

ABSCHLUSSBERICHT

Treibhausgasbilanzierung im Ackerbau

Forschungs-Nr.: 1/46

Laufzeit: 01/2101 bis 12/2025

Themenbearbeitung: Dr. A. Gurgel

Themenbearbeitung: Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei
Mecklenburg-Vorpommern

Institut für Pflanzenproduktion und Betriebswirtschaft

31.8.2026

Dr. A. Gurgel

Themenbearbeiter

Dr. I. Bull

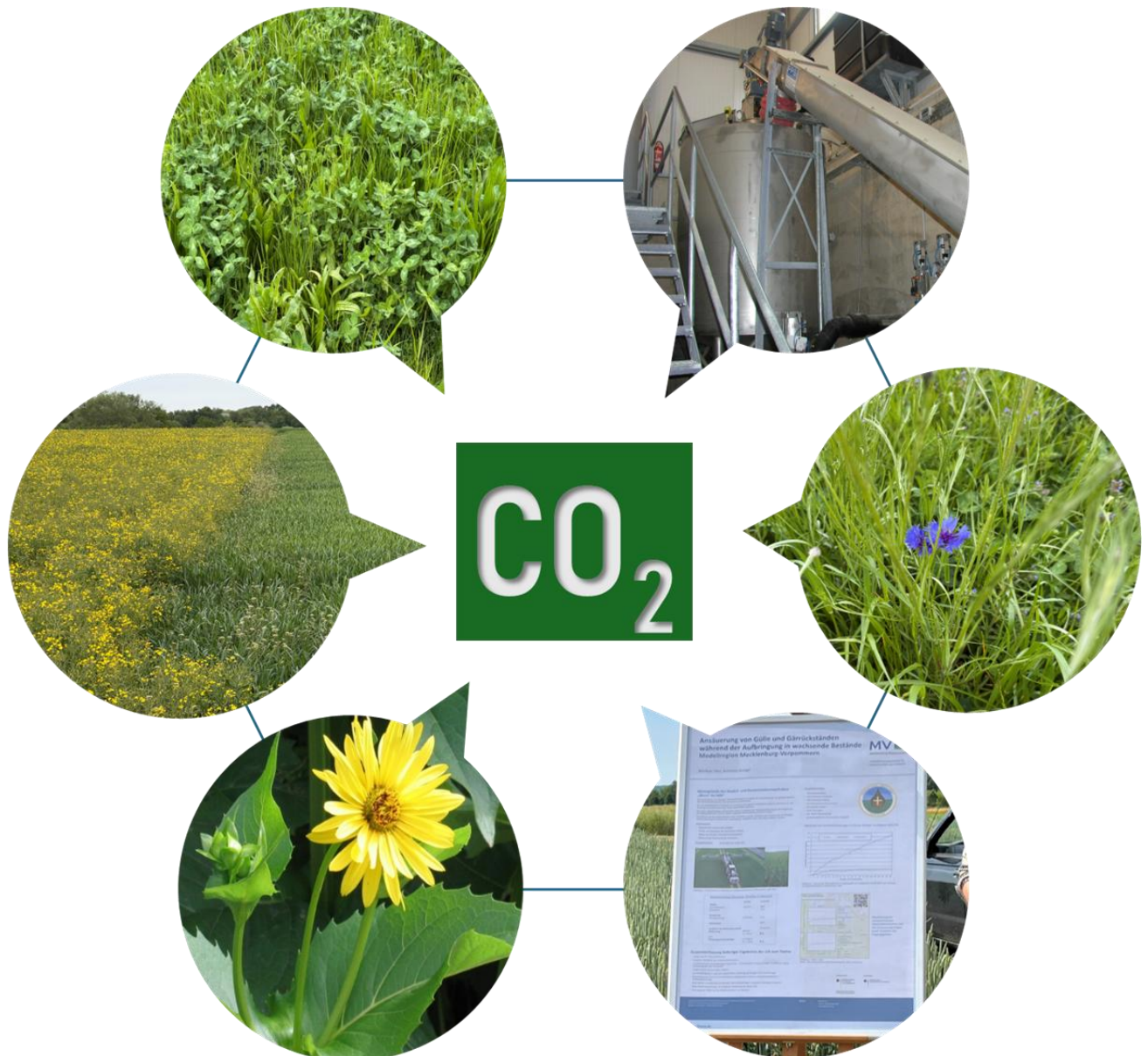
Institutsleiter

KONTAKT

Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern (LFA)
Institut für Pflanzenproduktion und Betriebswirtschaft
Dr. Andreas Gurgel
Dorfplatz 1/OT Gülzow
18276 Gülzow-Prüzen

ABSCHLUSSBERICHT

Treibhausgasbilanzierung im Ackerbau



IMPRESSUM

Titel

Treibhausgasbilanzierung im Ackerbau

Forschungs-Nr.

1/46

Berichtszeitraum

01/2021 bis 12/2025

Herausgeber

Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern

Dorfplatz 1/OT Gülzow • 18276 Gülzow-Prüzen

Telefon: 0385-588 60001

Fax: 0385-588 60011

poststelle@lfa.mvnet.de

www.lfamv.de

Autor

Dr. Andreas Gurgel • Telefon: +49 385 – 588 60220

Institut für Pflanzenproduktion und Betriebswirtschaft

Sachgebiet Klimaschutz und Analytik

Titelbild:

Fotos: Andreas Gurgel, LFA

Gülzow-Prüzen, den 31.08.2026

INHALT

1	Zusammenfassung	5
2	Einleitung	5
3	Sachstand Ende 2025	6
3.1	Stand in der EU	6
3.2	Emissionsmengen und Minderungsziele in Deutschland	8
3.3	Nachhaltigkeit und Energieausbaupfad in der Landwirtschaft in Deutschland	8
3.4	Emissionen in Mecklenburg-Vorpommern.....	9
4	Material und Methoden.....	9
5	Ergebnisse und Diskussion	10
5.1	Fruchtartenvergleich hinsichtlich THG-Emissionen.....	10
5.2	Umstellung der Fruchtfolge.....	12
5.3	Einfluss der Stickstoffdüngung	13
5.3.1	N-Düngung im Fruchtartenvergleich	13
5.3.2	Auswirkungen veränderter Stickstoffdüngung auf die THG-Emissionen	14
5.3.3	Substitution mineralischer N-Dünger durch organische	17
5.4	THG-Emissionen im Verhältnis zur CO ₂ -Bindung	18
5.5	Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel.....	19
5.6	Zielkonformität und -konflikte.....	20
6	Schlussfolgerungen und weiteres Vorgehen	21
6.1	Schlussfolgerungen für die praktische Landwirtschaft.....	21
6.2	Schlussfolgerungen für die Agrarpolitik und Administration	22
6.3	Schlussfolgerungen für die weitere Arbeit in der LFA	22
7	Quellen und Literatur:.....	23
8	Anhang.....	25

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Treibhausgas-Emissionen der Europäischen Union in Millionen Tonnen Kohlendioxid-Äquivalenten (ohne Kategorie LULUCF)	7
Tabelle 2:	ökonomische und THG-Parameter bei Winterraps und Winterweizen in kg/ha N (unrealistische Werte in Klammern), N = N-Düngungsmenge, N _{opt} = N-Düngungsmenge bei maximaler N-kostenfreier Leistung, N-Preis 1,30 €/kg, Winterrapsenerlös 50 €/dt, Winterweizenerlös 21 €/dt	15
Tabelle 3:	Verfahrensvergleich der Unkrautregulierung im Winterrapsanbau (Datengrundlage: KTBL)	20
Tabelle 4:	beispielhafte Darstellung der THG-Emissionsberechnung für Winterraps, Winterweizen und Silomais	26

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Treibhausgas-Emissionen seit 1990 nach Gasen (UBA, 2026a).....	8
Abbildung 2:	Flächenbezogene THG-Emissionen verschiedener Fruchtarten.....	11
Abbildung 3:	Produktbezogene THG-Emissionen verschiedener Fruchtarten	12
Abbildung 4:	THG-Emissionen verschiedener Fruchtfolgen	13
Abbildung 5:	Anteil der N-düngungsbezogenen THG-Emissionen verschiedener Fruchtarten...	14
Abbildung 6:	THG-Einsparung und -Emission bei Biodiesel aus Winterraps	16
Abbildung 7:	THG-Einsparung und -Emission bei Bioethanol aus Winterweizen	16
Abbildung 8:	THG-Emissionen bei der Substitution von Mineraldünger durch Wirtschaftsdünger im Maisanbau	17
Abbildung 9:	Zeitreihen der Emissionspools LULUCF (Anonym, 2026h)	19
Abbildung 10:	THG-Emission und CO ₂ -Bindung zur Ernte im Hauptprodukt.....	19

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

CO ₂ e, CO ₂ eq	CO ₂ -Äquivalent
FE	Futtererbsen
GWP	global warming Potential – globales Erderwärmungspotenzial
Ha	Hafer
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft
LULUCF	Land Use, Land Use Change and Forestry – Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft
RED	Renewable Energies Directive – Erneuerbare Energien Richtlinie der EU
SM	Silomais
THG	Treibhausgas(e)
WG	Wintergerste
WRa	Winterraps
WW	Winterweizen

1 Zusammenfassung

Die Landwirtschaft ist ein Wirtschaftszweig mit äußerst geringen Netto-Treibhausgasemissionen, eine emissionsfreie Landwirtschaft ist jedoch nicht möglich. Häufig werden die Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft durch den Einsatz von erneuerbaren Energien in den Produktionsprozessen kompensiert. Der Gesamtbetrieb lässt sich so deutlich verbessern. Im Acker- und Pflanzenbau selbst wird der Hauptanteil der Emissionen durch die Stickstoffdüngung verursacht. Mit der Forderung nach wirksamen Klimaschutzmaßnahmen und der Festschreibung verbindlicher Klimaschutzziele besteht auch für die Landwirtschaft Handlungsbedarf. Auf der Verfahrensebene im Acker- und Pflanzenbau wurde bestätigt, dass die Stickstoffdüngung den größten Einfluss auf die Treibhausgasemissionen besitzt. Im Sinne der Nachhaltigkeit kann auf den Produktionsaspekt aber nicht verzichtet werden. Hier ist eine wesentliche Frage die nach der Zielgrößendefinition und nach Zielkonflikten. Grundsätzlich hat sich ergeben, dass diejenigen Maßnahmen mit einem großen verfahrensökonomischen Hebel auch die mit der größten Treibhausgaswirkung sind. Weil alle Produktionsfaktoren auch an ihre Preise gekoppelt sind, können Extensivierungsmaßnahmen hier nur bedingt empfohlen werden. Als ein Entscheidungskriterium im Acker- und Pflanzenbau sind die THG-Emissionen nur kaum geeignet.

2 Einleitung

Mit den fortschreitenden Klimaveränderungen und den Klimaschutzbestrebungen ergibt sich auch für den Acker- und Pflanzenbau die Notwendigkeit, die landwirtschaftlichen Produktionsverfahren aus der Sicht des Treibhausgasausstoßes zu verbessern. Das bedeutet vor allem, dass neben den Zielgrößen der Ernährungssicherung, des Umweltschutzes, der Ökonomie und des Gewässerschutzes sowie der Rolle der Landwirtschaft im ländlichen Raum eine weitere Zielgröße das Portfolio der Landwirtschaftsbetriebe erweitert, nämlich die Zielgröße „Nachhaltigkeit und Klimaschutz“. Hier wird es mittel- und langfristig zielkonforme wie auch zielkonträre Einflüsse geben.

Grundsätzlich sind mit der Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen auch ökonomische Einschnitte verbunden. Eine Honorierung von positiven Klimawirkungen durch die Landwirtschaft findet derzeit nur in sehr geringem Umfang statt. Demgegenüber werden Vermarktungschancen zunehmend an Nachhaltigkeitsnachweise gebunden. Das betrifft beispielsweise die Rohstoffvermarktung zu Kraftstoffzwecken, aber auch für Milch- und Fleischprodukte.

