vermutlich niedrigere Leistungen als die konventionelle Rinderhaltung. Die

Gesamtemissionen pro kg Milch aus ökologischer und konventioneller Milchproduktion werden als wahrscheinlich vergleichbar eingestuft.

Es ist aber wichtig, bei der Ertragsskalierung Änderungen in der Nachfrage für pflanzliche Produkte wahrzunehmen. Wegen niedrigerer Tierbesatzdichten und mehr Grünfütter im ökologischen Landbau wird weniger Kraftfutter verwendet, was die Ertragsminderung zumindest teilweise ausgleichen kann (Lampkin und Padel, 2023). Die Nachfrage für tierische Produkte bei regelmäßigen Käufern von Öko-Produkten ist auch reduziert. Dies kann dazu führen, dass weniger, nicht mehr Fläche für eine Ernährung mit Öko-Produkten notwendig ist (Baudry et al., 2019).

NH<sub>3</sub>-Emissionen aus der Landwirtschaft, von denen eine indirekte Klimawirkung ausgeht, wurden in der Literaturobwertung von Weckenbrock et al. (2019) nicht berücksichtigt. Keine der 178 identifizierten Publikationen, die sich mit Ammoniakemissionen aus der ökologischen und konventionellen Landwirtschaft beschäftigt haben, basierte auf Messwerten aus Paarvergleichen. Dass wissenschaftliche Studien zu Ammoniak bislang fehlen, ist in erster Linie mit den hohen technischen Herausforderungen für solche Untersuchungen zu begründen.



## 2 Methodik

### 2.1 Zusammenfassung

THG-Bilanzen für die deutsche Landwirtschaft werden jährlich für den National Inventory Report (NIR) erfasst. Die Methodik und Ergebnisse seit 1990 sind im Thünen Report 84 und in den dazu gehörenden Excel-Tabellen auch auf Länderebene zusammengefasst (Rösemann et al., 2021a, 2021b)<sup>2</sup>. Die Methodik ist auf internationaler Ebene unter der UN Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) geregelt und vom International Panel on Climate Change (IPCC) definiert. Die Umsetzung in Deutschland, einschließlich der jährlichen Berichterstattung, und die genaue Bewertung von Koeffizienten werden vom Thünen-Institut und Projektpartnern unternommen.

Obwohl einige Tools für die Bewertung von THG-Emissionen auf betrieblicher Ebene verfügbar sind, würde eine Anpassung der NIR-Berichterstattungsmethodik auf betrieblicher Ebene die Integration mit anderen Indikatoren vereinfachen, die Dateneingabe standardisieren und regelmäßige Anpassung von Faktoren auf konsistenter Basis ermöglichen.

Die Berichte und Datentabellen von Rösemann et al. haben zusätzlich den Vorteil, dass Ammoniak- und Feinstaubemissionen gleichzeitig bewertet werden könnten. Ammoniak ist kein THG als solches, aber die Depositionen von Ammoniak aus der Luft tragen zu THG-Emissionen bei. Ammoniak trägt auch zur Bildung von Feinstaub bei. Ammoniak und Feinstaub können daher gleichzeitig mit THG-Emissionen bewertet werden; unsere weitere Arbeit hinsichtlich dieses Indikators erfolgt auf dieser Basis.

### 2.2 Detaillierte Methodenbeschreibung

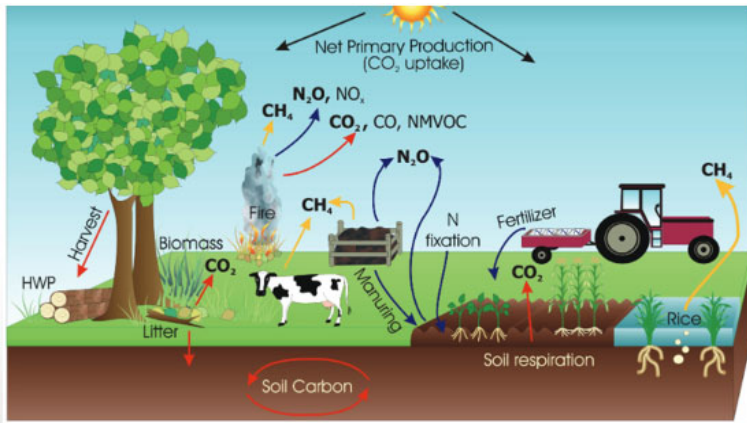
Die wichtigsten THG aus der Landwirtschaft sind Methan (CH<sub>4</sub>), Lachgas (N<sub>2</sub>O) und Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), wobei Methan prinzipiell mit der Erzeugung von Wiederkäuern und Lachgas mit der Verwendung von synthetischen und organischen Stickstoffdüngemitteln verbunden ist (Abbildung A2-1). Die fluorierten Treibhausgase ((teil-)fluorierte Kohlenwasserstoffe, Schwefelhexafluorid und Stickstofftrifluorid) sind weniger relevant und werden nicht mitgezählt. Flüchtige organische Verbindungen außer Methan (NMVOC, z. B. Formaldehyd, Benzol und Weichmacher) werden als Gruppe bewertet.

Die nationale THG-Berichterstattung (Haenel et al., 2020) unterscheidet Quellgruppen wie Landwirtschaft, Energiewirtschaft, Verkehr, Industrieprozesse und Landnutzung (LULUCF: Landuse, Landuse Change and Forestry). Nicht alle landwirtschaftlich verursachten Emissionen sind der Quellgruppe Landwirtschaft zuzuordnen, weil sie mit anderen Quellgruppen in der Wertschöpfungskette verbunden sind (Abbildung A2-2). Einige direkt von der Landwirtschaft beeinflussten Emissionen, wie zum Beispiel Treibstoffverbrauch auf landwirtschaftlichen Betrieben, sind der Energiewirtschaft zugeordnet. Andere, wie zum Beispiel die Umwandlung von Forst und Moor in landwirtschaftliche Flächen oder von Dauergrünland in Ackerland, werden unter LULUCF erfasst. In manchen Berichten werden diese Werte zusammengefasst (Abbildung A2-3). Emissionen, die die Herstellung von Betriebsmitteln (Dünger, Pflanzenschutzmitteln), Maschinen und Gebäude oder den Transport von Produkten betreffen, werden nicht der Landwirtschaft, sondern anderen industriellen Quellgruppen zugeordnet.

