

Quantifizierung von Maßnahmenvorschlägen der deutschen Zivilgesellschaft zu THG - Minderungspotenzialen in der Landwirtschaft bis 2030

Kurzstudie im Auftrag der Klima-Allianz Deutschland

Berlin, 05.04.2019

Autorinnen und Autoren

Margarethe Scheffler
Öko-Institut e.V.

Kirsten Wiegmann
Öko-Institut e.V.

Geschäftsstelle Freiburg

Postfach 17 71
79017 Freiburg

Hausadresse

Merzhauser Straße 173
79100 Freiburg
Telefon +49 761 45295-0

Büro Berlin

Schicklerstraße 5-7
10179 Berlin
Telefon +49 30 405085-0

Büro Darmstadt

Rheinstraße 95
64295 Darmstadt
Telefon +49 6151 8191-0

info@oeko.de
www.oeko.de

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	5
Zusammenfassung	7
1. Einleitung	8
2. Quantifizierung der Maßnahmenvorschläge	10
2.1. Vorschläge zum klimafreundlichen Konsum	10
2.1.1. Reduktion des Konsums tierischer Produkte	10
2.1.2. Verringerung der Lebensmittelabfälle	13
2.2. Vorschläge zur THG-Minderung in der landwirtschaftlichen Produktion	18
2.2.1. Reduktion der Stickstoffüberschüsse	18
2.2.1.1. Förderung des Leguminosenanbau auf der Ackerfläche	20
2.2.2. Gezielte Förderung des ökologischen Landbaus	21
2.2.3. Steigerung der Güllevergärung in bestehenden Biogasanlagen	23
2.2.4. Reduzierung der Tierbestände	26
2.2.4.1. Vergleich der getroffenen Überlegungen zur Tierbestandsabstockung	29
2.3. Vorschläge zum Erhalt und Ausbau der organischen Kohlenstoffvorräte im Boden	31
2.3.1. CO ₂ Bindung durch Humusaufbau in Mineralböden	31
2.3.2. Renaturierung bzw. Vernässung von landwirtschaftlich genutzten Mooren	33
2.3.3. Erhalt und Ausweitung der Dauergrünlandfläche	35
3. Zusammenfassung	36
4. Literatur	38
5. Anhang – aktuelle Emissionen aus der Landwirtschaft und LULUCF	40

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Treibhausgasemissionen und –senken aus den Sektoren Landwirtschaft und LULUCF im Jahr 2016

8

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	THG-Minderung in der Landwirtschaft bei Reduktion des Fleischkonsums nach DGE Empfehlung auf 600 g/Woche (= -48%) und um -25%	11
Tabelle 2-2:	Milchkonsum aktuell (2017) und nach DGE Empfehlung	12
Tabelle 2-3:	Milchkonsumänderungen und THG-Emissionen	13
Tabelle 2-4:	THG-Minderungspotenzial durch die Vermeidung von vermeidbaren Lebensmittelabfällen (insgesamt)	15
Tabelle 2-5:	THG-Einsparungen* bei Reduktion der tierischen Lebensmittelabfälle um 30% und 60%	17
Tabelle 2-6:	THG-Minderungswirkungen durch die Einsparung von Stickstoffdüngern	19
Tabelle 2-7:	THG-Minderungswirkung bei einer Ausweitung des Leguminoseneinsatzes auf 15 % der konventionellen Ackerfläche	21
Tabelle 2-8:	Minderungswirkungen des Ökolandbaus (Quellenbilanz)*	22
Tabelle 2-9:	Kohlenstoffsequestrierung durch Humusaufbau im Ökolandbau bei 20% Flächenanteil	23
Tabelle 2-10:	THG Einsparung durch Vergärung von Wirtschaftsdüngern in bestehenden Biogasanlagen	25
Tabelle 2-11:	Tierbestände in Deutschland 2016	27
Tabelle 2-12:	Theoretisches THG-Einsparpotenzial durch eine Tierbestandsabstockung auf Landkreisebene (LK)	28
Tabelle 2-13:	Nötige Abstockung und mögliche Aufstockungskapazitäten (blaue Schrift) in den Landkreisen (LK)	28
Tabelle 2-14:	Tierbestandsabstockungen und Minderungspotenzial	30
Tabelle 2-15:	Zusätzliches C-Einbindungspotenzial in Ackerböden gesamt	32
Tabelle 2-16:	Jährliches C-Einbindung in Ackerböden	33
Tabelle 2-17:	THG-Minderungswirkung durch Umstellung der Bewirtschaftung der landwirtschaftlich genutzten organischen Böden	34
Tabelle 3-1:	Übersicht über die THG-Minderungspotenziale der einzelnen Maßnahmenvorschläge der Unterzeichner des Maßnahmenprogramms 2030 (Quellenbilanz THG Inventar)	37
Tabelle 5-1:	Treibhausgase 2016 aus dem Landwirtschaftssektor	40
Tabelle 5-2:	Treibhausgase 2016 aus dem LULUCF-Sektor	41

Zusammenfassung

- Nach den Sektorzielen des Klimaschutzplans 2050 muss der Landwirtschaftssektor seine Emissionen bis zum Jahr 2030 auf 58-61 Mio. t CO₂eq. reduzieren. Gegenüber 2016 bedeutet das eine Reduktion der Treibhausgase zwischen 11 und 14 Mio. t CO₂eq..
- Die von den unterzeichnenden Organisationen des Maßnahmenprogramms Klimaschutz 2030 der deutschen Zivilgesellschaft¹ (im Folgenden die Unterzeichner genannt) vorgeschlagenen Maßnahmen auf Seiten der landwirtschaftlichen Produktion reichen aus, um das Sektorziel in Höhe von 58-61 Mio. t CO₂eq. zu erreichen. Allerdings können die Minderungsziele nur erreicht werden, wenn Maßnahmen zu einer Reduktion der Tierbestände eingeführt werden. Dies ist bereits für die Erreichung des unteren Zielwerts für diesen Maßnahmenkatalog notwendig.
- Im Ackerbau ist der Kernpunkt die Reduktion der Stickstoffüberschüsse, die u.a. mit einer Verstärkung des Ökolandbaus und der Ausweitung des Leguminosenanbaus erzielt werden. In der Tierhaltung ist v.a. die Reduktion der Tierbestände in Folge geringerer Lebensmittelabfälle und durch verringerten Konsum zentral. Dadurch lassen sich Emissionen in Höhe von ca. 7,8 Mio. t CO₂eq. im Landwirtschaftssektor realisieren. Die Güllevergärung und gasdichte Lagerung der Gärreste ist eine der wenigen rein technischen Klimaschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft.
- Für den LULUCF Sektor wurden die Maßnahmen der Unterzeichner des Maßnahmenprogramms 2030 betrachtet, die die Kohlenstoffeinbindung bzw. dessen Erhalt in landwirtschaftlichen Böden betreffen. Das Minderungspotenzial dieser Maßnahmen, das dem LULUCF-Sektor angerechnet wird, liegt bei ca. 14,3 Mio. t CO₂eq.. Die größten Emissionsreduktionen sind mit der Umstellung der Bewirtschaftung von Ackerland auf organischen Böden auf Grünland und der Anhebung der Wasserstufe auf 50 % des Grünlands auf organischen Böden verbunden (Moore).