Methoden zur Nachhaltigkeitszertifizierung betrachten häufig die Ebene des Gesamtbetriebes (z. B. die Tools NaLa, TEKla, CoolFarm), gehen aber nur wenig auf die eigentlichen Produktionsverfahren ein. In der jüngeren Vergangenheit wurden vor allem auf politischer Ebene Potenziale für den Handel mit CO₂-Zertifikaten gesehen, die so den Landwirtschaftsbetrieben Einkommensquellen ermöglichen könnten. In der Praxis werden diese Potenziale derzeit kaum umgesetzt, da die Nachfrage seitens der Verarbeiter und der Industrie relativ gering geblieben ist.

Die Produktionsverfahren im Acker- und Pflanzenbau sind relativ gut hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit beschrieben. In verschiedenen Datensammlungen stehen diese Daten allgemein für verfahrensökonomische Betrachtungen zur Verfügung. Ähnlich wird diese Datenbasis derzeit umfassend für Treibhausgasbetrachtungen ausgebaut.

Mit dem Arbeitsthema „Treibhausgasbilanzierung im Ackerbau“ wird die Thematik für die Produktionsverhältnisse in der Landwirtschaft Mecklenburg-Vorpommerns aufgegriffen. Die Produktionsverfahren für die wichtigsten Mähdruschfrüchte und Silomais wurden hinsichtlich ihrer Möglichkeiten zur Minderung der

Emissionen untersucht. Damit soll ein wesentlicher Unterschied zur Gesamtbilanzierung von Landwirtschaftsbetrieben herausgearbeitet werden, um so Empfehlungen auf der Verfahrensebene geben zu können. Dabei soll im Sinne der Nachhaltigkeit auf einen möglichst guten Kompromiss zwischen Ökonomie, Ökologie und sozialen Aspekten geachtet werden.

3 Sachstand Ende 2025

Auf nationalen wie auch auf internationalen Ebenen werden derzeit intensiv Ziele zur Minderung der weltweiten Treibhausgasemissionen formuliert. Die Staaten der Welt gehen dabei sehr unterschiedlich vor. Bisher wurde nur unzureichende Übereinkunft im Weltmaßstab möglich. Auf den letzten beiden Weltklimakonferenzen 2023 in Dubai und 2025 in Brasilien konnte keine Einigung zum Ausstieg aus fossilen Energien und über die Einhaltung des 1,5-Grad-Zieles erreicht werden (Anonym, 2026a).

3.1 Stand in der EU

In der Europäischen Union soll der Ausstoß der klimaschädlichen Gase bis 2030 um 55 % im Vergleich zu 1990 und bis 2045 zur Klimaneutralität reduziert werden (Anonym, 2026). In den Mitgliedsstaaten wurden diese Ziele bisher zu einem sehr unterschiedlichen Grade umgesetzt. Auf EU-Ebene wurde mit Stand Ende 2023 eine Reduktion von knapp 36,3 % erreicht. Diese Anstrengungen reichen bei weitem noch nicht für die Zielerreichung aus (UBA 2025).

Tabelle 1: Treibhausgas-Emissionen der Europäischen Union in Millionen Tonnen Kohlendioxid-Äquivalenten (ohne Kategorie LULUCF)

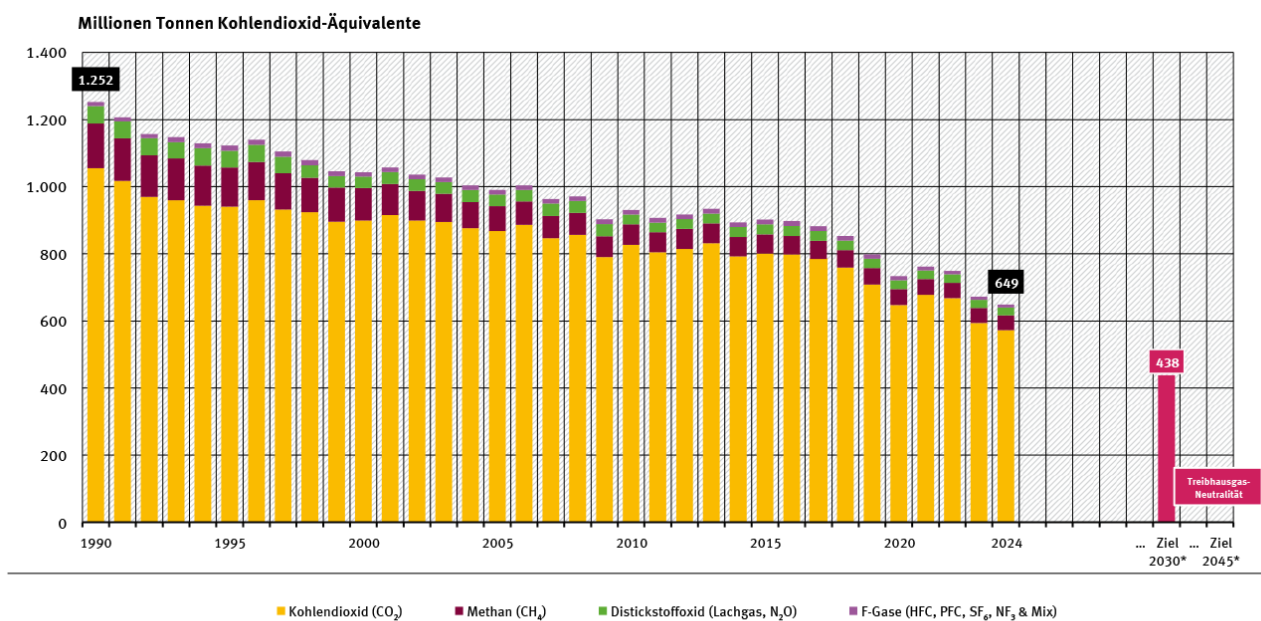
Mitgliedsstaat	1990 (Millionen Tonnen)	2023 (Millionen Tonnen)	Veränderung 1990-2023 (Prozent)
Belgien	145,6	98,2	-32,6
Bulgarien	99,0	45,4	-54,2
Dänemark	72,5	39,3	-45,8
Deutschland	1.252,4	672,0	-46,3
Estland	40,3	10,9	-73,0
Finnland	71,8	41,1	-42,8
Frankreich	546,6	376,4	-31,1
Griechenland	104,0	71,9	-30,8
Irland	55,7	54,9	-1,4
Italien	522,8	384,7	-26,4
Kroatien	31,6	25,4	-19,4
Lettland	26,1	10,0	-61,7
Litauen	47,5	17,9	-62,4
Luxemburg	12,8	7,8	-39,1
Malta	2,6	2,2	-14,5
Niederlande	223,1	142,6	-36,1
Österreich	79,6	68,7	-13,7
Polen	476,1	348,4	-26,8
Portugal	58,9	53,3	-9,6
Rumänien	256,6	103,9	-59,5
Schweden	71,2	44,4	-37,7
Slowakei	73,5	36,1	-50,9
Slowenien	18,8	14,8	-21,4
Spanien	286,7	270,0	-5,8
Tschechische Republik	196,3	102,5	-47,8
Ungarn	94,9	54,3	-42,8
Zypern	5,6	8,5	52,4
EU-27	4.872,6	3.105,6	-36,3

In der Betrachtung der Emissionsreduzierung wird die Bindung von CO₂ in der Biomasse LULUCF (Land Use, Land Use Change and Forestry = Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft) als das sog. Emissionsinventar angerechnet. Diese Senkenleistung soll bis 2030 auf 225 Mio. t CO₂ begrenzt angerechnet werden, da nur die jeweils zusätzliche Bindung zum vorherigen Vergleichszeitraum gewertet werden kann. Die Senkenleistung der Biomasse LULUCF nimmt also mit der Zeit ab (Anonym, 2026).

3.2 Emissionsmengen und Minderungsziele in Deutschland

Der Kern der nationalen Klimapolitik ist im jeweils aktuellen Stand des Bundesklimaschutzgesetzes verankert. Die Erneuerbare-Energien-Richtlinie der EU wurde mit dem Ziel eines verstärkten und nachhaltigen Ausbaus der Erneuerbaren Energien geändert und wird derzeit als RED III umgesetzt (Richtlinie (EU) 2023/2413 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Oktober 2023). Das Gesetz zur Umsetzung der RED III in Deutschland wurde 2025 beschlossen, wobei Schwerpunkte auf dem beschleunigten Ausbau von Erneuerbaren Energien und der Beschleunigung von Genehmigungsverfahren gelegt wurden (Anonym, 2025).

Das Gesetz gibt vor, dass in Deutschland die THG-Emissionen bis 2030 um 65 % und bis 2040 um 88 % gegenüber 1990 gesenkt werden sollen. Bis 2045 soll dann Treibhausgasneutralität erreicht werden (Abbildung 1). Die wesentliche Neuerung gegenüber der älteren Fassung ist, dass nicht mehr jeder Sektor diese Ziele erfüllen muss, sondern dass hier eine mehrjährige Gesamtrechnung erfolgt. So kann eine Zielverfehlung in einem Sektor mit der Übererfüllung anderer verrechnet werden, die Gesamtverantwortung bleibt davon unberührt. Eine volle Transparenz der einzelnen Sektoren wie Energie, Verkehr und Wohnen soll dabei gewahrt bleiben. Auf der Grundlage des Klimaschutzgesetzes wird ein Klimaschutzprogramm erstellt (UBA, 2026).



Emissionen ohne Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft

* angepasste Ziele 2030 und 2045: entsprechend der Novelle des Bundes-Klimaschutzgesetzes (KSG) vom 12.05.2021

Quelle: Umweltbundesamt, Nationale Treibhausgas-Inventare 1990 bis 2023 (Stand 03/2025), für 2024 vorläufige Daten (Stand 15.03.2025)

Abbildung 1: Treibhausgas-Emissionen seit 1990 nach Gasen (UBA, 2026a)

3.3 Nachhaltigkeit und Energieausbaupfad in der Landwirtschaft in Deutschland

In der Klimaschutzstrategie der Bundesregierung nimmt das Sektorziel Landwirtschaft mit gut 59 Mio. t Minderung bis 2030 einen relativ geringen Wert ein. Das liegt zum großen Teil an der schon erfolgten umfangreichen Minderung in den Vorjahren durch den Strukturwandel, weiterhin ist eine komplette Dekarbonisierung der Landwirtschaft naturgemäß nicht möglich. Die Landwirtschaft machte 2024 etwa 8,2 % der deutschen THG-Emissionen aus (Anonym, 2026b). Dabei wurde knapp die Hälfte der Emissionen auf den Methan ausstoß aus der tierischen Verdauung sowie gut ein Viertel aus Lachgasemissionen beziffert. Als Haupt-Emissionsquellen im Acker- und Pflanzenbau werden das Wirtschaftsdüngermanagement, die Gärrestlagerung,

die Kalkung und die Harnstoffanwendung aufgeführt. Demnach spielen andere Aspekte wie der Pflanzenschutzmitteleinsatz und Intensität der Bodenbearbeitung nur eine sehr untergeordnete Rolle, auch andere Stickstoffdüngerformen werden hier nicht angerechnet, da sie keinen chemisch gebundenen Kohlenstoff enthalten. Die Herstellungs- und Feldemissionen werden aber bei allen N-Düngerformen berücksichtigt. Als Hauptmaßnahmen werden für den Acker- und Pflanzenbau die Steigerung der Stickstoffeffizienz und die Förderung nachhaltiger Produktionsweisen genannt.

Ende 2022 hat die Bundesregierung die Eckpunkte für eine Nationale Biomassestrategie (NABIS) veröffentlicht, in der auch Stellungnahmen zu Nachhaltigkeit, Bioökonomie und THG-Minderung vorgesehen sind (UBA 2022c). Diese Nationale Biomassestrategie liegt jedoch bisher (Stand Ende 2025) nicht vor.

Der Ausbaupfad für die Bioenergie wird von der jeweils gültigen Fassung des Erneuerbare Energien Gesetzes vorgegeben. Mit dem Biomassepaket 2025 hat die Bundesregierung die Förderung für Bioenergieanlagen komplett auf die Lieferung von Regelenergie umgestellt. Das verlangt von Neuanlagen bzw. nach Ablauf des ersten Vergütungszeitraumes einen Umstieg auf flexible Fahrweise. Der mit dem EEG 2012 eingeführte Maisdeckel wird ab 2026 auf 30 % abgesenkt (Anonym, 2026b). Das schafft zwar eine gewisse Investitionssicherheit, die Energieproduktion auf Biomassebasis wird aber langfristig deutlich zurückgefahren. Das dürfte nennenswerte Auswirkungen auch auf das Anbauspektrum und die Einkommenssituation der Landwirtschaftsbetriebe in Deutschland wie auch in Mecklenburg-Vorpommern haben.