---

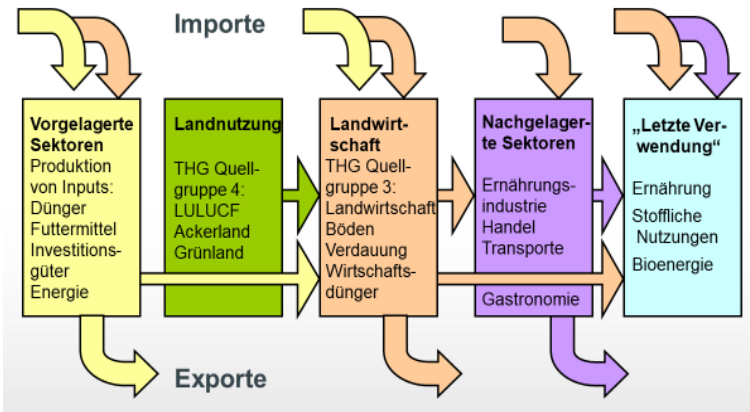
<sup>2</sup> <https://www.thuenen.de/de/themenfelder/klima-und-luft/emissionsinventare-buchhaltung-fuer-den-klimaschutz/treibhausgas-emissionen-aus-der-landwirtschaft>, abgerufen am 19.09.2023.

Abbildung 2.1: Quellen und Senken von Treibhausgasen in der Landwirtschaft und Landnutzung



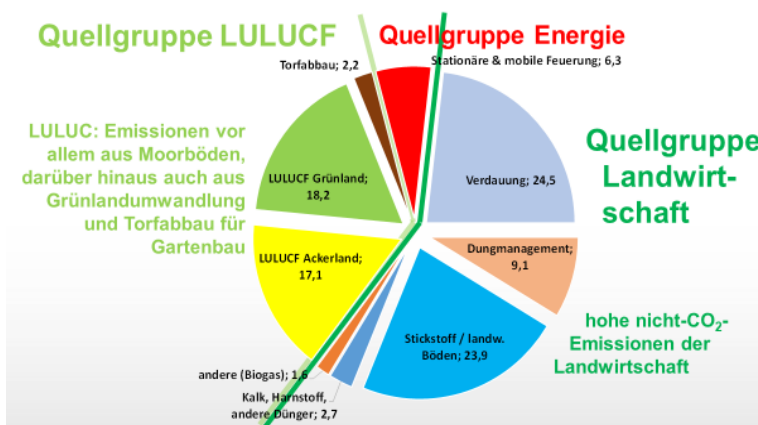
Quelle: IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (2006).

Abbildung 2.2: Kumulierte THG-Emissionen des Agrar- und Ernährungssektors entlang der Wertschöpfungskette



Quelle: Thünen-Institut (Osterburg und Lampkin, 2021)<sup>3</sup>.

Abbildung 2.3: THG-Emissionen der deutschen Landwirtschaft nach Quellgruppen, 2019



= 106 Mt CO<sub>2</sub>-Äq., 13% der deutschen Gesamtemissionen

Quelle: Eigene Darstellung (Osterburg und Lampkin, 2021) nach Daten der UBA<sup>4</sup>.

<sup>3</sup> Vortrag bei der 2. Ecosystem Accounting Tagung, Hannover, 8.–9. November 2021 (unveröffentlicht).

<sup>4</sup> [www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2546/dokumente/2020-03-11\\_trendtabellen\\_sektoren\\_und\\_vorjahresschaetzung\\_out.xlsx](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2546/dokumente/2020-03-11_trendtabellen_sektoren_und_vorjahresschaetzung_out.xlsx)  
<https://www.umweltbundesamt.de/dokument/trendtabelle-sektoren-vorlaeufige-thg-daten-2019>, abgerufen am 19.09.2023.

Die NIR-Methodik des IPCC ist eher für die nationale Berichterstattung als für die Bewertung auf Betriebsebene gedacht. Inzwischen gibt es verschiedene Tools, die für betriebliche Klimabilanzen benutzt werden könnten, zum Beispiel der Treibhausgas-Emissions-Kalkulator-Landwirtschaft (TEKLa)<sup>5</sup> aus Niedersachsen oder das Cool Farm Tool<sup>6</sup> aus Großbritannien. Einige davon, einschließlich TEKLa, basieren auf dem Berechnungsstandard für einzelbetriebliche Klimabilanzen (BEK) in der Landwirtschaft, herausgegeben vom KTBL<sup>7</sup>. Obwohl es im Prinzip möglich ist, eines von diesen Tools für das Honorierungssystem zu nutzen, gibt es dabei einige Nachteile:

- Die Daten von einzelnen Betrieben müssten getrennt eingegeben werden, mit höheren Transaktionskosten und evtl. geringerer Justiziabilität.
- Die Annahmen der unterschiedlichen Tools sind nicht immer transparent, und ein Detailvergleich wäre notwendig, um zu entscheiden welches Tool am geeignetsten ist.
- Die Berücksichtigung von ökologischen Bewirtschaftungsmaßnahmen in den Tools ist unklar oder gar nicht vorhanden.

Aus diesen Gründen wäre es sinnvoll, eine angepasste Version der THG-Berichterstattung<sup>8</sup> zu entwickeln, die mit international anerkannten Koeffizienten arbeitet, mit Anpassungen an deutsche Verhältnisse, die regelmäßig überprüft und angepasst werden (wie zum Beispiel Mathivanan et al. (2021)). Die Berichterstattungswerte für Ammoniak und Feinstaub könnten auch gleichzeitig verwendet werden, um diese Aspekte der Luftqualität darzustellen. Die meisten flächenbezogenen Koeffizienten sind gut auf die ökologische Landwirtschaft übertragbar. Für die Tierhaltung müsste überlegt werden, ob Anpassungen an den ökologischen Landbau notwendig sind, weil die Intensität der Bewirtschaftung niedriger ist und die Art der Fütterung anders ist als im Durchschnitt der deutschen Tierhaltung. Die methodische Basis, um die Tierhaltungskoeffizienten zu berechnen, könnte besser an die ökologische Bewirtschaftung angepasst werden, und dies ist auch machbar (Osterburg, pers. Mitteilung). Dazu sollten auch die Möglichkeiten des Aufbaus organischer Substanz ( $C_{org}$ ) in ökologischen Fruchtfolgen durch Kleeerasenbau bewertet werden. Die Nebeneffekte in anderen Sektoren, wie zum Beispiel bei der Herstellung von N-Düngemitteln, sind für Vergleiche zwischen Ökobetrieben weniger relevant als für Vergleiche mit konventionellen Betrieben.

Falls Ammoniakwerte (und indirekt Feinstaub, weil Feinstaub mit Ammoniak verbunden ist) zu schwierig zu berechnen sind, wäre es möglich Tierbesatzdichte als Proxy zu verwenden, obwohl Aspekte wie Stallhaltung sowie Wirtschaftsdüngerlagerung und -ausbringung nicht dabei mitgezählt werden.

## 2.3 Notwendige Inputdaten

Ähnlich wie für Stoffstrom- und Humusbilanzen sind Landnutzungsdaten (differenziert nach Kulturart und Haupt-/Zwischenfrucht) und Tierzahlen (differenziert nach Art und Altersgruppe) notwendig. Solche Daten können von Verwaltungsdaten wie InVeKos, HIT und LPIS übertragen werden und werden auch für andere Indikatoren benutzt. Die Art der Behandlung, Lagerung und Ausbringung von innerbetrieblichem Stallmist, Gülle und Biogasgärresten muss erfasst werden, wobei die Mengen eher über Standarddaten zu schätzen sind. Zu- und Verkäufe von mineralischem und organischem Dünger, differenziert nach Art und Nährstoffgehalt, müssen auch erfasst werden, evtl. in Verbindung mit der Stoffstrombilanzierung und Werkzeugen wie BESyD<sup>9</sup> (vgl. UGÖ-Schlussbericht Teil II.14).

