

Statistisches Amt
für Hamburg und
Schleswig-Holstein



Schleswig-Holstein
Ministerium für Energiewende,
Landwirtschaft, Umwelt, Natur
und Digitalisierung

Entwicklung der Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft in Schleswig-Holstein und im Vergleich zum Bundesdurchschnitt

Langfassung

Kiel, den 27. Januar 2022

Impressum

Herausgeber:

Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung
des Landes Schleswig-Holstein
Mercatorstraße 3
24106 Kiel

Ansprechpartner/innen:

Bettina Meyer
Referat V 60 - Klimaschutz, Anpassung an den Klimawandel, Bioökonomie
T: 0431 988 - 7217
E-Mail: bettina.meyer@melund.landsh.de

Dr. Anna-Catharina Wollmer
Referat V 60 - Klimaschutz, Anpassung an den Klimawandel, Bioökonomie
T: 0431 988 - 7265
E-Mail: anna-catharina.wollmer@melund.landsh.de

Dr. Thorsten Reinsch
Referat V 20 - Grundsatzangelegenheiten der Landwirtschaft
T: 0431 988-4931
E-Mail: thorsten.reinsch@melund.landsh.de

Statistische Analysen:

Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein
Standort Kiel
Postfach 7130
24171 Kiel

Referat 23 - Umwelt, Energie, Gesamtrechnungen (SH)

Dr. Hendrik Tietje, T: 0431 6895-9196
E-Mail: hendrik.tietje@statistik-nord.de

Shira-Lee Teunis, T: 0431 6895-9361
E-Mail: shira-lee.teunis@statistik-nord.de

Übersicht

Eine Kurzfassung mit weiteren Daten und Erläuterungen steht hier zur Verfügung:

https://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/K/klimaschutz/klimaschutz_landwirtschaft

| | |
|---|-----------|
| A. Methodik der Treibhausgas-Bilanzierung in der Landwirtschaft..... | 6 |
| B. Entwicklung der Emissionen der einzelnen Treibhausgase der Landwirtschaft in Schleswig-Holstein | 9 |
| 1. Methanemissionen aus der Tierhaltung | 9 |
| 2. Distickstoffoxidemissionen aus Düngung und Tierhaltung | 11 |
| 3. Exkurs: THG-Bilanzierung von Strom erzeugenden Biogasanlagen | 15 |
| 4. CO ₂ -Emissionen aus dem Energieverbrauch der Landwirtschaft | 21 |
| C. Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen der Landwirtschaft in Schleswig-Holstein auch im Vergleich zum Bundesdurchschnitt | 22 |
| 1. Anteil der Landwirtschaft an den THG-Emissionen in SH und D | 22 |
| 2. Gründe für Unterschiede bei Anteilen und Entwicklung der Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft zwischen SH und D | 24 |
| 3. Entwicklung der THG-Emissionen der Landwirtschaft in Schleswig-Holstein | 26 |
| 4. Änderungsraten der THG-Emissionen der Landwirtschaft in Schleswig-Holstein und bundesweit | 26 |
| D. Entwicklung der Emissionen aus Landnutzung und Landnutzungsänderungen (LULUCF) in Schleswig-Holstein | 28 |
| 1. Emissionen und Senken des Sektors LULUCF in Schleswig-Holstein | 29 |
| 2. Entwicklung der THG-Emissionen aus LULUCF in Schleswig-Holstein..... | 30 |
| 3. Anteile der Treibhausgase CO ₂ , N ₂ O und CH ₄ an den Gesamtemissionen des LULUCF-Sektors und deren Entwicklung..... | 33 |
| 4. Flächennutzung und THG-Emissionen von mineralischen und organischen Böden in Schleswig-Holstein | 34 |
| 5. Flächennutzung und Treibhausgasemissionen von landwirtschaftlich genutzten Böden Schleswig-Holsteins | 39 |
| E. Vergleich von spezifischen Emissionen für landwirtschaftliche Produkte..... | 44 |
| Anhang: Emissionsquellen bei den THG-Emissionen der Landwirtschaft | 47 |
| Literaturverzeichnis | 48 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|---|----|
| Tabelle 1: Der Landwirtschaft zurechenbare THG-Emissionen und ihre Erfassung in der THG-Bilanzierung bundesweit und in Schleswig-Holstein | 7 |
| Tabelle 2: Unterschiede und Anwendungsfelder für THG-Bilanzierungen nach Quellenprinzip und produktspezifischen Analysen | 8 |
| Tabelle 3: Treibhausgasemissionen 2019 in Schleswig-Holstein (Quellenbilanz) | 23 |
| Tabelle 4: Vergleich von zentralen Kenndaten von Schleswig-Holstein und Deutschland (alle Angaben für das Jahr 2019) | 25 |
| Tabelle 5: Emissionsquellen bei den THG-Emissionen der Landwirtschaft inklusive energiebedingter CO ₂ -Emissionen | 47 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abb. 1: Entwicklung des Milchkuhbestandes, der resultierenden Methanemissionen und der entsprechenden Emissionsfaktoren | 10 |
| Abb. 2: Erträge in dt/ha im Durchschnitt der Jahre 2014 - 2019 im Vergleich zwischen Schleswig-Holstein und Deutschland | 13 |
| Abb. 3: THG-Emissionen von Biogasanlagen im Vergleich zum deutschen Strommix | 17 |
| Abb. 4: THG-Emissionen der Landwirtschaft (ohne LULUCF) | 26 |
| Abb. 5: Änderungsraten der THG-Emissionen aus Landwirtschaft und Landnutzung 1990 - 2019 in Schleswig-Holstein und Deutschland | 28 |
| Abb. 6: Emissionen und Senken des Sektors LULUCF in Schleswig-Holstein 2019 | 30 |
| Abb. 7: Einbindungen und Emissionen aus LULUCF nach Flächennutzungskategorien in Mio. t CO ₂ -Äquivalenten von 1990 bis 2019 | 31 |
| Abb. 8: Flächenentwicklung im Sektor LULUCF nach Flächennutzungskategorien in 1000 ha | 33 |
| Abb. 9: Treibhausgasemissionen des Sektors LULUCF differenziert in CO ₂ , N ₂ O und CH ₄ | 34 |
| Abb. 10: Flächennutzung mineralischer und organischer Böden in Schleswig-Holstein 2019 | 36 |
| Abb. 11: Flächennutzung (a) mineralischer und (b) organischer Böden in Schleswig-Holstein von 1990 bis 2019 | 37 |
| Abb. 12: THG-Emissionen aus mineralischen und organischen Böden differenziert nach Acker, Grünland und Wald sowie aus Biomasse 2019 | 38 |
| Abb. 13: CO ₂ , N ₂ O- und CH ₄ -Emissionen aus ackerbaulich genutzten mineralischen und organischen Boden von 1990 bis 2019 | 40 |
| Abb. 14: Landnutzungsänderung von Dauergrünland zu Ackerland auf mineralischen und organischen Böden zwischen 1990 und 2019 in Schleswig-Holstein | 41 |
| Abb. 15: CO ₂ , N ₂ O und CH ₄ -Emissionen aus mineralischen und organischen Böden unter Grünland von 1990 bis 2019 | 42 |
| Abb. 16: Landnutzungsänderung von Ackerland zu Dauergrünland auf mineralischen und organischen Böden zwischen 1990 und 2019 in Schleswig-Holstein | 43 |
| Abb. 17: CO ₂ -Fußabdruck je Energieeinheit (kWh) unterschiedlicher landwirtschaftlicher Produkte | 44 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|------------------|---|
| AK UGRdL | Arbeitskreis Umweltökonomische Gesamtrechnungen |
| B-KSG | Bundes-Klimaschutzgesetz |
| CAU | Christian-Albrechts-Universität |
| CH ₄ | Methan |
| CO ₂ | Kohlendioxid (1 Tonne C = 3,67 Tonnen CO ₂) |
| D | Deutschland |
| DBFZ | Deutsches Biomasseforschungszentrum |
| ECM | Energy corrected milk (energiekorrigierte Milch) |
| EWKG | Energiewende- und Klimaschutzgesetz |
| F-Gase | fluorierte Treibhausgase (Sammelbegriff für teilfluorierte Kohlenwasserstoffe, perfluorierte Kohlenwasserstoff, Schwefelhexafluorid und Stickstofftrifluorid) |
| FNR | Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe |
| GHD | Gewerbe, Handel, Dienstleistungen |
| ha | Hektar |
| KTBL | Kuratorium für Technik und Bauwesen |
| kWh | Kilowattstunde |
| LF | Landfläche |
| LLUR | Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume |
| LULUC | Landnutzung und Landnutzungsänderung (Land Use and Land-Use Change) |
| LULUCF | Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (Land Use, Land-Use Change and Forestry) |
| MELUND | Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung |
| N | Stickstoff |
| NaWaRo | Nachwachsende Rohstoffe |
| N ₂ O | Distickstoffmonoxid („Lachgas“) |
| NIR | National inventory report (Nationaler Inventarbericht) |
| SH | Schleswig-Holstein |
| THG | Treibhausgase |
| TWh | Terrawattstunden |

A. Methodik der Treibhausgas-Bilanzierung in der Landwirtschaft

Für **Deutschland** werden vom Umweltbundesamt jährlich Daten zu den Emissionen der Treibhausgase vorgelegt. Das derzeit jüngste Treibhausgasinventar wurde im Januar 2021 veröffentlicht und bezieht sich auf das Jahr 2019.¹ Es umfasst Daten für Kohlenstoffdioxid (CO₂), Methan (CH₄), Lachgas (Distickstoffoxid, N₂O), teilhalogenierte Fluorchlorkohlenwasserstoffe (H-FKW), perfluorierte Kohlenwasserstoffe (FKW), Schwefelhexafluorid (SF₆) und – ab dem Bilanzierungsjahr 2015 zusätzlich und rückwirkend bis 1990 – Stickstofftrifluorid (NF₃).

Auf **Ebene der Bundesländer** ist die Erfassung der Treibhausgasemissionen nicht verpflichtend. Trotzdem berechnen und veröffentlichen fast alle Bundesländer mit Hilfe einer einheitlichen Methodik auf Grundlage ihrer Energiebilanzen und im Rahmen des Länderarbeitskreises "Energiebilanzen" CO₂-Bilanzen für ihr Bundesland. Eine Treibhausgasberechnung von Methan (CH₄) und Distickstoffdioxid (N₂O) wird im Rahmen des Monitorings Energiewende und Klimaschutz für Schleswig-Holstein nach einheitlicher Methodik des Arbeitskreises Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder (AK UGRdL) durch das Statistische Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein durchgeführt. Die Berechnungen für den Bereich Landwirtschaft werden bundesweit und für alle Bundesländer vom Thünen-Institut übernommen. Daten liegen für CO₂ für die Jahre 1990 bis 2019, sowie für N₂O und CH₄ für die Jahre 1990, 1995, 2000 und 2003 bis 2019 vor.

Die Landesregierung berichtet in den jährlich im Juni vorgelegten Energiewende- und Klimaschutzberichten über die Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Schleswig-Holstein.²

Die Landwirtschaft verursacht durch vier Aktivitäten Treibhausgasemissionen: Tierhaltung, Düngung, Energieverbrauch in der Landwirtschaft sowie durch Formen der Landnutzung und Landnutzungsänderungen (z.B. Drainierung von Moorflächen und Umbruch von Dauergrünland zu Ackerland). In den offiziellen deutschen (vom Umweltbundesamt erstellten) Treibhausgasbilanzen werden die vier Aktivitäten weitgehend erfasst, so dass bundesweit der Beitrag der Landwirtschaft zu den Treibhausgasemissionen fast vollständig darstellbar ist. Für die Bundesländer ist in der THG-Bilanzierung der Landwirtschaft Tierhaltung, Düngung und seit 2020 auch die Landnutzung und Landnutzungsänderung darstellbar. Weiterhin wird in den THG-Bilanzierungen - sowohl für Deutschland als auch differenziert nach Bundesländern - auch die Treibhausgasminderung durch Nutzung von Wirtschaftsdüngern in Biogasanlagen geschätzt.

¹ Umweltbundesamt (2021), "Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2021", <https://www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/berichterstattung-unter-der-klimarahmenkonvention-6>

² www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/K/klimaschutz/energiewendeKlimaschutzberichte.html

In Schleswig-Holstein (wie in allen weiteren Bundesländern) liegen keine statistischen Daten zum Energieverbrauch der Landwirtschaft und daraus entstehenden CO₂-Emissionen vor. Allerdings können diese Daten näherungsweise geschätzt werden (siehe Abschnitt B.4). Daten bezüglich der Treibhausgasemissionen aus Landnutzung und Landnutzungsänderungen liegen inzwischen auch für die Ebene der Bundesländer, erarbeitet vom Thünen-Institut, vor. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht, welche Daten deutschlandweit und für Schleswig-Holstein verfügbar sind:

Tabelle 1: Der Landwirtschaft zurechenbare THG-Emissionen und ihre Erfassung in der THG-Bilanzierung bundesweit und in Schleswig-Holstein

| Emissionsquelle (bzw. Emissionssenke) | Treibhausgas (THG) | THG-Bilanzierung D | THG-Bilanzierung SH |
|---|--|--|---------------------|
| 1. a) Tierhaltung (Verdauungsemissionen und Exkrememente) | Methan | Ja | |
| b) Minderung durch Nutzung von Exkrementen in Biogasanlagen | Methan | Ja, seit 2014 ³ | |
| 2. Düngung | Lachgas | Ja | |
| 3. Landnutzung und Landnutzungsänderungen (LULUCF) | Kohlendioxid, Methan und Lachgas | Ja, aber keine Berücksichtigung bei Minderungszielen (Kohlendioxid, Methan und Lachgas) (nur nachrichtliches Monitoring) | |
| 4. CO₂-Emissionen aus Energieverbrauch der Landwirtschaft | Kohlendioxid | Teilweise / Schätzungen | |
| 5. Düngemittelproduktion* | Kohlendioxid | Nein * | |
| * CO ₂ -Emissionen aus der energieintensiven Herstellung der Düngemittel werden bei der Industrie verbucht und somit nicht dem Sektor Landwirtschaft zugeordnet. | | | |

Es wird auch hier das in der internationalen und nationalen THG-Bilanzierung übliche Quellenprinzip angewendet. Dies impliziert, dass weder der Landwirtschaft zuzurechnende Emissionen aus der Vorkette (z.B. für den Import von Futtermitteln und die Herstellung von Düngemitteln) noch Minderungsbeiträge der schleswig-holsteinischen Landwirtschaft an anderer Stelle (z.B. durch Export von Lebensmitteln) berücksichtigt

³ Für eine Darstellung der Annahmen und Ergebnisse siehe Kapitel B.3.

werden. Dies ist bei der Interpretation der im Folgenden bereitgestellten Daten zu berücksichtigen. Tabelle 2 verdeutlicht die Unterschiede und Anwendungsfelder der beiden wesentlichen Methoden zur Bilanzierung der Treibhausgasemissionen:

Tabelle 2: Unterschiede und Anwendungsfelder für THG-Bilanzierungen nach Quellenprinzip und produktspezifischen Analysen

| | THG-Bilanzierung nach Quellenbilanz | Bilanzierung produktspezifischer THG-Emissionen |
|--|--|---|
| Methodischer Grundansatz | Bilanzierung der THG-Emissionen für eine bestimmte Region bzw. flächenspezifisch (hier z.B. direkte Emissionen der Landwirtschaft in Schleswig-Holstein) | Bilanzierung der THG-Emissionen für bestimmte Produkte bzw. je Produkteinheit (z.B. pro Liter Milch oder pro kg Getreide) |
| Berücksichtigung gesamte Prozesskette | Nein (nur Emissionen durch Produktion oder Konsum in einer bestimmten Region) | Ja (auch vor- oder nachgelagerte Emissionen werden berücksichtigt) |
| Berücksichtigung Verlagerungseffekte | Nein | Ja (Emissionen werden unabhängig vom Ort der Entstehung bilanziert) |
| Relevanz für Fragestellungen | Monitoring THG-Emissionen für Erreichung klimapolitischer Ziele von Regionen | Bestimmung effektiver und kosteneffizienter Klimaschutzmaßnahmen |

Für die Klimaschutzpolitik müssen beide Bilanzierungsweisen mit ihren jeweiligen Aussagemöglichkeiten berücksichtigt werden. In diesem Papier stehen in den Kapiteln B und C die Bilanzierungen nach dem Quellenprinzip im Vordergrund, während in Kapitel E exemplarisch produktspezifische Emissionen von ausgewählten landwirtschaftlichen Produkten betrachtet werden.

B. Entwicklung der Emissionen der einzelnen Treibhausgase der Landwirtschaft in Schleswig-Holstein

1. Methanemissionen aus der Tierhaltung

Der Anteil der Landwirtschaft an den Methanemissionen ist in Schleswig-Holstein mit 79% erheblich höher als im Bundesgebiet (63%). Dies liegt zum einen daran, dass die Landwirtschaft in Schleswig-Holstein eine höhere Bedeutung hat als im bundesweiten Durchschnitt, und zwar sowohl bei der Tierhaltung (höchste Rinderdichte⁴, insbesondere Milchkühe) als auch bei dem höchsten Anteil der landwirtschaftlichen Fläche an der Gesamtfläche. Zum anderen ist zu berücksichtigen, dass in einigen Bundesländern weiterhin ein hoher Anteil des Bergbaus und dessen Nachwirkungen an den Methanemissionen zu verzeichnen ist und die relative Bedeutung der Methanemissionen der Landwirtschaft im Durchschnitt Deutschlands entsprechend kleiner ausfällt.

Die Minderung der Methanemissionen insgesamt im Zeitraum 1990 bis 2019 fällt in Schleswig-Holstein mit 26,4% erheblich niedriger aus als in Deutschland (58,2%). Ein wesentlicher Einflussfaktor ist der geringere Rückgang der Methanemissionen der Landwirtschaft. Während diese bundesweit um 23,3% reduziert wurden, sanken sie in Schleswig-Holstein nur um 16,8%. Der Rückgang der Emissionen in der Landwirtschaft ist maßgeblich durch die Entwicklung der Tierbestandszahlen zu erklären (siehe [Abb. 1](#)). Gesunken ist die Anzahl der Rinder in Schleswig-Holstein insgesamt um 33% (gegenüber deutschlandweit 40%), der Milchkühe (minus 20%, auf jetzt 376.900 - der tiefste Stand seit 2010) und der Schafe (minus 46%). Lediglich die Anzahl der Schweine ist mit 0,6% Zuwachs seit 1990 annähernd gleichgeblieben, 2018 und 2019 erreichen jedoch die Schweinebestände den niedrigsten Stand seit 2004.

Im Jahr 2019 stammen knapp 87% der landwirtschaftlichen Methanemissionen aus der Rinderhaltung und fast 9% aus der Haltung weiterer Nutztiere wie Schweine, Schafe, Hühner oder Pferde, weitere 4,4% gehen auf die Vergärung von Pflanzen zurück. Der im Zeitraum 1990 bis 2019 um 33% gesunkene Rinderbestand steht den lediglich um 21,3% gesunkenen Emissionen aus der Rinderhaltung (Verdauung und Ausbringung von Wirtschaftsdüngern) gegenüber. Dies liegt maßgeblich daran, dass der Anteil des Milchkuhbestandes am Gesamtrinderbestand im gleichen Zeitraum um 6 Prozentpunkte auf 37% gestiegen ist. Auch die Milchleistung pro Kuh ist im gleichen Zeitraum um zwei Drittel (66%, Bundesdurchschnitt 76%) angestiegen, damit sind auch erhöhte Methanemissionen pro Milchkuh verbunden.