3.4 Emissionen in Mecklenburg-Vorpommern

Für Mecklenburg-Vorpommern befindet sich ein Klimaverträglichkeitsgesetz in Erarbeitung. Dabei wurde besonderer Wert auf die Beteiligung von Organisationen, Verbänden und Bürgern gelegt. Die Klimaneutralität wurde zunächst in Mecklenburg-Vorpommern bereits für 2040 angestrebt, also 5 Jahre früher als in Deutschland. Im Zuge des Abstimmungsprozesses wurde als landesrechtliche Vorgabe analog Bundesgesetz das Zieljahr 2045 für die Klimaneutralität benannt (Anonym, 2026c). Eine detailliertere Darstellung und Untersetzung in einzelne Programme wird mit Veröffentlichung des Landes-Klimaschutzgesetzes möglich werden.

Den größten Anteil der THG-Emissionen in Mecklenburg-Vorpommern machen die entwässerten Moore aus, darum wird in der Wiedervernässung ein großes Minderungspotenzial gesehen (Anonym, 2026d).

4 Material und Methoden

Für die Berechnungen des vorliegenden Zwischenberichtes wurde ein Kalkulationsmodell aus dem Institut für Pflanzenproduktion und Betriebswirtschaft genutzt, das zunächst für ökonomische Betrachtungen konzipiert wurde (Heilmann, 2023). Dieses Modell wurde einerseits in einigen Fragen vereinfacht, andererseits um Emissionsfaktoren und Besonderheiten der THG-Betrachtungen erweitert. So wird es möglich, die THG-Auswirkungen von Veränderungen in den Produktionsverfahren wie auch im Fruchtartenverhältnis zu kalkulieren. Das können beispielsweise Anpassungen in der Düngermenge und -form sein, aber auch Veränderungen in den Verfahren und im Technikeinsatz.

Die THG-Emissionen der einzelnen Verfahrensschritte wurden im Wesentlichen dem Berechnungsstandard für einzelbetriebliche Klimagasbilanzen entnommen (Arbeitsgruppe BEK, 2021). Dieser Standard steht als Datensammlung des KTBL kostenfrei zur Verfügung. Berücksichtigt wurden diejenigen Emissionsquellen mit Bezug zur Produktionstechnik im Ackerbau:

- a) Direkte und indirekte THG-Emissionen auf dem Feld bzw. im Verfahren:
 - Feldemissionen aus der N-Düngung
 - Emissionen aus Ernte- und Wurzelrückständen sowie aus Stroh- und Gründüngung
 - Emissionen aus Kalk- und Harnstoffdüngung (Freisetzung des chemisch gebundenen Kohlenstoffs)
 - Emissionen bzw. -Bindung aus Humusabbau bzw. -aufbau der angebauten Fruchtart
 - Emissionen aus der Nährstoffabfuhr (P, K, Mg)
 - Emissionen aus dem Einsatz von Dieselkraftstoff
 - Emissionen aus dem Einsatz von Pflanzenschutzmitteln
- b) Vorgelagerte Treibhausgasemissionen aus dem Betriebsmitteleinsatz:
 - Emissionen aus Mineraldüngerbereitstellung
 - Emissionen aus Saatgutbereitstellung

Nicht berücksichtigt wurden beispielsweise Herstellungsemissionen für Maschinen und Gebäude, da diese nicht direkt den Produktionsverfahren auf dem Feld zugeordnet werden können.

Der Systemabgrenzung kommt bei der THG-Betrachtung eine ganz wichtige Rolle zu. Derzeit kursieren verschiedene Berechnungsverfahren und -tools. Ebenso gibt es auch verschiedene Zertifizierungsmöglichkeiten. Allein aus der Betriebsstruktur können sich wie auch in verfahrensökonomischen Kalkulationen deutliche Unterschiede ergeben. In den hier angestellten Betrachtungen wurden darum in Anlehnung an den KTBL-Feldarbeitsrechner eine Schlaggröße von 40 ha mit einer Feld-Hof-Transportentfernung von 1 km zugrunde gelegt. Erträge wurden für mittlere Standorte von MV der amtlichen Statistik entnommen (Anonym, 2026d). Dazu wurden dann die einzelnen Arbeitsschritte in den Produktionsverfahren möglichst miteinander vergleichbar dargestellt. Weitere Transporte oder auch Lagerungskosten finden keine Berücksichtigung. Es wurde unterstellt, dass Stroh und Erntereste auf dem Feld verbleiben. Das Hauptaugenmerk soll auf dem eigentlichen Produktionsverfahren auf der Ackerfläche liegen, um die Wirkung einzelner Veränderungen besser sichtbar machen zu können.

Für THG-Betrachtungen ist weiterhin großer Wert auf die Zielgrößendefinition zu legen. Da häufig ein Kompromiss zwischen dem Flächenbezug und dem Produktbezug gefunden werden muss, werden grundsätzlich in den Ergebnissen die flächenbezogenen und die produktbezogenen Emissionen dargestellt und diskutiert.

In Verfahrensvergleichen wurde für die einzelnen Fruchtarten zunächst ein für mittlere Standorte mögliches Produktionsverfahren in der Modellkalkulation hinterlegt. Dieses wurde dann jeweils nur in einem Faktor verändert, um die ceteris-paribus-Bedingungen zu gewährleisten.

5 Ergebnisse und Diskussion

5.1 Fruchtartenvergleich hinsichtlich THG-Emissionen

In einem Vergleich verschiedener Fruchtarten wird sehr schnell erkennbar, dass die THG-Emissionen stark von den Intensitätsansprüchen der Fruchtart abhängen und ganz besonders von ihrem N-Düngungsbedarf. Dieser Sachverhalt ist aus der Sicht der Verfahrensökonomie ähnlich: Intensiv geführte Fruchtarten bzw. solche mit hohem Intensitätsanspruch erwirtschaften grundsätzlich höhere Deckungsbeiträge als extensive. Daraus lässt sich zumindest ansatzweise ableiten, dass es einen Zusammenhang zwischen dem flächenbezogenen Aufwand an Produktionsfaktoren und den THG-Emissionen gibt.

Mit Hilfe des genannten Kalkulationsmodells wurden THG-Emission in den landwirtschaftlichen Produktionsverfahren verschiedener Fruchtarten errechnet. Dabei wurde die Sommergerste noch in Brau- und Futtergerste differenziert. Fruchtarten mit den höheren Aufwendungen, im Allgemeinen einer höheren Intensität, weisen auch die höheren THG-Emissionen auf (Abbildung 2). Neben dem Raps trifft das ganz besonders auf den Winterweizen zu. Beide Fruchtarten werden intensiv gedüngt und auch mehrfach mit Pflanzenschutzmitteln behandelt. Recht deutlich ist auch der Unterschied zwischen Raps und Getreide beim Saatguteinsatz und den daraus resultierenden Emissionen zu erkennen.

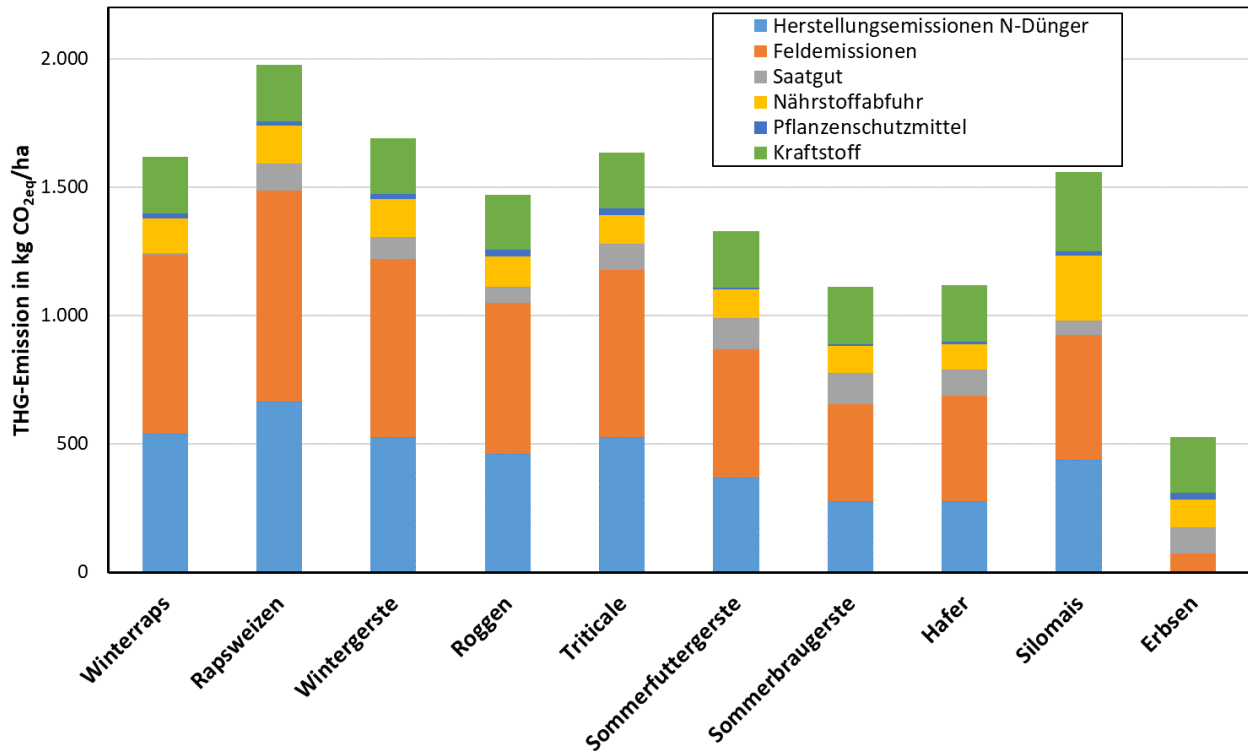


Abbildung 2: Flächenbezogene THG-Emissionen verschiedener Fruchtarten

Große Unterschiede zeigen sich dabei in Abhängigkeit von der Zielgrößendefinition, also bei Bezug auf die Flächen- oder Produkteinheit. Hohe flächenbezogene THG-Emissionen können durch hohe Erträge kompensiert werden, wenn sie auf diese hohen Erträge umgelegt werden können. Das ist beim Getreide und beim Silomais der Fall, Raps dagegen weist auch bei Produktbezug relativ hohe Emissionen auf (Abbildung 3). Die Erbsen als Vertreter der Körnerleguminosen bilden hier eine Ausnahme, weil keine N-Düngung stattfindet. So bleiben trotz vergleichsweise geringer Erträge auch die produktbezogenen THG-Emissionen relativ niedrig. Sehr niedrige THG-Emissionen je Produkteinheit treten beim Silomais trotz hoher flächenbezogener Emissionen auf, Ursachen sind der hohe Biomasseertrag und die hervorragende N-Düngungseffizienz.