<sup>5</sup> [https://www.lwk-niedersachsen.de/lwk/news/35108\\_Rechentool\\_TEKLa\\_f%C3%BCr\\_Deutschen\\_Innovationspreis\\_f%C3%BCr\\_Klima\\_und\\_Umwelt\\_nominiert](https://www.lwk-niedersachsen.de/lwk/news/35108_Rechentool_TEKLa_f%C3%BCr_Deutschen_Innovationspreis_f%C3%BCr_Klima_und_Umwelt_nominiert), abgerufen am 19.09.2023.

<sup>6</sup> <https://coolfarmtool.org>, abgerufen am 19.09.2023.

<sup>7</sup> <https://www.ktbl.de/themen/bek>, abgerufen am 19.09.2023.

<sup>8</sup> Thünen Report 91 [https://literatur.thuenen.de/digbib\\_extern/dn064675.pdf](https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn064675.pdf), abgerufen am 19.09.2023.

<sup>9</sup> <https://www.landwirtschaft.sachsen.de/duengebedarfsermittlung-besy-d-20619.html>, abgerufen am 19.07.2023.

**Tabelle 2-1: Zusammenfassung der notwendigen Inputdaten und mögliche Datenquellen**

Quelle	InVekoS	LPIS	GLÖZ	Kontrolle	Betriebs- unterlagen	Proben	Drohnen	Fern- erkundung	Statistik/ Stand.daten
<i>Zukäufe/Zufuhr</i>									
Mineralische Düngemittel				X	X				
Org. Dünger (Art, Bewirtschaftung, Ausbringung)				X	X				
Kalkdüngung									
Harnstoffdüngung									
Treibstoff/Energie									
Futtermittel				X	X				
Tiere (Art und Alter)	X			X	X				
Beweidung (Tiere, Tage)					X				
<i>Verkäufe/Abfuhr</i>									
Pflanzl. Erträge/tierische Produkte					X				X
Tiere					X				X
Org. Dünger					X				X
<i>Sonstige</i>									
Fläche	X				X				
Landnutzung	X				X				
Tierbesatz nach Art und Alter	X				X				
Stallhaltungsform und -dauer					X				
Wirtschaftsdünger: Bewirtschaftung und Ausbringungsmethoden					X				
Biogaserzeugung					X				
Betriebstyp	X				X				
Bodentyp (Textur)					X				
Organische (Moor) Böden					X				
Humusgehalt (C <sub>org</sub> )					X				
Humusmineralisierung									X

Quelle: Eigene Darstellung.

Um die Datennotwendigkeit und die Komplexität der Berechnungen zu reduzieren, ist es vorstellbar, eine reduzierte Berechnung zu verwenden, die nur die wichtigsten Elemente einbezieht (zum Beispiel Tieranzahl, synth. Stickstoffmengen, Anteil mehrj. Klee-, Luzerne- oder Ackergras, Anteil Landschaftselemente). Diese sind auch mehr mit Verwaltungsdaten händelbar. Hier könnten eventuell auch Diesel und Strom mitberechnet werden – Daten zu Diesel zumindest sind über die Agrardieselvegütung einfach vorhanden. Auch relevant, aber schwieriger zu berechnen wäre die C-Speicherung in Verbindung mit neuen Landschaftselementen oder Erweiterung des Anteils mehrj. Klee-gras.

## 2.4 Leistungsbestimmung (Schwellenwerte)

Einzelne Betriebe könnten in kg CO<sub>2</sub>-Äq THG-Emissionen pro Hektar bewertet werden, und die Ergebnisse mit Durchschnittswerten für Betriebstypen wie Ackerbau, Milchvieh usw. verglichen werden. Leider sind gute Daten zu THG-Emissionen nach Betriebstyp zurzeit nicht verfügbar (Stetter und Sauer, 2022), so dass eine Differenzierung nach Betriebstypen auf der Basis von statistischen Daten wie in Tabelle 2-2 vorgeschlagen nicht möglich wäre. Als Alternative könnten die Betriebe eines Types in Quartile gruppiert werden, so dass die 25 %

mit niedrigsten THG-Emissionen die höchsten Prämien bekommen würden. Absolute Werte könnten auch als Grenzwerte für eine differenzierte Bezahlung benutzt werden, falls geeignete Daten vorliegen. Für Grünlandbetriebe wäre auch eine Differenzierung von Berg- und Hochlandbetrieben gegenüber anderen wünschenswert.

Es ist möglich, dass niedrigere Erträge und Tierbestände sowie eine geänderte Anbaustruktur im ökologischen Landbau zu Verlagerungseffekten führen können, die die Klimaschutzwirkung konterkarieren kann. Es wird argumentiert, dass produktbezogene Emissionsvergleiche relevanter sind, zumindest um konventionelle und ökologische Betriebe zu vergleichen. Weckenbrock et al. (2019) argumentierten dagegen, wegen der wesentlich schwächeren Datengrundlage und der schwierigen technischen Umsetzbarkeit im Falle unterschiedlicher Feldfrüchte im selben Beobachtungsraum. Implizit in solchen Diskussionen enthalten ist auch die Annahme, dass die Nachfrage konstant bleibt. Diese Annahme stimmt nicht unbedingt, weil:

- weniger Tiere auch weniger Futtergetreide brauchen; das kann der die Ertragsminderung entgegenwirken;
- der Kraftfutterbedarf pro Tier für die Tierhaltung sich ändert (mehr Grünfutter, weniger Getreide);
- Öko-Verbraucher weniger Fleisch und Milchprodukte konsumieren;
- Verhaltensänderungen bei Öko-Verbrauchern zu weniger Food-Waste führen könnten.

Außerdem sind die Ertragsunterschiede im Vergleich zwischen Öko-Betrieben weniger relevant, und die Arbeit, um produktbezogene Werte zu kalkulieren, ist deswegen weniger zielführend. Vorgeschlagen ist, flächenbezogenen Werte zu priorisieren (Tabelle 2-2).

**Tabelle 2-2 Vorschläge für THGE- und NH3E-Indikator-Schwellenwerte**

Indikator	Einheit	Gruppierung	Sehr gut (Stufe 3)	Gut (Stufe 2)	Mäßig (Stufe 1)	Basis (Stufe 0)	Anmerkung/Quelle
Treibhausgase gesamt CO <sub>2</sub> -Äquivalente	kg CO <sub>2</sub> -Äq/ha LF	Anteilig nach Betriebstyp	< 33 % des Ø-Wertes	33-67 % des Ø-Wertes	> 67 % des Ø-Wertes	> Ø-Wert	
		Alle	< 1.000	1.000-2.000	> 2.000-3.000	> 3.000	Umweltbundesamt <sup>10, 11</sup>
Ammoniak	kg NH <sub>3</sub> /ha LF	Tierhaltende Betriebe	< 25	25–50	> 50-70	> 70	Umweltbundesamt <sup>12</sup>

Quelle: Eigene Zusammenstellung.