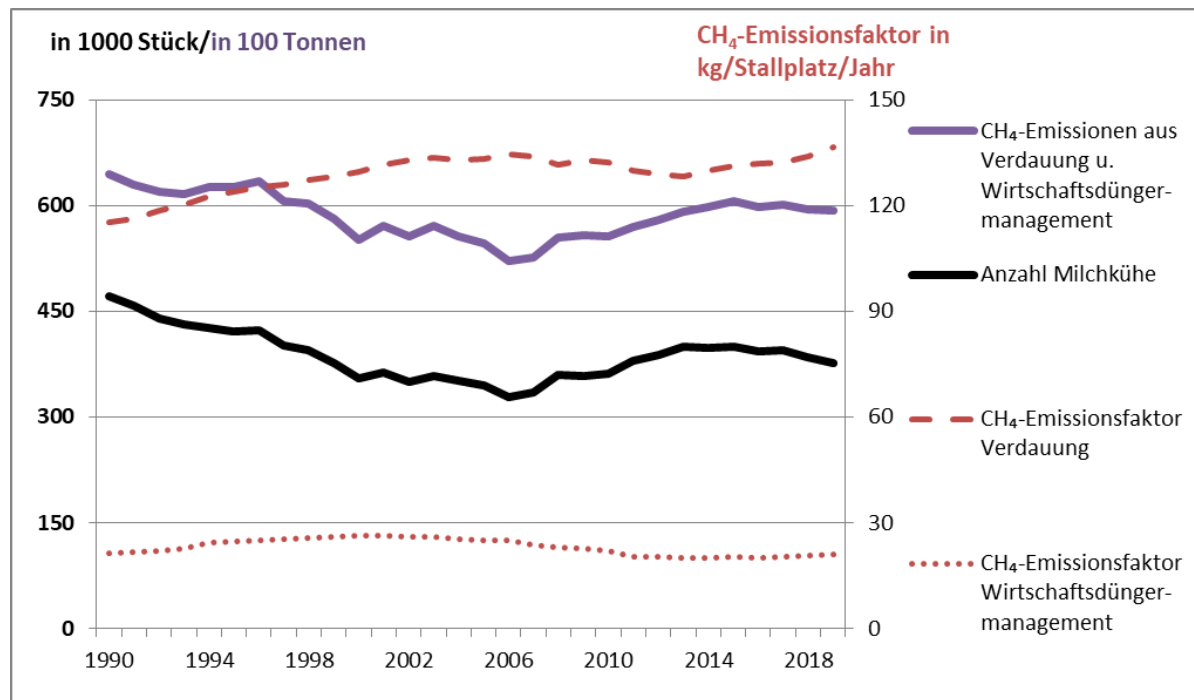
Die Entwicklungen der Emissionsfaktoren für Verdauung und Wirtschaftsdüngermanagement pro Stallplatz für Milchkühe zeigen seit 1990 unterschiedliche Tendenzen: Während der Faktor für die Verdauung aus oben genannten Gründen um 18% (+21,1

⁴ Nach Angaben des TI weist Schleswig-Holstein 2019 mit 1,07 Rindern/ha die höchste Viehdichte auf. An zweiter Stelle steht Bayern mit 1,03, gefolgt von Niedersachsen mit 1,00 und Nordrhein-Westfalen mit 0,97 Rindern/ha. Die Fläche ist hierbei die Summe aus Acker- und Dauergrünland gemäß TI.

kg CO₂-Äquivalente pro Stallplatz) weiter gestiegen ist, ist der für das Wirtschaftsdüngermanagement dagegen um 0,9% (-0,2 kg CO₂-Äquivalente pro Stallplatz) gesunken. Ein wichtiger Einflussfaktor für die Senkung des Emissionsfaktors für Wirtschaftsdüngermanagement liegt im Anstieg der Vergärung – während 1990 noch kein Wirtschaftsdünger aus der Rinderhaltung vergoren wurde, lag der Anteil bei den Milchkühen 2019 bei 16,3% und bei den übrigen Rindern bei 10,1%. Dem stehen bundesweite Anteile von 22,1% für Milchkühe bzw. 11,1% für übrige Rinder gegenüber. Weiterhin hat die Anzahl der mit hohen Emissionsfaktoren versehenen Milchkühe in Schleswig-Holstein gegenüber 1990 um 94.680 Tiere (minus 20%) insgesamt abgenommen (im Bundesdurchschnitt minus 37%); nach einem Tiefstand 2006 stieg der Bestand an Milchkühen in Schleswig-Holstein bis 2015 wieder auf 400.000 Tiere an. Dabei waren in den Jahren 2008 und 2011 Zuwächse von 25.000 bzw. 18.000 Tieren zu verzeichnen. Seitdem ist die Zahl wieder rückläufig und liegt heute bei 376.900 Tieren. Mit zunehmender Milchleistung steigen die Methanemissionen pro Einzeltier an. Vor dem Hintergrund steigender Milchleistungen je Kuh sind theoretisch weniger Kühe notwendig, um eine gegebene Milchmenge zu erzeugen. In der Praxis nehmen die Milchmengen jedoch zu, das heißt die steigende Milcherzeugung pro Kuh wird nicht durch abnehmende Rinderbestände kompensiert.

[Abb. 1](#) zeigt weiterhin, dass der Emissionsfaktor aus Verdauung pro Rind mehr als sechsmal so hoch ist wie der Emissionsfaktor aus Wirtschaftsdüngermanagement.

Abb. 1: Entwicklung des Milchkuhbestandes, der resultierenden Methanemissionen und der entsprechenden Emissionsfaktoren



Quelle: Statistikamt Nord

Bei anderen Nutztieren⁵ ist insgesamt eine Minderung der Methanemissionen aus Verdauung und Wirtschaftsdüngermanagement um 10,6% seit 1990 zu verzeichnen. Den weitaus größten Emissionsanteil in diesem Bereich mit 75,4% hatte 2019 die Schweinehaltung. Trotz der 2019 im Vergleich zu 1990 ähnlich hohen Schweinebestände (plus 0,6%) sanken die Emissionen leicht um 0,3%. Auch hier überlagerte ein steigender Emissionsfaktor pro Stallplatz für die Verdauung (plus 16,5%) den sinkenden Faktor für Wirtschaftsdüngermanagement (minus 4,9%). Die Emissionsentwicklung verläuft wesentlich gedämpfter als die gesamtdeutsche: Hier nehmen die Schweinebestände um 18,5% und die Emissionen um insgesamt 14,4% ab. Gleichzeitig sind die Schafbestände in Schleswig-Holstein um 46% weiter deutlich gesunken, was eine Abnahme der Emissionen in diesem Bereich von fast 40% bedingt. Die Schafzahlen sind 2019 auf dem niedrigsten Niveau seit 2013.

2. Distickstoffoxidemissionen aus Düngung und Tierhaltung

Distickstoffoxid- (N₂O-, Lachgas-) Emissionen entstammen in der Landwirtschaft nur zu einem geringen Anteil aus der Tierhaltung und überwiegend aus den mit Stickstoff gedüngten Böden.

Nach einem stetigen Anstieg der N₂O-Emissionen aus der Landwirtschaft in Schleswig-Holstein seit 1995, konnte ab 2015 eine Minderung und 2018 sowie 2019 eine Reduzierung um 9,2% gegenüber 1990 verzeichnet werden. In Deutschland sind die N₂O-Emissionen aus der Landwirtschaft im gleichen Zeitraum um 14,9% gesunken.

Die N₂O-Emissionen aus der Tierhaltung in Schleswig-Holstein hatten daran lediglich einen Anteil von 8,5% mit einem Zuwachs von 2.600 Tonnen CO₂-Äquivalenten (1,4%) und sind damit nahezu gleichbleibend seit 1990.

Bei der Düngung konnten in Schleswig-Holstein insgesamt 232.000 Tonnen CO₂-Äquivalente (minus 15,5%) eingespart werden. Dabei wurden hauptsächlich Emissionen aus der mineralischen Stickstoffdüngung (minus 255.000 Tonnen CO₂-Äquivalente bzw. 35%), aus der Wirtschaftsdüngerausbringung (minus 37.000 Tonnen CO₂-Äquivalent bzw. 11%) sowie den Indirekten Emissionen aus Deposition, Auswaschung und Abfluss (minus 60.000 Tonnen bzw. 14%) reduziert. Aus dem Weidegang wurden weitere 33.000 Tonnen CO₂-Äquivalente bzw. 17% reduziert. Diese Emissionsvermeidung wurde größtenteils durch den hohen Zuwachs von Emissionen aus Lagerung und Vergärung von Energiepflanzen (119.000 Tonnen CO₂-Äquivalente) und Ernterückständen (19.000 Tonnen CO₂-Äquivalente) wieder aufgehoben. Die Emissionen aus Lagerung und Vergärung von Energiepflanzen in Biogasanlagen gewinnen erst nach 2000 an Gewicht und betragen 23.000 Tonnen CO₂-Äquivalente in 2019.

⁵ Dazu gehören u.a. Schweine, Schafe, Hühner und Pferde. Die Bestände und damit auch die Emissionen dieser Tiere haben sich unterschiedlich entwickelt.

Die unterschiedliche Entwicklung der **N₂O-Emissionen** in der Landwirtschaft in Schleswig-Holstein im Vergleich zum Bundesdurchschnitt hat hauptsächlich folgende Ursachen:

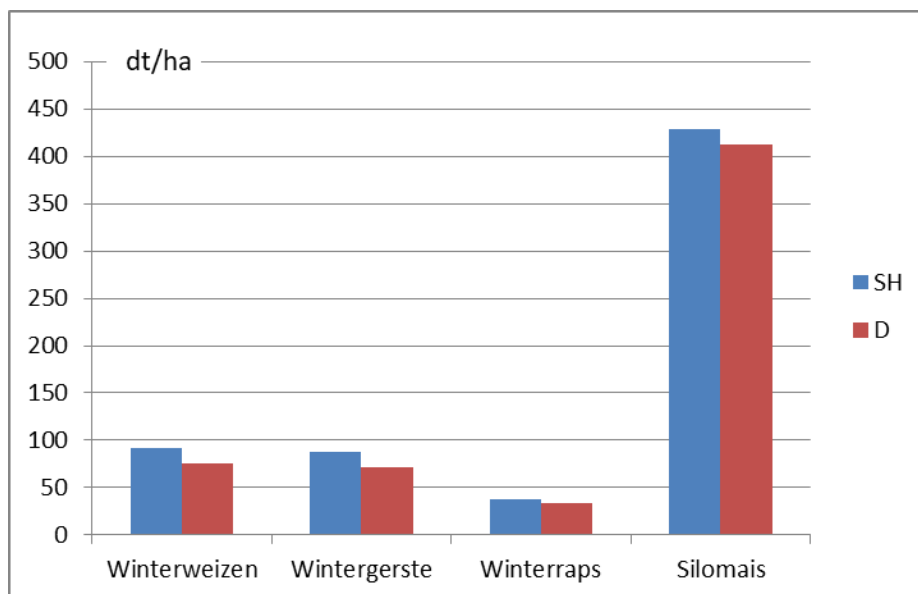
- Die N₂O-Emissionen aus Düngung insgesamt sind 1990 bis 2019 in Schleswig-Holstein um 15,5% gesunken. Dabei haben sich die Struktur der Düngemittel und die dadurch verursachten N₂O-Emissionen deutlich verschoben (gesunkene Emissionen aus Mineral- und Wirtschaftsdüngeranwendungen und höhere Emissionen aus der Ausbringung von Gärrückständen aus Biogasanlagen).⁶
- Pro Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche betragen die N₂O-Emissionen aus der Düngung insgesamt in Schleswig-Holstein 1,6 t CO_{2äq}/ha und sind damit 26% höher als in Deutschland, wo der Wert bei 1,27 t CO_{2äq}/ha liegt. Hintergrund ist, dass die hier vorhandenen Hohertragsböden intensiv bewirtschaftet werden.

Das Ertragsniveau für Ackerkulturen, vor allem für Getreide ist - mit allerdings starken Schwankungen im Verlauf der Jahre – in Schleswig-Holstein deutlich höher als im Bundesdurchschnitt. Im Folgenden werden die Erträge pro Hektar der vier für Schleswig-Holstein besonders bedeutsamen Ackerkulturen verglichen. Aufgrund der witterungsbedingt starken Schwankungen der Hektarerträge erfolgt der Vergleich für einen 5-Jahres-Durchschnitt. Abb. 2 zeigt, dass das Ertragsniveau bei Winterweizen und Wintergerste 22 bis 24% über dem Bundesschnitt liegt. Bei Winterraps ist der durchschnittliche Hektarertrag in Schleswig-Holstein 10% und bei Silomais 4% höher.

⁶ Die Emissionen aus der Ausbringung von Gärrückständen aus Biogasanlagen beliefen sich 2019 auf 119.100 t CO₂-Äquivalente, 1990 waren diese Emissionen noch nicht vorhanden. Die N₂O-Emissionen aus der Mineraldüngeranwendung sanken im gleichen Zeitraum um 255.400 t CO₂-Äquivalente bzw. 35,3%, die aus Wirtschaftsdüngeranwendung aus der Tierhaltung um 36,800 t bzw. 10,6%.

Dabei ist der derzeit verwendete Emissionsfaktor für N₂O-Emissionen aus N-Düngung für Mineral- und Wirtschaftsdünger gleich hoch und beträgt 0,01 kg N₂O pro kg N. Die Änderung der Struktur der eingesetzten Düngemittel (weniger Mineraldünger, mehr Wirtschaftsdünger) hat also keinen Einfluss auf die berechnete Höhe der N₂O-Emissionen in CO₂-Äquivalente – es kommt ausschließlich auf die jeweils enthaltenen N-Mengen an.

Abb. 2: Erträge in dt/ha im Durchschnitt der Jahre 2014 - 2019 im Vergleich zwischen Schleswig-Holstein und Deutschland



Quelle: Berechnung MELUND auf Basis destatis Fachserie 3 Reihe 3.2.1 Wachstum und Ernte – Feldfrüchte und Statistikamt Nord, Statistische Berichte „Die Bodennutzung in Schleswig-Holstein“, Kennziffer C I 1 – j, diverse Jahrgänge

Damit zusammenhängend ergibt sich ein erhöhter Nährstoffbedarf über Düngemittel pro ha landwirtschaftlicher Fläche. Nach Berechnungen des Thünen Instituts lag der Mineraldüngerbedarf in Schleswig-Holstein etwa 19% höher als der Durchschnitt in Deutschland.

Zu den tatsächlichen Einsatzmengen von Mineraldüngern lagen 2020 keine vollständigen und systematischen statistischen Daten vor. Allerdings ist aus Untersuchungen für Schleswig-Holstein bekannt, dass die eingesetzten Mengen deutlich unter den Absatzmengen liegen. So kommt der Nährstoffbericht des Landes Schleswig-Holstein (Taube et al. 2015) zu der Feststellung, dass der durchschnittliche jährliche mineralische Stickstoffeinsatz mit ca. 110-130 kg N/ha p.a. angegeben werden kann. Auf Grundlage neuer Erkenntnisse hat das Thünen Institut zwischenzeitlich die Berechnungen für Mineraldünger für alle Bundesländer bis 1990 rückwirkend revidiert, diese Zahlen sind in diesen Bericht eingegangen. Somit ist ein Vergleich der gesamten Ausbringung von Stickstoff aus Düngemitteln zwischen Schleswig-Holstein und dem Bundesdurchschnitt inzwischen möglich. Die Zahlen bestätigen ein erwartetes höheres Aufkommen von Wirtschaftsdüngern und Gärückständen als im Bundesdurchschnitt durch die hohe Besatzstärke in der Tierhaltung sowie die hohe Dichte von Biogasanlagen in SH pro Flächeneinheit.

- Die Änderungsrate der Emissionen aus Düngung pro Hektar LF in Schleswig-Holstein unterscheidet sich weiterhin vom Bundesdurchschnitt (Senkung um 5,9% 1990 bis 2019 in SH, Senkung um 10,5% in D). Als Ursachen gelten der in SH

weitverbreitete Anbau von Winterkulturen mit dem damit verbundenen höheren Ertragsniveau und folglich höheren Düngbedarf im Vergleich zum geringeren Anbauumfang von Sommerkulturen sowie die intensive Grünlandnutzung. Zusätzlich ist aufgrund des ungleichen Anfalls organischer Düngemittel (Überschuss- versus Bedarfsregionen) in den Überschussregionen von einer suboptimalen Düngung auszugehen (Taube et al., 2015). Mittelfristig kann allerdings davon ausgegangen werden, dass sich durch die im Jahr 2020 verschärften düngerechtlichen Regelungen auf Bundesebene (siehe Düngeverordnung (DüV)) die ausgebrachten Düngermengen weiter reduzieren und sich dadurch auch eine positive Wirkung für den Klimaschutz ergibt.

- Bis zum Inkrafttreten rechtlicher Regelungen zum Erhalt von Dauergrünland (Dauergrünlanderhaltungsverordnung 2008, abgelöst 2013 durch das Dauergrünlanderhaltungsgesetz) wurde in Schleswig-Holstein Dauergrünland in Ackerland umgewandelt. Die als Ackerland genutzte Fläche stieg dadurch um 14,0%. Deutschlandweit stieg die Ackerfläche nur um 1,5% (siehe Tabelle 2).
- Bei der Bearbeitung von organischen Böden entstehen aus Umwandlung organischer Substanz (Mineralisierung von Torf) N₂O-Emissionen, die in dieser Form auf anderen Böden nicht entstehen. Die N₂O-Emissionen aus organischen Böden sind nach derzeitigem Stand der Bilanzierung im Zeitraum 1990 bis 2019 um 1,4% gesunken.⁷

⁷ Hintergrund: Die Umnutzung von Grünland in Ackerland führt in zweierlei Hinsicht zu zusätzlichen THG-Emissionen:

- Die aus diesen Landnutzungsänderungen resultierenden CO₂-Emissionen werden unter der Emissionskategorie LULUCF (Land Use, Land Use Change und Forestry) verbucht. Daten zu LULUCF-Emissionen auf Ebene der Bundesländer hat das Thünen-Institut im I. Quartal 2021 veröffentlicht, so dass eine Einbeziehung in die THG-Berichterstattung auf Landesebene möglich ist, siehe Kapitel D.
- Zudem entstehen bei der Bearbeitung organischer Böden aus Umwandlung organischer Substanz (Mineralisierung von Torf) N₂O-Emissionen, die in dieser Form auf anderen Böden nicht auftreten. Diese werden dem Sektor Landwirtschaft als Emissions-Kategorie „Emissionen aus organischen Böden“ zugerechnet. Pro ha sind die N₂O-Emissionen aus organischen Böden im Vergleich zu landwirtschaftlich genutzten Mineralböden deutlich höher (bis zu Faktor 10). Entsprechend ist die Grünland- und Ackernutzung auf organischen Böden mit unterschiedlichen Emissionsfaktoren belegt (4,52 kg N₂O-N versus 10,94 - 10,96 N₂O-N). Im Ergebnis führt die Umwandlung von Grünland in Ackerland (unabhängig von der Düngung) insbesondere auf organischen Böden zu zusätzlichen N₂O-Emissionen. Seit 1990 hat nach dem derzeitigen Sachstand die Ackernutzung auf organischen Böden in SH bis 2015 deutlich zugenommen, danach fällt sie auf das Niveau von 1990.

3. Exkurs: THG-Bilanzierung von Strom erzeugenden Biogasanlagen

Vorbemerkung: Das UBA weist darauf hin, dass die Emissionen von Biogasanlagen eine hohe Bandbreite aufweisen und von vielen Einflussfaktoren abhängig sind. Dennoch stellen Umweltbundesamt und Thünen-Institut für den Nationalen Inventarreport die THG-Bilanzen der Bundesländer sowie die Publikation „Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger“ Daten bereit, die im Folgenden zusammenfassend dargestellt werden.

- Gemäß Methodik des Umweltbundesamtes zur Emissionsbilanz Erneuerbarer Energieträger hat Biogas in Schleswig-Holstein im Jahr 2019 1,34 Mio. t THG-Emissionen vermieden.⁸ Dabei sind die Emissionen aus Biogas bereits berücksichtigt, es handelt sich also um die netto vermiedenen THG-Emissionen.

Der Netto-Vermeidungsfaktor von Strom aus Biogas 2019 beträgt 406 g/kWh.

Dieser ergibt sich aus einer Bruttovermeidung von THG-Emissionen von 747 g/kWh gegenüber dem Referenzfall, dass der Beitrag zur Strom- und Wärmeversorgung mit dem jeweiligen sonstigen, 2019 noch stark fossil geprägten Energieträgermix hätte erbracht werden müssen.