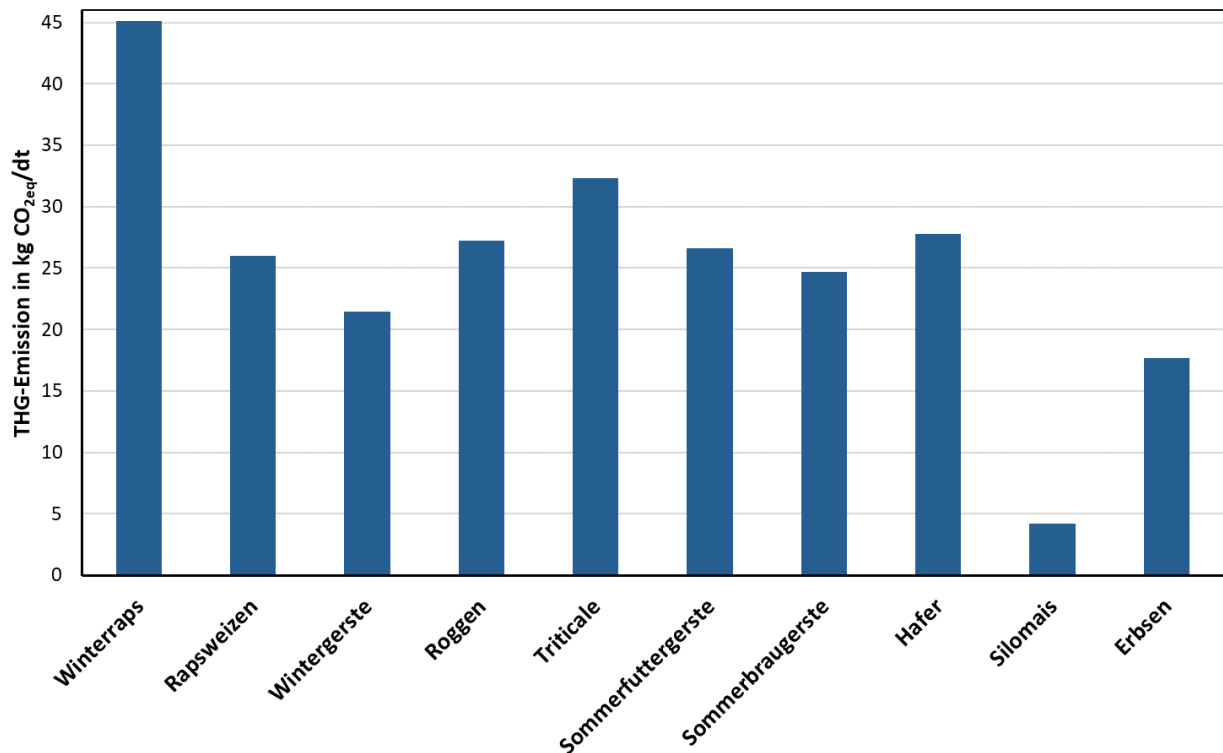


Abbildung 3: Produktbezogene THG-Emissionen verschiedener Fruchtarten

Eine Anbauentscheidung für bestimmte Fruchtarten kann nicht auf der Grundlage der THG-Emissionen getroffen werden, hier sind vor allem Kriterien aus der Deckungsbeitragsrechnung und Fruchtfolgegrundsätze entscheidend. Solange die THG-Emissionsminderung nicht hinreichend vergütet wird, bleibt diese nur in sehr engen Grenzen entscheidungsrelevant. Weiterhin ist auch eine komplette THG-Vermeidung mit dem Ziel einer Dekarbonisierung der Landwirtschaft objektiv nicht möglich.

5.2 Umstellung der Fruchtfolge

Eine theoretische Möglichkeit zur Minderung der Gesamtemissionen besteht darin, die Fruchtfolge in der Richtung eines höheren Anteils emissionsarmer Fruchtarten umzustellen. Dazu müssen allerdings mehrere Voraussetzungen erfüllt werden, was gerade in Bezug auf Deckungsbeitrag und phytosanitäre Effekte schwierig ist. Um innerhalb der Fruchtfolge die THG-Emissionen zu senken, erscheint eine Reduzierung der Fruchtarten sinnvoll, die stark mit Stickstoffdünger versorgt werden, das sollte dann zugunsten N-extensiver Fruchtarten erfolgen. Eine Optimierung mehrerer Fruchtfolgen, die für viele Standorte Mecklenburg-Vorpommerns relevant sind, wurde bereits durch Ziesemer (1999) vorgenommen. Das Ergebnis dieser Optimierung war ein deutlich reduzierter N-Überhang bei nur geringen Deckungsbeitragsverlusten, in Einzelfällen sogar ein leicht erhöhter Deckungsbeitrag.

Werden diese Fruchtfolgen nach den THG-Emissionen beurteilt, bedingt vor allem der Anbau N-extensiver Fruchtarten eine Minderung der Emissionen (Abbildung 4). Wenn auch die Erweiterung der Fruchtfolge um andere Fruchtarten aus phytosanitärer Sicht zumeist positiv beurteilt wird, gelingt eine THG-Minderung nur, wenn es sich bei der Neuaufnahme um THG-arme Fruchtarten handelt. Auf die Rotation bezogen ergibt sich dann eine anteilige Minderung. Das zeigt also, dass bei der Fruchtfolgegestaltung die Möglichkeiten einer THG-Minderung zwar vorhanden, allerdings doch recht stark begrenzt sind.

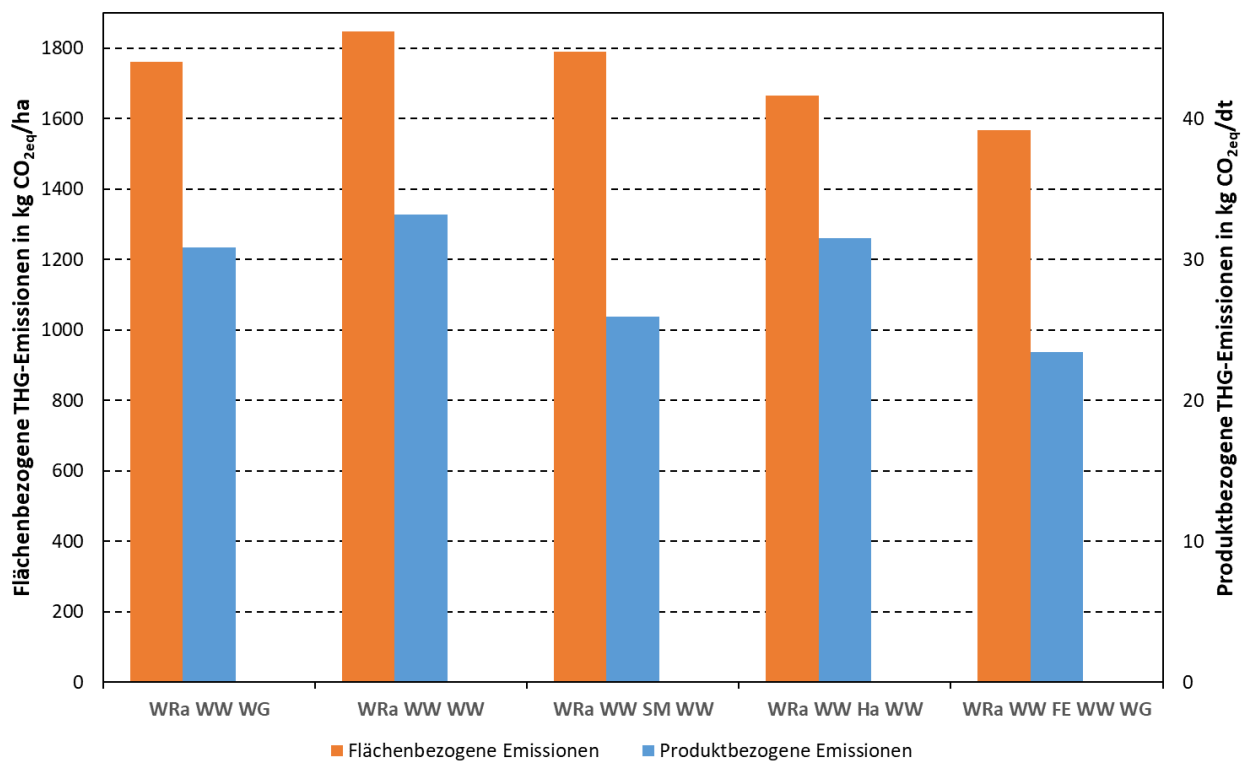


Abbildung 4: THG-Emissionen verschiedener Fruchtfolgen

Eine Beziehung zur Wirtschaftlichkeit kann bei den hier gezeigten Fruchtfolgen nicht nachgewiesen werden. Der Deckungsbeitrag der Fruchtfolge mit einem Anteil von 20 % Erbsen liegt allerdings deutlich unter dem der anderen, so dass hier die Aufnahme von Erbsen zur Minderung der THG-Emissionen kaum empfohlen werden kann. Erst bei Änderung der Markt- und agrarpolitischen Bedingungen ist hier eine Veränderung im Sinne der Nachhaltigkeitskriterien sinnvoll. An diesem Beispiel wird auch der Einfluss einer möglichen Förderung sichtbar: bei Inanspruchnahme der Förderung „Vielfältige Kulturen“ im Rahmen der Öko-Regelung der 1. Säule und auch den Agrar- und Klimamaßnahmen der 2. Säule, bei der mindestens 5 Fruchtarten anzubauen sind, entstehen Veränderungen in dem bisherigen Gefüge (Anonym, 2026f). Diese wirken jedoch nur solange, wie die Förderung existiert und damit nur kurzfristig.

5.3 Einfluss der Stickstoffdüngung

5.3.1 N-Düngung im Fruchtartenvergleich

Den mit Abstand größten Anteil an den Gesamtemissionen machen die stickstoffdüngungsbezogenen Emissionen aus. Diese setzen sich wiederum aus den Herstellungsemissionen der N-Dünger und den Feldemissionen zusammen (Abbildung 5). Fruchtarten bzw. Verfahren mit intensiver N-Düngung sind unter diesem Aspekt als ungünstig zu bewerten. Das unterstreicht zum einen die Forderung nach der Reduzierung des N-Düngeraufwandes insgesamt. Zum anderen dürfen jedoch nicht die ertragliche Wirkung und die N-Effizienz verschiedener Fruchtarten außer Acht gelassen werden.

Es gilt hier also, die Fruchtfolgen abwechslungsreich aufzubauen und die Produktionsverfahren in Richtung einer besseren N-Effizienz zu überarbeiten, wie bei Ziesemer (2019) geschehen. Das spart nicht nur Kosten, sondern erbringt auch THG-Minderung.

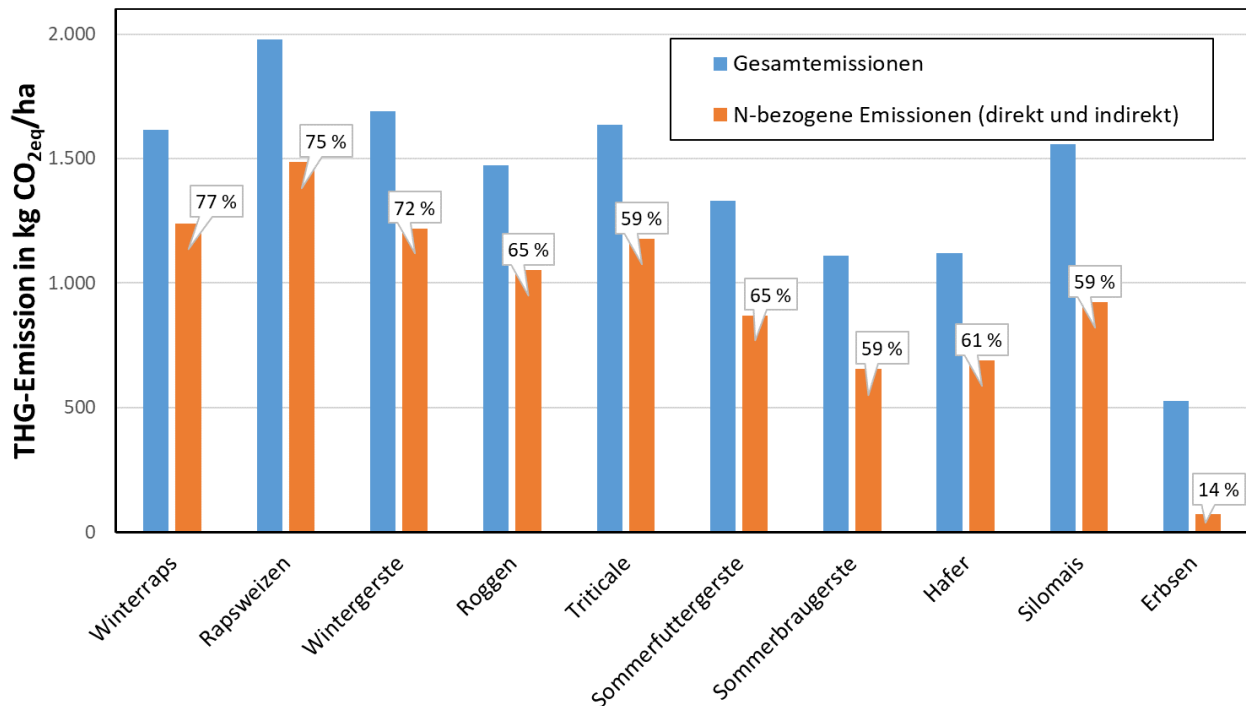


Abbildung 5: Anteil der N-düngungsbezogenen THG-Emissionen verschiedener Fruchtarten

5.3.2 Auswirkungen veränderter Stickstoffdüngung auf die THG-Emissionen

Die Wirkung einer Änderung der N-Düngungshöhe ist für mehrere Fruchtarten in Bezug auf Ertrag und N-kostenfreien Erlös gründlich untersucht worden. Im Ergebnis liegen Produktionsfunktionen der Stickstoffdüngung vor. Folgende Gleichungen wurden für die Kalkulation der Erträge benutzt:

Winterraps: $y = -0,0002x^2 + 0,12x + 25,218$ (1997 bis 2019; Aussaatzeitfenster 16. bis 25.8.) und

Winterweizen: $y = -0,0007x^2 + 0,3687x + 39,483$ (A-Sorte Julius, 2015 bis 2017).