<sup>10</sup> Ø alle DE-Betriebe im Jahr 2021: 54,8 Mt CO<sub>2</sub>-Äq/18,1 Mha LF = 3,0 t CO<sub>2</sub>-Äq/ha LF. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/beitrag-der-landwirtschaft-zu-den-treibhausgas#treibhausgas-emissionen-aus-der-landwirtschaft>, abgerufen am 19.09.2023.

<sup>11</sup> Öko im Durchschnitt >1.000kg weniger als konv., nach Weckenbrock et al. (2019) und Rahmann et al. (2008).

<sup>12</sup> Ø alle DE-Betriebe im Jahr 2021: 500 kt NH<sub>3</sub>/18,1 Mha LF = 28 kg NH<sub>3</sub>/ha LF; wenn über Futterbau- und Veredlungsbetriebe verteilt, ist das 500 kt NH<sub>3</sub>/7,0 Mha LF = 72 kg NH<sub>3</sub>/ha LF. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftschadstoff-emissionen-in-deutschland/ammoniak-emissionen#entwicklung-seit-1990>, abgerufen am 19.09.2023.

### 3 Indikatorqualitätsbewertung

Die Methodik der Bewertung wurde in UGÖ-Schlussbericht Teil II.4 vorgestellt. Hier werden nur einzelne Aspekte wiederholt als Verständnishilfe für die Detailergebnisse des Indikators.

#### 3.1 Aussagekraft

Bei der Aussagekraft eines Indikators handelt es sich um die Fähigkeit des Indikators, das erwünschte Zielniveau oder die Leistungserbringung möglichst genau darzustellen. Die politischen Ziele, im Kontext vom Leitbild der nachhaltigen Entwicklung und Umweltgerechtigkeit, und dafür relevante Leistungen sind im Abschnitt 1.1 dargestellt.

Unter Aussagekraft sind folgende Aspekte wichtig:

- **Relevanz:** Der Indikator hat Bezug oder Nähe (theoretisch und zeitlich) zum Problem, zum Ziel oder zur erwünschten Leistung. Im Prinzip haben ergebnisorientierte Indikatoren einen engeren Bezug zum Problem als handlungsorientierte. Allerdings können methodische oder andere Überlegungen dazu führen, dass handlungsorientierte Indikatoren als besser geeignet bewertet werden. Relevanz heißt auch, dass Handlungsebenen direkt beeinflusst werden können und Handlungsbereiche für die Agierenden (Politik, Verwaltung, Unternehmen, Verbände ...) handhabbar sind.
- **Repräsentativität und Sensibilität:** Die tatsächliche Situation und Änderungen in der beobachteten Situation können gut abgebildet werden.
- **Vergleichbarkeit:** Inwieweit und unter welchen Umständen sind Kontextfaktoren, zum Beispiel ähnliche Standorte (Boden, Klima, Hangneigung) oder Produktionssystem/Betriebstypen (Ackerbau-, Gemüsebau-, Milch-, sonstige Grünlandbetriebe usw.), für die Interpretation der Indikatoren von Bedeutung.
- **Komplementarität und Duplikation** unter den Indikatoren, bezogen auf das Logikmodell (vgl. UGÖ-Schlussbericht Teil II.5): Ist ein Indikator auch für andere Schutzgüter bzw. Ziele relevant oder sind die gleichen Daten für mehrere Indikatoren relevant, können unnötige Überlappungen mit anderen Indikatoren oder wiederholte Datenerhebung vermieden werden.

Eine Fünf-Punkte-Bewertungsskala (++: sehr hoch/gut, +: hoch/gut, 0: mäßig/ausreichend, -: niedrig/schlecht, --: sehr niedrig/schlecht) wurde verwendet, um die einzelnen Indikatoren nach den Kriterien zu benoten.

**Tabelle 3-1: Bewertung des THGE/NH3E-Indikators nach den ausgewählten Aussagekraftkriterien**

Kriterien	Bewertung	Anmerkungen/Quellen
Relevanz (theoretisch, zeitlich, politisch, Umwelt, Praxis)		Der Klimawandel hat eine sehr hohe politische Priorität, sie findet Ausdruck im Klimaschutzgesetz und in der jährlichen THG-Berichterstattung, die auch die Landwirtschaft im Detail beobachtet. THG-Emissionen sind besonders wichtig, um den Beitrag der Landwirtschaft zum Klimawandel zu berechnen.
Leistung 1: Minderung der THG-Emissionen	+	Ammoniakemissionen sind auch indirekt relevant für das Klima, weil NH <sub>3</sub> -Depositionen zu Lachgasemissionen führen können. NH <sub>3</sub> -Emissionen haben auch Folgen für Luftqualität und menschliche Gesundheit durch Feinstaubbildung und für Biodiversität durch Eutrophierung.
Leistung 2: Minderung der NH <sub>3</sub> -Emissionen	+	Die Emissionen können auf betrieblicher Ebene berechnet werden, entweder durch die Nutzung relevanter Werkzeuge oder mit Hilfe von Faktoren der THG-Berichterstattung. Der Indikator ist ergebnisorientiert. Unterschiedliche Praxismaßnahmen können die Werte beeinflussen, zum Beispiel mineralische N-Düngung, Tierbesatzdichte, Bodenbearbeitung sowie Zukäufe von organischem Dünger und von Futter.

Kriterien	Bewertung	Anmerkungen/Quellen
Repräsentativität	+	Die Repräsentativität hängt von der Intensität der Tierhaltung ab, deswegen ist es notwendig, zwischen vieharmen/viehlosen und tierbetonten Betrieben zu unterscheiden sowie auch zwischen Stallhaltungssystemen für Schweine und Geflügel und grünlandbasierten Systemen für Wiederkäuer.
Sensibilität	+	Die THGE- und NH <sub>3</sub> E-Werte sind teilweise mit InVeKoS-Landnutzungs- und Tierhaltungsdaten zu berechnen. Daten zu Zukäufen und Abgaben müssen anders erhoben werden und könnten von der Vorgehensweise beeinflusst werden. Die Umrechnungsfaktoren müssen auch zwischen unterschiedlichen Systemen differenzieren können, wie ökol. und konv. Betrieben.
Vergleichbarkeit	+	Eine Gruppierung nach vieharmen/viehlosen Betriebe (wo CO <sub>2</sub> - und N <sub>2</sub> O-Emissionen relevanter sind) und tierbetonten Betriebe (wo CH <sub>4</sub> - und NH <sub>3</sub> -Emissionen relevanter sind) oder nach Betriebstyp wäre relevant. Dies gilt auch für Nicht-Wiederkäuer wegen Freilandhaltung und Wirtschaftsdüngerbehandlung.
Komplementarität	+	Es könnte Überschneidungen mit SSB-, VND-, AKG- und TBD-Indikatoren geben. Die Kombination VND-, AKG- und TBD-Indikatoren könnte auch als Proxy für THG-Emissionen dienen, sowie TBD als Proxy für NH <sub>3</sub> E.
Gesamtbewertung Aussagekraft	+	Hoch

Quelle: Eigene Darstellung.