Zugleich rechnet das Umweltbundesamt Biogas durchschnittliche eigene Emissionen von 341 g/kWh zu. Darin berücksichtigt sind die Vorkettenemissionen der eingesetzten Substrate⁹ sowie Annahmen zur Effizienz der Biogasgewinnung und -nutzung.¹⁰ In diesem Bilanzierungskonzept des Umweltbundesamtes sind auch Methanemissionen aus Motor und Gärrestlager berücksichtigt.

⁸ Umweltbundesamt, Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger, Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr 2018, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-11-07_cc-37-2019_emissionsbilanz-erneuerbarer-energien_2018.pdf; Für die Anwendung der Methodik auf Schleswig-Holstein siehe Statistikamt Nord/MELUND, Erneuerbare Energien in Zahlen, Ausgabe 2/2021, Tabelle 5

⁹ Zu den Annahmen bezüglich Substraten schreibt das UBA in der Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger:
„Auf Basis der letzten DBFZ-Betreiberbefragung im Rahmen des EEG-Biomasse-Monitoring werden folgende Anteile der einzelnen Substrate angesetzt: Nachwachsende Rohstoffe (v. a. Energiemais) machen ca. 75,5 Prozent des energiebezogenen Substratmixes aus, auf landwirtschaftliche Exkremente wie Gülle entfallen 17,6 Prozent, auf Bioabfall ca. 3,5 Prozent und auf industrielle und landwirtschaftliche Reststoffe ca. 3,4 Prozent des energiebezogenen Substrateinsatzes (DBFZ, 2018).“

¹⁰ Zu den Annahmen bezüglich Effizienz der Biogasgewinnung und -nutzung schreibt das UBA in der Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger:
Neben der Wahl des Substrats ist die Effizienz der Biogasgewinnung und -nutzung eine relevante Einflussgröße. Wesentliche Einflussfaktoren auf die Gasausbeute sind u. a. Art und Beschaffenheit von Substrat und Anlagentechnik, hydraulische Verweilzeiten, Reaktorbelastung, Reaktortemperatur sowie der Einsatz von Gärhilfsstoffen. Die Effizienz der Biogas- und Biomethanverstromung ist von der Leistungsgröße, der Betriebsweise und nicht zuletzt dem Wartungszustand der Blockheizkraftwerke abhängig.

Nicht berücksichtigt wird die Reduktion der Methanemissionen aus Wirtschaftsdünger-
management, die durch die Behandlung der Gülle in Biogasanlagen erzielt
wird.¹¹

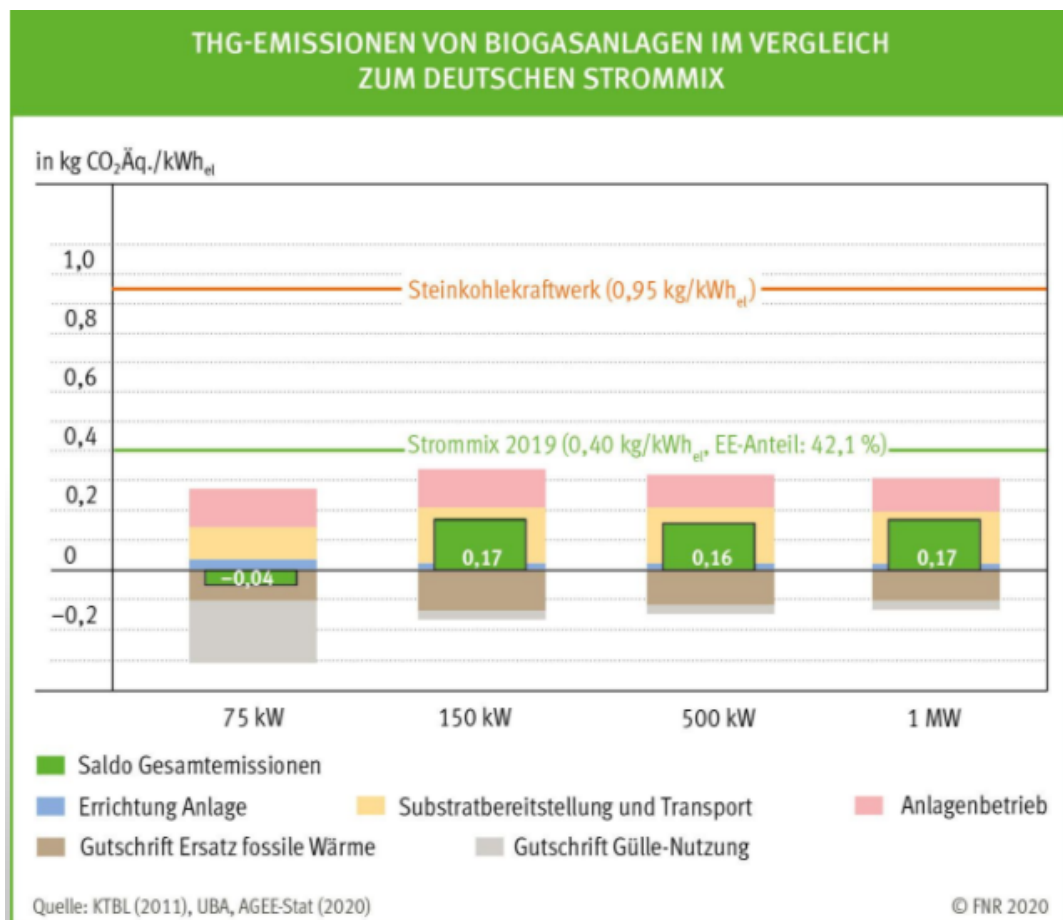
- Das UBA weist darauf hin, dass die Emissionen von Biogasanlagen eine hohe
Bandbreite aufweisen. Wie stark der Gesamteffekt von Biogasanlagen auf die
Treibhausgasemissionen ist, hängt von vielen Einflussfaktoren ab (insbes. Anla-
gengröße, -technik und -wartungszustand von Fermenter und BHKW, Substratmix
aus Gülle und Nachwachsenden Rohstoffen, energetischer Nutzungsgrad, insbes.
bei der Wärmenutzung).
- Die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) zeigt für beispielhafte Anlagen-
konfigurationen,¹² dass Strom aus Biogasanlagen bei einem hohen Anteil von Wirt-
schaftsdüngern und Reststoffen am Substratmix, einem hohen Wärmenutzungs-
grad, einer effizienten Rohstoffherzeugung und -ausnutzung sowie der Minimierung
von Methanverlusten sogar vor Berücksichtigung der Minderung von Emissionen
im Stromsektor im Vergleich zu Kohlekraftwerken eine Treibhausgasreduzierung zu-
zurechnen ist. Anlagen mit ungünstigeren Parametern (insbes. geringerem Anteil
an Wirtschaftsdüngern) sind hingegen Emissionen von 160-170 g CO₂-Äquivalen-
ten pro kWh Strom zuzurechnen. Hier wird der Nettoeffekt der Emissionsminde-
rung erst im Vergleich zum Referenzfall der Erzeugung von Kohlestrom erreicht.

In der Darstellung der FNR ist eine Gutschrift für die Substitution von fossiler
Wärme und für vermiedene Emissionen aus unvergorener Gülle bereits verrech-
net. Diese beträgt nach FNR Graphik für die NaWaRo-Anlagen ab 150 kW 140 –
180 g/kWh. In Summe haben diese Biogasanlagen also Nettoemissionen von 310-
350 g/kWh. Das passt in der Größenordnung zu den durchschnittlichen eigenen
Emissionen gemäß UBA vom 340 g/kWh.

¹¹ UBA. Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger, Ausgabe 37/2019, Fußnote 28 auf S. 66.

¹² Annahmen:
- Substratmix: 20% Rindergülle, 60% Maissilage, 20% Getreide-GPS
(bei 75-kW Anlage: 80% Rindergülle, 20% Maissilage)
- Externe Wärmenutzung 40% (bei 75 kW-Anlage 30%)
- Zündstrahlmotor bei 75 und 150 kW-Anlagen

Abb. 3: THG-Emissionen von Biogasanlagen im Vergleich zum deutschen Strommix



Quelle: FNR, [Treibhausgasemissionen von Biogasanlagen](#), Download 6.12.2021

- Biogasanlagen tragen 2019 in Schleswig-Holstein zusammenfassend auf zwei Wegen zur Netto-THG-Vermeidung bei:
 - 93.000 t netto vermiedene Emissionen aus Wirtschaftsdüngermanagement
 - 1.342.000 t netto THG-Vermeidung durch Substitution fossiler Strom- und Wärmeerzeugung
 - 1.435.000 t netto THG-Vermeidung insgesamt¹³
- In der THG-Bilanz von Schleswig-Holstein wirken sich unmittelbar nur die vermiedenen Emissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement aus, diese Minderung wird im Sektor Landwirtschaft verbucht. Die rechnerisch ermittelte THG-Vermeidung durch Substitution fossiler Strom- und Wärmeerzeugung mindert nur insoweit auch die bilanzierten THG-Emissionen in SH, soweit die gewonnenen Endprodukte

¹³ Wir verstehen die Erläuterungen des Umweltbundesamtes in der Emissionsbilanz EE für das Jahr 2018 so, dass in der Netto-THG-Vermeidung die eigenen Emissionen durch Einsatz von Energiepflanzen vollständig enthalten sind, aber nicht die Gutschrift für vermiedene Emissionen aus Wirtschaftsdünger, siehe Fußnote 11. Damit vermeiden Biogasanlagen in Schleswig-Holstein netto 1.435.000 t THG-Emissionen.

ansonsten in SH eingesetzte fossile Energieträger ersetzen. Bei Substitution fossiler Kraftstoffe wird die Minderung im Verkehrssektor bilanziert, bei Substitution fossiler Strom- und Wärmeerzeugung im Energiesektor.

- Die für das Jahr 2019 bilanzierte Netto-THG-Vermeidung durch schleswig-holsteinische Biogasanlagen ist maßgeblich davon bestimmt, dass gemäß Umweltbundesamt durch den Ersatz fossiler Strom- und Wärmeversorgung dem Biogas eine Bruttovermeidung von THG-Emissionen von 747 g/kWh zugerechnet wird.
- Eine besonders positive THG-Bilanz haben Biogasanlagen, in denen überwiegend Gülle und andere Reststoffe eingesetzt werden.
- FNR und UBA weisen darauf hin, dass die hier dargestellten durchschnittlichen Emissionen von Biogasanlagen ein breites Spektrum aufweisen und Emissionen durch bauliche Voraussetzungen und eine konsequente Anlagenüberwachung reduziert werden können, insbesondere durch gasdicht abgedeckte Behälter, tägliche Kontrollgänge und regelmäßige Prüfungen auf Gasleckagen.
- Nicht berücksichtigt sind Emissionen, die sich durch direkte und indirekte Landnutzungsänderungen ergeben.

Hintergrund: THG-Emissionen von Biogasanlagen, die direkt in der THG-Bilanz SH bilanziert werden

Bisher wurden Analysen von UBA und FNR zu den gesamten Emissionen von Biogasanlagen in der Prozesskette dargestellt. Hier folgen Analysen zu dem Teil der Emissionen, die in der THG-Bilanz Schleswig-Holstein in einem direkten Zusammenhang mit Biogasanlagen stehen. Die – mit den Angaben im Nationalen Inventarreport 2021 kompatiblen – Auswertungen hat das Thünen-Institut für Schleswig-Holstein bereitgestellt (alle Angaben für das Jahr 2019):¹⁴

- Mit rund 15,6% im Jahr 2019 lag der Zuführungsgrad von Wirtschaftsdüngern in Biogasanlagen in Schleswig-Holstein unter dem Bundesdurchschnitt von 17,7%.
- Trotz des geringen Zuführungsgrades wurde durch Einsatz von Wirtschaftsdüngern in Biogasanlagen 2019 eine relevante THG-Minderung von 1,19 Mio. t CO₂-Äquivalenten bundesweit erzielt, davon 93.000 t (7,8%) in Schleswig-Holstein.¹⁵

¹⁴ Quelle: Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Agrarklimaschutz, Frau Vos, Mail: cora.vos@thuenen.de, Tel. 0531/ 596 2570

¹⁵ Hierbei sind eigene THG-Emissionen aus Nutzung von Wirtschaftsdüngern in Biogasanlagen von 23.000 t (116.000 t – 93.000 t) bereits berücksichtigt. So wäre erklärbar, dass die THG-Vermeidung durch Einsatz von Gülle in Biogasanlagen geringer ist als die Emissionen, die unvergorener Gülle zugerechnet werden.

- Durch eine weitere Steigerung des Zuführungsgrads von Wirtschaftsdüngern in Biogasanlagen kann ein nennenswerter zusätzlicher Beitrag zur Treibhausgasminde- rung geleistet werden. Die THG-Emissionen der Landwirtschaft könnten bei einer Verdopplung des Zuführungsanteils von Wirtschaftsdüngern um weitere 93.000 t gemindert werden, dies entspricht 1,7% der THG-Emissionen der Landwirtschaft.
- Die THG-Emissionen aus Wirtschaftsdüngermanagement betragen 626.000 t CO₂- Äquivalente.¹⁶
- Der Einsatz von Energiepflanzen in Biogasanlagen hat 2019 in Schleswig-Holstein THG-Emissionen von 256.520 t CO₂-Äquivalenten verursacht (insbes. durch Le- ckagen im Fermenter und Gärrestlagerung).¹⁷ Davon entfallen rund 115.000 t auf Methanemissionen und rund 142.000 t auf N₂O-Emissionen, jeweils aus Lagerung und Vergärung von Energiepflanzen.
- Die Methanemissionen von Biogas-BHKW werden im Sektor Energie bilanziert und sind in diesen Zahlen nicht enthalten. Sie werden allerdings vom Umweltbundes- amt in der Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger, Bestimmung der vermie- denen Emissionen, berücksichtigt, wenn auch nicht einzeln ausgewiesen. Bundes- weit rechnete das UBA Biogas 2018 21,32 Mio. t CO₂-Äquivalente brutto vermie- dene THG-Emissionen zu (durch Substitution fossiler Strom- und Wärmeherzeu- gung), denen 9,96 Mio. t CO₂-Äquivalente verursachter Emissionen gegenüber standen (dazu gehören auch die Methanemissionen aus Fermenter und BHKW), so dass die Netto-THG-Vermeidung von Biogasanlagen bundesweit 11,36 Mio. t beträgt.¹⁸
- Eine weitere Verbreitung der gasdichten Lagerung der Wirtschaftsdünger könnte einen zusätzlichen Beitrag leisten. Zu berücksichtigen ist, dass der Anteil der Me- thanemissionen aus Wirtschaftsdüngern an den gesamten Methanemissionen der Landwirtschaft 2019 bei knapp 17% lag, der Anteil der Verdauungsemissionen aus der Tierhaltung an den landwirtschaftlichen Methanemissionen ist mit 79% deutlich höher.¹⁹

¹⁶ Ohne die Zuführung von 15,6% der Wirtschaftsdünger an Biogasanlagen hätten die Emissionen bei 742.000 t CO₂-Äquivalenten gelegen, wären also 116.000 t höher gewesen.

¹⁷ Quelle: Daten des Thünen-Instituts. Dies sind die Emissionen für Lagerung und Vergärung von Energiepflanzen. Emissionen aus dem Anbau sind hierbei nicht berücksichtigt.

¹⁸ Umweltbundesamt, Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger, Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr 2018, Tabelle 39.

¹⁹ Bei Rindern beträgt der Anteil der Verdauungsemissionen 86% (siehe Tabelle 5, S. 40), bei Schaf- fen 97% und bei Schweinen 22%.

Anlage: Dokumentation der einzelnen Zahlen und Quellen und Abgleich mit Tabelle 5 zu Emissionsquellen bei den THG-Emissionen in der Landwirtschaft

| | Tab 5 THG Landwi | 1.000 t CO ₂ -Äq |
|--|---------------------|--------------------------------|
| Summe THG-Emissionen aus Vergärung von Pflanzen | | 256,5 |
| CH ₄ -Emissionen aus Vergärung von Pflanzen (Fermenter und Gärrestlagerung) | A 3 | 114,6 |
| N ₂ O-Emissionen aus Gärückständen aus Energiepflanzen | B 1 4 | 119,1 |
| Indirekte N ₂ O-Emissionen als Folge von Vergärung von Energiepflanzen (Deposition, Lagerung) | | 1,1 |
| N ₂ O-Emissionen aus Vergärung von Energiepflanzen (Lagerung) | B.4.3 | 21,7 |
| THG-Emissionen aus Wirtschaftsdüngermanagement | | 626,3 |
| CH ₄ -Emissionen aus Wirtschaftsdüngermanagement | A 1 | 434,8 |
| N ₂ O-Emissionen aus Wirtschaftsdüngermanagement | B 2 1 | 127,3 |
| N ₂ O-Emissionen aus Deposition und Lagerung | B 2 4 | 64,1 |
| Hochrechnung THG-Emissionen aus Wirtschaftsdüngermanagement auf 100% (626.300 t entsprechen 84,4% des Wirtschaftsdüngers) | | 742,0 |
| Saldo | | 115,8 |
| Minderung aus BGA (15,6% des Wirtschaftsdüngers) | | 93,0 |

In diesen Daten sind die Emissionen aus der Prozesskette vor Anlieferung von Einsatzstoffen von Biogasanlagen nicht enthalten, weder die Emissionen aus der Prozesskette von Wirtschaftsdünger noch die Emissionen aus dem Anbau von Energiepflanzen. Es wäre nicht belastbar möglich, denjenigen Anteil der Treibhausgasemissionen des Ackerbaus zu bestimmen, der dem Anbau von Pflanzen für Biogasanlagen zuzurechnen ist, denn zum Zeitpunkt des Anbaus ist in der Regel noch nicht bekannt, in welchen Verwendungszweck die angebauten Pflanzen nach der Ernte gehen werden, sondern das hängt insbesondere von der Qualität der Produkte und den relativen Preisen zum Erntezeitpunkt ab.

In der THG-Bilanz von Schleswig-Holstein sind damit nur die Emissionen aus dem Prozess der Vergärung von Energiepflanzen erkennbar, nicht die Emissionen aus dem Anbau. Andererseits wird der Beitrag von Biogas zur Minderung der THG-Emissionen der Strom- und Wärmeversorgung ebenfalls nicht einzeln ausgewiesen, sondern geht in die sinkenden Emissionen des Sektors Energie ein, jedenfalls soweit in Schleswig-Holstein fossile Energieträger durch Biogas ersetzt werden.

4. CO₂-Emissionen aus dem Energieverbrauch der Landwirtschaft

Zum Energieverbrauch der Landwirtschaft in Schleswig-Holstein und den dadurch verursachten CO₂-Emissionen liegen keine statistischen Daten vor.

Der Energieverbrauch der Landwirtschaft in Deutschland wird im Rahmen der von der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen beauftragten Anwendungsbilanzen ermittelt.²⁰ Er entfällt im Bereich Pflanzenanbau insbesondere auf die Prozesskette von der Saat bis zur Ernte sowie für Trocknung, Lagerung und Transport, sowie im Bereich der Tierhaltung insbesondere für die Prozesskette von Aufzucht, Fütterung, Schlachtung und Weiterverarbeitung. Eingesetzt werden fossile Brennstoffe als Kraft- und Heizstoffe sowie elektrischer Strom.

Der Anteil von Schleswig-Holstein am Energieverbrauch der Landwirtschaft in Deutschland kann näherungsweise wie folgt geschätzt werden:

- Schleswig-Holstein hatte 2019 einen Anteil an der Tierhaltung in Deutschland von 8,4%, gemessen nach Großvieheinheiten²¹, dieser sinkt 2020 auf 7,8%.
- An der landwirtschaftlichen Nutzfläche Deutschlands hat Schleswig-Holstein einen Anteil von 5,9%.

Aus den Anwendungsbilanzen zur Energiebilanz auf Bundesebene ist ebenfalls zu entnehmen, dass der Kraftstoffverbrauch im Ackerbau fast genauso groß ist wie der Energieverbrauch auf dem Betrieb (der weitgehend der Tierhaltung zugerechnet werden kann). Daher kann für Schleswig-Holstein vereinfacht ein durchschnittlicher Anteil am Energieverbrauch und an den CO₂-Emissionen der Landwirtschaft in Deutschland von 7,15% zugerechnet werden.