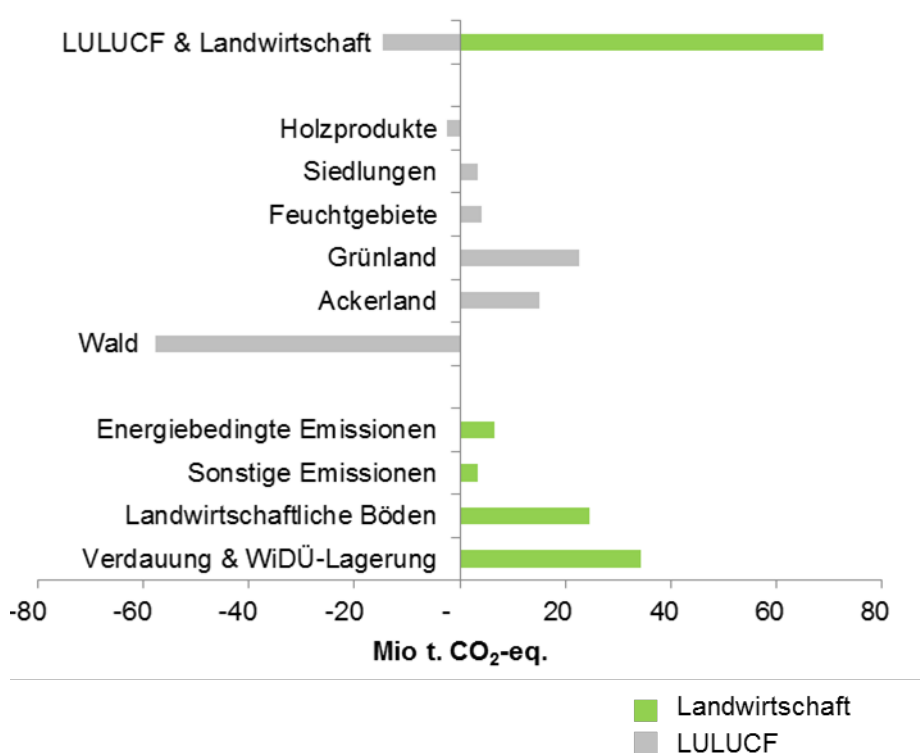
¹ https://www.klima-allianz.de/fileadmin/user_upload/Ma%C3%9Fnahmenprogramm2030_web.pdf (November 2018)

1. Einleitung

Mit dem Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung (BMU 2016) liegen seit 2016 Sektorziele zur Treibhausgasreduktion vor. Demnach sollen die Emissionen aus der Landwirtschaft inklusive der energiebedingten Emissionen der Landwirtschaft bis zum Jahr 2030 auf 58 bis 61 Mio. t CO₂eq. sinken. Für das Berichtsjahr 2016 liegen die Emissionen des Landwirtschaftssektors bei 71,7 Mio. t CO₂eq.. Um die Ziele des Klimaschutzplans zu erreichen müssen die Emissionen aus dem Landwirtschaftssektor in den nächsten Jahren folglich um 11 bis 14 Mio. t CO₂eq. reduziert werden.

Landwirtschaftliche Emissionen werden im Rahmen der nationalen Emissionsberichterstattung in einer Kategorie erfasst. Eine weitere Berichtskategorie sind Emissionen aus Landnutzung und Landnutzungsveränderungen und Forstwirtschaft (LULUCF²), in denen auch CO₂-Emissionen aus der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung enthalten sind. Die folgende Abbildung zeigt die Größenordnung der aktuellen landwirtschaftlichen Treibhausgasemissionsquellen.

Abbildung 1-1: Treibhausgasemissionen und –senken aus den Sektoren Landwirtschaft und LULUCF im Jahr 2016



Quelle: eigene Zusammenstellung nach UBA 2018

Es wird deutlich, dass innerhalb der Landwirtschaft die größten Emissionen aus der Düngung landwirtschaftlicher Böden stammen (Lachgas) sowie aus der Verdauung der Wiederkäuer (Methan) und der Wirtschaftsdüngerlagerung (v.a. Methan, weniger Lachgas). Bei den LULUCF Emissionen sind die Emissionen landwirtschaftlichen Ursprungs unter „Acker“ und unter „Grünland“ aufgeführt. Darunter fallen z.B. Grünlandumbrüche und die Emissionen aus der Mineralisierung entwässerter Moore, die landwirtschaftlich genutzt werden (beides CO₂).

² Abkürzung der englischen Bezeichnung Landuse, Landuse Change and Forestry

Im Rahmen der sektorspezifischen Klimaziele für das Jahr 2030 werden derzeit Vorschläge ausgearbeitet, wie die Klimaziele der Landwirtschaft erreicht werden können. Mehr als 60 Organisationen haben für den Landwirtschaftssektor konkrete Vorschläge zur Zielerreichung entwickelt und in ihrem Maßnahmenprogramm Klimaschutz 2030 der deutschen Zivilgesellschaft (2018) vorgestellt. Die vorgeschlagenen Maßnahmen umfassen:

- Reduktion der Stickstoff (N)-Überschüsse auf 50 kg/ha
- Gezieltere Förderung des Ökolandbaus zur Erreichung von 20 % im Jahr 2030
- Reduktion der Tierbestände
- Steigerung der Güllevergärung in bestehenden Biogasanlagen
- Reduktionen der landwirtschaftlichen Emissionen durch Änderungen auf der Verbraucherseite (Fleischkonsum und Lebensmittelabfälle)
- CO₂ Bindung durch Humusaufbau in Mineralböden
- Erhalt und Ausweitung der Dauergrünlandfläche
- Renaturierung bzw. Vernässung von landwirtschaftlich genutzten Mooren.

Weitere Maßnahmen wurden für den Waldbereich vorgeschlagen, welche im Folgenden aber nicht gesondert betrachtet werden.

Im Rahmen dieser Kurzstudie soll ermittelt werden, inwieweit die vorliegenden Maßnahmen der Unterzeichner des Maßnahmenprogramms 2030 ausreichen, um die bestehenden Sektorziele einzuhalten. Die Kurzstudie beinhaltet keine umfangreiche Analyse der vorliegenden Maßnahmenvorschläge, sondern schätzt näherungsweise die zu erwartenden Treibhausgas (THG)-Minderungswirkungen ab.

2. Quantifizierung der Maßnahmenvorschläge

2.1. Vorschläge zum klimafreundlichen Konsum

2.1.1. Reduktion des Konsums tierischer Produkte

Die Produktion tierischer Produkte ist mit hohen THG-Emissionen verbunden. Die Unterzeichner des Maßnahmenprogramms 2030 schlagen daher Maßnahmen vor, um den Konsum tierischer Produkte zu reduzieren. Der Fleischkonsum sollte sich an den Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) orientieren, und die Empfehlung zur Verringerung des Konsums auf alle tierischen Produkte ausgeweitet werden.

Vor dem Hintergrund, dass der Fleischkonsum in Deutschland deutlich über den Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) liegt und auch für den Milchkonsum nach DGE-Empfehlung eine Spannweite zur Verfügung steht, lässt sich die Reduktion des Konsums tierischer Produkte aus ernährungsphysiologischer Perspektive wie auch aus Perspektive des Klimaschutzes begründen. In der nationalen Emissionsbilanz erscheinen Veränderungen auf der Nachfrageseite allerdings nur, wenn sich auch die landwirtschaftliche Produktionsmenge um die äquivalenten Mengen ändert. Umgekehrt führt z.B. die Beibehaltung des hohen Produktionsniveaus tierischer Produkte bei gleichzeitiger Verringerung des Konsums zu höheren Exporten statt zu veränderten THG-Emissionen. Daher erfolgt in der folgenden Betrachtung die Quantifizierung des Minderungspotenzials durch Tierbestandsabstockungen in Anlehnung an Annahmen zur Verringerung des Konsums tierischer Produkte.

Die DGE empfiehlt einen wöchentlichen Fleischkonsum von 300 bis 600 g pro Woche. Das entspricht einem jährlichen Fleischkonsum von 15,9 bis 31,2 kg pro Person dem ein heutiger Fleischkonsum in Höhe von 60 kg Fleisch pro Kopf gegenübersteht (siehe Tabelle 2-1). Also selbst der obere Wert der Empfehlung bedeutet eine Halbierung des Fleischkonsums und wäre damit ein tiefer Einschnitt in die Ernährungsgewohnheiten. Dies ist bis zum Jahr 2030 ohne die Einführung drastischer Maßnahmen nicht zu erwarten. Aus diesem Grund wird bei der Quantifizierung als Zwischenschritt auch die Reduktion des Fleischkonsums um 25 % betrachtet.

Tabelle 2-1 zeigt die THG-Minderungen die sich bei einer Reduktion des Fleischkonsums um 48 % nach der DGE Empfehlung und um 25 % erreichen lassen, nämlich ca. 7,3 bzw. 3,1 Mio. t CO₂eq.³. Dabei wurden die verdauungsbedingten Emissionen und die Emissionen aus den Wirtschaftsdüngern (Stall und Lagerung) in der Landwirtschaft berücksichtigt, nicht aber die Emissionen für den Futteranbau. Es wird angenommen, dass die Pflanzenproduktion auf den ehemaligen Futterflächen fortgeführt wird. Zukünftig besteht durch den geringeren Futtermittelbedarf Spielraum für eine Extensivierung in der Bewirtschaftung auf diesen Flächen.