### 3.2 Justiziabilität und Betrugsanfälligkeit

Vor allem, weil es sich um öffentliche Mittel handelt, muss mit den Indikatoren eine hohe Justiziabilität gewährleistet werden können. Auf der einen Seite müssen die Betrugsmöglichkeiten möglichst geringgehalten werden. Auf der anderen Seite muss es möglich sein, dass, wenn einzelne Betriebe unterschiedliche Bewertungen bekommen, diese Bewertungen eine gerichtliche Überprüfung bestehen können. Wichtige Kriterien dafür sind:

- rechtliche Grundlage (klare Definition einschließlich Methodenbeschreibung und technischer Koeffizienten/Umrechnungsfaktoren)
- Messbarkeit/Quantifizierbarkeit (Präzision/Genauigkeit)
- Evidenzbasiertheit (betriebliche Belege, Forschung oder statistische Gesicherheit)
- Replizierbarkeit/Verlässlichkeit (zwischen Betrieben, unter Datensammlern, über Zeit)
- Betrugsanfälligkeit (Möglichkeiten, Daten anzupassen, um bestimmte Ergebnisse zu erzielen)

Eine Fünf-Punkte-Bewertungsskala (++: sehr hoch/gut, +: hoch/gut, 0: mäßig/ausreichend, -: niedrig/schlecht, --: sehr niedrig/schlecht) wurde verwendet, um die einzelnen Indikatoren nach den Kriterien zu benoten.

**Tabelle 3-2: Bewertung des THGE/NH3E-Indikatoren nach den ausgewählten Justiziabilitäts- und Betrugsanfälligkeitskriterien**

Kriterien	Bewertung	Anmerkungen/Quellen
Rechtliche Grundlage	++	Die THG- und NH <sub>3</sub> -Emissionen sind gut definiert, nach IPCC-THG-Berichterstattungsrichtlinien und Ammoniak-Regelungen. Eine betriebliche Bewertung ist noch nicht vorgeschrieben.
Messbarkeit/ Quantifizierbarkeit	+	THG- und NH <sub>3</sub> -Emissionen sind gut quantifizierbar, wenn eine Lösung für die Kontrolle der Zukäufe und Abgabe von Betriebsmitteln und Produkten gefunden werden kann. Die gut etablierte Methodik und meist gute Datengrundlage ermöglichen eine hohe Genauigkeit.
Evidenzbasiertheit	0	Mehrere wissenschaftliche Veröffentlichungen über die Umweltvorteile reduzierter Emissionen und die Berechnungsmethodik liegen vor, obwohl weniger Studien auf Betriebsebene vorhanden sind. Viele Aspekte sind statistisch gut gesichert, aber es ist noch nicht möglich, Zukäufe und Abgaben (auch Erträge), besonders im ökologischen Landbau, anhand statistischer Daten zu schätzen. Deswegen ist eine Alternative, um die Daten zu sammeln und zu kontrollieren, wie hier vorgeschlagen, notwendig. Es fehlen auch angepasste Berechnungsfaktoren für die ökologische Tierhaltung.
Replizierbarkeit/ Verlässlichkeit	+	Replizierbarkeit ist gut, dank meist guter Datengrundlage und geregelter Berechnungsmethodik. Die THGE- und NH <sub>3</sub> E-Werte können direkt auf Betriebsebene berechnet werden. Der Zeitpunkt der Datensammlung ist von der InVeKoSV festgelegt. Es ist unklar, inwieweit gut informierte Berater*innen oder Betriebsleiter*innen die Ergebnisse selber beeinflussen können.
Betrugsanfälligkeit	-	Hinsichtlich der Betrugsanfälligkeit ist dieser Indikator (wie SSB) als schlecht zu bewerten, weil die Werte für Erträge und organische Düngemittel (Mengen und Nährstoffgehalte) in der Stoffstrombilanzberechnung oft nicht genau festzulegen oder zu belegen sind. Ein standardisiertes Berechnungssystem könnte helfen, dieses Problem zu lösen.
Gesamtbewertung Justiziabilität	0	Mäßig bis hoch, falls die identifizierten Schwächen gelöst werden können.

Quelle: Eigene Darstellung.

### 3.3 Datenverfügbarkeit und -qualität

Im Prinzip sollen Indikatoren auf der Grundlage (dauerhaft) verfügbarer oder leicht zu erhebender Daten einfach zu messen und zuverlässig/belastbar sein. Die Daten sollen praktikabel zu erheben und nicht zu sehr expertenabhängig sein. Möglicher Datenbedarf sowie mögliche Datenquellen und deren Verfügbarkeit sind schon in Abschnitt 2.3 und UGÖ-Schlussbericht Teil II.3 erfasst worden.

Um die Datenverfügbarkeit zu bewerten, müssen zudem die Qualität der Daten und die Verlässlichkeit der Datenquelle bzw. Erhebungsmethode berücksichtigt werden. Die Erhebungskosten müssen auch akzeptabel sein (siehe ebenfalls den Abschnitt zu Transaktionskosten). Wo möglich sollte eine mehrfache Lieferung ähnlicher Daten, zum Beispiel Landnutzungsdaten an InVeKoS und Kontrollstellen, vermieden werden. Für die Bewertung sind folgende Kriterien verwendet worden: Verlässlichkeit der Datenquelle; Datenqualität; Verlässlichkeit der Erhebungsmethode; und Vermeidung mehrfacher Datenerhebung.

Eine Fünf-Punkte-Bewertungsskala (++: sehr hoch/gut, +: hoch/gut, 0: mäßig/ausreichend, -: niedrig/schlecht, --: sehr niedrig/schlecht) wurde verwendet, um die einzelnen Indikatoren nach den Kriterien zu benoten.



**Tabelle 3-3: Bewertung des THGE/NH3E-Indikators nach den ausgewählten Datenverfügbarkeits- und -qualitätskriterien**

Kriterien	Bewertung	Anmerkungen/Quellen
Verlässlichkeit der Datenquelle	+	Die IPCC-Methoden der THG-Berichterstattung werden verwendet, so dass die Umrechnungsfaktoren als verlässlich bewertet werden können. InVeKoS ist für Landnutzungsdaten sehr gut etabliert und verlässlich. Kontrollierbare Daten zu Zukäufen und Abgaben müssen noch geregelt werden.
Datenqualität	+	Die Datenqualität ist meist hoch und wird regelmäßig kontrolliert und verbessert. Einige Faktoren, vor allem im Bereich Tierhaltung, sind noch nicht an den ökol. Landbau angepasst.
Verlässlichkeit der Erhebungsmethode	+	Meist hoch, wo standardisierte Daten vorhanden sind, mit einigen Schwachstellen
Vermeidung mehrfacher Erhebungen	0	Eine geregelte Lösung für Zukäufe und Abgaben würde eine doppelte Datenerhebung vermeiden.
Gesamtbewertung Daten	+	Mäßig bis hoch, mit Verbesserungsmöglichkeiten

Quelle: Eigene Darstellung.