Unter dieser Annahme sind der Landwirtschaft in Schleswig-Holstein 2019 ca. 2,4 TWh Energieverbrauch und ca. 419.400 t CO₂-Emissionen²² aus diesem Energieverbrauch zuzurechnen.

Einschließlich dieser CO₂-Emissionen hat die Landwirtschaft 2019 einen Anteil an den gesamten THG-Emissionen in Schleswig-Holstein von 22,0% statt 20,4%; bundesweit sind es 9,5% (siehe auch Tabelle 3).

²⁰ Es werden dabei Kraft- und Heizstoffe erfasst, nicht der Stromverbrauch der Landwirtschaft.

²¹ Tierbestand 2019 in Deutschland: 12.495.000 GV (Quelle: Stat. Bundesamt, [BMEL-Statistik.de](https://www.bmel-statistik.de)); Tierbestand 2019 in Schleswig-Holstein: 1.045.748 GV (Quelle: Statistikamt Nord, [Agrarstatistik SH](https://www.agrarstatistik.sh))

²² Emissionen in Deutschland ermittelt aus CRF-Tabelle 1.A(a)s4, Agriculture liquid fuels

C. Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen der Landwirtschaft in Schleswig-Holstein auch im Vergleich zum Bundesdurchschnitt

Im Folgenden werden die klimapolitischen Ziele und Verpflichtungen auf Bundes- und auf Landesebene dargestellt. Es werden sowohl die Treibhausgasemissionen ohne als auch mit Emissionen aus Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft (LULUCF) bilanziert. Eine detaillierte Bilanzierung der LULUCF-Emissionen folgt unter Kapitel D nachrichtlich. Das Thünen-Institut hat diese Daten im I. Quartal 2020 auf Ebene der Bundesländer vorgelegt und im 1. Quartal 2021 rückwirkend bis 1990 aktualisiert.

1. Anteil der Landwirtschaft an den THG-Emissionen in SH und D

In **Schleswig-Holstein** wird der Anteil der Landwirtschaft in der Abgrenzung gemäß NIR berechnet (ohne LULUCF). Dabei werden CH₄-, N₂O-Emissionen, CO₂-Emissionen aus der Düngung und Kalkung sowie auch energiebedingte CO₂-Emissionen berücksichtigt. Der Anteil an den Gesamtemissionen der Treibhausgase Kohlendioxid, Methan, Distickstoffoxid und F-Gase liegt im Jahr 2019 bei 20,4%. Einschließlich der geschätzten CO₂-Emissionen aus dem Energieverbrauch (siehe Abschnitt B.4) hat die Landwirtschaft einen Anteil an den THG-Emissionen von **22,0%** (siehe Tabelle 3).

1990 lag der Anteil der Landwirtschaft an den THG-Emissionen in Schleswig-Holstein noch bei 16,7%, ohne energiebedingte CO₂-Emissionen. Der Anstieg des Anteils ist dadurch verursacht, dass die THG-Emissionen der Landwirtschaft im Zeitraum 1990 bis 2019 unterdurchschnittlich um 11,4% und inklusive energiebedingter Emissionen um 14,7% sanken, während in anderen Sektoren wesentlich höhere Minderungen (insbesondere der CO₂-Emissionen) erzielt wurden.

Werden zusätzlich auch die Emissionen aus LULUCF (Land Use, Land Use Change und Forestry) berücksichtigt, hat die Landwirtschaft 2019 einen Anteil von 35% der gesamten Treibhausgasemissionen (incl. LULUCF) in Schleswig-Holstein.

Tabelle 3: Treibhausgasemissionen 2019 in Schleswig-Holstein (Quellenbilanz)

| | Ein- heit | Summe THG | Anteile an Summe THG | Davon | |
|---|-----------------------------------|--------------|----------------------------|--------------------|--------------|
| | | | | Landwirtschaft | |
| Gesamte CO₂-Emissionen | Mio. t CO ₂ | 18,94 | 74,2% | 0,68 | 3,6% |
| Energiebedingte CO ₂ -Emissionen | | 16,65 | 66,2% | 0,42 | 2,5% |
| Prozessbedingte CO ₂ -Emissionen | | 2,04 | 8,1% | 0 | 0% |
| CO ₂ -Emissionen Landwirtschaft aus carbonathaltigen Düngemitteln | | 0,26 | 1,0% | 0,26 | 100,0% |
| CH₄-Emissionen (Methan) | Mio. t CO ₂ - Äq | 3,33 | 13,2% | 2,62 | 78,7% |
| N₂O-Emissionen (Distickstoffoxid) | | 2,41 | 9,6% | 2,25 | 93,4% |
| F-Gase | | 0,49 | 1,9% | 0 | 0% |
| Summe THG-Emissionen a) ohne energiebedingte Emiss. | | 25,16 | 100% | 5,13 | 20,4% |
| b) mit energiebedingte Emiss. | | 25,16 | 100% | 5,55 | 22,0% |
| THG-Emissionen aus LULUCF | | 4,23 | 14,2% | 4,46 ²³ | 105,4% |
| Summe der THG-Emissionen a) inkl. LULUCF, ohne energiebed. | | 29,39 | 100% | 9,59 | 32,6% |
| b) inkl. LULUCF, mit energiebed. | | 29,39 | 100% | 10,01 | 34,1% |

Quelle: Statistikamt Nord; 2021.

Bundesweit stammten rund 63% der gesamten Methan-Emissionen und 80% der Lachgas-Emissionen im Jahr 2019 aus der Landwirtschaft. Bezogen auf die Summe der Emissionen der Treibhausgase CO₂, N₂O, CH₄ und F-Gase hat die Landwirtschaft in der Abgrenzung gemäß NIR einen Anteil von **7,6%**. Einschließlich der CO₂-Emissionen aus dem Energieverbrauch hat die Landwirtschaft einen Anteil an den THG-Emissionen von **8,4%**.

Der Anteil der Landwirtschaft an den THG-Emissionen ist damit in Schleswig-Holstein auch 2019 knapp dreimal höher als im Bundesdurchschnitt (zu den einzelnen Emissionsquellen siehe Tabelle 5, S. 47).

²³ Für die Landwirtschaft werden hier nur die Emissionskategorien Acker- und Grünland ausgewiesen. Die CO₂-Senke Wald sowie Emissionen aus Feuchtgebieten und Siedlungen werden nicht berücksichtigt.

2. Gründe für Unterschiede bei Anteilen und Entwicklung der Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft zwischen SH und D

Der überdurchschnittlich hohe Anteil der Landwirtschaft an den THG-Emissionen und die vom Bundesdurchschnitt abweichende Entwicklung sind durch folgende Einflussfaktoren zu erklären:

- In der Landwirtschaft liegt ein wirtschaftlicher Schwerpunkt Schleswig-Holsteins, ein wichtiger Grund für die hohen Emissionsanteile in diesem Bereich. Sie bekommen noch mehr Gewicht, da die Emissionen aus Industrie und Energiewirtschaft in Schleswig-Holstein im Bundesvergleich unterdurchschnittlich repräsentiert sind. So lag der Anteil des Produzierenden Gewerbes an der gesamten Bruttowertschöpfung 2019 in Schleswig-Holstein nur bei 25%, während er beispielsweise in Baden-Württemberg bei 39% lag und im bundesweiten Durchschnitt fast 30% betrug. Weiterhin weist auch der Sektor Energiewirtschaft in Schleswig-Holstein durch die hohen Anteile der Stromerzeugung aus Kernenergie und Erneuerbaren Energien und den geringen Anteil von Kohlestromerzeugung stark unterdurchschnittliche CO₂-Emissionen auf. Der Anteil der Industrie und der Energiewirtschaft an den gesamten THG-Emissionen lag 2019 in Schleswig-Holstein bei 36%, während diese Sektoren bundesweit für 54% der Emissionen verantwortlich waren.
- Schleswig-Holstein hat bundesweit mit rund 62,5% den mit Abstand höchsten Anteil der Landwirtschafts- an der Landesfläche (BundesØ rund 46,6%, jeweils zum 31.12.2019). Der Anteil der Landwirtschafts- an der Landesfläche ist damit in Schleswig-Holstein fast um ein Drittel höher.
- Die Landwirtschaft hat sich in Schleswig-Holstein hinsichtlich wesentlicher Einflussfaktoren der Treibhausgasemissionen wie Grünlandumbruch, Düngung und Tierbeständen anders als der Bundesdurchschnitt entwickelt. Bei der Tierhaltung hat Schleswig-Holstein höhere Rinderdichten (insbesondere Milchkühe) und einen geringeren Rückgang der Tierbestände als im Bundesdurchschnitt zu verzeichnen (siehe Abschnitt B.1)
- Schleswig-Holstein als Hohertragsland hat bei bestimmten Ackerkulturen deutlich höhere Erträge pro Hektar zu verzeichnen und damit verbunden auch einen höheren Einsatz von Düngemitteln und höhere Treibhausgasemissionen (siehe Abschnitt B.2).
- Zudem weist Schleswig-Holstein für 2019 mit 6,6% der landwirtschaftlichen Nutzfläche einen im Bundesvergleich (9,7%) geringen Anteil an ökologisch bewirtschafteten Flächen auf ([Strukturdaten zum ökologischen Landbau für das Jahr 2019](#)); BMEL, 2020)
- In Schleswig-Holstein ist der Anteil an landwirtschaftlich genutzten Mooren überdurchschnittlich hoch, ca. 12% davon werden derzeit ackerbaulich genutzt (siehe

Anhang II.B). Hierfür ist ein hoher Entwässerungsgrad notwendig. Grünland kann dagegen auch bei höheren Grundwasserständen mit vertretbaren Ertragseinbußen bewirtschaftet werden (Poyda et al. 2016) und verringert mithin im Vergleich zur ackerbaulichen Nutzung bei Moor- und Anmoorböden die THG-Emissionen signifikant.

- Werden die Emissionen der Treibhausgase CH₄ und N₂O der Landwirtschaft ins Verhältnis zur Landwirtschaftsfläche gesetzt, liegt der Wert für Schleswig-Holstein 2019 um 39% höher als im Bundesdurchschnitt (siehe Tabelle 4). Dies zeigt, dass der um den Faktor 3 höhere Anteil der Landwirtschaft an den Treibhausgasemissionen nicht nur auf Besonderheiten der – vergleichsweise intensiven – Landwirtschaft selbst zurückzuführen ist, sondern auch auf unterdurchschnittliche Treibhausgasemissionen der anderen Sektoren in Schleswig-Holstein. Insbesondere hat Schleswig-Holstein einen unterdurchschnittlichen Anteil an energieintensiver Industrie, eine vergleichsweise THG-emissionsarme Stromerzeugung und auch eine 21% geringere Bevölkerung pro ha Landesfläche (siehe Tabelle 4). Mathematisch ausgedrückt: Weil der Nenner der gesamten Treibhausgasemissionen in Schleswig-Holstein vergleichsweise gering ist, fällt der Zähler der Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft anteilmäßig stärker ins Gewicht.

Tabelle 4: Vergleich von zentralen Kenndaten von Schleswig-Holstein und Deutschland (alle Angaben für das Jahr 2019)

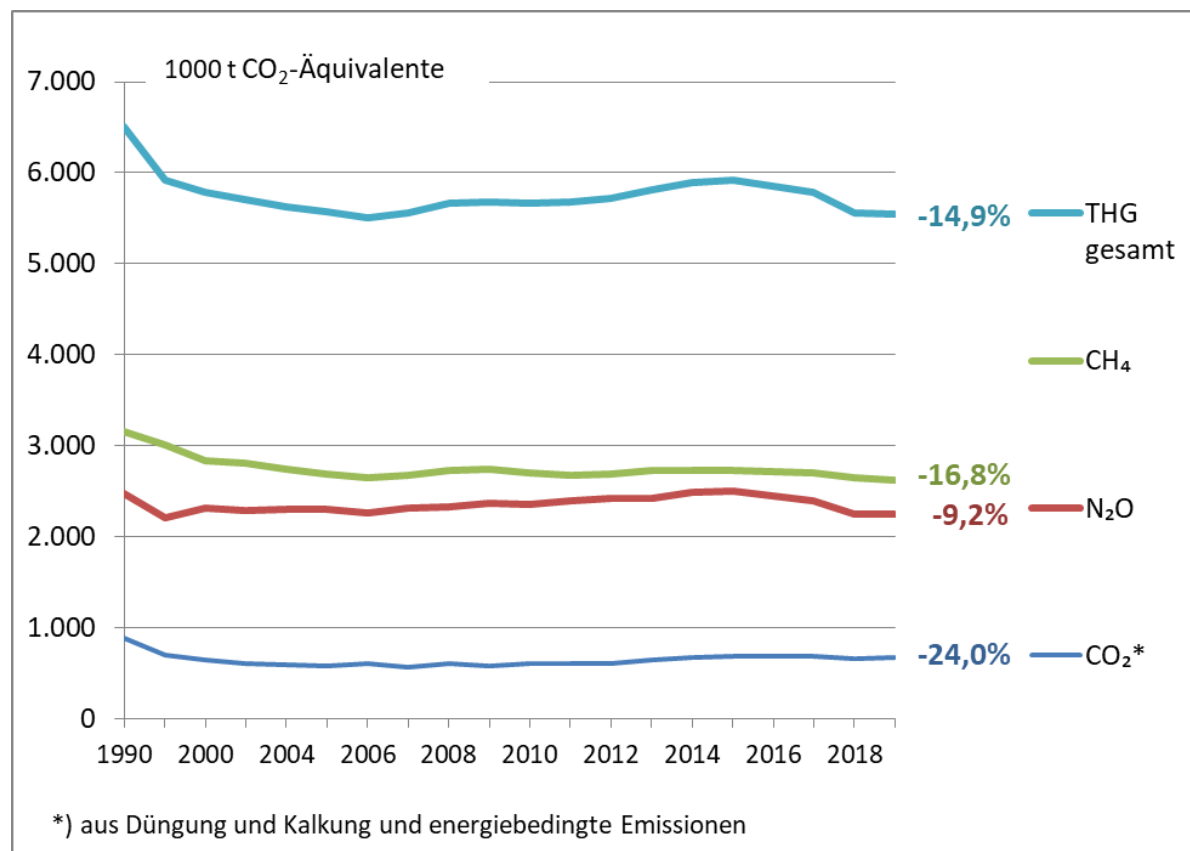
| | Einheit | SH | D | Anteil SH an D | SH höher / geringer als Durchschnitt D |
|--|--------------------------------------|--------|---------|----------------|--|
| Landesfläche 31.12.2019 | km ² | 15.801 | 357.581 | 4,4% | |
| Landwirtschaftlich genutzte Fläche | km ² | 9.878 | 166.660 | 5,9% | |
| Anteil landwirtschaftlich genutzte Fläche an Landesfläche | | 62,5% | 46,6% | | 34% |
| Bevölkerung | 1.000 | 2.900 | 83.093 | 3,5% | |
| Bevölkerung pro km ² | | 184 | 232 | | -21% |
| THG-Emissionen Landwirtschaft (CH ₄ und N ₂ O, ohne LULUCF) | 1.000 t CO ₂ -Äquivalente | 4.866 | 59.018 | 8,2% | |
| THG-Emissionen Landwirtschaft (CH ₄ und N ₂ O, ohne LULUCF) pro km ² landwirtschaftlich genutzte Fläche | t / km ² | 493 | 354 | | 39% |

Quellen: Statistisches Bundesamt (Fläche, Bevölkerung) und Umweltbundesamt (THG-Emissionen). Bei der Landesfläche wird die Statistik „Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung“ zugrunde gelegt. Die landwirtschaftlich genutzte Fläche entstammt dem Statistischen Bericht „Die Bodennutzung in Schleswig-Holstein 2019“

3. Entwicklung der THG-Emissionen der Landwirtschaft in Schleswig-Holstein

Die folgende [Abb. 4](#) zeigt zum einen die relative Bedeutung und Entwicklung der ermittelbaren THG-Emissionen der Landwirtschaft ohne LULUCF und zum anderen die Entwicklung im Zeitraum 1990 bis 2019 in Schleswig-Holstein:

Abb. 4 THG-Emissionen der Landwirtschaft (ohne LULUCF)



Quelle: Statistikamt Nord

Zu den einzelnen Emissionsquellen siehe [Tabelle 5](#), Seite 47.

Die Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft (einschließlich der Berücksichtigung der CO₂-Emissionen aus dem Energieverbrauch) sind im Zeitraum 1990 bis 2019 in Schleswig-Holstein um 14,7% gesunken.

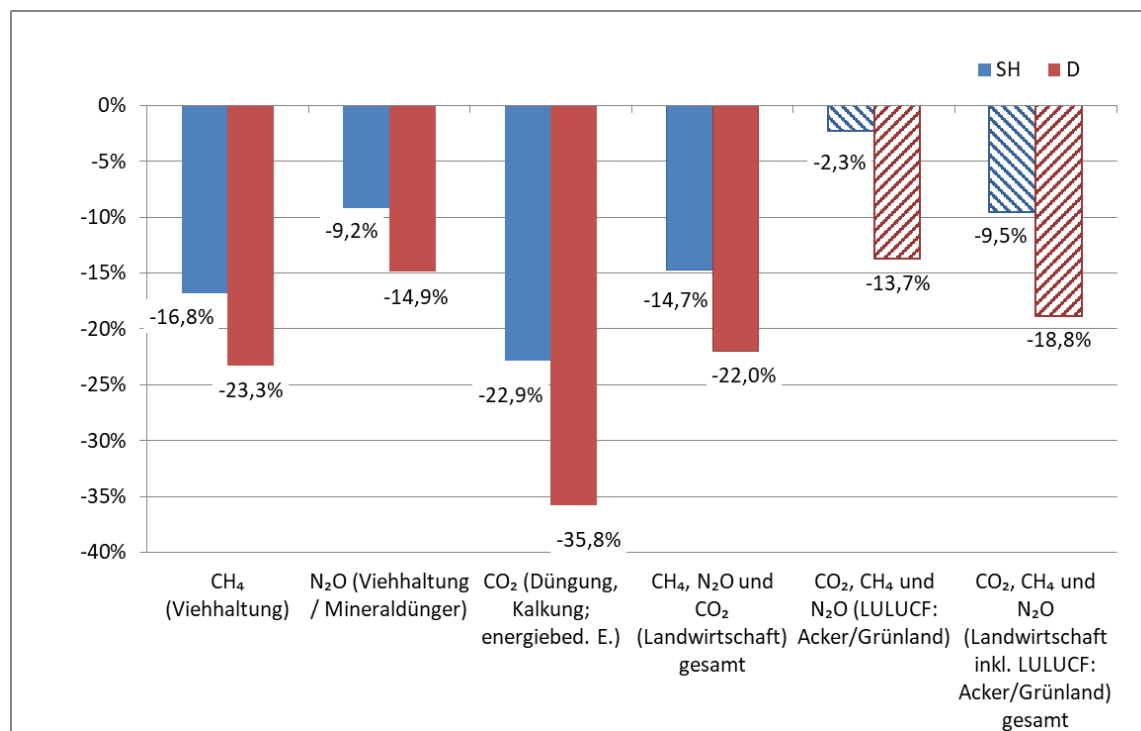
4. Änderungsraten der THG-Emissionen der Landwirtschaft in Schleswig-Holstein und bundesweit

- Die Methanemissionen sind von 1990 bis 2019 in Schleswig-Holstein weniger stark zurückgegangen (minus 16,8%) als in Deutschland (minus 23,3%). Dies ist mit der unterschiedlichen Entwicklung der Leistungs- und Tierbestandszahlen, insbesondere der Rinder insgesamt, der Milchkühe und der Schweine zu erklären.