Derzeit werden der Landwirtschaft keine CO₂-Einsparungen vergütet, also daraus keine Erlöse generiert. Die Anwendung von CO₂-Vermeidungskosten ist darum nicht zielführend, da diese im relevanten Düngungsbereich sehr niedrig liegen.

Hierzu bedarf es allerdings einer korrekten Bezifferung der CO₂-bezogenen Kosten und -Erlöse. Derzeit ist der CO₂-Preis von 55 bis 65 €/t ab 2026 politisch festgelegt (Anonym, 2026g). Ein größerer Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der N-Düngung besteht hierdurch kaum, weil die THG-Emissionen in dem relevanten Bereich nur um etwa 400 kg CO₂ schwanken, also etwa 25 €/ha, während die Hebelwirkung der N-Düngung deutlich größer ist. Daraus kann abgeleitet werden, dass die N-Düngung entsprechend dem wirtschaftlichen Optimum

auch weiterhin zu empfehlen ist. Damit wird unter Beachtung des Produktionsaspektes eine gute THG-Minderung durch die Nutzung von Biokraftstoffen im Vergleich zur fossilen Referenz erreicht. Dabei ist es wichtig, die Berechnungen auch tatsächlich im Vergleich zur Nutzung fossiler Energie anzustellen, denn ohne diese Betrachtung wäre eine maximale THG-Minimierung bei Aufgabe der Produktion bzw. der N-Düngung zu erwarten.

Eine Optimierung wird erst bei tatsächlich deutlich höheren CO₂-Preisen und ihrer Berücksichtigung bei der Preisbildung der Produkte möglich. Der Einfluss des CO₂-Preises ist gegenüber den Düngungskosten untergeordnet.

Innerhalb des in den N-Steigerungsversuchen der LFA bei Winterraps geprüften Bereiches von 130 bis 240 kg/ha N wird eine maximale THG-Einsparung je ha bei 139 kg/ha N erreicht, dabei entstehen allerdings Verluste an Deckungsbeitrag durch eine Düngung unterhalb des wirtschaftlichen Optimums. Solange die THG-Einsparung nicht vergütet wird, bleibt der Deckungsbeitrag bzw. der N-Kostenfreie Erlös die Entscheidungsgrundlage zur Düngungshöhe. Hier besteht also ein deutlicher Zielkonflikt zwischen Wirtschaftlichkeit und THG-Einsparung. Für den Winterweizen mit einer maximalen THG-Einsparung bei etwa 172 kg/ha N ist dieser Unterschied etwas weniger stark ausgeprägt (Tabelle 2).

Tabelle 2: ökonomische und THG-Parameter bei Winterraps und Winterweizen in kg/ha N (unrealistische Werte in Klammern), N = N-Düngungsmenge, N_{opt} = N-Düngungsmenge bei maximaler N-kostenfreier Leistung, N-Preis 1,30 €/kg, Winterrapslerlös 50 €/dt, Winterweizenerlös 21 €/dt

Parameter	Winterraps [kg/ha N]	Winterweizen [kg/ha N]
N bei max. Ertrag	300	263
N _{opt} /max. N-kostenfreier Erlös	235	228
max. THG-Emission	(2941)	(1756)
max. THG-Einsparung im Vergleich zu fossilen Kraftstoffen	139	172
max. CO ₂ -Minderungskosten	(-350)	129

Mit steigendem N-Düngungsniveau nimmt die Effizienz der N-Düngung ab (sinkende Skalenerträge). Bei rechnerisch 271 kg/ha N (Winterraps) bzw. 265 kg/ha N (Winterweizen) heben sich THG-Einsparung gegenüber fossilem Kraftstoff und -Emission auf, das ist jeweils der Schnittpunkt der Graphen von THG-Einsparung und -Emission (Abbildung 6 und Abbildung 7). Dieser kann als derjenige Punkt interpretiert werden, ab dem bei weiterer Steigerung der N-Düngung die THG-Emissionen gegenüber der -Einsparung überwiegen. Bei beiden Fruchtarten ist dieser Punkt aufgrund des geringeren Nährstoffbedarfes wie auch der Regelungen der Düngerverordnung irrelevant.

Hohe CO₂-Minderungskosten entstehen dann, wenn nicht genügend Alternativen zu fossiler Energie bereit gestellt werden können, darum ist der Ertrag zur Produktion von Biokraftstoffen eine wichtige Größe in dem System der THG-Minderung.

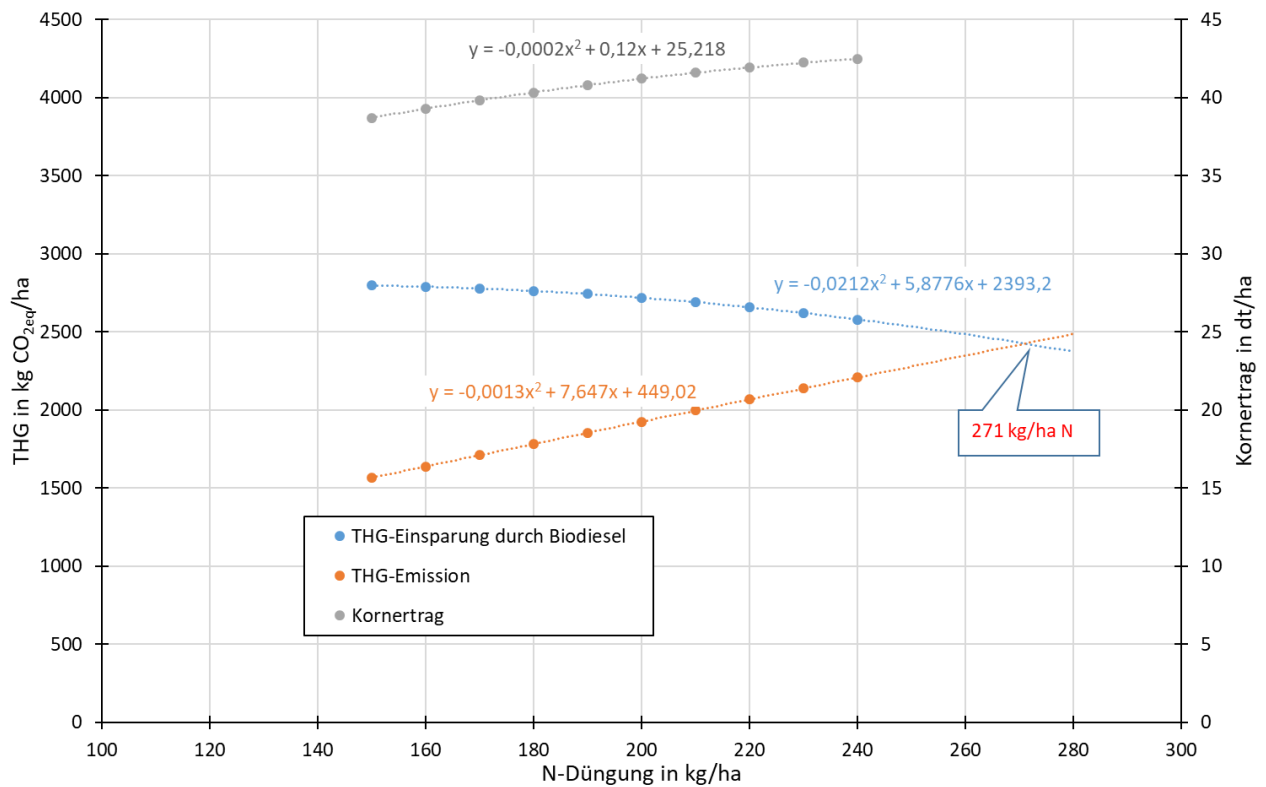


Abbildung 6: THG-Einsparung und -Emission bei Biodiesel aus Winterraps

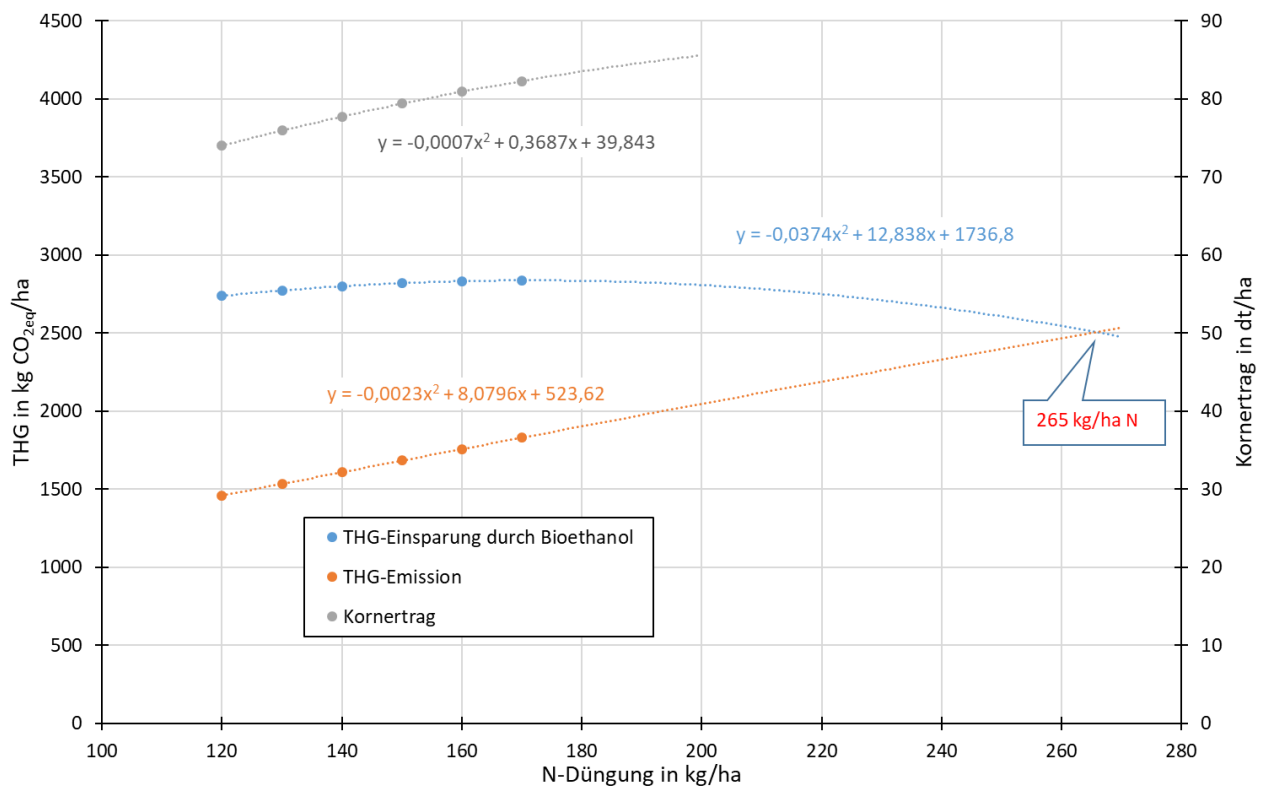


Abbildung 7: THG-Einsparung und -Emission bei Bioethanol aus Winterweizen

5.3.3 Substitution mineralischer N-Dünger durch organische

Aus Sicht einer nachhaltigen Ressourcennutzung sollte angestrebt werden, verstärkt Wirtschaftsdünger aus dem eigenen betrieblichen bzw. regionalen Kreislauf möglichst gut auszunutzen. Unter dem Aspekt der THG-Minderung ist dieses Vorgehen grundsätzlich zielführend, weil die Wirtschaftsdünger keine Herstellungsemissionen verursachen. Dem steht allerdings der Umstand entgegen, dass der N-Gehalt von Wirtschaftsdüngern nicht vollständig ausgenutzt werden kann. Die Feldemissionen werden nicht nur von der pflanzenbaulich wirksamen, sondern von der gesamten aufgebrauchten Menge verursacht. Das wird in den Kalkulationsmodellen mit einbezogen.