### 3.4 Transaktionskosten

Die Transaktionskosten, die mit der Datenerhebung und -prüfung verbunden sind (Zeitaufwand, Ausgaben), müssen möglichst geringgehalten werden, so dass möglichst viele Fördermittel zielgemäß verwendet werden können. Transaktionskosten können auf der Seite der Geldgeber oder auf der Seite der Empfänger\*in vorkommen. Beispiele sind die Entwicklung von Verwaltungssoftware, Berechnung und Kontrolle von Ergebnissen sowie der Arbeitszeitbedarf für Betriebsleiter\*innen, um Anträge zu stellen, Daten und Unterlagen zu liefern und so weiter. Auch relevant können besondere Kosten für die Probenahme und Analyse von Bodenproben oder direkte Biodiversitätserhebungen sein. Um die Transaktionskosten zu bewerten, werden die verschiedenen Kostenarten qualitativ aufgelistet und, wenn möglich, tatsächliche Kosten spezifiziert oder geschätzt.

Die meisten Daten, die für eine THG-Bilanz notwendig sind, kommen entweder von Lieferscheinen und Belegen oder von betrieblichen Strukturdaten, die auch für die Buchhaltung, die Öko-Kontrolle und die Stoffstrombilanzverordnung notwendig sind. Im Prinzip gibt es daher keine großen zusätzlichen Kosten, es sei denn eine doppelte Arbeit bei der Eingabe, um diese Daten zu erheben und zu berechnen. Ein geregeltes Verfahren mit den Kontrollstellen mit einer einheitlichen Softwareschnittstelle in Verbindung mit Stoffstrombilanzen könnte dabei helfen. Falls mit aktuell verfügbaren Klima-Tools gearbeitet werden muss, mit Hilfe von Beratern, könnten die Kosten jährlich 1.000 bis 2.500 € betragen.

Um die Folgen für Verwaltungen und Betriebe zusammenzufassen, wurde eine Fünf-Punkte-Bewertungsskala (++: sehr hoch/gut, +: hoch/gut, 0: mäßig/ausreichend, -: niedrig/schlecht, --: sehr niedrig/schlecht) verwendet.

**Tabelle 3-4: Bewertung des SSB-Indikators nach den ausgewählten Transaktionskostenkriterien**

Kriterien	Bewertung	Anmerkungen/Quellen
Verwaltungskosten	+	Die Transaktionskosten auf Verwaltungsebene könnten niedrig sein, falls verlässliche, geregelte Berechnungsmethoden für THG- und Ammoniakbilanzen vorliegen. IT-Anpassungskosten könnten relevant sein, sind aber dem Gesamthonorierungssystem zuzurechnen.
Betriebskosten	-	Die Betriebskosten für die Berechnung von THG- und Ammoniakbilanzen können hoch sein, es sei denn, die Berechnung der Stoffstrombilanzen kann in eine standardisierte IT-Lösung integriert werden.
Gesamtbewertung Transaktionskosten	0	Mäßig bis schlecht

Quelle: Eigene Darstellung.

### 3.5 Kommunizierbarkeit

Um tatsächliche Verhaltensänderungen mit dem Honorierungssystem zu erreichen, vor allem bei Landwirt\*innen, aber auch bei Verbraucher\*innen, Behörden und Politiker\*innen, sollten die Indikatoren für eine breite Öffentlichkeit verständlich und einfach in relevanten Kontexten zu interpretieren sein. Dies würde helfen, Zielsetzungen zu vermitteln, Interesse zu wecken und Innovationen zu inspirieren. Es könnte auch helfen, Fehlentscheidungen auf der Basis einer zu begrenzten Auswahl an Indikatoren zu vermeiden. Eine jährliche Indikatoren-Berichterstellung könnte der Kommunikation des Programms dienen.

Um die Kommunizierbarkeit zu bewerten, wäre es notwendig, die einzelnen Indikatoren unterschiedlichen Zielgruppen vorzustellen. Das ist in diesem Projekt nicht vorgesehen. Eine einfache, qualitative Bewertung der Kommunizierbarkeit wird trotzdem versucht, in Hinsicht auf folgende Kriterien (Tabelle 3-5): Durchschaubarkeit der Methodik; Komplexität der Umsetzung; Interpretierbarkeit der Ergebnisse; Änderungsmotivation.

**Tabelle 3-5: Kommunizierbarkeit des THGE/NH3E-Indikators nach Zielgruppen**

	Landwirt*innen	Behörden	Politiker*innen	Verbraucher*innen
Durchschaubarkeit der Methodik	Mäßig	Hoch	Mäßig	Niedrig
Komplexität der Umsetzung	Mäßig bis schwierig	Einfach (mit Programmierung)	Nichtzutreffend	Nichtzutreffend
Interpretierbarkeit der Ergebnisse	Mäßig bis hoch	Mäßig bis hoch	Mäßig bis hoch, je nach Engagement	Mäßig
Änderungsmotivation	Mäßig bis hoch	Mäßig	Mäßig	Niedrig
Gesamt	Mäßig bis hoch	Mäßig bis hoch	Mäßig	Mäßig

Quelle: Eigene Darstellung.

Für die Gesamtbewertung der Kommunizierbarkeit wurde eine Fünf-Punkte-Bewertungsskala (++: sehr hoch/gut, +: hoch/gut, 0: mäßig/ausreichend, -: niedrig/schlecht, --: sehr niedrig/schlecht) verwendet, um die einzelnen Indikatoren nach den Kriterien zu benoten (Tabelle 3-6).

**Tabelle 3-6: Bewertung des THGE/NH<sub>3</sub>E-Indikators nach den ausgewählten Kommunizierbarkeitskriterien**

Kriterien	Bewertung	Anmerkungen/Quellen
Durchschaubarkeit der Methodik	0	Die Durchschaubarkeit ist ausreichend für Menschen, die regelmäßig mit THG-Bilanzen arbeiten.
Komplexität der Umsetzung	+	Die Berechnung von THG- und NH <sub>3</sub> -Bilanzen kann kompliziert sein. Hilfe von Berater*innen ist evtl. notwendig. Die Entwicklung und Verbreitung von Berechnungstools wie BESyD und die Integration mit Stoffstrombilanzen könnten dabei helfen.
Interpretierbarkeit der Ergebnisse	+	Die Interpretierbarkeit von THG- und NH <sub>3</sub> -Emissionen, ausgedrückt in kg Emissionen pro ha, sollte gut möglich sein, zumindest für Landwirt*innen und Behörden, weil die Ergebnisse auch für die Praxis eine Bedeutung haben.
Änderungsmotivation	0	Die Änderungsmotivation für Betriebsleiter*innen könnte hoch sein, falls sie merken, wie viele kg/ha jährlich emittiert werden. Aber einige Lösungen, wie verbesserte Stallhaltung und Wirtschaftsdüngerbehandlungssysteme sind kapitalintensiv und nicht unbedingt sofort durchführbar.
Gesamtbewertung Kommunizierbarkeit	+	Mäßig bis hoch

Quelle: Eigene Darstellung.