- Die Lachgasemissionen aus der Landwirtschaft sinken in Schleswig-Holstein in diesem Zeitraum um 9,2% und damit schwächer als in Deutschland (14,9%).
- Erstmals wird in diesem Bericht Kohlendioxid (CO₂) aus carbonathaltigen Düngemitteln für die Landwirtschaft ausgewiesen. Während in Schleswig-Holstein seit 1990 eine Zunahme um 62,8% zu verzeichnen ist, sinken diese Emissionen bundesweit um fast 11,6%.²⁴
- Die Summe der Treibhausgasemissionen (CH₄, N₂O und CO₂) der Landwirtschaft (ohne LULUCF) ist im Zeitraum 1990 bis 2019 in Schleswig-Holstein um 11,4% und bundesweit um 19,2% gesunken.
- Die Änderungsraten der THG-Emissionen aus den Landnutzungskategorien Grünland und Ackerland des LULUCF-Sektors werden in Abb. 5 nachrichtlich ausgewiesen. Die Darstellung zeigt, dass Schleswig-Holstein mit minus 2,3% eine wesentlich geringere Minderung zu verzeichnen hat als im Bundesdurchschnitt (13,7%). Eine Erläuterung der Methodik und der Ergebnisse folgt in Kapitel [D](#). Die Gesamtminderung aller Emissionen inklusive LULUCF aus der Landwirtschaft liegt bei 9,6% für SH gegenüber 18,8% für Deutschland.

²⁴ Bei den bilanzierten Verwendungsmengen von Kalk und Dolomit handelt es sich um Absatzmengen an Endverbraucher und Absatzorganisationen (wie z.B. Landhandelsgesellschaften oder Agrargenossenschaften) aufgeteilt nach Bundesländern. Diese Absatzmengen entsprechen aufgrund von Lieferungen der Absatzorganisationen in andere Bundesländer, innerbetrieblichen Transporten bei Bewirtschaftung von Flächen in anderen Bundesländern sowie auch Lagerhaltung nicht genau der im jeweiligen Jahr und Bundesland tatsächlich (aber nicht statistisch bekannten) gedüngten Menge. Für Schleswig-Holstein sind bei Mineraldüngern die Absatzmengen höher als die ausgebrachten Mengen, dies hat das Thünen-Institut in der Bilanzierung der THG-Emissionen zwischenzeitlich berücksichtigt, während bei Kalk und Dolomit noch mit den Absatzzahlen gerechnet wird. Es ist daher wahrscheinlich, dass die THG-Emissionen auf Basis der Absatzzahlen von Kalk und Dolomit den tatsächlichen Einsatz überzeichnen.

Abb. 5: Änderungsraten der THG-Emissionen aus Landwirtschaft und Landnutzung 1990 - 2019 in Schleswig-Holstein und Deutschland



Quelle: Statistikamt Nord

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Landwirtschaft weiterhin unterdurchschnittlich zur Erreichung der klimapolitischen Ziele und Verpflichtungen Deutschlands beiträgt und dass Schleswig-Holstein eine ungünstigere Entwicklung als der bundesweite Durchschnitt zu verzeichnen hat. Demgegenüber steht allerdings eine höhere Produktivität der Landwirtschaft in Schleswig-Holstein als im Bundesdurchschnitt.

D. Entwicklung der Emissionen aus Landnutzung und Landnutzungsänderungen (LULUCF) in Schleswig-Holstein

In diesem Kapitel wird die Entwicklung der Treibhausgasemissionen aus Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft (LULUCF) in Schleswig-Holstein betrachtet. Der Sektor LULUCF umfasst alle Treibhausgaswirkungen, die mit den verschiedenen Arten der Landnutzung zusammenhängen. Dabei ist zu beachten, dass die bundesweiten und die schleswig-holsteinischen THG-Minderungsziele auf die Bilanzierung ohne LULUCF bezogen sind und das Monitoring der LULUCF-Emissionen nur nachrichtlich erfolgt.

Auf Basis der vom Thünen-Institut seit Frühjahr 2020 bereitgestellten Daten für den Sektor LULUCF werden Änderungen der Flächenanteile (in ha) sowie die THG-Emissionen der drei Treibhausgase CO₂, CH₄ und N₂O (in t CO₂-Äquivalente) für die Flächenkategorien Acker, Grünland, Wald, Feuchtgebiete, Siedlungen und sonstiges Land ausgewiesen.²⁵ Zu berücksichtigen ist, dass N₂O-Emissionen, die innerhalb der Kategorien Ackerland und Grünland in Folge der Landnutzung z.B. durch den Einsatz von stickstoffhaltigen Düngemitteln entstehen, im Sektor Landwirtschaft berichtet werden.

Die Flächenkategorien gliedern sich in weitere Subkategorien: Ackerland in annuelles Ackerland²⁶, sowie in Hopfen-, Wein- und Obstanbauflächen, das Grünland in die Subkategorien Grünland im engeren Sinne (i.e.S.)²⁷ und Gehölze²⁸, sowie die Feuchtgebiete in terrestrische Feuchtgebiete²⁹, Gewässer und Torfabbau. In allen Abbildungen, bis auf Abb. 7 und 8, sind für das Ackerland das annuelle Ackerland, für das Grünland das Grünland im engeren Sinne und für die Feuchtgebiete die terrestrischen Feuchtgebiete inkl. Gewässer ausgewiesen. In den Abbildungen 7 und 8 werden für das Ackerland und das Grünland alle Subkategorien einbezogen.

1. Emissionen und Senken des Sektors LULUCF in Schleswig-Holstein

Je nach Landnutzungsform werden im Sektor LULUCF Treibhausgase gespeichert oder freigesetzt. In Schleswig-Holstein war der Sektor LULUCF im Jahr 2019 mit 4,2 Mio. t CO₂-Äquivalenten eine Quelle von Treibhausgasemissionen. THG-Emissionen in Höhe von etwa 4,4 Mio. t CO₂-Äquivalenten wurden hauptsächlich aus den Landnutzungskategorien Grünland und Ackerland freigesetzt. Das entspricht einem Anteil von über 95% an den gesamten THG-Emissionen des LULUCF-Sektors. Die Wälder Schleswig-Holsteins waren eine Senke von THG-Emissionen und reduzierten die Emissionen aus der Landnutzung und Landnutzungsänderung (LULUC) um etwas mehr als 15%.

²⁵ Mit der Veröffentlichung der aktuellen Ausgabe der Tabellen zu den Graphiken des Energie- und Klimaschutzberichts 2020 hat das MELUND erste Daten zu Emissionen aus LULUCF für Schleswig-Holstein aufgenommen, siehe <http://www.schleswig-holstein.de/DE/Landesregierung/Themen/Energie/Energiewende/Daten/documents/monitoring.html>

²⁶ Umfasst Flächen zum Anbau von Feldfrüchten, (z.B. Getreide, Hülsenfrüchte, Hackfrüchte) und Beerenfrüchten (z.B. Erdbeeren) und Gemüse. Zum Ackerland gehören auch die Rotationsbrachen, Dauerbrachen sowie Flächen, die zur Erlangung der Ausgleichszahlungen der EU stillgelegt worden sind; jedoch ohne Hopfen, Wein, Obstanbauflächen, Baumschulen und Kurzumtriebsplantagen

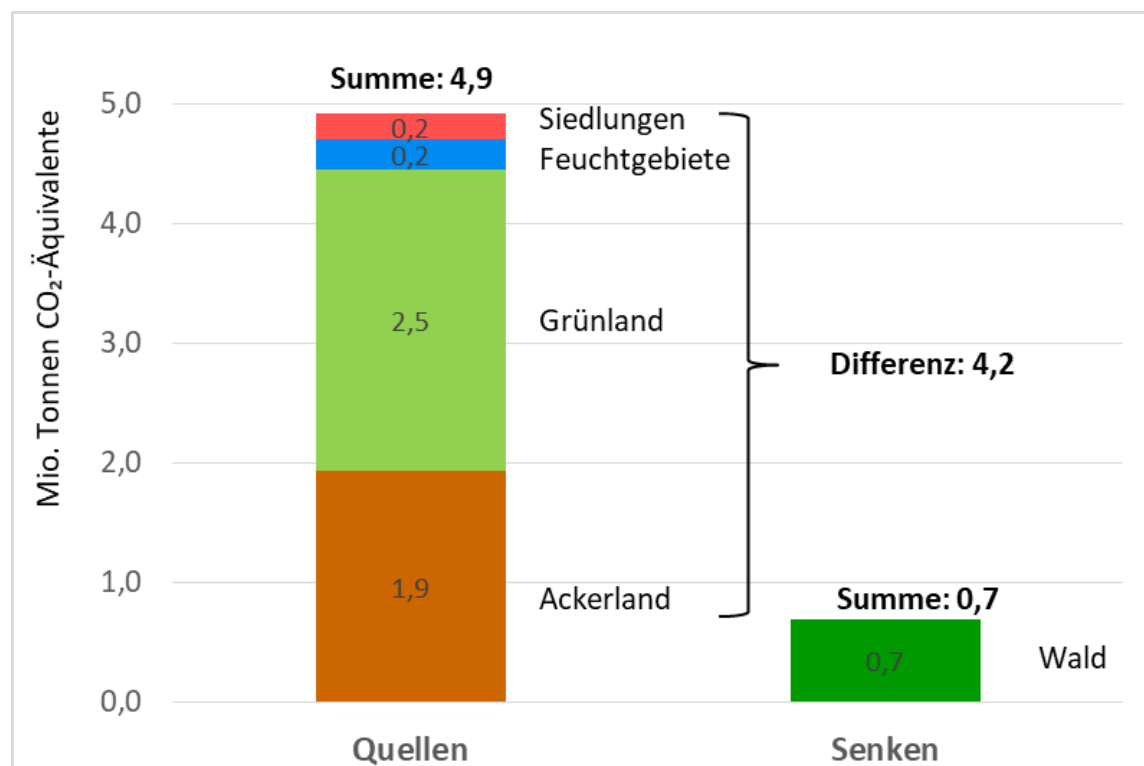
²⁷ Umfasst Wiesen, Weiden, Almen, Hutungen, Heideflächen, naturbelassenes Grünland, Erholungsflächen sowie Sumpf/Ried (nicht drainierte, organische Böden, auch als Nassgrünland bezeichnet)

²⁸ Umfasst Hecken, Feldgehölze und Strauchbestände

²⁹ Umfasst nicht drainierte und naturnahe Moorstandorte und sonstige Feuchtgebiete auf mineralischen Böden (Sümpfe, Fluss- und Bachläufe)

Weitere Emissionen, die dem LULUCF Sektor in Schleswig-Holstein zuzuordnen sind, stammen aus Siedlungen. Sie trugen 2019 mit etwa 5% zu den Gesamt-THG-Emissionen im Sektor LULUCF bei. Ein geringerer Teil der Emissionen (etwa 5%) wurde von terrestrischen Feuchtgebieten, wie naturnahen Mooren, freigesetzt.

Abb. 6 Emissionen und Senken des Sektors LULUCF in Schleswig-Holstein 2019



Quelle: Statistikamt Nord; Abweichung bei der Summe ist durch Rundungsdifferenzen bedingt

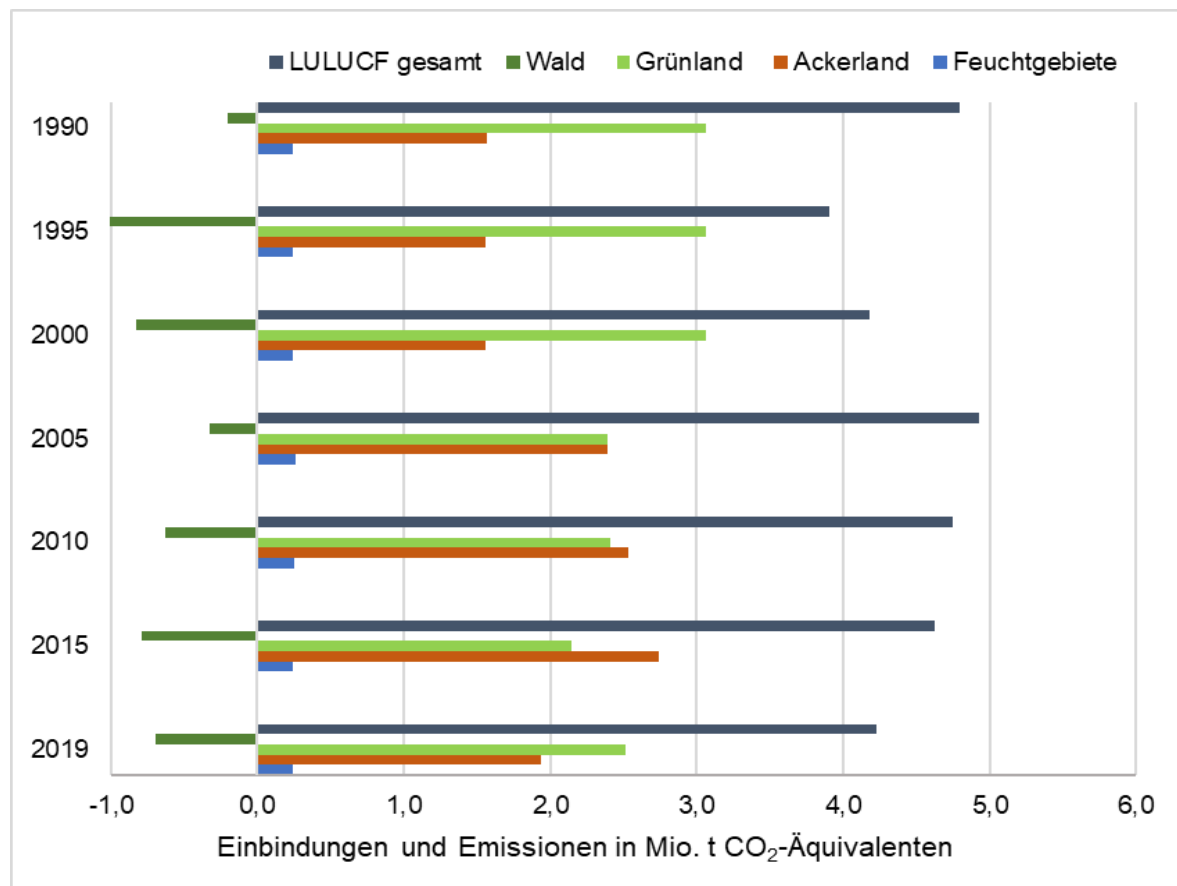
2. Entwicklung der THG-Emissionen aus LULUCF in Schleswig-Holstein

In Schleswig-Holstein befinden sich die THG-Emissionen aus LULUCF seit 1990 auf einem vergleichsweise konstanten Niveau und sind seitdem ausnahmslos eine Quelle von Emissionen. Zwischen 1990 und 2005 sind deutliche Schwankungen der Emissionen zwischen 3,9 und 4,9 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalenten, insbesondere durch die Zunahme der Senkenleistung des Waldes, zu verzeichnen (Abb. 7). Diese ist allerdings nicht in einer Landnutzungsänderung begründet, sondern auf eine Änderung des Verfahrens zur Ermittlung der Senkenleistung des Waldes zurückzuführen³⁰. Nach 2005 steigt die Senkenleistung des Waldes auf ca. 0,7 Tonnen CO₂ Äquivalente und verbleibt seitdem relativ konstant auf diesem Niveau.

³⁰ Seit 2001 wird das neue Flächenmodell ACTIS DLM zur Ermittlung verwendet, so dass hier ein Bruch in der Zeitreihe zu verzeichnen ist. Mitteilung Dr. Tiemeyer, Thünen-Institut; Klimaschutz in Zahlen 2020: [Klimaschutz in Zahlen: Fakten, Trends und Impulse deutscher Klimapolitik Ausgabe 2020 \(bmu.de\)](https://www.bmu.de/aktuelles/klimaschutz-in-zahlen-fakten-trends-und-impulse-deutscher-klimapolitik-ausgabe-2020)

Emissionen aus der Nutzungskategorie Grünland haben bis zum Jahr 2000 mit ca. 3,1 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalenten den größten Anteil an den Gesamt-THG-Emissionen des LULUCF-Sektors (Abb. 7). Danach nahmen die Emissionen aus dem Grünland ab und liegen mit leichten Schwankungen bei etwa 2,5 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalenten pro Jahr. Ackerland emittierte zwischen 1990 und 2000 etwa 1,6 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente pro Jahr. Nach 2000 nahmen die THG-Emissionen des Ackerlands deutlich zu und lagen zwischen 2005 und 2015 durchschnittlich bei ca. 2,5 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalenten. In 2019 ist ein Rückgang der Emissionen auf 1,9 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente zu verzeichnen. Terrestrische Feuchtgebiete emittieren seit 1990 konstant etwa 0,2 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente.

Abb. 7 Einbindungen und Emissionen aus LULUCF nach Flächennutzungskategorien in Mio. t CO₂-Äquivalenten von 1990 bis 2019



Quelle: Eigene Berechnungen MELUND auf Basis von Daten des Thünen-Instituts

Treibhausgasemissionen entstehen unter anderem bei einer Veränderung der Flächennutzung, wie z.B. der Umwandlung von Grünland in Ackerland. Dies kann auch in Schleswig-Holstein beobachtet werden. Ab dem Jahr 2000 ist eine deutliche Zunahme der THG-Emissionen aus Ackerland und Abnahme der THG-Emissionen aus Grünland zu beobachten. Ein gleicher Trend zeigt sich auch in der Flächenentwicklung. Seit 2000 haben Ackerflächen in Schleswig-Holstein deutlich zugenommen, während

hingegen Grünlandflächen deutlich abgenommen haben. Durch die Einführung des Erneuerbaren Energien-Gesetzes im Jahr 2000 und der damit verbundenen hohen Attraktivität des Maisanbaus wurden in Schleswig-Holstein vermehrt Grünlandflächen umgebrochen, so dass das Ackerland von in den Neunziger Jahren konstanten knapp 760.000 ha auf 830.000 ha im Jahr 2010 anwuchs (Abb. 8). Gleichzeitig ist ein Rückgang des Grünlands von rund 390.000 ha auf weniger als 290.000 ha im Jahr 2014 zu beobachten. Da die EU-rechtlichen Bestimmungen³¹ zum Erhalt von Dauergrünland im Jahr 2008 nicht mehr eingehalten werden konnten, wurde im Juni 2008 ein generelles Umnutzungsverbot für alle Dauergrünlandflächen verhängt, wodurch der Flächenumbruch gestoppt werden konnte. Um dem Verlust von Grünlandflächen nachhaltig entgegenzuwirken, wurde die Dauergrünlanderhaltungsverordnung 2013 durch das Dauergrünlanderhaltungsgesetz (DGLG) abgelöst, das den Umbruch von Dauergrünlandflächen in einer definierten Schutzkulisse³² untersagt. Seitdem ist ein kontinuierlicher Zuwachs des Grünlands auf knapp 370.000 ha im Jahr 2019 zu verzeichnen (Abb. 8).

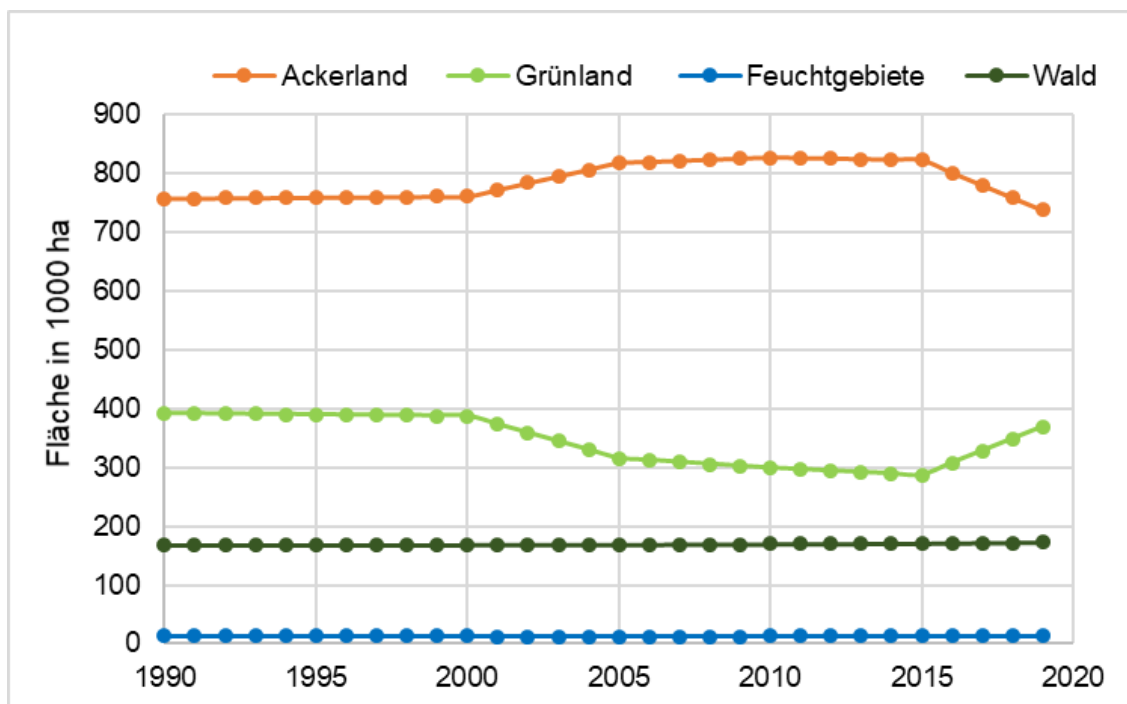
Mit Wäldern bewachsene Flächen nehmen in Schleswig-Holstein seit 1990 kontinuierlich leicht zu und wuchsen von 168.000 ha in 1990 auf ca. 172.000 ha im Jahr 2019 an (Abb. 8). Dies entspricht dem Ziel der Landesregierung, den Waldanteil langfristig von derzeitigen 11% auf 12% zu erhöhen.