³ Lebenszyklusanalysen kommen dagegen auf höhere Werte, da sie alle Emissionen der landwirtschaftlichen Produktion einbeziehen, also auch die Aufwendungen für den Futteranbau. Hinzu kommen Verarbeitung und Transport. Nach dieser Betrachtung würde die Reduktion des Fleischkonsums sogar 9 bis 10 Mio. t CO₂eq einsparen

Tabelle 2-1: THG-Minderung in der Landwirtschaft bei Reduktion des Fleischkonsums nach DGE Empfehlung auf 600 g/Woche (= -48%) und um -25%

Fleischart	Verbrauch pro Kopf 2017 in kg ⁴	Minderung um 48%, entspricht einem Verzehr* von 30 kg pro Kopf und Jahr bzw. 600 g pro Woche	Differenz Fleischproduktion in Mio. t bezogen auf alle Einwohner	Emissionsfaktor** in kg CO ₂ eq./kg	Einsparung in Mio. t CO ₂ eq.	
					600g (-48%)	-25%
Rind-Fleisch	14,6	7,6	0,58	10,2***	5,9	2,3
Schweinefleisch	49,7	25,9	1,97	0,71	1,4	0,73
Geflügelfleisch	20,9	10,9	0,83	0,08	0,06	0,03
Restl. Fleisch	2,6	1,3	0,1	0,08	0,01	0,00
Gesamt	87,8	45,8	3,48		7,3	3,07

*Die Angaben sind auf den Verbrauch umgerechnet, der höher als der Verzehr liegt, da der Verbrauch auch Zubereitungsverluste und Abfälle umfasst. Die Empfehlungen der DGE beziehen sich dagegen auf den Verzehr.

**Emissionsfaktoren berücksichtigen lediglich die CH₄ und N₂O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement und der Verdauung.

*** Der Emissionsfaktor berücksichtigt nur die Reduktion des Rindfleischkonsums von Rindern, da bei der Berechnung (-48%) nur die DGE-Empfehlung für Fleisch berücksichtigt wurde. Für die Berechnung der Minderungswirkungen von 25% Reduktion Fleischkonsum wird durch eine gleichzeitige Reduktion des Milchkonsums (siehe Tabelle 2-3) auch Fleisch aus alten Milchkühen verringert, mit einem geringeren Emissionsfaktor.

Quelle: Eigene Berechnungen Öko-Institut basierend auf BLE 2018, UBA 2018a

Um weitere Emissionsreduktionen in der Landwirtschaft zu erreichen, ist vor allem eine Reduktion des Milchkonsums notwendig. Die DGE weist für den Konsum von Milchprodukten eine empfohlene Spannbreite aus. Umgerechnet in Milchäquivalent liegt die derzeit konsumierte Milchmenge 13 % unter der empfohlenen maximalen Milchzufuhr und 25 % über der empfohlenen minimalen Milchzufuhr (siehe Tabelle 2-2).

⁴ BLE 2018a, Versorgung mit Fleisch in Deutschland im Kalenderjahr 2017 (vorläufig)

Tabelle 2-2: Milchkonsum aktuell (2017) und nach DGE Empfehlung

Molkerei- produkt	Verbrauch pro Kopf und Jahr 2017 in Liter ⁵	DGE Empfehlung pro Kopf und Jahr (pro Kopf und Tag)	Milchäquivalent ⁶ Liter / Liter	Verbrauch in Milchäquivalent (Liter/Kopf)	DGE Empfehlung in Milchäquivalent (Liter/Kopf und Jahr)
Frischmilch, Joghurt	84	73 – 91 (200 - 250 ml/Tag)	0,75*	63	55 - 68
Sahne	6	-	6	37	-
Butter	6	5,5 - 11 (15 - 30g/Tag)	20	117	107 - 214
Käse	24	18,3 - 21,9 (50-60g/Tag)	6	144	110 - 131
Gesamt	120	97 - 124		361	271 - 414

Anmerkung: * entspricht dem Mittelwert von Frischmilch und Joghurt

Quelle: Eigene Berechnungen Öko-Institut basierend auf BLE 2018b, DGE, UBA 2018

Der aktuelle Pro-Kopf-Verbrauch für Milch liegt innerhalb der Spannbreite der DGE-Empfehlungen. Ein aus klimapolitischer Sicht gerechtfertigtes Minderungsziel für den Milchkonsum könnte sich aktuell am unteren Ende der DGE-Empfehlung orientieren. Weitergehende Forderungen können politisch derzeit schwer unterstützt werden. Vor allem für die fettreichen Milchprodukte wie Käse, Sahne und Butter bietet die Orientierung an der unteren DGE-Empfehlung große Minderungspotenziale und eine Diskussion könnte an dieser Stelle geführt werden. Allerdings fehlt hier bisher eine Position der DGE vor dem Hintergrund langfristiger klimapolitischer Vorgaben. In anderen Ländern, wie beispielsweise Kanada, ist die Diskussion schon weiter fortgeschritten: Es wird diskutiert, inwieweit Milch überhaupt noch in die Ernährungspyramide aufgenommen wird⁷. Hier besteht weiterhin Forschungsbedarf.

Tabelle 2-3 zeigt Veränderungen der THG-Emissionen bei einer Änderung des Milchkonsums entsprechend der DGE-Empfehlung. Durch eine Verringerung des Milchkonsums entsprechend der minimalen DGE-Empfehlung ließen sich die Milchkuhbestände ggü. 2016 um 23 % reduzieren und Emissionen in Höhe von ca. 4 Mio. t CO₂eq. einsparen. Eine Anhebung des Milchkonsums auf die maximale Milchmenge der DGE-Empfehlung würde dagegen einer Zunahme des Milchkuhbestandes ggü. 2016 von ca. 13 % entsprechen, bei gleichbleibendem Export⁸ von Milchprodukten. Damit wird deutlich, wie wichtig auch Klimaschutzmaßnahmen für die Nachfrageseite sind⁹.

⁵ BLE 2018b, Milchwirtschaft auf einen Blick in Deutschland

⁶ Das Milchäquivalent dient als Maßstab zur Berechnung der in einem Milcherzeugnis verarbeiteten Milchmenge. So werden für die Herstellung von einem Kilogramm Hartkäse ca. zehn Kilogramm Milch benötigt.

⁷ Rehberg, C. (2018): Streicht Kanada die Milch aus der Ernährungspyramide? In: Zentrum der Gesundheit. Verfügbar unter: <https://nachrichten.zentrum-der-gesundheit.de/milch-kanada-ernaehrungspyramide-180304024.html>, zuletzt abgerufen am 25.06.2018.

⁸ Eine Verringerung des Exports wird hier nicht extra durchgerechnet.

⁹ In den Klimaschutzplänen einzelner Landesregierungen wurden Informationsmaßnahmen und Maßnahmen zur Förderung von klimafreundlicheren Angeboten in der Gemeinschaftsverpflegung geschaffen. Weiterreichende Maßnahmen zur Mengensteuerung fehlen bisher (Preisinstrumente). Und umgekehrt sollte bei rückgehender Produktion auch der Rückgang der Nachfrage sichergestellt werden, um Leakage Effekte zu vermeiden.

Tabelle 2-3: Milchkonsumänderungen und THG-Emissionen

	Gesamt 2016	IST Konsum	DGE-Empfehlung Minimum	DGE Empfehlung Maximum
Milchkühe (Mio. Stk.)	4,22	3,86	2,89	4,42
Milchproduktion (Mrd. Liter)	32,7	31,13	22,45	34,26
Änderung Milchkühe ggü. Ist (Mio. Kopf)	4,2		- 0,96	+0,41
Emissionen der Milchkühe (Mio. t CO ₂ eq.*)	17,57	16,08	12,07	18,42
Änderung THG-Emissionen in Mio. t CO₂ eq. durch DGE-Empfehlung			-4,01	+2,34

*ohne Berücksichtigung der Nachzucht

Quelle: Eigene Berechnung

Eine weitere Reduktion der Emission ließe sich erreichen, wenn der Export von Fleisch- und Milchprodukten reduziert und die Tierbestände entsprechend angepasst würden. Bei Schweinefleisch und Milchprodukten sind die Nettoexporte (Differenz aus Exporten und Importen) in den letzten Jahren deutlich angestiegen, und entsprechen etwa 20 % des inländischen Verbrauchs^{10, 11}. Ein signifikanter Anteil der exportierten Erzeugnisse sind Kuppelprodukte aus Gütern, die für den Inlandsmarkt erzeugt wurden (z.B. Magermilchpulver aus der Butterherstellung, Schweinefüße und Köpfe). Angesichts dieser Verflechtung ist der Umfang der möglichen Emissionsreduktion verringerter Exporte hier nicht weiter quantifiziert worden. Es wäre jedoch möglich den Teil der Exporte zu verringern, der nicht auf solchen Kuppelprodukten basiert, und so den Konsum insgesamt weniger einzuschränken.