Es ist darum zu prüfen, wie weit Mineraldünger durch organische unter dem Aspekt der THG-Minderung substituiert werden können. Das soll am Beispiel der N-Düngung zu Silomais bei einem Düngungsniveau von 140 kg/ha N erläutert werden (Abbildung 8).

Beim schrittweisen Ersatz von Mineraldünger durch organische, die für Mais mit einem Ausnutzungsgrad von 70 % angesetzt werden können, sinken die Gesamtemissionen, weil die Herstellungsemissionen der Mineraldünger überwiegen. Der Vorteil der Wirtschaftsdünger ist tatsächlich noch größer, da nicht nur wie dargestellt, 70 % des N-Gehaltes zur Wirkung kommen, sondern auch weitere 10 % im Folgejahr. Diese sind gemäß Düngeverordnung im Folgejahr anzurechnen. Die benannten Ausnutzungsgrade sind kalkulatorische Werte, die in einzelnen Anbausituationen höher ausfallen können.

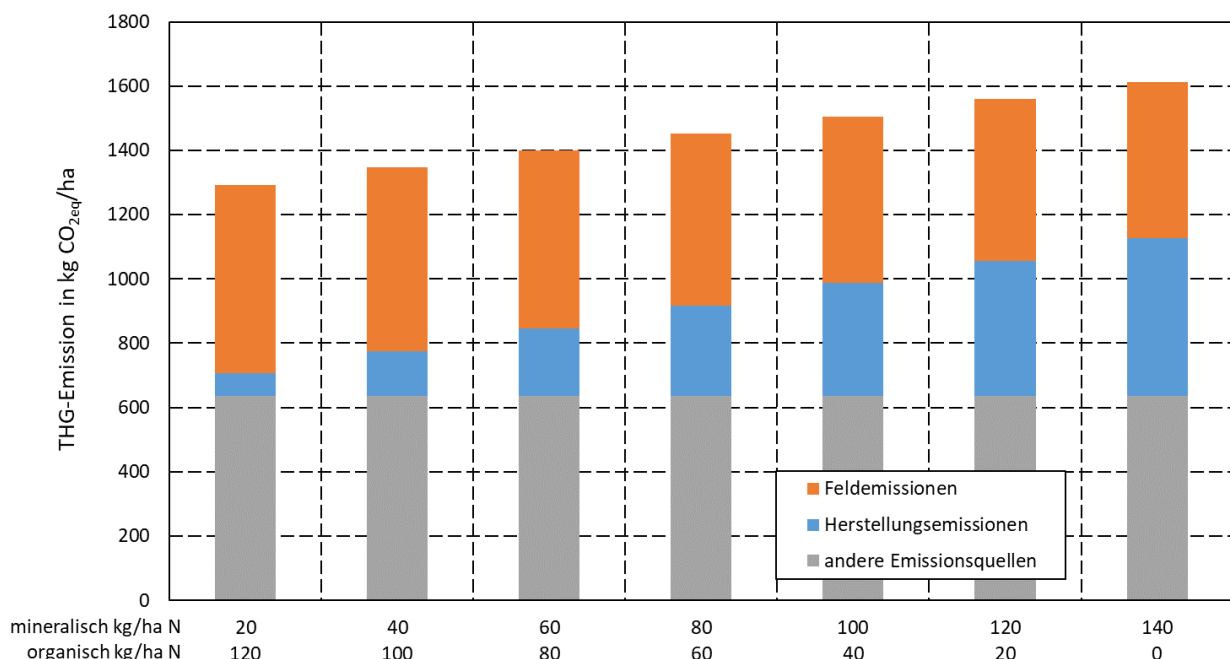


Abbildung 8: THG-Emissionen bei der Substitution von Mineraldünger durch Wirtschaftsdünger im Maisanbau

Bei ausreichender Verfügbarkeit organischer Dünger ist ihre Nutzung ökonomisch und auch unter dem Aspekt der THG-Minderung sinnvoll. Mittelfristig muss allerdings mit einem sinkenden Wirtschaftsdüngeraufkommen gerechnet werden, da die Tierbestände deutschlandweit zurückgehen. Auch die Biogasproduktion und damit das Gärresteaufkommen wird aufgrund der neuen Regelungen zur Vergütung von Biogasanlagen

zurückgefahren. Umso wichtiger wird es, Wirtschaftsdünger gut in die betrieblichen Abläufe zu integrieren und effizient einzusetzen. Der Maisanbau wird hier häufig als Favorit angesehen, da er mit seinem relativ späten N-Bedarf und seiner hohen N-Effizienz hohe Ausnutzungsgrade verspricht und auch die Produktionstechnik günstig für den Mais ausgerichtet werden kann.

Grundsätzlich gelten die hier gemachten Ausführungen auch für andere Fruchtarten. Winterungen sind aber wegen der nötigen Mineralisierungszeit bei frühen Ausbringungsterminen im Frühjahr grundsätzlich besser als Sommerkulturen (Ausnahme Mais) geeignet. So konnten Weirauch et al. (2016) eine THG-Minderung von etwa 3 g CO_{2eq}/MJ RME bei einem Wirtschaftsdüngeranteil von 30 % im Rapsanbau ermitteln. Das entspricht einer THG-Minderung von knapp 150 kg CO_{2eq}/ha.

5.4 THG-Emissionen im Verhältnis zur CO₂-Bindung

Das Verhältnis von CO₂-Emission zur CO₂-Bindung im Landwirtschaftssektor ist ein wichtiges Nachhaltigkeitskriterium. Nur bei einer Nettobindung kann eine Klimaschutzwirkung entstehen. Seitens der Berichterstattung erfolgt die Darstellung als Sektor „Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft“ (LULUCF). Der gesamte Sektor ist dabei eher eine Nettoquelle, wird aber besonders durch die Trockenheit im Jahr 2003 und ab 2018 beeinflusst. Ob dabei das Ackerland ebenfalls eine Nettoquelle darstellt, ist aus den Daten nicht ersichtlich, deutschlandweit werden für das Jahr 2024 17,5 Mio. t CO_{2eq} angegeben.

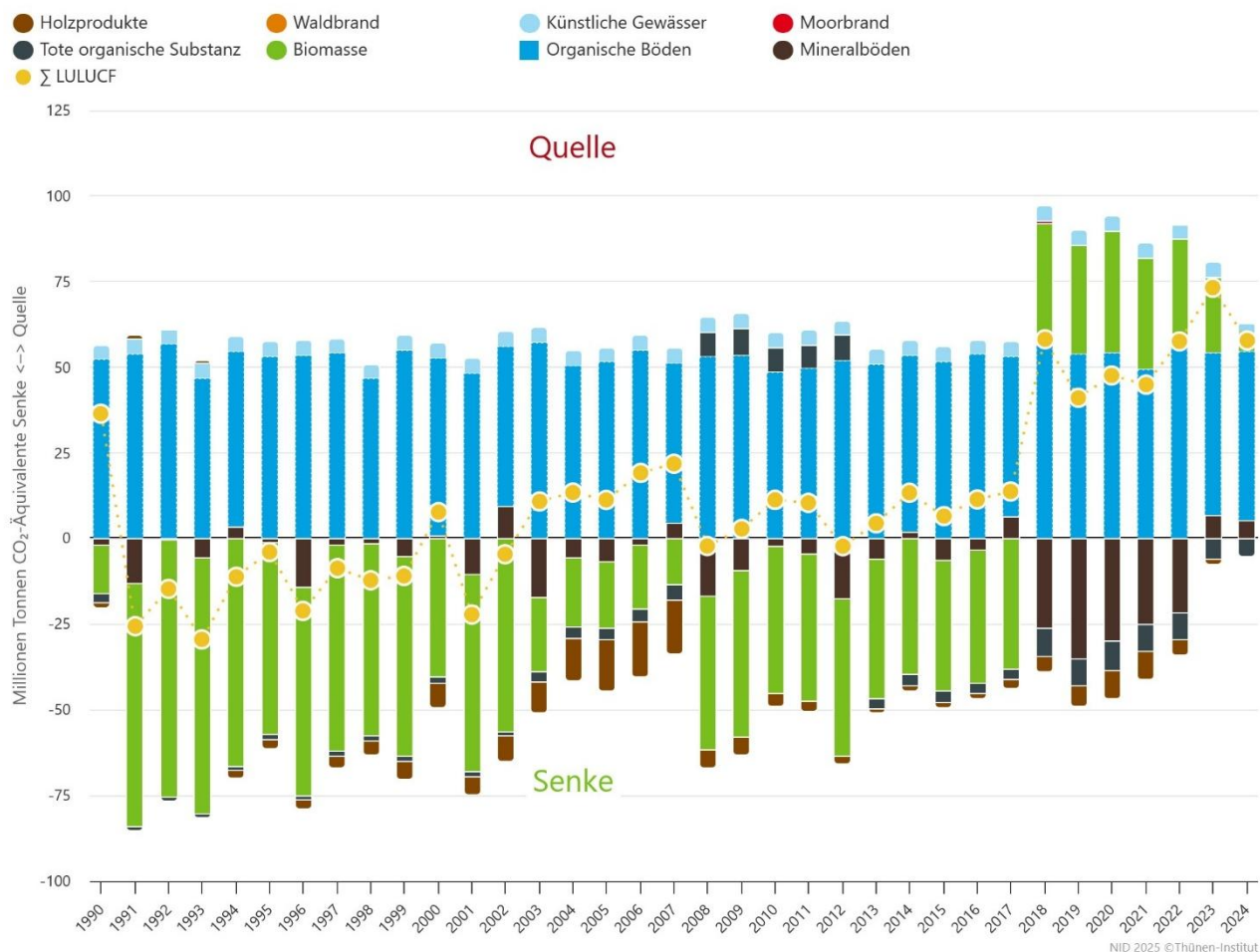


Abbildung 9: Zeitreihen der Emissionspools LULUCF (Anonym, 2026h)

Eine Zuordnung von CO₂-Emissionen ist bundesland- oder fruchtartenspezifisch mit Hilfe der Daten aus der LULUCF-Berichterstattung nicht möglich. Die angestrebte Senkenfunktion der Biomasse wurde außerdem in den letzten Jahren verfehlt (Anonym 2026h). Auch hier ist für den Bereich der Landwirtschaft zu konstatieren, dass die N-Düngung einen großen Anteil über die Lachgasemissionen ausmacht. Maßnahmen zur Senkung der N-Düngung bei möglichst Erhalt der Ertragsdimensionen sind auch unter dem Aspekt LULUCF positiv zu bewerten. Das zeigt sich ganz besonders in den Trockenjahren: der Hauptanteil des N-Düngers wird vor Eintritt der Trockenperiode ausgebracht, verursacht Emissionen und kann nicht in den angestrebten Ertrag umgesetzt werden, was Emissionen und Bindung von CO₂ in ein schlechteres Verhältnis bringt.

Daraus ergibt sich, dass auf der Verfahrensebene kaum eine plausible Darstellung der CO₂-Emission und der temporären Netto-Bindung möglich ist, da das eine genaue Kenntnis der zeitlichen Biomassebildung und des Biomasseabbaus erfordert. Zum Zeitpunkt des maximalen Biomassebestandes auf den Ackerflächen ergibt sich ein deutliches Bild einer Netto-CO₂-Bindung (Abbildung 10), wobei eine derartige Darstellung nur auf die Biomasse zur Ernte bezogen ist. Beim Koppelprodukt Stroh ist davon auszugehen, dass zu einem großen Teil eine kurzfristige Rückführung in den Kreislauf erfolgt, darum bleibt es in dieser Darstellung unberücksichtigt.