Die Flächen terrestrischer Feuchtgebiete schwanken geringfügig zwischen 12.000 und 13.000 ha (Abb. 8).

³¹ Aufgrund EU-rechtlicher Bestimmungen sind die Bundesländer verpflichtet, Maßnahmen zur Erhaltung von Dauergrünland auf einzelbetrieblicher Ebene zu ergreifen, sobald der aktuelle Dauergrünlandanteil an der landwirtschaftlich genutzten Fläche um mehr als 5 % gegenüber dem Anteil im so genannten Basisjahr 2003 abgenommen hat. In Schleswig-Holstein wurde diese Marge von 5 % erstmals im Jahre 2008 überschritten. Wegen des Verlustes von 7,54 % wurde am 24.06.2008 das generelle Umnutzungsverbot für alle Dauergrünlandflächen verhängt, die von Betriebsprämienempfängern in Schleswig-Holstein bewirtschaftet wurden.

³² DGLG: In einer definierten Schutzkulisse, zu der Flächen, die hoher oder sehr hoher Wassererosionsgefährdung unterliegen, Überschwemmungs- und Wasserschutzgebiete, Gewässerrandstreifen, Moor- und Anmoorböden gehören, ist die Umwandlung von Grünland in Ackerland untersagt, in den anderen Gebieten unterliegt die Umwandlung einem Genehmigungsverfahren.

Abb. 8 Flächenentwicklung im Sektor LULUCF nach Flächennutzungskategorien in 1000 ha³³



Quelle: Eigene Berechnungen MELUND auf Basis von Daten des Thünen-Instituts

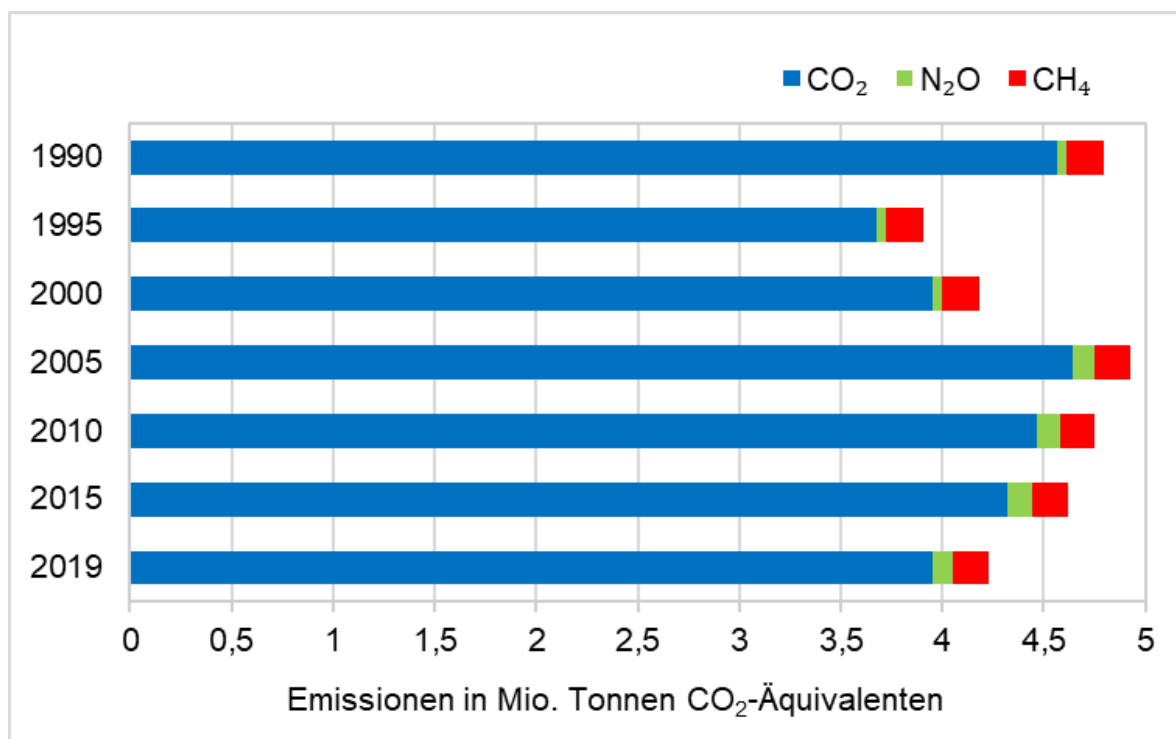
3. Anteile der Treibhausgase CO₂, N₂O und CH₄ an den Gesamtemissionen des LULUCF-Sektors und deren Entwicklung

Das dominierende Treibhausgas, das in Schleswig-Holstein aus dem LULUCF-Sektor freigesetzt wird, ist CO₂ (Abb. 9). 2019 beträgt sein Anteil an den Gesamtemissionen 93%. Der Grund hierfür liegt in den hohen CO₂-Emissionen aus organischen Böden und der demgegenüber vergleichsweise geringen Einbindung von CO₂ in Mineralböden und Biomasse (siehe auch Abb. 13). Die Treibhausgase Methan und Lachgas werden im Jahr 2019 mit 2,4 bzw. 4% zu deutlich kleineren Anteilen emittiert (Abb. 9). Während von 1995 bis 2000 ein Rückgang der CO₂-Emissionen verzeichnet werden konnte, zeigt sich seit dem Jahr 2005 wieder eine deutliche Zunahme der CO₂-Emissionen. Diese ist zum einen auf die bereits beschriebene Zunahme des Grünlandumbruchs zurückzuführen, zum anderen auf die geänderte Ermittlung der Senkenleistung

³³ Die hier ausgewiesene Gesamtfläche von Ackerland und Grünland ist mit rund 1,1 Mio. ha höher als die landwirtschaftliche Nutzfläche mit knapp 1 Mio. ha, die in Schleswig-Holstein durch die Bodennutzungshaupterhebung geschätzt wird ([C11-j21 SH \(statistik-nord.de\)](https://www.statistik-nord.de/C11-j21-SH)). Der Unterschied ist darin begründet, dass die Bodennutzungshaupterhebung die landwirtschaftlich genutzte Fläche aufgrund von Ausschlusskriterien unterschätzt. So werden bei der Bodennutzungshaupterhebung Betriebe erst erfasst, wenn sie mindestens 5 ha landwirtschaftlich genutzte Fläche bewirtschaften.

des Waldes. Im Zuge des erhöhten Grünlandumbruchs haben auch die N₂O-Emissionen seit 2000 von 1% auf 2,4 % zugenommen³⁴. Die Methanemissionen, die aus der landwirtschaftlichen Nutzung der organischen Böden stammen, sind seit 1990 leicht rückläufig und liegen im Jahr 2019 bei etwa 174.000 t CO₂-Äquivalenten, was einem Anteil von knapp 4% an den Gesamtemissionen entspricht.

Abb. 9 Treibhausgasemissionen des Sektors LULUCF differenziert in CO₂, N₂O und CH₄



Quelle: Eigene Berechnungen MELUND auf Basis von Daten des Thünen-Instituts

4. Flächennutzung und THG-Emissionen von mineralischen und organischen Böden in Schleswig-Holstein

Bei der Emissionsbetrachtung wird in THG-Emissionen aus mineralischen und organischen Böden unterschieden. Als „organische Böden“ werden nach NIR „Moorböden und weitere kohlenstoffreiche Böden“ beschrieben, die einen Mindestgehalt von 9% organischem Kohlenstoff (15% organische Bodensubstanz (=Humus)) haben. „Echte“ Moorböden sind Hochmoor- und Niedermoorböden, als „weitere kohlenstoffreiche Böden“ werden Anmoore, Moorgleye und Moorböden mit Tiefumbruch bezeichnet.

³⁴ N₂O-Emissionen, die direkt beim Umbruch von Grünland zu Ackerland entstehen, werden im Sektor LULUCF berichtet (in der sogenannten Übergangskategorie). Alle übrigen N₂O-Emissionen aus der Düngemittelausbringung, Drainage organischer Böden, usw. befinden sich in der Verbleibkategorie und werden im Sektor Landwirtschaft berichtet.

Mineralische und organische Böden unterscheiden sich deutlich in Anreicherung, Dynamik (Auf- und Abbau) und der Speicherung von organischem Kohlenstoff. Die höchsten Vorräte an organischem Kohlenstoff finden sich in Moorböden. Sie entstehen über Jahrtausende durch den unvollständigen Abbau von organischer Substanz, meist Pflanzenreste von Torfmoosen, Seggen oder Schilf, unter Wassersättigung und damit sauerstofffreien Bedingungen. Natürliche Moore sind dadurch langfristige Senken für den Kohlenstoff des atmosphärischen CO₂. Bei Entwässerung der Moore setzen aerobe Mikroorganismen den organisch gebundenen Kohlenstoff zu CO₂ um, der dann in die Atmosphäre entweicht.

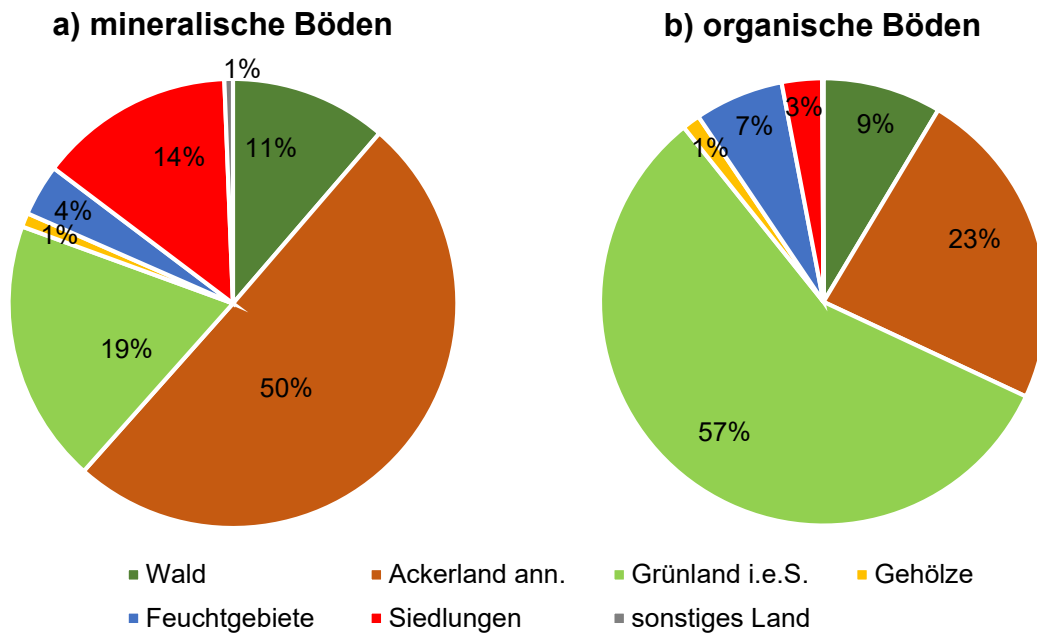
Mineralische Böden enthalten mit bis zu 8% Humus deutlich weniger organischen Kohlenstoff. In mineralischen Böden werden die Humusvorräte vor allem durch Boden- und Standortfaktoren (wie Textur, Lage im Gelände, Ausgangsmaterial) bestimmt. Zentrale Einflussgrößen sind auch der Tongehalt und Faktoren, die den Wassergehalt im Boden (Grundwassereinfluss) prägen. Ein weiterer wichtiger Einflussfaktor ist die Nutzungsart, z.B. als Acker oder Dauergrünland. So befinden sich in der Regel unter Dauergrünland deutlich größere Humusvorräte als unter Ackerland. Die Humusvorräte mineralischer Böden können durch Bewirtschaftungsmaßnahmen (Bodennutzung, organische Düngung, Fruchtfolge) nur in begrenztem Umfang beeinflusst werden.

Flächennutzung mineralischer und organischer Böden in Schleswig-Holstein

In Schleswig-Holstein haben organische Böden mit 185.460 ha einen Anteil von etwa 12% an der Landesfläche. Mineralische Böden nehmen mit 1.383.174 ha den restlichen Anteil von 88% an der Landesfläche ein. Mineralische Böden werden 2019 in Schleswig-Holstein zu 50% als Ackerland und zu 19% als Grünland i.e.S. genutzt (Abb. 10 a). 14% der mineralischen Böden sind mit Siedlungen bedeckt und 11% bewaldet. Auf 4% der mineralischen Böden sind Feuchtgebiete zu finden. Gemäß IPCC-Definition enthält die Kategorie Feuchtgebiete neben den terrestrischen Feuchtgebieten auch Gewässer (siehe hierzu auch Definitionen in den Fußnoten 34 bis 37).

Die organischen Böden Schleswig-Holsteins wurden zum größten Teil zur land- und forstwirtschaftlichen Nutzung drainiert. Im Jahr 2019 werden 57% der organischen Böden als Grünland bewirtschaftet und 23% ackerbaulich genutzt. Auf 9% der organischen Böden befindet sich Wald. Sieben Prozent der organischen Böden sind mit Feuchtgebieten bedeckt. Siedlungsflächen sind nur auf 3% der organischen Böden zu finden (Abb. 10 b).

Abb. 10 Flächennutzung mineralischer und organischer Böden in Schleswig-Holstein 2019

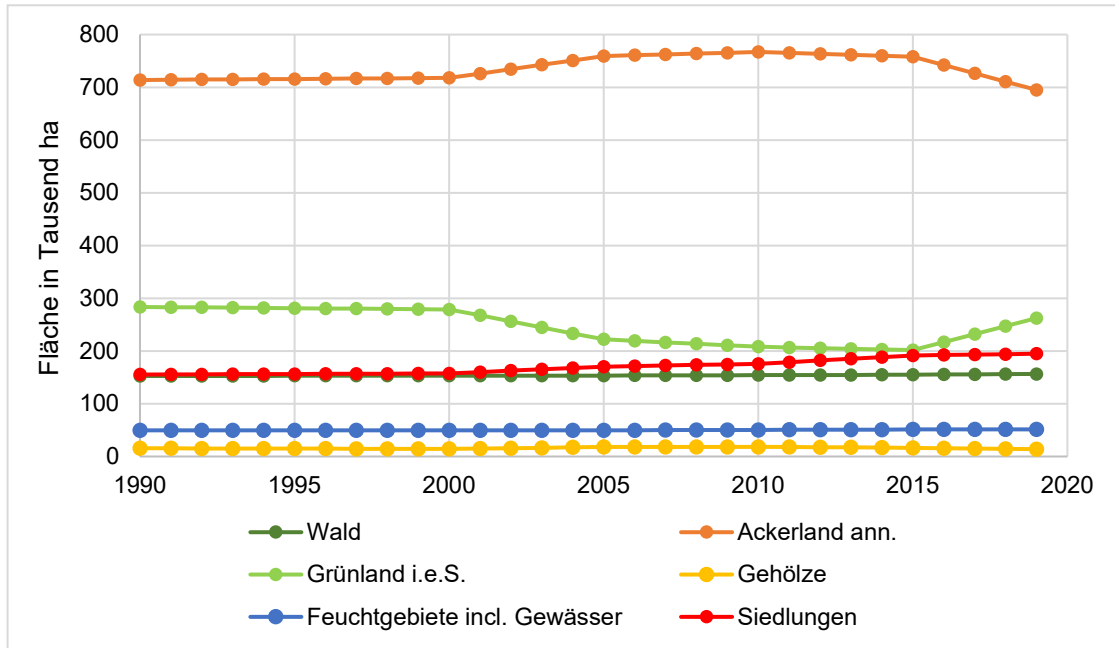


Quelle: Eigene Berechnungen MELUND auf Basis von Daten des Thünen-Instituts

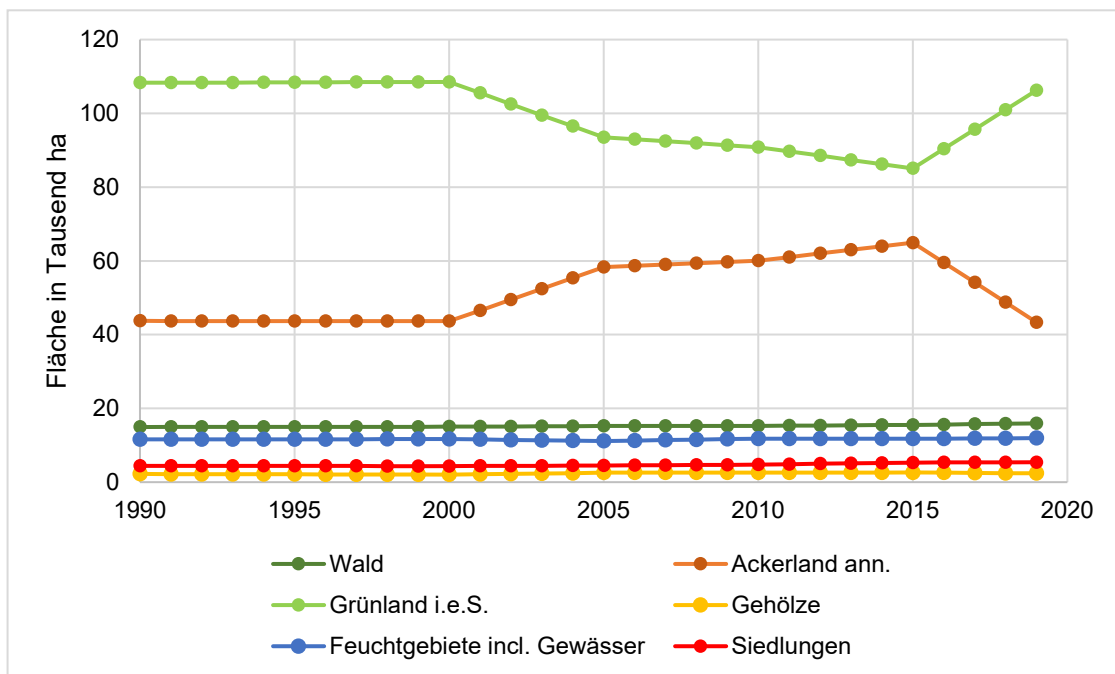
Im Zeitverlauf zeigt sich, dass die Flächennutzung mineralischer und organischer Böden in den Flächennutzungskategorien Wald, Gehölze und Feuchtgebiete seit 1990 vergleichsweise konstant ist (Abb. 11). Siedlungsflächen haben auf mineralischen Böden seit 1990 um etwa 26% zugenommen, auf organischen Böden um etwa 21%. Die größten Veränderungen treten in den Kategorien Ackerland und Grünland auf. So hat zwischen 2000 und 2015 der Ackerbau insbesondere auf organischen Böden um 49% zugenommen, während das Grünland im gleichen Zeitraum um etwa 22% abgenommen hat (Abb. 11 b). Auf mineralischen Böden nahm der Ackerbau im gleichen Zeitraum um knapp 6% zu, das Grünland hingegen um 28% ab. Diese Trends kehren sich seit 2015 um.