Noch weiterreichende Möglichkeiten zur Treibhausgasreduzierung bestehen, wenn die Bevölkerung ihre Konsumgewohnheiten dahingehend verändert, dass statt Filets wie früher alle genießbaren Teile eines Nutztieres verzehrt würden (Komplettverwertung) und wenn ein höherer Anteil fettreduzierter Milchprodukte verzehrt würde, zulasten der Butterproduktion.

2.1.2. Verringerung der Lebensmittelabfälle

Die Unterzeichner des Maßnahmenprogramms 2030 fordern im Rahmen einer nationalen Strategie gegen Lebensmittelverschwendung die Lebensmittelabfälle um 60 % zu reduzieren. Die Verringerung von Lebensmittelabfällen ist eine höchst sinnvolle Klimaschutzmaßnahme, da der

¹⁰Für das Jahr 2017 werden folgende vorläufige Selbstversorgungsgrade angegeben: Schweinefleisch 120%, Geflügelfleisch 99%, Rindfleisch 97%, Milchprodukte: 100%, 116%, 125% (Butter, Frischmilch, Käse) – nach Angaben Datenzentrum des Bundesinformationszentrum Landwirtschaft (BZL) in der BLE (<https://www.bzl-datenzentrum.de/versorgung/>).

¹¹ Vergleiche https://www.bmel-statistik.de/fileadmin/user_upload/monatsberichte/SJT-4010200-0000.xlsx

Druck auf die globale Landwirtschaftsfläche durch jede bessere bzw. effizientere Nutzung von Lebensmitteln verringert wird.

In der Literatur existieren verschiedene Spannbreiten zur Höhe der Lebensmittelverschwendung. Kranert et al (2012)¹² gehen von insgesamt 10 Mio. t aus. Die WWF Studien aus dem Jahr 2012¹³ und 2015¹⁴ stufen ca. 10 Mio. t der Lebensmittelabfälle aus Verarbeitung, Handel und Haushalten in Deutschland als vermeidbar ein. Die Unsicherheiten in der Datenbasis beeinflussen dabei die Höhe des Reduktionspotenzials. Für die vorliegenden Berechnungen wird auf Daten der WWF Studie 2015 zurückgegriffen. Die Emissionsfaktoren werden aus Meier (2013, 2015)¹⁵ übernommen.

Die folgende Tabelle zeigt aus welchen Lebensmittelgruppen sich die vermeidbaren Abfälle in Verarbeitung, Handel und Haushalten zusammensetzen. Für die Produktion, Transporte, Verarbeitung und Lagerung dieser Lebensmittel entstehen Treibhausgasemissionen in Höhe von ca. 21 Mio. t CO₂eq.¹⁶, 14,4 Mio. t CO₂eq. davon aus der landwirtschaftlichen Produktion (Tabelle 2-4). Besonders groß ist dabei der Anteil der Treibhausgase weggeschmissener Lebensmittel aus der tierischen Erzeugung (s. grau unterlegte Zeilen). Das verdeutlicht, dass hier auch ohne eine Änderung des Ernährungsstils bereits große Einsparpotenziale bestehen.

¹² Kranert, M. et al. (2012): Ermittlung der weggeworfenen Lebensmittelmengen und Vorschläge zur Verminderung der Wegwerfrate bei Lebensmitteln in Deutschland. Im Auftrag der BLE. Stuttgart.

¹³ WWF Deutschland (2012): Tonnen für die Tonne. Ernährung, Nahrungsmittelverluste, Flächenverbrauch. Berlin: WWF Deutschland.

¹⁴ WWF Deutschland (2015): Das große Wegschmeißen. Vom Acker bis zum Verbraucher: Ausmaß und Umwelteffekt der Lebensmittelverschwendung in Deutschland. Berlin: WWF Deutschland.

¹⁵ Meier, T. (2013): Umweltwirkungen der Ernährung auf Basis nationaler Ernährungserhebungen und ausgewählter Umweltindikatoren. Dissertation. Universität Halle-Wittenberg, Halle (Saale); Meier, T. (2015): Nachhaltigkeitsleistungen der Gastronomie erfolgreich quantifizieren, optimieren und kommunizieren. Halle. DBU-Abschlussbericht.

¹⁶ Dieses Reduktionspotenzial wird allerdings nur aktiviert, wenn die dafür genutzten Flächen aus der Nutzung genommen werden.

Tabelle 2-4: THG-Minderungspotenzial durch die Vermeidung von vermeidbaren Lebensmittelabfällen (insgesamt)

Lebensmittelgruppen	Vermeidbare Verluste in Mio. t	Emissionsfaktor gesamt* in kg CO ₂ eq/kg	Emissionsfaktor landwirtschaftliche Erzeugung in kg CO ₂ eq/kg	Minderungspotenzial gesamt Mio. t CO ₂ eq.	Minderungspotenzial landwirtschaftliche Erzeugung Mio. t CO ₂ eq.
Fischerzeugnisse	0,15	2,4	1,3	0,4	0,2
Öle und Fette	0,15	3,4	2,3	0,5	0,3
Zuckererzeugnisse	0,75	1,5	1,1 ³	1,1	0,8
Kartoffelerzeugnisse	1,4	0,5	0,1	0,7	0,1
Getreideerzeugnisse	1,95	1,5	0,7	3,0	1,3
Milch	1,45	3,6 ¹	2,9 ¹	5,1	4,1
Fleisch	0,75	9,3 ²	8,1 ²	7,0	6,1
Gemüse	1,43	0,8	0,3	1,2	0,5
Obst	1,6	0,8	0,4	1,3	0,6
Reis	0,1	3,8	2,7 ³	0,4	0,3
Eier	0,1	2,3	1,6 ³	0,2	0,2
Gesamt	9,9			21,0	14,4
bei nur 60%				12,6	8,64
bei nur 30%				6,3	4,32

*Umfasst Emissionen aus der landwirtschaftlichen Erzeugung, Verarbeitung, Handel, Transport und Verpackung

¹ Emissionsfaktor für Milchprodukte

² gewichteter Emissionsfaktor basierend auf Konsumanteilen von Schweine, Geflügel und Rindfleisch

³ keine Daten verfügbar, Annahme landwirtschaftliche Produktion = 70% der gesamten Emissionen

Quelle: Öko-Institut eigene Berechnungen auf Basis von WWF 2015, Meier, T. 2013, 2015

Methodischer Exkurs

Inwieweit das hohe genannte Minderungspotenzial zu einer tatsächlichen Emissionsreduktion führt ist ungewiss. Eine Verringerung der Lebensmittelabfälle verbessert die ökologische Bilanz der Ernährung in Deutschland, führt aber nicht zwangsläufig zu einer Veränderung oder Verringerung der Agrarproduktion. Durch das vermeintliche „Freiwerden von Flächen“ kommt es lediglich zu einem Anbau anderer Rohstoffe, da die Nachfrage nach biogenen Rohstoffen weltweit steigt. Was nicht im Inland verwendet wird, kann international gehandelt werden. Darum führt die Verringerung von Lebensmittelabfällen nicht automatisch auch zu einer Verringerung der Emissionsbilanz des Landwirtschaftssektors oder der verarbeitenden Sektoren. Sichtbar werden Nachfrageveränderungen stattdessen auf der Ebene der Potenziale für stoffliche und energetische Biomassennutzungen, in den Außenhandelsbilanzen des Agrarsektors oder bei den Selbstversorgungsgraden. Eine Reduktion der Lebensmittelabfälle bietet Spielraum für die Ausweitung des Ökolandbaus oder anderer Extensivierungsverfahren bzw. der Schaffung von Biodiversitätsflächen. In diesem Exkurs soll nun eine Übersetzung der Verringerung der Lebensmittelverschwendung in tatsächliche Einsparung von Treibhausgasemissionen erfolgen. Alternativ ist es auch denkbar, dass mit der Abfallvermeidung tierischer Lebensmittel der

Tierbestand um die entsprechende Zahl an Tieren gesenkt wird, aber die Ackerfläche weiterhin in der Nutzung bleibt. Für diesen Fall wurde angenommen, dass nur die Emissionen aus der Verdauung der Tiere und der Wirtschaftsdüngerlagerung eingespart werden. Für eine genaue Abschätzung fehlen detaillierte Daten zu genauen Mengen der weggeworfenen Produkte im Einzelnen. Es wird daher ein gemittelter Emissionsfaktor¹⁷ verwendet, bei dem die Fleischsorten (Rind, Schwein, Geflügel) und Milchprodukte (Trinkmilch, Käse, Sahne etc.) im Abfall proportional zur verbrauchten Menge sind.