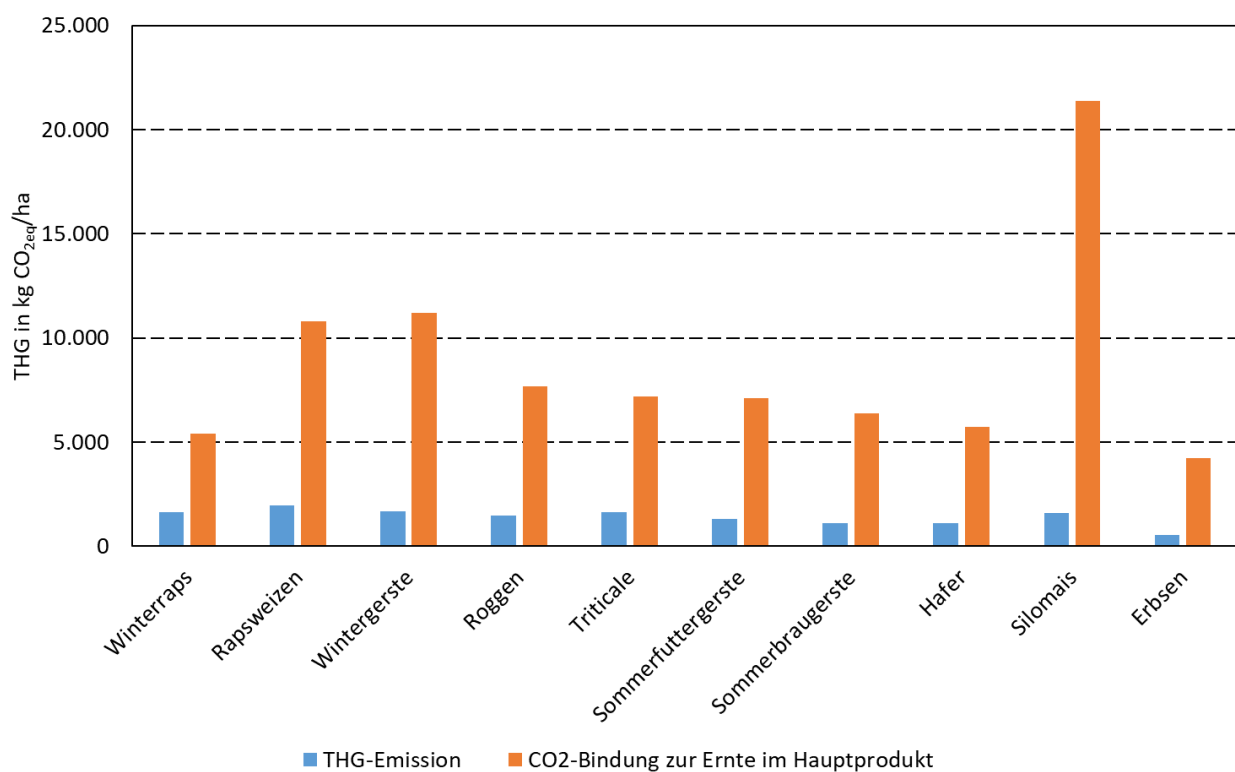


Abbildung 10: THG-Emission und CO₂-Bindung zur Ernte im Hauptprodukt

5.5 Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel

Unter den Aspekten von Umwelt- und Naturschutz wurden seitens der Bundesregierung in den letzten Jahren Anstrengungen unternommen, den Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel in der Landwirtschaft zu reduzieren. Verbindliche Aussagen zur Umsetzung liegen allerdings kaum vor. Der „Nationale Aktionsplan Pflan-

zenschutz“ wurde 2024 durch das „Zukunftsprogramm Pflanzenschutz“ abgelöst, wobei zwischen den verschiedenen Interessenvertretungen kaum ein Konsens hergestellt werden konnte (Anonym, 2026i). Nicht nur auf die Wirtschaftlichkeit, auch auf die THG-Emissionen hat die Pflanzenschutzintensität durchaus großen Einfluss. Grundsätzlich ist der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln auf ein Minimum, aber doch im Sinne einer optimalen speziellen Intensität, zu begrenzen. Der Ersatz von chemischen durch mechanische bedeutet oftmals einen geringeren Bekämpfungserfolg, unterschiedlich hohe Ertragseinbußen und nicht zuletzt eine geringere Wirtschaftlichkeit. Auch auf die THG-Emissionen der Produktionsverfahren hat das Einfluss.

Aufgrund des erhöhten Kraftstoffbedarfs bei mechanischen Maßnahmen steigen die THG-Emissionen, dabei können aber auch Kosten für Pflanzenschutzmittel und deren Emissionen eingespart werden, zumindest ist eine teilweise gegenseitige Kompensation möglich. Für eine Weiterentwicklung mechanischer Maßnahmen sind derzeit in einem Umgestaltungsprozess in der Landwirtschaft auch erhebliche Investitionen und Innovationen im Bereich der mechanischen Maßnahmen erforderlich, trotzdem muss die Technik für den chemischen Pflanzenschutz weiter vorgehalten werden. Das erzeugt nicht nur weiterhin hohen Kostendruck für die Landwirtschaftsbetriebe, sondern bedeutet auch THG-Emissionen in der Vorkette.

Das soll am Beispiel der Unkrautregulierung im Winterraps dargestellt werden. Mit der Substitution des Herbizideinsatzes durch zweimaliges Hacken erhöhen sich Arbeitszeitbedarf, Maschinenkosten und Kraftstoffbedarf. Durch die Einsparung der Herbizide sinken aber insgesamt die Verfahrenskosten. Wegen des erhöhten Kraftstoffbedarfs ist jedoch die THG-Emission höher, allgemein ist demgegenüber die THG-Emission bei der Herstellung der Pflanzenschutzmittel gering (Tabelle 3).

Tabelle 3: *Verfahrensvergleich der Unkrautregulierung im Winterrapsanbau (Datengrundlage: KTBL)*

Parameter	2 x Hacken	2 x Herbizideinsatz
Arbeitszeitbedarf in Akh/ha	2 x 0,34	2 x 0,1
Maschinenkosten in €/ha	2 x 18,29	2 x 6,85
Dieselbedarf in l/ha	2 x 3,91	2 x 0,71
PSM (Beispiel)		2 l/ha Butisan Kombi, 1,0 l/ha Agil-S = 900 g/ha Wirkstoff = 2 x 23,20 €/l + 24,45 €/l = 70,85 €/ha
Verfahrenskosten in €/ha		
Arbeitskraft	13,60	2,00
Maschinen	36,58	13,70
Dieselkraftstoff	9,38	1,70
PSM		70,85
Summe in €/ha	59,56	88,25
THG in kg CO _{2eq} /ha		9,9 aus PSM +4,2 aus Dieselkraftstoff = 14,1
	23,2 aus Dieselkraftstoff	

5.6 Zielkonformität und -konflikte

Zielkonflikte im Bereich der Nachhaltigkeit können entstehen, wenn einzelne Zielbereiche, z. B. die drei Kriterien Ökologie, Ökonomie und Soziales nicht gleichzeitig genügend einbezogen werden. Hier treten dann

auch häufig individuelle Präferenzen und Konflikte auf, Lösungen können nur auf der Basis von Kompromissen gefunden werden. Auch im Bereich der Verfahrensgestaltung hat sich bestätigt, dass in der Regel mehrere Lösungsmöglichkeiten gegeneinander abzuwägen sind.

Ziele zur Minderung der THG-Emissionen bzw. zu deren Optimierung gehen durchaus konform mit den Zielen der Minimierung von Stickstoffverlusten in Form von Ammoniak und in Form von Nitratausträgen mit dem Sickerwasser. Ebenso sind Maßnahmen zur Erhöhung der N-Düngungseffizienz auch zielführend im Bereich des Klimaschutzes. Die Reduzierung der Mineraldüngung spart Herstellungsemissionen und Feldemissionen ein, bei den Wirtschaftsdüngern sind es die reduzierten Feldemissionen. In gewissen Grenzen lassen sich auch Mineraldünger durch organische Dünger substituieren, dazu ist eine Einzelfallbetrachtung erforderlich. Eine Forderung nach absoluter Minimierung der THG-Emissionen wäre allerdings aus wirtschaftlicher Sicht nicht umsetzbar, denn die geringsten Emissionen entstehen, wenn keine Düngungsaktivitäten stattfinden. Derzeit gibt es keine Vergütung von THG-Einsparungen, es wird anhand der optimalen speziellen Intensität vorgegangen.

Eine Reduzierung des spezifischen Kraftstoffverbrauches durch verfahrenstechnische Optimierungen und Nutzung moderner, energieeffizienter Technik geht ebenfalls mit den Klimaschutzzielen konform. Auch hier geht es aber wegen des Produktions- und Wirtschaftlichkeitsaspektes um eine Optimierung, nicht um eine Minimierung.

Beim Pflanzenschutzmitteleinsatz wird der Zielkonflikt zwischen dem Produktions- und dem Umweltaspekt besonders deutlich: Die Hebelwirkung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes ist gegenüber der N-Düngung und dem Kraftstoffverbrauch auf den Ertrag erheblich, auf die flächenbezogenen THG-Emissionen aber vergleichsweise gering. Gerade hier darf die ertragssteigernde und-sichernde Wirkung der Pflanzenschutzmaßnahmen nicht außer Acht gelassen werden. Die Ziele emissionsmindernder Maßnahmen oder auch der Unternehmenserfolg müssen deutlich benannt werden. Der den Kalkulationen zugrundeliegende Wirkstoffeinsatz kann erhebliche Ertragssteigerungen erzeugen und so die produktbezogenen THG-Emissionen senken. Darauf sind auch alle anderen Aufwendungen und ganz besonders die Düngung abzustimmen. Eine Reduzierung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes bedeutet grundsätzlich eine Erhöhung der produktbezogenen THG-Emissionen.

Eine Beispielrechnung für die Fruchtarten Winterraps, Winterweizen und Silomais ist im Anhang aufgeführt.

6 Schlussfolgerungen und weiteres Vorgehen

6.1 Schlussfolgerungen für die praktische Landwirtschaft

In den Betrachtungen zu den THG-Emissionen und den verfahrenstechnischen Möglichkeiten hat sich ergeben, dass die N-Düngung die THG-Emission und -bilanz am stärksten beeinflusst, gefolgt vom Kraftstoffverbrauch.

Trotz der derzeit noch untergeordneten Rolle der THG-Betrachtungen in der praktischen Landwirtschaft sind bereits einige Aspekte zu beachten:

- Der Landhandel verlangt für Biomasse zur energetischen Nutzung Nachhaltigkeitserklärungen. Die Regelungen dazu sind bereits seit Einführung der Biokraftstoff-Nachhaltigkeitserklärung wirksam. Für die Ernte 2026 wurden die NUTS-Werte entsprechend den Anforderungen der RED III und deren Umsetzung in nationales Recht in Bezug auf die Moorböden angepasst (Anonym, 2026j).
- Ebenso sind auch Nachhaltigkeitsnachweise auf gesamtbetrieblicher Ebene für bestimmte Vermarktungsstrategien erforderlich, beispielsweise bei der Vermarktung von Milch und Braugerste. Diese

werden teilweise losgelöst vom eigentlichen Produktionsverfahren verlangt, müssen allerdings erfüllt werden, wenn entsprechende Marktpreise erzielt werden sollen.

- Die Modalitäten für den Handel mit CO₂-Zertifikaten sind bisher noch nicht praktikabel und sollten sehr vorsichtig angegangen werden. Vor allem sind erfolgsbezogene Nachweise der CO₂-Sequestrierung dauerhaft kaum zu erbringen.

6.2 Schlussfolgerungen für die Agrarpolitik und Administration

Zur langfristigen Senkung der THG-Emissionen in der Landwirtschaft ist es erforderlich, ein Vergütungssystem für die Minderung von Emissionen und erhöhte Bindung von CO₂ zu entwickeln und einzuführen. Dazu müssen die nötigen agrarpolitischen Voraussetzungen durch eine entsprechende GAP der EU geschaffen werden. Seitens des Potsdam-Institutes für Klimafolgenforschung wurden dazu entsprechende Empfehlungen an die Regierung gegeben. Es ist ein Vergütungssystem zu schaffen, das die Wandlung in der Landwirtschaft in Richtung Klimaschutz befördert und dabei die negativen Folgen des Klimawandels minimiert (Anonym, 2026k). Die Vergütung der CO₂-Bindung für die Landwirte wird zukünftig ein wichtiger Faktor zur Einkommenssicherung sein.