### 3.6 UGÖ-Modul-A-Ergebnisse: Ausschnitt aus dem Schlussbericht Teil 1 (2023)

#### Kumulative Emissionen von Lachgas (N<sub>2</sub>O)

Die gemessenen kumulativen Lachgasemissionen liegen zwischen 0,006 und 10,53 kg N<sub>2</sub>O pro Hektar und Jahr, mit einem Mittelwert von 2,52 kg N<sub>2</sub>O pro Hektar und Jahr. Der Effekt der Bodenbearbeitung ist zwar signifikant, jedoch kann dieses Ergebnis aufgrund der geringen Datenlage (lediglich drei Studien haben direkte Vergleiche zur Bodenbearbeitung angestellt) nicht weiter ausgewertet werden.

#### Kumulative Emissionen von Methan (CH<sub>4</sub>), Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>), und Ammoniak (NH<sub>3</sub>)

Aufgrund der geringen Datenlage zu den kumulativen Emissionen von Methan, Kohlenstoffdioxid und Ammoniak wurden hierzu keine statistischen Analysen durchgeführt. Methan wird meist im Kontext der Tierhaltung untersucht, ein Bereich, der in unserer Suche nicht aufgenommen wurde. Bodenbürtige Kohlenstoffdioxidemissionen werden häufig untersucht, um die Aktivität von Mikroorganismen zu bestimmen, jedoch selten im Kontext des Klimawandels. Die in Studien ermittelten Werte sind meist als Flussraten oder Konzentrationen in Inkubationsexperimenten gemessen und lassen sich nicht auf jährliche kumulative Emissionen umrechnen. Zu Ammoniakemissionen existieren im Freiland wenige Studien, da Messungen mit einigen methodischen Schwierigkeiten verbunden sind. Ammoniak ist hochreaktiv, sodass viele herkömmlich verwendete Materialien nicht in Frage kommen, um Messungen durchzuführen. Für die Ziele dieser Arbeit war die Studienlage zu Kohlenstoffdioxid-, Methan- und Ammoniakemissionen zu gering.

#### Fazit

Den größten Einfluss auf die Schutzgutindikatoren hat der Studieneffekt. Die gemessenen Werte variieren stärker zwischen Studien als innerhalb von Studien. Dies kann auf eine Reihe an studienspezifischen Faktoren zurückgeführt werden. Untersuchungen in verschiedenen Studien zu der gleichen Bewirtschaftungspraktik unterscheiden sich in zahlreichen Aspekten, wie den untersuchten Standorten, klimatischen Bedingungen,

Beobachtungsjahren, Messzeitpunkten, Messmethoden, Bewirtschaftungshistorien und in den weiteren angewandten Bewirtschaftungspraktiken

N<sub>2</sub>O-Emissionen sind abhängig von der mikrobiellen Aktivität im Boden und werden durch zahlreiche Bewirtschaftungspraktiken wie Düngeregime und Fruchtfolge beeinflusst. Aufgrund der geringen Datenlage konnten in der vorliegenden Arbeit keine Effekte zu Lachgasemissionen ermittelt werden. Zwar stellt die Bodenbearbeitung einen signifikanten Faktor dar, jedoch beruht dieser Wert auf lediglich drei Studieneinträgen und kann somit nicht als repräsentativ angesehen werden.

Fehlende Studien sind grundsätzlich ein großer Schwachpunkt dieser Arbeit. So fehlen auch zu CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und NH<sub>3</sub> Studien, um Analysen durchführen zu können. Ein weiteres Problem sind neben fehlenden Studien auch fehlende Daten. So sind zu vielen potentiellen Einflussfaktoren, wie Stickstoff- und Kohlenstoffinputs, Fruchtfolgeninformationen oder auch der Bodenbearbeitungstiefe nicht ausreichend Daten vorhanden, um zuverlässige Analysen durchzuführen. Ein großer Vorteil von Metaanalysen ist die Möglichkeit, Praktiken auch über den standort- und studienspezifischen Kontext hinaus beurteilen zu können und somit allgemeingültige Ergebnisse abzuleiten. Dies ist aber nur dann möglich, wenn genügend Daten vorhanden sind. Hinzu kommt, dass die durchgeführten Praktiken vergleichbar sein müssen, was nicht immer gegeben ist. Die fehlende Standardisierung von verwendeten Definitionen und Vorgehensweisen stellt somit ein weiteres Hindernis dar. Ein Beispiel hierfür ist die Bodenbearbeitung, wo der Begriff reduzierte Bodenbearbeitung je nach Publikation unterschiedlich verwendet wird: um bestimmte Maschinen, bestimmte Bearbeitungstiefen, oder auch die Anzahl an Überfahrten zu beschreiben.

Die von uns gewählte Herangehensweise weist somit Schwächen auf und kann mit der aktuellen Studienlage keinen umfassenden Überblick über die Klimawirkung unterschiedlicher Bewirtschaftungspraktiken innerhalb des Ökolandbaus liefern. Dennoch lassen sich Trends ableiten, die größtenteils mit der bereits publizierten Forschung einhergehen. So konnten auch im Systemvergleich zwischen ökologischer und konventioneller Landwirtschaft die gleichen Klimavorteile des Ökolandbaus beobachtet werden, wie in bereits bestehenden Analysen (Sanders und Heß, 2019). Die in der Literatur und in dieser Arbeit als klimarelevant identifizierten Bewirtschaftungspraktiken sind ein wichtiger Bestandteil des Ökolandbaus. Schonende Bodenbearbeitung, die Verwendung organischer Dünger sowie diverse Fruchtfolgen mit mehrjährigem Leguminosenanbau sind essentieller Bestandteil der ökologischen Bewirtschaftung und werden auch in der EU-Richtlinie im Kontext des Klimawandels erwähnt (siehe Bezugnahme zu den Produktionsvorschriften des ökologischen Landbaus). Inwiefern eine weitere Anpassung dieser grundlegenden Bewirtschaftungsmaßnahmen innerhalb des Ökolandbaus zum Klimaschutz beiträgt, lässt sich anhand unserer Ergebnisse nicht final beurteilen. Eine konkrete Ableitung für ein ergebnisorientiertes Honorierungssystem der Klimaleistungen des Ökolandbaus lässt diese Arbeit nicht zu. Weitere Forschung ist nötig, die sich spezifisch mit unterschiedlichen Bewirtschaftungspraktiken innerhalb des Ökolandbaus befasst. Zusätzlich sollten Definitionen und Vorgehensweisen der unterschiedlichen Praktiken in der Forschung standardisiert werden, um Vergleiche zwischen Studien zu vereinfachen.