Fleisch

Die WWF-Studie geht davon aus, dass in Deutschland jährlich 0,75 Mio. t vermeidbare Fleischabfälle anfallen. Diese entsprechen ca. 9 % der gesamten Fleischproduktion im Jahr 2017¹⁸. Ausgehend von einer entsprechenden Reduktion der Tierbestände in dieser Höhe (bei fortwährender Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Nutzflächen), entspricht das einer Emissionsreduktion im Landwirtschaftssektor von 1,4 Mio. t CO₂eq., bzw. werden die Abfälle um 60 % verringert, ergibt sich eine Emissionsreduktion von 0,8 Mio. t CO₂eq..

Milch

Für die Berechnung der Einsparungen durch die Verringerung der Milchproduktabfälle ist entscheidend, welche Milchproduktabfälle vermieden werden. Mangels genauerer Kenntnisse zu den Abfällen von Milchprodukten werden hier zwei Varianten betrachtet, um die Spannweite möglicher THG-Minderungen anzugeben:

- Bei einer Vermeidung von Frischmilchprodukten ist die THG-Reduktion geringer als bei Sahne, Butter oder Käse. Welchen Milchproduktkategorien die 1,45 Mio. t Abfällen zuzuordnen sind, ist unklar. Die Abschätzung erfolgt unter der Annahme, dass es sich um den durchschnittlichen Konsummix für Milchprodukte handelt (siehe Tabelle 2-2). Das Milchäquivalent aller weggeworfenen Milchprodukte liegt nach eigenen Berechnungen bei 3. D.h. die 3-fache Menge Milch musste für alle Abfälle von Milchprodukten produziert werden. Damit müssen ca. 4,6 Mio. Liter Milch erzeugt werden, um die 1,45 Mio t Milchprodukte die weggeschmissen werden zu produzieren. Bei einem Emissionsfaktor von 0,6 kg CO₂eq./kg Milch liegen die Emissionsreduktionen damit bei 2,8 Mio. t CO₂eq. bzw. bei einer Vermeidung von 60 % bei 1,7 Mio. t CO₂eq.. Bei einer durchschnittlichen jährlichen Milchleistung von 7.700 Liter Milch pro Kuh¹⁹ werden für die weggeworfene Milchmenge 0,6 Mio. Milchkühe benötigt (bei einem Milchkuhbestand von 4,2 Mio. Tieren). Das heißt etwa jede 7. Kuh produziert ihre Milch für die Tonne.
- Wird angenommen, dass es sich bei den weggeworfenen Milchprodukten v.a. um Frischmilch handelt, reduziert sich die Abfallmenge um den Faktor 3. Entsprechend liegt die mögliche Emissionsreduktion bei 0,5 Mio t CO₂eq. wenn 60 % der Abfälle reduziert werden könnten. Das ist die Milchmenge von 5 % aller in Deutschland gehaltenen Kühe (jede 20. Kuh). Wobei dieser Wert eine Unterschätzung darstellt.

Für die weitere Rechnung wird nur mit dem geringeren Wert für Frischmilch gearbeitet.

¹⁷ Eine Mittelung der Emissionen aus der Rinder, Schweine und Geflügelproduktion auf Basis des THG-Emissionsinventars 2016 ergibt einen durchschnittlichen Emissionsfaktor von 1,9 kg CO₂eq./kg Fleisch (Schlachtgewicht).

¹⁸ BLE 2018, Versorgung mit Fleisch in Deutschland im Kalenderjahr 2017 (vorläufig)¹⁹ Umweltbundesamt (UBA) (2018): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2018. Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 - 2016. (Climate Change), Dessau-Roßlau.

¹⁹ Umweltbundesamt (UBA) (2018): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2018. Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 - 2016. (Climate Change), Dessau-Roßlau.

Die Reduktion der Lebensmittelabfälle tierischer Produkte kann unter den oben getroffenen Annahmen zu einer Emissionsreduktion im Landwirtschaftssektor beitragen. Eine vollständige Verringerung der vermeidbaren Lebensmittelabfälle ist allerdings kaum realistisch, da auch diese Umstellung enorme Verhaltensänderungen voraussetzt. In Tabelle 2-5 wird daher das Minderungspotenzial für eine Verringerung der tierischen Lebensmittelabfälle um 30 % und um 60 % dargestellt.

Bei einer Verringerung der Produktion tierischer Produkte in Höhe der vermiedenen Lebensmittelabfälle könnten im Landwirtschaftssektor zwischen etwa 0,7 bis 1,2 Mio. t CO₂eq. eingespart werden. Die Quantifizierung des Minderungspotenzials erfolgt unabhängig von den oben beschriebenen Konsumänderungen. Es ist aber zu erwarten, dass hier Überschneidungseffekte bestehen.

Tabelle 2-5: THG-Einsparungen* bei Reduktion der tierischen Lebensmittelabfälle um 30% und 60%

	Reduktion von Lebensmittelabfällen tierischer Produkte in kt	Einsparungen bei 30% in Mio. t CO₂eq.	Reduktion von Lebensmittelabfällen tierischer Produkte in kt	Einsparungen bei 60% in Mio. t CO₂eq.
Rind	38	0,32	77	0,6
Schwein	131	0,09	263	0,18
Geflügel	55	0,004	111	0,008
Milch	435	0,26	870	0,5
Gesamt		0,68		1,2

Quelle: Eigene Berechnungen

*Hierbei sind die weggeschmissenen Milchprodukte als Milch gerechnet worden, da keine näheren Angaben zum Mix der weggeschmissenen Milchprodukte vorliegen. Die vermeidbaren Treibhausgasemissionen sind damit unterschätzt – vergleiche oben stehenden Exkurs.

2.2. Vorschläge zur THG-Minderung in der landwirtschaftlichen Produktion

2.2.1. Reduktion der Stickstoffüberschüsse

Nach dem Maßnahmenprogramm der deutschen Zivilgesellschaft sollen die Stickstoffüberschüsse bis zum Jahr 2030 auf 50 kg N/ha reduziert werden. Die Nachhaltigkeitsstrategie der deutschen Bundesregierung nennt als Zielwert für das Jahr 2030 eine Reduktion der Stickstoffüberschüsse nach der Gesamtbilanz auf 70 kg N/ha. Doch da dieser Wert nicht ausreicht, um die aus Umweltsicht drängenden Probleme²⁰ zu lösen, schlägt das Umweltbundesamt als eine wesentliche Komponente einer nationalen Stickstoffminderungsstrategie eine Senkung des Zielwertes für den Überschuss der Stickstoff-Gesamtbilanz der Landwirtschaft in Deutschland auf 50 kg N/ha vor²¹. Neben der Reduktion der Lachgasemissionen (N₂O) sollen dadurch vor allem Nährstoffeinträge in Form von reaktiven Stickstoffverbindungen (Ammoniak (NH₃) und Nitrat) verringert werden.