Abb. 11 Flächennutzung (a) mineralischer und (b) organischer Böden in Schleswig-Holstein von 1990 bis 2019

(a) mineralische Böden



(b) organische Böden

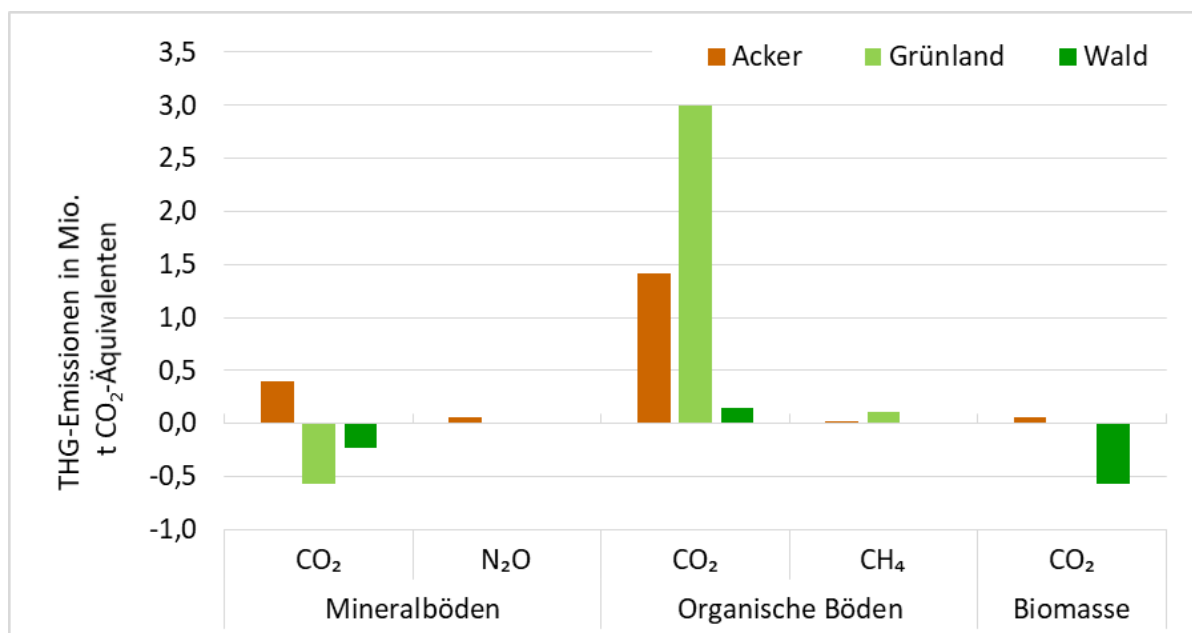


Quelle: Eigene Berechnungen MELUND auf Basis von Daten des Thünen-Instituts

THG-Emissionen aus mineralischen und organischen Böden in Schleswig-Holstein

CO₂-Emissionen aus organischen Böden nehmen 2019 mit 96% den Hauptanteil der THG-Emissionen des LULUCF Sektors ein (Abb. 12). Diese hohen Emissionen resultieren aus der Entwässerung der organischen Böden. Durch das Absenken des Grundwasserstands werden sie belüftet und aerobe Mikroorganismen können nun den organisch gebundenen Kohlenstoff verstoffwechseln, der dann als CO₂ in die Atmosphäre entweicht. CH₄- und N₂O-Emissionen aus organischen Böden³⁵ sowie N₂O-Emissionen aus mineralischen Böden sind demgegenüber mit weniger als 2% nahezu vernachlässigbar. Mineralböden stellen im Jahr 2019 eine geringe Senke für CO₂-Emissionen (12% der Gesamtsenke) dar. Weitaus mehr CO₂ wird mit 84% in der lebenden Biomasse (insbesondere Waldbiomasse) gebunden (Abb. 12).

Abb. 12 THG-Emissionen aus mineralischen und organischen Böden differenziert nach Acker, Grünland und Wald sowie aus Biomasse 2019



Quelle: Eigene Berechnungen MELUND auf Basis von Daten des Thünen-Instituts

³⁵ Zu berücksichtigen ist, dass hier nur N₂O-Emissionen berichtet werden, die direkt beim Umbruch von Grünland zu Ackerland entstehen. N₂O-Emissionen, die aus der Düngemittelausbringung (Mineraldünger, Wirtschaftsdünger, Klärschlamm usw.), Ernteresten und der Drainage organischer Böden entstehen, werden im Sektor Landwirtschaft verbucht.

5. Flächennutzung und Treibhausgasemissionen von landwirtschaftlich genutzten Böden Schleswig-Holsteins

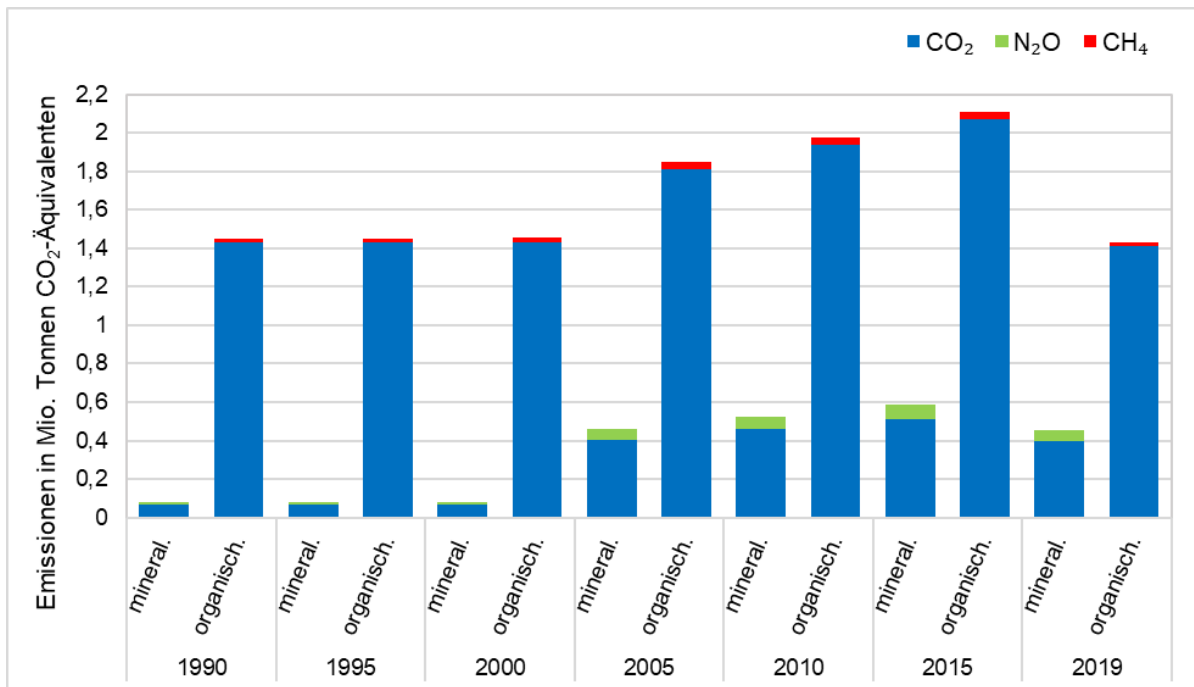
THG-Emissionen im Sektor LULUCF, die der Landwirtschaft zugeordnet werden können, entstehen vor allem bei der landwirtschaftlichen Nutzung von Ackerland durch Freisetzung und Einbindung von CO₂ aus mineralischen und organischen Böden, bei der Bewirtschaftung von trockengelegten organischen Böden (CO₂- und Methanemissionen) sowie bei Landnutzungsänderungen z.B. zu Ackerland durch direkte und indirekte Lachgasemissionen durch Humusverluste aus Mineralböden. Wird Ackerland zu Grünland umgewandelt, werden CO₂-Emissionen gebunden. Direkte und indirekte Lachgasemissionen aus der Düngemittelausbringung (Mineraldünger, Wirtschaftsdünger, Klärschlamm usw.), Ernteresten und der Drainage organischer Böden unter Ackernutzung sowie durch den Zersetz organischer Substanz werden gemäß IPCC Richtlinien unter dem Sektor Landwirtschaft berichtet.

Ackerland³⁶

Im Jahr 2019 betragen die Gesamtemissionen aus Ackerland 1,9 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente (Abb. 6 und Abb. 13). Hauptquelle sind dabei mit 74% ackerbaulich genutzte organische Böden. Die Mineralböden tragen mit 23% zu den Gesamtemissionen bei. Dominierendes Treibhausgas im Ackerland ist CO₂, das den Hauptanteil der Emissionen sowohl aus mineralischen (87%) als auch aus organischen Böden (98%) ausmacht (Abb. 13). Die ackerbauliche Nutzung organischer Böden ist mit 1,6% eine geringe Emissionsquelle für Methan. Die N₂O-Emissionen aus dem Abbau organischer Bodensubstanz infolge von Landnutzungsänderungen von Grünland zu Ackerland auf Mineralböden liegen im Jahr 2019 bei etwa 12%. Im Zeitverlauf ist zu beobachten, dass die CO₂-Emissionen aus ackerbaulich genutzten mineralischen und organischen Böden ab 2005 deutlich ansteigen (Abb. 13), was auf die verstärkte Umwandlung von Grünland in Ackerland zu Beginn der 2000er Jahren zurückzuführen ist (Abb. 11, Kapitel 1).

³⁶ Betrachtet wird hier die Flächennutzungskategorie Annuelles Ackerland

Abb. 13 CO₂, N₂O- und CH₄-Emissionen aus ackerbaulich genutzten mineralischen und organischen Boden von 1990 bis 2019



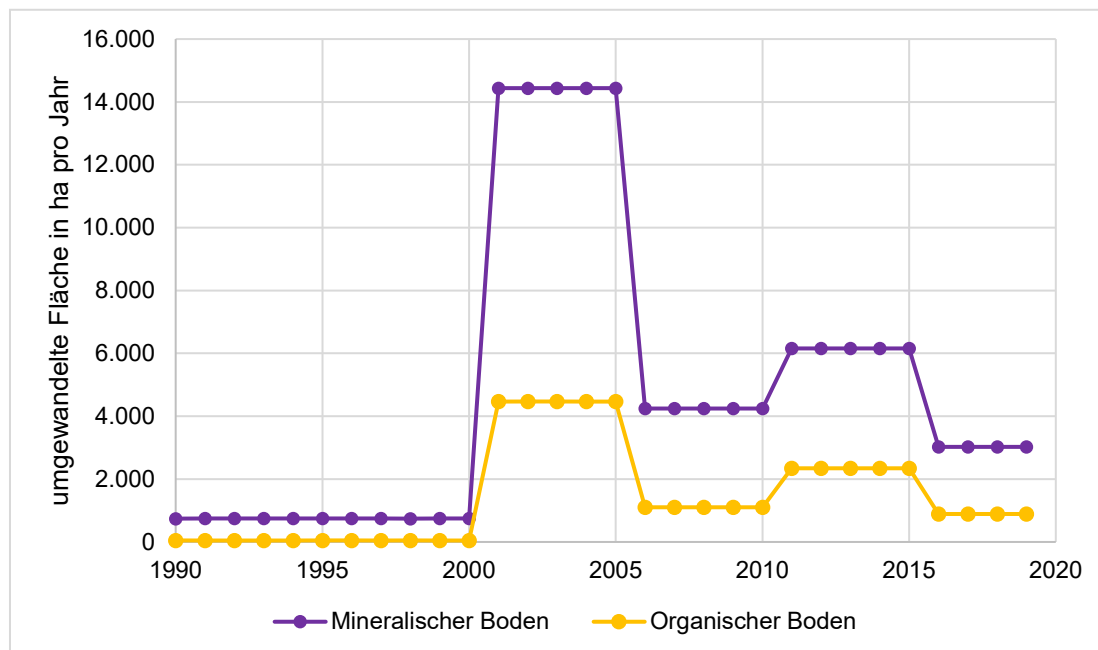
Quelle: Eigene Berechnungen MELUND auf Basis von Daten des Thünen-Instituts

Die Umwandlung von Grünland zu Ackerland erfolgte vor allem auf mineralischen Standorten, aber auch Grünland auf organischen Böden wurde umgebrochen (Abb. 14). Hohe Umbruchraten können zu Beginn der 2000er Jahre festgestellt werden, ab 2015 nimmt der Grünlandumbruch wieder deutlich ab. Die unverkennbaren Änderungen der Kurvenverläufe der Zeitreihen sind vor allem in den periodischen Erhebungs-terminen der Flächendaten begründet.³⁷ Die Erfassung der Landnutzungsänderungen anhand räumlich expliziter Daten erfolgte in den Jahren 1990, 2000, 2005, 2008, 2012, 2016 und 2018. Landnutzungsänderungen, die zwischen diesen Terminen auftraten, wurden durch lineare Interpolation ermittelt, so dass die jährlichen Umwandlungsflächen zwischen den Erhebungszeitpunkten konstant sind.³⁸

³⁷ Weiterhin gilt zu berücksichtigen, dass von 1990 zu 2000 ein Wechsel in der Datengrundlage notwendig wurde. Im Ergebnis führt dies dazu, dass ab dem Jahr 2000 deutlich mehr Landnutzungsänderungen gegenüber der Periode von 1990 bis 2000 detektiert werden können, insbesondere von Grünland zu Ackerland.

³⁸ NIR, 2020: Kapitel 6.5 Ackerland, S. 637

Abb. 14 Landnutzungsänderung von Dauergrünland zu Ackerland auf mineralischen und organischen Böden zwischen 1990 und 2019 in Schleswig-Holstein



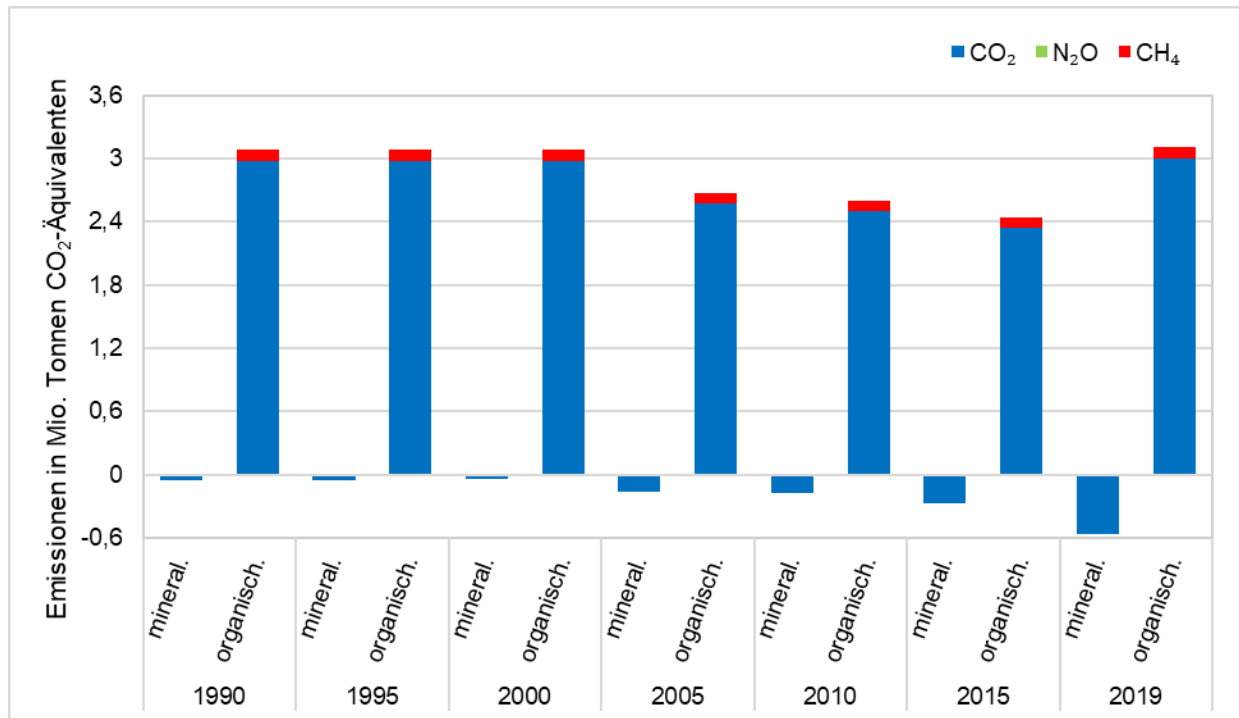
Quelle: Eigene Berechnungen MELUND auf Basis von Daten des Thünen-Instituts

Obwohl die höchsten Grünlandumbruchraten zu Beginn der 2000er Jahre zu beobachten sind, nehmen die THG-Emissionen infolge des Grünlandumbruchs auch noch nach 2005 deutlich zu. Der Grund liegt darin, dass insbesondere in den ersten fünf bis zehn Jahren nach Umbruch die jährlichen Kohlenstoffverluste hoch sind. Nach etwa 20 Jahren streben die Gehalte einem neuen niedrigeren Kohlenstoffgleichgewicht entgegen. Nach 2015 ist ein deutlicher Rückgang der Emissionen aus der Landnutzungsänderung von Grünland zu Ackerland zu verzeichnen.

Grünland

Im Jahr 2019 betragen die Gesamtemissionen aus Grünland ungefähr 2,5 Mio. t CO₂-Äquivalente (Abb. 6 und Abb. 15). Hauptquelle von Treibhausgasemissionen sind hier genau wie beim Ackerland die organischen Böden mit etwa 3,1 Mio. t CO₂-Äquivalenten (Abb. 15). Der Anteil des CO₂ aus organischen Böden an den Gesamtemissionen übertrifft dabei mit knapp 97% den Anteil des Methans (3%) bei weitem. Mineralische Böden unter Grünland sind mit knapp 0,6 Mio. t CO₂-Äquivalenten eine Kohlenstoffsenke, die sich seit 1990 kontinuierlich vergrößert. Im Jahr 2019 reduzierte mineralisches Grünland die Gesamt-THG-Emissionen des Grünlands um etwa 18% (Abb. 15).

Abb. 15 CO₂, N₂O und CH₄-Emissionen aus mineralischen und organischen Böden unter Grünland von 1990 bis 2019

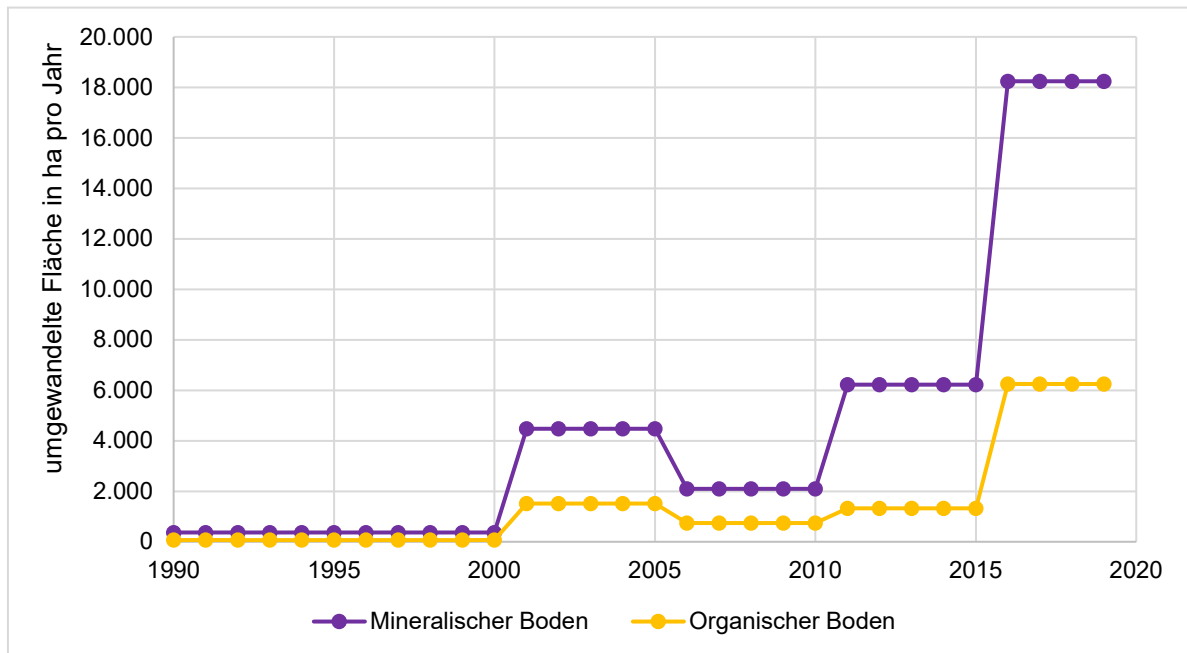


Quelle: Eigene Berechnungen MELUND auf Basis von Daten des Thünen-Instituts

Trotz hoher Umbruchraten von Grün- zu Ackerland zwischen 2000 und 2015 wurde in diesem Zeitraum auch Acker- zu Grünland umgewandelt. Auf mineralischen Standorten wurden dabei jährlich zwischen 4.400 und 6.200 ha Ackerland zu Grünland umgewandelt, auf organischen Standorten etwa 1.300 bis 1.500 ha (Abb. 16).