Diese Arbeit bietet einige Hinweise auf Bewirtschaftungspraktiken, die das Potential haben, einen positiven Einfluss auf das Klima zu haben. Der Verzicht auf eine wendende Bodenbearbeitung, die Verwendung von organischen Düngern und der Anbau von Leguminosen können mit höherem organischem Kohlenstoff einhergehen. Es zeigt sich jedoch, dass standortbedingte Faktoren einen großen Einfluss auf Klimaindikatoren haben, was allgemeingültige Beurteilungen einzelner Praktiken erschwert. Hinzu kommt, dass die aktuelle Studienlage nicht ausreicht, um anhand der hier verwendeten Methode ein ergebnisorientiertes Honorierungssystem zu gestalten. Hierfür bedarf es weiterer Forschung innerhalb des Ökolandbaus mit dem Fokus auf spezifischen, klar definierten Bewirtschaftungspraktiken.

## 4 Schlussfolgerung

THGE und NH3E eignen sich gut als Indikatoren für Emissionen, die das Klima und die Luftqualität beeinträchtigen. Die Methodik ist kompliziert, aber gut geregelt, und es ist möglich, mit einigen IT-Entwicklungen, mit geringen Kosten eine Berechnung durchzuführen, eventuell auch in Zusammenhang mit der Stoffstrombilanzierung (vgl. UGÖ-Schlussbericht Teil II.14). Die Aussagekraft wird auch von der Genauigkeit der Ertragsschätzung und Zufuhr an Dünge- und Futtermitteln beeinflusst. Falls eine standardisierte Berechnungsmethodik nicht einfach umzusetzen wäre, gibt es Möglichkeiten, mit einer vereinfachten THG-Berechnung zu arbeiten, wo nur synth. N-Dünger, Tierbesatzdichte, Anteil mehrj. Klee-, Luzerne oder Ackergras und eventuell auch Dieserverbrauch berechnet werden. Es gibt auch die Möglichkeit, mit Proxy-Indikatoren wie Verzicht auf synth. N-Dünger, Anteil mehrj. Klee-/Leguminosen und Tierbesatzdichte für THG-Emissionen und mit Tierbesatzdichte als Proxy für NH<sub>3</sub>-Emissionen zu arbeiten.

**Tabelle 4-1: Gesamtbewertung des THGE/NH3E-Indikators**

Kriterien	Bewertung
Aussagekraft	+
Justiziabilität und Betrugsanfälligkeit	0
Datenverfügbarkeit und -qualität	+
Transaktionskosten	0
Kommunizierbarkeit	+
Gesamtbewertung	+

Quelle: Eigene Darstellung.

Trotz Schwächen in der Justiziabilitäts- und Betrugsanfälligkeitsbewertung und Schwierigkeiten, die Transaktionskosten für die Berechnung niedrig zu halten, würde es sich lohnen, eine standardisierte Lösung zu finden, die diese Schwächen und Schwierigkeiten reduzieren könnten. Die THGE- und NH3E-Indikatoren sind deswegen für das Honorierungssystem zu empfehlen, mit dem Hinweis auf Proxy-Möglichkeiten, falls Lösungen in vorhersehbarer Zeit nicht verfügbar werden.

## 5 Literaturverzeichnis

- Baudry J, Pointereau P, Seconda L, Vidal R, Taupier-Letage B, Langevin B, Allès B, Galan P, Herberg S, Amiot M-J, Boizot-Szantai C, Hamza O, Cravedi J-P, Debrauwer L, Soler L-G, Lairon D, Kesse-Guyot E (2019) Improvement of diet sustainability with increased level of organic food in the diet: findings from the BioNutriNet cohort. *Am J Clin Nutr* 109(4):1173-1188. doi: 10.1093/ajcn/nqy361
- 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: Thünen Report 77. Braunschweig: Thünen-Institut
- Lampkin N, Padel K (2023) Environmental impacts of achieving the EU's 25% organic land by 2030 target: a preliminary assessment. Brussels: IFOAM Organics Europe
- Löw P, Osterburg B, Garming H, Neuenfeldt S (2021) Evaluierung der Stoffstrombilanzverordnung. Drucksache 20/411. Berlin: Deutscher Bundestag (20. Wahlperiode)
- Mathivanan GP, Eysholdt M, Zinnbauer M, Rösemann C, Fuß R (2021) New N<sub>2</sub>O emission factors for crop residues and fertiliser inputs to agricultural soils in Germany. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 322:107640
- Menegat S, Ledo A, Tirado R (2022) Greenhouse gas emissions from global production and use of nitrogen synthetic fertilisers in agriculture. *Sci Rep* 12(1):14490. doi: 10.1038/s41598-022-18773-w
- Rahmann G, Aulrich K, Barth K, Böhm H, Koopmann R, Oppermann R, Paulsen HM, Weißmann F (2008) Klimarelevanz des Ökologischen Landbaus: Stand des Wissens. *Landbauforschung - vTI Agriculture and Forestry Research* 58:71-89
- Rösemann C, Haenel H-D, Vos C, Dämmgen U, Döring U, Wulf S, Eurich-Menden B, Freibauer A, Döhler H, Schreiner C, Osterburg B, Fuß R (2021a) Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 – 2019: Report on methods and data (RMD) Submission 2021. Thünen Report 84. Braunschweig: Thünen Institut
- Rösemann C, Haenel H-D, Vos C, Dämmgen U, Döring U, Wulf S, Eurich-Menden B, Freibauer A, Döhler H, Schreiner C, Osterburg B, Fuß R (2021b) Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990-2019: Input data and emission results. Braunschweig: Thünen-Institut
- Sanders J, Heß J (eds) (2019) Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft. 2. überarbeitete und ergänzte Auflage. Thünen Report 65. Braunschweig: Thünen-Institut
- Stetter C, Sauer J (2022) Greenhouse Gas Emissions and Eco-Performance at Farm Level: A Parametric Approach. *Environ Resource Econ* 81(3):617-647. doi: 10.1007/s10640-021-00642-1
- Weckenbrock P, Sanchez-Gellert HL, Gattinger A (2019) Klimaschutz. In: Sanders J, Heß J (eds) Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft. 2. überarbeitete und ergänzte Auflage. Thünen Report 65. Braunschweig: Thünen-Institut



THÜNEN

*UGÖ-Schlussbericht Teil II.16*

**Kontext, Methodik und Qualität von Indikatoren zur Bewertung von Umweltleistungen:  
Treibhausgasemissionen (THGE) und Ammoniakemissionen (NH<sub>3</sub>E)**

Thünen-Institut für Betriebswirtschaft  
Bundesallee 63  
DE-38116 Braunschweig