Die Lachgasemissionen aus Stickstoffeinträgen in die Böden werden in der Inventarberichterstattung Deutschlands an die Klimarahmenkonvention²² (UNFCCC) nach der IPCC 2006 GL²³ Tier 1 Methode berechnet. Berücksichtigt werden dabei Stickstoffeinträge aus Mineraldüngern, Wirtschaftsdüngern, Gärresten, Ernteresten und Klärschlämmen²⁴. Unabhängig von der Wirksamkeit der Düngemittel in Mineraldüngeräquivalenten, werden nach der derzeit angewandten Methodik die direkten Lachgasemissionen aller Stickstoffeinträge mit dem Emissionsfaktor von 0,01 N₂O-N/kg N berechnet. Unter Berücksichtigung der ebenfalls im Inventar enthaltenen indirekten Emissionen (die aus den reaktiven Stickstoffeinträgen in die Umwelt entstehen) und nach Umrechnung von Lachgas in CO₂-eq., ergibt sich ein Emissionsfaktor pro Kilogramm ausgebrachtem Stickstoff von ca. 6,1 CO₂eq./kg N.

Um die Stickstoffüberschüsse auf 50 kg bzw. 70 kg N/ha auf Basis der Gesamtbilanz zu reduzieren, müssen bei derzeitig durchschnittlich 98 kg N Überschuss (3 Jahresmittel 2014-2016)²⁵ die Stickstoffeinsätze um ca. 48 bzw. nach dem Zielwert der Nachhaltigkeitsstrategie um 28 kg N/ha sinken²⁶. Damit verbunden sind erhebliche Einsparungen an N₂O-Emissionen (siehe Tabelle 2-6). Bei Berücksichtigung der aktuellen landwirtschaftlichen Nutzfläche von 16,68 Mio. ha beträgt die Einsparung durch vermiedene N₂O-Emissionen aus den Böden knapp 5 Mio. t CO₂eq. (bzw. 3,5 Mio. t CO₂eq.). Wieviel davon bereits über die bestehenden bzw. zu verschärfenden Regelungen des Düngerechts erreicht werden können, ist derzeit ungewiss.

²⁰ Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) 2015: Stickstoff: Lösungsstrategien für ein drängendes Umweltproblem. Sondergutachten. Download unter:

http://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/02_Sondergutachten/2012_2016/2015_01_SG_Stickstoff_HD.pdf?__blob=publicationFile

²¹ UBA Texte 55/2016: Bewertung von Maßnahmen zur Verminderung von Nitratreinträgen in die Gewässer auf Basis regionalisierter Stickstoffüberschüsse

²² Umweltbundesamt (UBA) (2018). Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2016. Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2016, Dessau-Roßlau.

²³ IPCC 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). IGES, Japan.

²⁴ Zusätzlich berichtet werden N₂O Emissionen aus der Weidehaltung, aus organischen Böden als auch indirekte Emissionen durch Atmosphärische Deposition und der Auswaschung in die Böden.

²⁵ BMEL 2018: [MBT-0111260-0000](https://www.bmel-statistik.de/landwirtschaft/statistischer-monatsbericht-des-bmel-kapitel-a-landwirtschaft/) Nährstoffbilanz insgesamt von 1990 bis 2016 - in kg N/ha unter <https://www.bmel-statistik.de/landwirtschaft/statistischer-monatsbericht-des-bmel-kapitel-a-landwirtschaft/>

²⁶ Dabei handelt es sich nur um eine vereinfachende Abschätzung. Weiterführende Analysen auf regionaler Ebene wären für eine genauere Betrachtung notwendig.

Tabelle 2-6: THG-Minderungswirkungen durch die Einsparung von Stickstoffdüngern

Reduktion der N-Überschüsse auf	Reduktion in kg N/ha	Eingesparter N gesamt in kt	Eingesparte THG in Mio. t CO ₂ eq.
70 kg N/ha	28 kg	467	3,54
50 kg N/ha	48 kg	800	4,89

Quelle: Eigene Berechnungen (Öko-Institut)

Weitere Emissionsreduktionen können sich durch die Verringerung der indirekten Lachgasemissionen ergeben. Diese bilden sich aus der Ablagerung gasförmiger Stickstoffverluste (Deposition) v.a. von Ammoniak und der Auswaschung von Nährstoffen in die Böden. Gerade Ammoniakverluste können wirksam vermieden werden. Einsparungen von Ammoniakemissionen sind vor allem durch verbesserte Aufbringungstechnik und eine schnelle Einarbeitung von Wirtschaftsdüngern (innerhalb einer Stunde) zu erreichen. Dadurch könnten weitere Einsparungen in Höhe von ca. 0,5 Mio. t CO₂eq. erzielt werden²⁷. Für die Verringerung der indirekten N₂O-Emissionen als Folge von ausgewaschenem und abgeflossenem Stickstoff liegt derzeit keine Methodik zur genauen Quantifizierung vor und diese kann daher nicht abgeschätzt werden. Mit der Reduktion der Stickstoffeinsätze sind aber weitere Reduktionen möglich.

Eine Reduktion der Stickstoffüberschüsse auf 50 kg N/ha erfordert - auf Grund der geringeren Stickstoffeffizienz tierhaltender Betriebe - allerdings eine Abstockung der Tierbestände in den Regionen mit hohen Bestandsdichten pro Hektar, oder ein hohes Maß an technischem Aufwand mit hohen Kosten (Güllebehandlung und -aufbereitung sowie Abluftreinigung in den Ställen). Die derzeitige Ausbringungsobergrenze für Wirtschaftsdünger von 170 kg N/ha (was in etwa 2 Großvieheinheiten (GVE) pro Hektar entspricht) ist nach Expertenschätzungen zu hoch, um eine effiziente Ausnutzung des organischen Düngers zu gewährleisten. Empfohlen werden nach Gutser et al. 2010 (SRU 2015²⁸) eine Ausbringung von 80 bis 120 kg²⁹ organischen Stickstoff pro Hektar und Jahr, was ca. 1 bis 1,5 GV/ha entspricht.

Die Minderungswirkungen der Maßnahme zur Reduktion der Stickstoffüberschüsse auf 50 kg N/ha sind umso höher, wenn gleichzeitig die Emissionsreduktion durch die erforderliche Tierbestandsabstockung einbezogen wird. Die genaue Höhe kann nicht im Rahmen dieser Kurzanalyse erfolgen und erfordert vielmehr eine regionale Analyse – einen Hinweis auf die Größenordnung liefert aber bereits Kapitel 2.2.4, in dem eine Tierbestandsabstockung auf maximal 1,5 GV pro Hektar auf Landkreisebene abgeschätzt wird.

Die Reduktion der Stickstoffüberschüsse hat neben den landwirtschaftlichen Emissionen auch eine Einsparung von Emissionen in der Vorkette der Herstellung zur Folge. Die Höhe der vermiedenen Emissionen durch die Verringerung der Produktion des synthetischen Stickstoffdüngers können nicht genau quantifiziert werden. Hierfür wäre zunächst eine Aussage über die Höhe der Tierbestandsabstockungen notwendig, um den Anteil des verbleibenden Mineraldüngereinsatzes abzuschätzen. Würde die gesamte Stickstoffreduktion über die Verringerung des Mineraldüngereinsatzes erfolgen, läge die Einsparung im Industriesektor bei ca. 6 Mio. t CO₂eq..

²⁷ Die Einsparung erfolgt durch die Reduktion der Ammoniakemissionen (NH₃) und der damit verbundenen Verringerung der indirekten N₂O-Emissionen als Folge von Deposition von reaktivem Stickstoff.

²⁸ Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) (2015): Stickstoff: Lösungsstrategien für ein drängendes Umweltproblem. Sondergutachten. Januar 2015

²⁹ Nach Anlage 1, Tabelle 1 der Düngeverordnung liegen die Stickstoffausscheidungen pro Stallplatz z.B. bei Milchkühen zwischen 100 kg N (6000 Liter-Kuh) und 160 kg N pro Stallplatz (12.000 Liter-Kuh).