Es sind die Voraussetzungen zu schaffen, dass emissionsarme Produktionsverfahren nicht nur wie bisher in Nischen stattfinden können, sondern unter Beachtung der Ernährungs- und Einkommenssicherung auch in die breite Praxis eingeführt werden. Nur so kann ein weiteres Abwandern der Produktion in andere Regionen Europas und der Welt mit dann weiterhin negativen Folgen vermieden werden.

6.3 Schlussfolgerungen für die weitere Arbeit in der LFA

Die Bedeutung der THG-Betrachtungen in der angewandten regionalen Forschung wird kurzfristig kaum an Bedeutung gewinnen, mittel- und langfristig aber durchaus. Demzufolge gilt es in der Situation begrenzter Kapazitäten, diese nur begrenzt für Fragen der THG-Minderung einzusetzen. Es bleibt die Aufgabe, die Entwicklungen zu verfolgen und zu begleiten und regionalspezifisch weiter an der Optimierung der Verfahren zu arbeiten. Verfahrensveränderungen orientieren sich grundsätzlich an einer verbesserten Effizienz der Inputfaktoren und sind damit in der Regel auch mit einer Verbesserung in Richtung des Klimaschutzes und der Nachhaltigkeit zu sehen.

Globale bzw. auch überregionale Arbeiten sollten nur in geringem Maße und über die jeweiligen Koordinierungsgruppen abgestimmt erfolgen.

7 Quellen und Literatur:

Anonym (2025): <https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/pressemitteilungen/DE/2025/07/RED-III.html>, Zugriff am 24.3.2026

(Anonym 2026): (https://www.dnr.de/sites/default/files/Publikationen/Steckbriefe_Factsheets/2021-09-Steckbrief_LULUCF.pdf, Zugriff am 23.3.2026

Anonym (2026a): <https://www.tagesschau.de/wissen/klima/klimakonferenz/analyse-cop30-ergebnisse-100.html>, Zugriff am 23.3.2026.

Anonym (2026b): <https://www.agrarheute.com/energie/mais-kommt-zukuenftig-biogasanlage-612757>, Zugriff am 23.3.2026).

Anonym (2026b): <https://www.thuenen.de/de/themenfelder/klima-und-luft/emissionsinventare-buchhaltung-fuer-den-klimaschutz/treibhausgas-emissionen-aus-der-landwirtschaft>, Zugriff am 19.3.2026.

Anonym (2026c): <https://www.regierung-mv.de/Landesregierung/lm/Aktuell/?id=215716&processor=processor.sa.pressemitteilung>, Zugriff am 19.3.2026.

Anonym (2026d): https://greifswaldmoor.de/files/dokumente/Infopapiere_Briefings/2019_Faktenpapier_MoorklimaschutzMV_Dez2019_fin_korr2.pdf, Zugriff am 24.3.2026.

Anonym (2026e): <https://www.laiv-mv.de/Statistik/Ver%C3%B6ffentlichungen/Statistische-Berichte/C/>, Zugriff am 24.3.2026.

Anonym (2026f): https://www.bundesrat.de/SharedDocs/drucksachen/2023/0401-0500/455-23.pdf?__blob=publicationFile&v=1, Zugriff am 24.3.2026.

Anonym (2026g): <https://www.energiewechsel.de/KAENEF/Redaktion/DE/Dossier/co2-preis.html>, Zugriff am 24.3.2026.

Anonym (2026h): <https://www.thuenen.de/de/themenfelder/klima-und-luft/emissionsinventare-buchhaltung-fuer-den-klimaschutz/treibhausgas-emissionen-durch-landnutzung-landnutzungsänderungen-und-forstwirtschaft-lulucf>, Zugriff am 24.3.2026.

Anonym (2026i): https://www.umweltbundesamt.de/system/files/medien/362/dokumente/uba_fact-sheet_zp.pdf, 24.3.2026.

Anonym (2026j): <https://sure-system.org/newsdetail/erleichterung-nuts2-werte/>, Zugriff am 23.3.2026.

Anonym (2026k): <https://www.pik-potsdam.de/de/aktuelles/nachrichten/eu-klimabeirat-empfehlt-politisches-handeln-im-agrar-und-ernaehrungssektor>, Zugriff am 20.3.2026.

Arbeitsgruppe BEK (2021): Berechnungsstandard für einzelbetriebliche Klimabilanzen (BEK) in der Landwirtschaft. Handbuch, Darmstadt, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V., 2. Auflage, In: www.ktbl.de.

Heilmann (2023) Kalkulationsmodell für Deckungsbeiträge und verfahrenstechnische Größen für verschiedene Fruchtarten. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Gülzow-Prüzen. Unveröffentlicht.

UBA (2022a): Die Treibhausgase. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgas-emissionen/die-treibhausgase#undefined>, Zugriff am 9.3.2022.

UBA (2022b): Treibhausgasemissionen stiegen 2021 um 4,5 Prozent. <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/treibhausgasemissionen-stiegen-2021-um-45-prozent>, Zugriff am 16.3.2022.

UBA (2022c): https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Naturschutz/nabis_eckpunkte_bf.pdf, Zugriff am 4.12.2023.

UBA (2025) (<https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-der-europaeischen-union>), Zugriff am 17.2.2026.

UBA (2026): <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgasminderungsziele-deutschlands#das-bundes-klimaschutzgesetz>, Zugriff am 23.3.2026.

UBA (2026a): <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umweltzustand-trends/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#emissionsentwicklung>, Zugriff am 24.3.2026.

Arbeitsgruppe BEK (2021): Berechnungsstandard für einzelbetriebliche Klimabilanzen (BEK) in der Landwirtschaft. Handbuch, Darmstadt, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V., 2. Auflage. In: www.ktbl.de.

Weirauch, M.; Gurgel, A.; Schiemenz, K.; Ziesemer, A.; Peters, J. (2018): Senkung des N-Düngereinsatzes im Winterraps durch die Ausnutzung der Stickstofffixierung von Leguminosen. Vortrag DLG-Feldtage, Bernburg, 14.06.2018.

8 Anhang

Die folgende Tabelle dient als Berechnungsbeispiel für die Kalkulation der Fruchtarten Winterraps, Winterweizen und Silomais. Es soll die Herleitung der einzelnen Kalkulationsschritte veranschaulicht werden.

Tabelle 4: beispielhafte Darstellung der THG-Emissionsberechnung für Winterraps, Winterweizen und Silomais

Parameter [Einheit]	Datenherkunft/Berechnungen/Faktoren	Winterraps	Winterweizen	Silomais
Naturalertrag [dt/ha]	hier Mittelwert aus der amtlichen Statistik	35,85	76,11	370,4
Saatmenge [kg/ha]	Empfehlung/Erfahrungswerte (bei Mais TKM 285 g, 9 Pfl./m ² , Keimfähigkeit 98 %)	2,7	120	26,2
Kalkammonsalpeter [kg N/ha]	nach tatsächlichem Einsatz	66	100	62
Ammonsulfatsalpeter [kg N/ha]		100	100	
DAP 18/46 [kg N/ha]				18
mineral. N-Düngung [kg N/ha]		166	200	80
org. N-Düngung [kg N/ha]				86
Ausnutzungsgrad des organischen Düngers	zur Errechnung der tatsächlich ausgebrachten N-Menge			0,7
Summe N-Düngung [kg/ha]		166	200	166
Verhältnis HP-NP (z. B. Stroh)	zur Errechnung der Emissionen aus Ernterückständen	1,6	0,8	0,05
Ernterückstände [dt/ha]		57	61	19
N-Gehalt Ernterückstände [kg/dt FM]		0,70	0,50	0,30
TS der Ernterückstände [%]		0,86	0,86	0,30
N aus Ernterückständen [kg/ha]		49	52	6
Herstellungsemissionen Kalkammonsalpeter [kg CO _{2eq} /ha]	Faktor 3,51851851851852 kg CO _{2eq} /kg N	232	352	218
Herstellungsemissionen Ammonsulfatsalpeter [kg CO _{2eq} /ha]	Faktor 3,07692307692308 kg CO _{2eq} /kg N	308	308	0
Herstellungsemissionen DAP 18/46 [kg CO _{2eq} /ha]	Faktor 3,5000 kg CO _{2eq} /kg N	0	0	63
N-Herstellungsemissionen [kg CO _{2eq} /ha]	Summe der Herstellungsemissionen der einzelnen Dünger	540	660	281
direkte N ₂ O Feldemissionen aus N-Düngung [kg CO _{2eq} /ha]		303	365	370
direkte N ₂ O Feldemissionen aus Ernterückständen [kg CO _{2eq} /ha]		90	96	10
N ₂ O Feldemission Verflüchtigung [kg CO _{2eq} /ha]		78	94	118

Treibhausgasbilanzierung im Ackerbau

Parameter [Einheit]	Datenherkunft/Berechnungen/Faktoren	Winterraps	Winterweizen	Silomais
N ₂ O Feldemission-Auswaschung [kg CO _{2eq} /ha]		227	266	180
Feldemissionen gesamt [kg CO _{2eq} /ha]		698	820	678
Emissionsfaktor Saatgut [kg CO _{2eq} /kg]	artspezifischer Faktor aus Tabellenwert	2,096	0,890	2,136
Emission Saatgut [kgCO _{2eq} /ha]	Emissionen der Saatgutproduktion	6	107	56
P ₂ O ₅ -Abfuhr [kg/ha]	P-Gehalte aus Tabellenwerten	64	61	65
THG aus P ₂ O ₅ -Abfuhr [kg CO _{2eq} /ha]	Emissionsfaktor 1,0107	65	62	66
K ₂ O-Abfuhr [kg/ha]	K-Gehalte aus Tabellenwerten	36	46	185
THG aus K ₂ O-Abfuhr [kg CO _{2eq} /ha]	Emissionsfaktor 0,57608	21	26	107
MgO-Abfuhr [kg/ha]	Mg-Gehalte aus Tabellenwerten	7	15	50
THG aus MgO-Abfuhr [kg CO _{2eq} /ha]	Emissionsfaktor 0,769	6	12	38
Kalk [kg/ha]	Kalkung alle 4 Jahre mit 1400 kg/ha CaO	350	350	350
THG aus Kalk-Abfuhr [kg CO _{2eq} /ha]	Emissionsfaktor 0,1295	45	45	45
THG aus Nährstoffabfuhr [kg CO _{2eq} /ha]	Summe der Emissionen aus Nährstoffabfuhr	136	145	256
Wirkstoff PSM [kg WS/ha]	Summe der eingesetzten Wirkstoffe	1,595	1,781	1,284
THG aus PSM [kg CO _{2eq} /ha]	Emissionsfaktor 10,97132 kg CO _{2eq} /kg Wirkstoff	17	20	14
Kraftstoff [l/ha]	Verbrauch der einzelnen Verfahrensschritte nach KTBL	74	73	104
THG aus Kraftstoff [kg CO _{2eq} /ha]	Emissionsfaktor 10,97132 kg CO _{2eq} /kg Wirkstoff	220	218	309
Summe THG [kg CO _{2eq} /ha]	flächenbezogene THG-Summe aus den einzelnen Quellen	1617	1969	1594
Summe THG [kg CO _{2eq} /dt Hauptprodukt]	produktbezogene Emissionen	45	26	4
direkte THG aus N-Düngung [kg CO _{2eq} /ha]		933	1120	661
N-bezogene Emissionen [kg CO _{2eq} /ha]		1238	1480	959
N-bezogene Emissionen [kg CO _{2eq} /dt]		35	19	3
Anteil N-Emissionen an Gesamt-THG [%]		77	75	60
CO ₂ -Bindung [kg CO _{2eq} /ha Hauptprodukt]	C-Gehalt in der organischen Masse 45 %	5383	10800	21391
Bilanz CO ₂ -Bindung minus Emission [kg CO _{2eq} /ha]	bezogen auf das Hauptprodukt	3766	8831	19796