Seit dem Jahr 2019 nahm die Umwandlung von Acker- zu Grünland insbesondere auf mineralischen Böden mit rund 18.000 ha deutlich zu. Auf organischen Böden liegt die Umwandlungsrate bei ca. 6.300 ha (Abb. 16).

Abb. 16 Landnutzungsänderung von Ackerland zu Dauergrünland auf mineralischen und organischen Böden zwischen 1990 und 2019 in Schleswig-Holstein



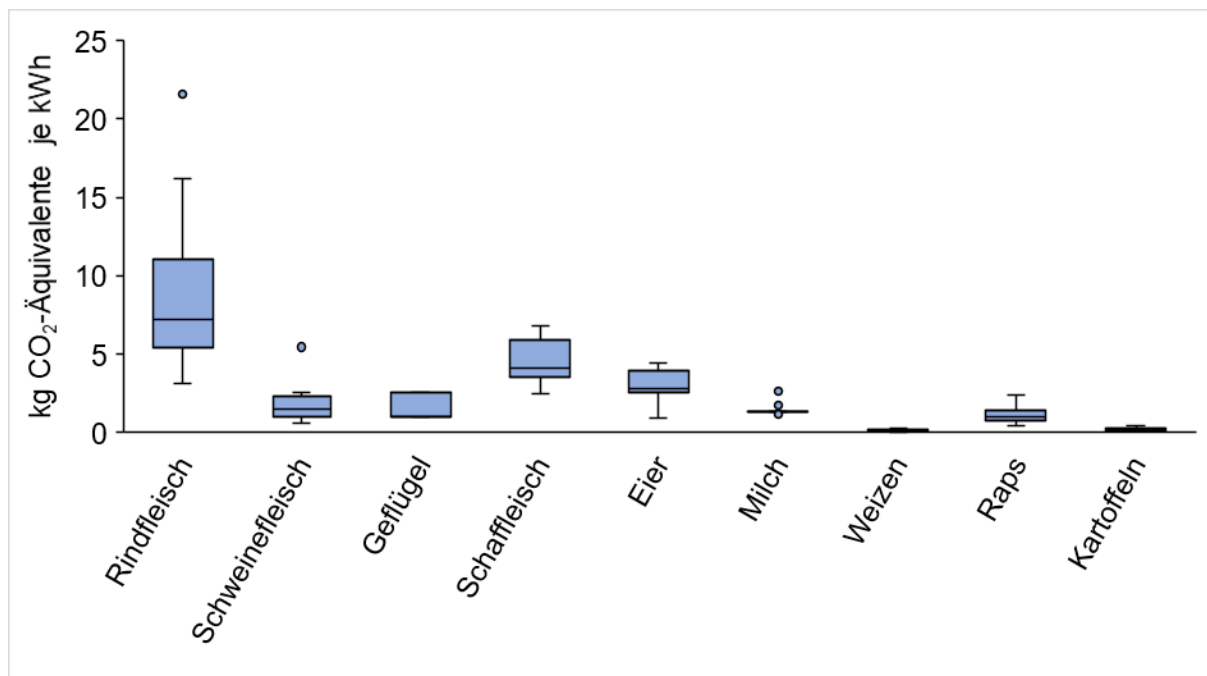
Quelle: Eigene Berechnungen MELUND auf Basis von Daten des Thünen-Instituts

E. Vergleich von spezifischen Emissionen für landwirtschaftliche Produkte

Im Folgenden wird für ausgewählte, für Schleswig-Holstein besonders wichtige landwirtschaftliche Produkte der gesamte CO₂-Fußabdruck vergleichend dargestellt. Eine solche Betrachtung der produktspezifischen Emissionen ermöglicht Vergleiche zwischen verschiedenen Produkten, Anbauformen und Regionen. Beide Betrachtungsweisen ergänzen einander und müssen bei der Entwicklung von Schlussfolgerungen bezüglich Minderungsmaßnahmen berücksichtigt werden. Quelle für die Ergebnisse produktspezifischer Analysen der Treibhausgasemissionen ist die Kurzstudie der CAU (Dr. Reinsch) im Auftrag des MELUND.

- Im Vergleich zu anderen landwirtschaftlichen Produkten weisen tierische Produkte einen besonders großen Kohlenstofffußabdruck auf. Dies gilt im Besonderen für Fleischerzeugnisse aus der Wiederkäuerhaltung. Ursache hierfür sind an erster Stelle die unvermeidbaren Energieverluste während der Verdauung und den damit verbundenen Methanemissionen sowie dem vergleichsweise hohen Flächenbedarf je kg erzeugtes Fleisch.

Abb. 17 CO₂-Fußabdruck je Energieeinheit (kWh) unterschiedlicher landwirtschaftlicher Produkte



Quelle: Reinsch 2018, Umrechnung durch MELUND auf die Einheit kWh

- Beim Vergleich verschiedener pflanzlicher Produkte (Abb. 17) fällt auf, dass Weizen und Kartoffeln geringere THG-Emissionen je Energieeinheit (kWh) aufweisen

als Raps, zugleich aber die Streubreite der spezifischen Emissionen innerhalb derselben Produktkategorie hoch ist. Für die Höhe der entstehenden THG-Emissionen sind also die Standorte und die unterschiedlichen Anbaubedingungen sowie Anbauverfahren entscheidend.

- Bei der Milchviehhaltung kann eine hohe Effizienz je Liter Milch generell in verschiedenen Leistungsgruppen (> 5.000 kg ECM (energy corrected milk) je Kuh und Jahr) erzielt werden. Allerdings stellen Studien unter Berücksichtigung des Nebenproduktes Fleisch ein aus Klimaschutzsicht optimales Milchleistungsniveau von ca. 6000 bis 8000 kg ECM pro Jahr fest. Mit höheren Einzeltierleistungen gehen oft höhere Remontierungsraten einher, die einen zusätzlichen Bedarf an Nachzucht-tieren und den damit verbundenen THG-Emissionen während der Aufzucht mit sich bringen. Des Weiteren wird der Effekt hoher Einzeltierleistungen dadurch reduziert, dass weniger fleischbetonte Tiere zum Einsatz kommen, so dass eine konstante Bereitstellung von Rindfleisch den Einsatz von Mutterkuhhaltung notwendig macht, um den Fleischbedarf zu decken. Masttiere aus Mutterkuhhaltungen weisen jedoch in der relativen Betrachtung hohe Treibhausgasemissionen auf, welche die Klimabilanz verschlechtern. Schließlich besteht bei Leistungsniveaus deutlich über 8000 ECM pro Kuh ein höherer Energiebedarf zur Bereitstellung von Betriebsmitteln, wie z.B. Grundfutterwerbung und Kraffuttermittelverbrauch, bei einem gleichzeitig niedrigeren betrieblichen Grünlandanteil im Futterbau und der damit verbundenen verminderten CO₂-Speicherung im Boden. Das anzustrebende Milchproduktionsverfahren und Leistungsniveau ist zudem stark abhängig von den Standortbedingungen. In Schleswig-Holstein eignen sich die tragfähigen Böden mit ausreichender Wasserversorgung im Sommer sowohl für den intensiven Ackerfütterbau mit ganzjähriger Stallhaltung bei vergleichsweise hohen Einzeltierleistungen wie auch für intensive Vollweidesysteme mit geringer Kraffuttermittelzufütterung und den damit verbundenen niedrigeren Milchleistungen. Bei gutem Management weisen beide Systeme gleichermaßen hohe Effizienzen bei den erzeugten THG-Emissionen je Produkteinheit auf (siehe Reinsch et al 2021).
- Der ökologische Landbau verursacht pro Flächeneinheit geringere THG-Emissionen durch die Einsparung von Betriebsmitteln wie Mineraldüngern und Pflanzenschutz. Pro Produkteinheit gibt es keinen systematischen Klimaschutzvor- oder -nachteil des ökologischen Landbaus aufgrund der geringeren Ertragserwartungen. Es kommt auf die konkreten Standorte und Anbau- bzw. Tierhaltungsbedingungen an.
- Eine generelle Empfehlung zum klimapolitisch anzustrebenden Produktionsverfahren und zur Produktionsintensität ist aufgrund der kulturräumlichen Gegebenheiten Schleswig-Holsteins schwierig. Empfehlungen müssen stets vor dem Hintergrund der Gebietskulisse erfolgen, damit eine Reduktion der THG-Emissionen auf Landesebene und/oder Produkteinheit realisiert werden kann. Zunächst sind THG-

Minderungsmaßnahmen zu empfehlen, die unabhängig vom Produktionsverfahren zu einer Optimierung des Managements führen und Synergien zu anderen Umweltzielen, wie z. B. dem Gewässerschutz, der Artenvielfalt oder der Luftqualität, haben. Beispielsweise kann es durch die Reduktion von Stickstoff-Bilanzüberschüssen in der pflanzlichen Produktion zu einer Reduktion der mineraldüngerbasierten Emissionen sowie zu einer Verbesserung des Grundwasserschutzes kommen. Der Grünlanderhalt sowie eine optimierte Moorbewirtschaftung mit angepassten Grundwasserständen sind weitere Möglichkeiten, die THG-Emissionen zu reduzieren. In der Tierproduktion sind der Einsatz von gasdichten Abdeckungen von Güllebehältern in Kombination mit der energetischen Nutzung der Gärgase adäquate Klimaschutzmaßnahmen.

- Das Ertragsniveau der meisten hinsichtlich des Flächenumfangs besonders bedeutsamen Ackerkulturen liegt deutlich über dem Bundesschnitt (siehe Kapitel B.2) Unklar ist allerdings, inwieweit der für den zusätzlichen Ertrag erforderliche zusätzliche Düngemiteleininsatz sich bei der Bilanzierung der produktspezifischen THG-Emissionen auswirkt. Zu der Frage des Vergleichs von produktspezifischen Emissionen ausgewählter landwirtschaftlicher Produkte auf unterschiedlichen Böden bzw. mit unterschiedlichen Anbauformen besteht daher weiterer Forschungsbedarf. Gleichwohl sollten Maßnahmen ergriffen werden, die sowohl dem Klimaschutz wie auch anderen Umweltschutzzielen (z.B. Grundwasserschutz und Luftreinhaltung) dienen, um größtmögliche Synergieeffekte herzustellen (siehe auch Henning / Taube et al 2020)

Anhang: Emissionsquellen bei den THG-Emissionen der Landwirtschaft

Tabelle 5: Emissionsquellen bei den THG-Emissionen der Landwirtschaft inklusive energiebedingter CO₂-Emissionen

| Emissionsquelle | | 1990 | 2000 | 2010 | 2019 | Anteile 2019 | Änderung 2019 ggü. 1990 | |
|---|---|---------------------------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|-------------------------|---------------|
| | | 1.000 t CO ₂ - Äquivalente | | | | | % | 1.000 t |
| A. CH₄ - Emissionen Landwirtschaft | | 3.149 | 2.840 | 2.706 | 2.620 | 47,3% | -529,0 | -16,8% |
| 1. | Viehhaltung - Wirtschaftsdüngermanagement | 596 | 561 | 479 | 435 | 7,8% | -161,6 | -27,1% |
| | Rinderhaltung | 451 | 407 | 332 | 296 | 5,3% | -154,8 | -34,3% |
| | Andere Nutztiere | 146 | 154 | 147 | 139 | 2,5% | -6,9 | -4,7% |
| 2. | Viehhaltung - Verdauung | 2.553 | 2.278 | 2.160 | 2.071 | 37,4% | -481,9 | -18,9% |
| | Rinderhaltung | 2.448 | 2.174 | 2.063 | 1.986 | 35,8% | -462,2 | -18,9% |
| | Andere Nutztiere | 104 | 104 | 97 | 85 | 1,5% | -19,7 | -18,9% |
| | Rinderhaltung gesamt | 2.899 | 2.581 | 2.395 | 2.282 | 41,2% | -616,9 | -21,3% |
| 3. | Lagerung u. Vergärung von Pflanzen | 0 | 1 | 67 | 115 | 2,1% | 114,6 | |
| B. N₂O - Emissionen Landwirtschaft | | 2.474 | 2.309 | 2.353 | 2.246 | 40,5% | -227,9 | -9,2% |
| 1. | Düngung | 1.500 | 1.353 | 1.302 | 1.268 | 22,9% | -232,3 | -15,5% |
| 1.1 | Stickstoffdüngeranwendung | 722 | 623 | 538 | 467 | 8,4% | -255,4 | -35,3% |
| 1.2 | Wirtschaftsdüngeranwendung | 346 | 324 | 316 | 309 | 5,6% | -36,8 | -10,6% |
| 1.3 | Klärschlamm(dünger)anwendung | 5 | 9 | 10 | 6 | 0,1% | 0,8 | 15,5% |
| 1.4 | Energiepflanzen (Gärrückstände) | 0 | 1 | 65 | 119 | 2,1% | 119,1 | |
| 1.5 | Indirekte Emissionen (Deposition, Auswaschung, Abfluss) | 426 | 387 | 373 | 366 | 6,6% | -60,1 | -14,1% |
| 2. | Viehhaltung-Wirtschaftsdüngermanagement | 189 | 190 | 214 | 191 | 3,5% | 2,6 | 1,4% |
| 2.1 | Viehhaltung-Wirtschaftsdüngermanagement | 116 | 120 | 144 | 127 | 2,3% | 11,6 | 10,0% |
| 2.2 | Indirekte Emissionen (Lagerung, Deposition) | 73 | 69 | 71 | 64 | 1,2% | -9,0 | -12,3% |
| 3. | Böden | 455 | 455 | 501 | 448 | 8,1% | -6,4 | -1,4% |
| 3.1 | Emissionen aus organischen Böden | 455 | 455 | 501 | 448 | 8,1% | -6,6 | -1,4% |
| 3.2 | Emissionen aus mineralischen Böden | 0,06 | 0,06 | 0,21 | 0,27 | 0,0% | 0,2 | 325,0% |
| 4. | Sonstige | 330 | 311 | 336 | 338 | 6,1% | 8,2 | 2,5% |
| 4.1 | Weidegang | 192 | 156 | 166 | 158 | 2,9% | -33,5 | -17,5% |
| 4.2 | Ernterückstände | 138 | 154 | 150 | 157 | 2,8% | 18,9 | 13,7% |
| 4.3 | Energiepflanzen Vergärung, Lagerung | 0 | 1 | 20 | 23 | 0,4% | 22,8 | |
| C. CO₂-Emissionen Landwirtschaft | | 879 | 643 | 611 | 678 | 12,2% | -200,9 | -22,9% |
| 5. | CO₂-Emissionen Landwirtschaft | 879 | 643 | 611 | 678 | 12,2% | -200,9 | -22,9% |
| 5.1 | Düngung und Kalkung Carbonathaltige Düngemittel | 159 | 213 | 204 | 259 | 4,7% | 100,0 | 62,8% |
| 5.2 | Energiebedingte Emissionen | 720 | 429 | 407 | 419 | 7,6% | -300,9 | -41,8% |
| THG - Emissionen Landwirtschaft gesamt* (Summe A, B und C) | | 6.502 | 5.791 | 5.671 | 5.545 | 100,0% | -957,8 | -14,7% |

Literaturverzeichnis

Bach M., Hillebrecht B., Hunsager E.A., Stein M. (2014): Berechnung von Stickstoff-Flächenbilanzen für die Bundesländer - Jahre 2003 bis 2011. Methodenbeschreibung zum Indikator der Länder-Initiative Kernindikatoren (LIKI). 2., überarbeitete Fassung.

Biernat L. (2016): Ökoeffizienz im ökologischen und konventionellen Marktfruchtbau Schleswig-Holsteins - ein konzeptioneller Ansatz zur Bewertung von Landnutzungssystemen – Schriftenreihe des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Universität Kiel, Heft 99.

BMEL (2017): Ökologischer Landbau in Deutschland. Stand: Januar 2017. Berlin.

Flachowsky G. und Brade W. (2007): Potenziale zur Reduzierung der Methan-Emissionen bei Wiederkäuern. Züchtungskunde 79: 417-465.

Henning C.H.C.A., Henningsen A., Struve C., Müller-Scheeßel J. (2004): Auswirkungen der Mid-Term-Review-Beschlüsse auf den Agrarsektor und das Agribusiness in Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern, Agrarwirtschaft, Sonderheft 178.

Henning C., Taube F. et al 2020: Zweiter Nährstoffbericht des Landes Schleswig-Holstein, im Auftrag des Ministeriums für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein (MELUND), S. 89 – S 96.

https://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/G/grundwasser/Downloads/naehrstoffbericht_2020.pdf

Hülsbergen H. J., Rahmann G. (Hrsg.) (2015): Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme – Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben: Forschungsergebnisse 2013-2014. Thünen-Berichte 29, Braunschweig.

Jensen R., Couwenberg J., Trepel M. (2010): Bilanzierung der Klimawirkung von Moorböden in Schleswig-Holstein. TELMA, Bd. 40, S. 215-228.

Linsler D., Geisseler D., Loges R., Taube F., Ludwig B. (2013): Temporal dynamics of soil organic matter composition and aggregate distribution in permanent grassland after a single tillage event in a temperate climate. Soil Till Res, 126, 90-99.

LLUR (Hrsg.) (2015): Moore in Schleswig-Holstein. Geschichte, Bedeutung, Schutz.

Lucy, M.C. (2001): Reproductive Loss in High-Producing Dairy Cattle: Where Will It End? Journal of Dairy Science 84, 1277-1293.

O'Brien D., Capper J.L., Garnsworthy P.C., Grainger C., Shalloo L. (2014): A case study of the carbon footprint of milk from high-performing confinement and grass-based dairy farms. Journal of Dairy Science 97, 1835-1851.

Poyda A., Reinsch T., Kluß C., Loges R., Taube F. (2016): Greenhouse Gas Emissions from Fen Soils Used for Forage Production in Northern Germany. Biogeosciences, 13, 5221-5244.

Reinsch T., Loges R., Kluß C., Taube F. (2018): Renovation and conversion of permanent grass-clover swards to pasture or crops: Effects on annual N₂O emissions in the year after ploughing. *Soil and Tillage Research*, 175, 119–129.

Reinsch T. (2018): Vergleich der produktspezifischen THG-Emissionen für ausgewählte landwirtschaftliche Produkte, Kurzstudie im Auftrag des MELUND.

Reinsch T., Loza C., Malisch CS., Vogeler I., Kluß C., Loges R., Taube F. 2021. Toward Specialized or Integrated Systems in Northwest Europe: On-Farm Eco-Efficiency of Dairy Farming in Germany. *Front. Sustain. Food Syst.* 5, 614348.

<https://doi.org/10/gj68j4>

Taube F., Henning C., Albrecht E., Reinsch T, Kluß C. (2015): Nährstoffbericht des Landes Schleswig-Holstein, Gutachten im Auftrag des Ministeriums für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume.

Umweltbundesamt (2017), "[Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2017](#)",

WBAE - Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz beim BMEL (2016): [Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft sowie den nachgelagerten Bereichen Ernährung und Holzverwendung](#) – Gutachten.

Zehetmeier M., Baudracco J., Hoffmann H., Heißenhuber A. (2011): Does increasing milk yield per cow reduce greenhouse gas emissions? A system approach. *Animal* 6, 154-166.