2.2.1.1. Förderung des Leguminosenanbau auf der Ackerfläche

Der Vorschlag der Unterzeichner des Maßnahmenprogramms 2030 umfasst die Förderung des Leguminosenanbaus auf 15 % der Ackerfläche. Durch die Ausweitung der Fruchtfolge mit einem höheren Anteil an Leguminosen können die Lachgasemissionen aus den landwirtschaftlichen Böden gemindert werden. Unter der Voraussetzung der guten fachlichen Praxis werden auch Stickstoffüberschüsse verringert. Allerdings besteht durch den hohen N-Gehalt der Erntereste teilweise ein erhöhtes Risiko der Stickstoffauswaschung. Die Ausweitung des Leguminosenanbaus trägt zudem zu einer Schließung der Nährstoffkreisläufe bei, da bei einer heimischen Eiweißversorgung weniger Nährstoffimporte aus den Tierfutterimporten anfallen³⁰. In diesem Sinn wird die Maßnahme als Untermaßnahme zur Reduktion der Stickstoffüberschüsse zwar quantifiziert, sie wird jedoch nicht als eigener Punkt in der Aufsummierung aller Maßnahmen zur Zielerreichung im Jahr 2030 einbezogen, um keine Doppelzählung vorzunehmen.

Leguminosen binden Luftstickstoff und können somit zu einem gewissen Teil Mineraldünger ersetzen. Treibhausgaseinsparungen aus dem Leguminosen Anbau sind vor allem durch reduzierte Lachgasemissionen aus den landwirtschaftlichen Böden im Vergleich zum Mineraldüngereinsatz zu erwarten. Weitere Einsparungen entstehen durch die eingesparten Vorleistungen der Mineraldüngerproduktion im Industriesektor.

Die Berechnung der N₂O Emissionen aus dem Leguminosenanbau erfolgte bis zur Umstellung auf die 2006 IPCC Guidelines analog zur Berechnung der N₂O Emissionen aus der Mineraldüngeraufbringung, d.h. ein gewisser Anteil des aufgebracht bzw. eingebundenen Stickstoffs wird als N₂O wieder emittiert. Mit der Umstellung der Berichterstattung auf die 2006 IPCC Guidelines wurde die Methodik geändert, da einige Studien belegen, dass die N₂O-Emissionen aus der biologischen N-Fixierung erheblich niedriger sind als die aus der Mineraldüngeraufbringung und dass sie teilweise den N₂O-Emissionen ungedüngter Flächen entsprechen. Seitdem werden in der Treibhausgasberichterstattung an UNFCCC keine N₂O-Emissionen aus der biologischen N-Fixierung mehr berichtet.

Eine komplette Vermeidung der N₂O-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden ist aber auch durch den Leguminosenanbau nicht möglich. Messungen in verschiedenen Mitgliedsländern zeigen hohe Schwankungsbreiten bei den N₂O-Emissionen aus der biologischen N-Fixierung, wobei ein Zusammenhang zwischen Fruchtart (Erbsen, Bohne etc.) und Niederschlägen nachweisbar ist³¹. Den Studien zufolge liegen die N₂O-Emissionen pro Hektar je nach Fruchtart zwischen 0,41 und 0,55 kg N₂O-N/ha/a. Im Vergleich dazu liegen die Emissionen aus der Mineraldüngerausbringung inklusive der indirekten N₂O-Emissionen aus der Auswaschung und Deposition je nach Ausbringungsmenge zwischen 1,13 und 2,26 kg N₂O-N/ha/a.

Um keine Überschneidungseffekte mit der Maßnahme des Ökolandbaus zu erzeugen, bezieht sich die hier ausgewiesene Minderungswirkung allein auf die konventionelle Ackerfläche. Bei einer Ausweitung des Leguminosenanteils auf 15 % der konventionellen Ackerfläche müssten ca. 1,4 Mio. ha Leguminosen angebaut werden. Tabelle 2-7 zeigt die Spannweite der Einsparungen bei einer Ausweitung des Leguminosenanbaus auf 15 % der konventionellen Ackerfläche. Entscheidend für die Berechnung der Einsparung ist der derzeitige Mineraldüngereinsatz, der durch den Leguminosenanbau eingespart wird. Zur Orientierung wird als Spannbereite die Minderungswirkung eines Mineraldüngereinsatzes von 100 kg N/ha und 200 kg N/ha³² berechnet. Die gesamten Minderungspotenziale liegen je nach angebaute Leguminosenart, zu Grunde

³⁰ Bundesamt für Naturschutz (BfN) (2015): Leguminosen nutzen. Naturverträgliche Anbaumethoden aus der Praxis. Praxishandbuch.

³¹ Legume Futures: Legume supported cropping systems for Europe - General Project Report 2014: http://www.legumefutures.de/images/Legume_Futures_General_Report_on_website.pdf

³² Im Vergleich zur Quantifizierung der Minderungswirkungen der Maßnahme Ökolandbau wird hier mit höheren Spannbreiten für die Mineraldüngergaben gerechnet, da sich die Berechnung ausschließlich auf Ackerland bezieht.

gelegten Mineraldüngereinsparungen und Berechnungsmethodik (bzw. Emissionsfaktor) – und zitierter Quelle - zwischen 0,5 Mio. t CO₂eq. und 1,7 Mio. t CO₂eq. (siehe Tabelle 2-7).

Tabelle 2-7: THG-Minderungswirkung bei einer Ausweitung des Leguminoseneinsatzes auf 15 % der konventionellen Ackerfläche

	Fläche (15% der konventionellen Ackerfläche)	Annahme zur Minderung des Mineraldüngereinsatzes pro Hektar	EF in kg CO ₂ eq./ha	Eingesparter Mineraldünger (kt)	Minderungspotenzial in Mio. t CO ₂ eq.
IPCC 2006 GL		100 kg	610 bei Mineraldüngerausbringung*	137,7	0,84
		200 kg	0 bei Leguminosen Anbau ohne Mineraldüngerausbringung	275,3	1,68
Puffbohne (Legume Futures 2014)	1,4 Mio. ha	100 kg	192	137,7	0,58
		200 kg		275,3	1,39
Erbse (Legume Futures 2014)		100 kg	257	137,7	0,49
		200 kg		275,3	1,30

*inklusive indirekter Emissionen

Quelle: eigene Berechnungen Öko-Institut auf Basis IPCC GL 2006, Legume Futures (2014)

Durch die Verringerung der Mineraldüngerproduktion infolge einer verringerten Düngernachfrage können im Industriesektor weiter 1 - 2 Mio. t CO₂eq. eingespart werden. Weitere Einsparungen durch veränderte Kraftstoffeinsätze infolge einer anderen Bodenbearbeitung und einer verringerten Düngemittelausbringung können an dieser Stelle nicht quantifiziert werden.

2.2.2. Gezielte Förderung des ökologischen Landbaus

Ziel der Nachhaltigkeitsstrategie ist die Erhöhung der Ökolandbaufläche auf 20 % der gesamten landwirtschaftlich genutzten Fläche bis 2030. Die Unterzeichner des Maßnahmenprogramms 2030 bekräftigen diese Forderung und schlagen weitere konkrete Maßnahmen zur Förderung des Ökolandbaus vor. Auch der Ökolandbau spielt für die Reduktion der Stickstoffüberschüsse eine entscheidende Rolle. Daher ist ggf. mit Überschneidungseffekten bei der Maßnahme Reduktion der Stickstoffüberschüsse zu rechnen.

Für die Bilanzierung des Minderungspotenzials des Ökolandbaus auf Basis der Quellenbilanz (Treibhausgasinventar) wirkt nur der Verzicht des Mineraldüngereinsatzes emissionsmindernd. Weitere Emissionsminderungen können durch eine Abstockung der Tierbestände in Folge der Flächenbindung des Ökolandbaus erfolgen. Allerdings wären hier Annahmen und Informationen zu den umstellenden Betrieben notwendig, um dies zu quantifizieren. Tabelle 2-8 zeigt daher die Emissionsreduktion bei Ausbau des Ökolandbaus auf 20 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche,

die allein durch den Verzicht des Mineraldüngereinsatzes³³ erfolgt. Je nach Umstellungsbetrieb (extensiv oder intensiv) wird überschlagsweise mit einem reduzierten Mineraldüngereinsatz von 50 bzw. 100 kg N pro Hektar gerechnet. Ausgehend von einer gleichbleibenden landwirtschaftlichen Nutzfläche von deutschlandweit 16,68 Mio. ha müssen bei einer Ökolandbaufläche von 7,5 % im Jahr 2016 bis zum Jahr 2030 weitere 12,5 % der Fläche umgestellt werden. Bei einer angenommenen Umstellungsfläche von 2,1 Mio. ha liegen die Emissionsreduktionen durch die Umstellung auf Ökolandbau je nach vorheriger Bewirtschaftungsintensität des umstellenden Betriebes zwischen 0,64 und 1,27 Mio. t CO₂eq. (siehe Tabelle 2-8).

Tabelle 2-8: Minderungswirkungen des Ökolandbaus (Quellenbilanz)*

	Eingesparter N gesamt in kt	Eingesparte THG in Mio. t CO₂eq.
50 kg N	104	0,64
100 kg N	208	1,27

Quelle: Eigene Berechnungen (Öko-Institut)

*Die Spanne liegt hier geringer als im vorherigen Kapitel zu den Leguminosen, da sich dieser Wert auf Grünland und Ackerland bezieht, während bei den Leguminosen nur Ackerland zugrunde gelegt wurde.

Zusätzliche Emissionsreduktionen finden in der industriellen Vorkette der Mineraldüngerproduktion statt. Diese Emissionen werden dem Landwirtschaftssektor allerdings nicht zugeordnet und treten bei Mineraldüngerimporten auch im Ausland auf. Der Emissionsfaktor pro Kilogramm Mineraldünger liegt bei 7,6 kg CO₂eq.³⁴. Die Emissionsminderungen im Industriesektor durch die Einsparungen in der Mineraldüngerproduktion liegen zwischen 0,79 und 1,6 Mio. t CO₂eq..

Zudem besteht durch die Umstellung von konventionellem Landbau auf ökologischen Landbau das Potenzial zusätzlicher Kohlenstoffbindung im Boden durch einen weiteren Humusaufbau. Der ökologische Landbau ist auf höhere Humusgehalte angewiesen, da diese die Nährstofffixierung im Boden verbessern. Der Humusaufbau basiert vor allem auf den breiteren Fruchtfolgen mit geringerer Humuszehrung, einem stärkeren Einsatz von Wirtschaftsdüngern und dem höheren Grünlandanteil im Ökolandbau. Eine Untersuchung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)³⁵ kommt zu dem Ergebnis, dass durch die Umstellung auf ökologische Landwirtschaft pro Hektar und Jahr eine Einbindung von 0,27 +/- 0,37 t möglich sind. Die Humusproduktion ist allerdings ein langfristiger Prozess und jeder Standort hat abhängig von seiner Bewirtschaftung eine begrenzte Aufnahmekapazität für Kohlenstoff. Angesichts der langsamen Kohlenstoffeinbindung wird hier davon ausgegangen, dass dieser Prozess bis 2030 konstant erfolgt. Die Kapazität zur Kohlenstofffixierung ist außerdem von der Bodentextur abhängig, in feinstrukturierten Böden ist sie besser als in Sandböden. Da in Norddeutschland gegenüber Süddeutschland deutlich mehr Sandböden vorliegen, orientiert sich die Abschätzung am unteren Rand des für Bayern ermittelten Wertes (gerechnet wird mit 0,3 t C/ha und Jahr).

³³ Seit der Umstellung der Berichterstattung auf die IPCC Guidelines 2006, werden N₂O Emissionen aus dem Leguminosen Anbau nicht mehr berücksichtigt. Von daher führt die erwartete Zunahme des Leguminosen Anbaus durch die Ausweitung des Ökolandbaus nicht zu zusätzlichen Emissionen.

³⁴ <http://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id={6FF9C0FB-B331-4D9D-BE8C-D11B7EC96DCD}>

³⁵ Wiesmeier (2017): Klimaschutz durch Humusaufbau – Umsetzungsmöglichkeiten der 4 Promille-Initiative in Bayern. Download unter: https://www.researchgate.net/publication/321141231_Klimaschutz_durch_Humusaufbau_-_Umsetzungsmöglichkeiten_der_4_Promille-Initiative_in_Bayern

Um bis 2030 das Ziel von 20 % ökologisch bewirtschafteter Fläche zu erreichen, ist eine Gesamtfläche von 3,3 Mio. ha und eine Ausweitung um 2,1 Mio. Hektar gegenüber 2016 nötig. Werden ein linearer Anstieg unterstellt und die mögliche jährliche Kohlenstoffeinbindung angenommen, so können insgesamt 4,6 Mio. t Kohlenstoff eingebunden werden, das entspricht insgesamt 16,9 Mio. t CO₂. Linear auf den Zeitraum verteilt wären das jährlich 1,2 Mio. t. CO₂.

Tabelle 2-9: Kohlenstoffsequestrierung durch Humusaufbau im Ökolandbau bei 20% Flächenanteil

	Flächenbedarf	Fixierter Kohlenstoff	als CO ₂
Summe	2.048.680	4,6 Mio. t	16,9 Mio. t
Jährlich*	146.334	0,32 Mio. t	1,2 Mio. t

Quelle: Eigene Berechnungen (Öko-Institut)

* gleichmäßig auf alle Jahr verteilt – was für die Einbindung nicht stimmt, da der Prozess ein langjähriger ist.

Selbst wenn dieser Wert mit großen Unsicherheiten behaftet ist, ist der Umfang doch beträchtlich. Der Wert gilt für heutige Bedingungen, sollten sich zukünftig im konventionellen Landbau Düngemittel zugunsten organischer Dünger verschieben, gibt es hier Überschneidungseffekte und der Effekt würde sich für den Ökolandbau verringern. Dasselbe gilt für den Effekt aus Fruchtfolgen und Grünlandanteil.

Insgesamt führen die eingesparte Mineraldüngermenge (Lachgas bei der Ausbringung und geringere Emissionen im Industriesektor durch eine Verringerung der Mineraldüngerproduktion) und die Humusbildung zusammen zu einem jährlichen Reduktionspotenzial von 2,6 bis 4,1 Mio. t CO₂eq.³⁶. Dieser Wert ist vom mittleren Düngenniveau der umstellenden Betriebe abhängig.

Das Ergebnis unterstreicht zwar, wie sinnvoll insgesamt der Ausbau der Ökolandwirtschaft ist, trotzdem lässt sich nur ein Teil der eingesparten Emissionen auf das Sektorziel anwenden. In der Bilanzierung nach der Quellenbilanz (der die Ziele des Klimaschutzplans für die Landwirtschaft entsprechen) wird ein Großteil der Emissionsreduktion des Ökolandbaus anderen Sektoren oder anderen Ländern zugeordnet. Pro Produkt können die Emissionsreduktionen des Ökolandbaus aufgrund des geringeren Produktionsniveaus geringer ausfallen.

2.2.3. Steigerung der Güllevergärung in bestehenden Biogasanlagen

Die Unterzeichner schlagen in ihrem Maßnahmenprogramm 2030 vor, die Vergärung von Wirtschaftsdüngern in bestehenden Biogasanlagen zu steigern.

Im Stall und bei der Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdüngern fallen Methan und Lachgasemissionen an. Die lagerungsbedingten THG-Emissionen können durch die anaerobe Vergärung nahezu vollständig vermieden werden, da die Wirtschaftsdünger abgedeckt gelagert

³⁶ Die im Auftrag des BÖLN erstellte Studie des Thünen-Instituts in Zusammenarbeit mit der technischen Universität München (Hülsbergen K.-J. et al. 2013) berücksichtigt die Minderungswirkungen des Ökolandbaus sowohl in den vorgelagerten Bereichen (Verzicht auf Pflanzenschutzmittel, synthetische Düngemittel und Futtermittelimporte) als auch die Vorteile des Ökolandbaus in Bezug auf die C-Speicherung des Bodens durch Humusaufbau etc.. Nach der Pilotstudie liegen bei einer vollständigen Klimabilanz die Emissionen pro Hektar im Ökolandbau in Abhängigkeit vom Betriebstyp zwischen -57 % (Marktfruchtbetrieb) und -63 % (Gemischtbetrieb) unter den Emissionen im konventionellen Landbau. Damit würde eine Ausweitung der Ökolandbaufläche um weitere 12,5 % bis zum Jahr 2030 unter der Annahme, dass die Flächenumstellung zu 50 % in Ackerbaubetrieben und zu 50 % in Gemischtbetrieben stattfindet, zu Einsparungen von 3,22 Mio. t führen.

und die dabei entstehenden Emissionen aufgefangen und als Biogas genutzt werden. Konsequenterweise ist der Prozess, wenn auch die Gärrestlagerung gasdicht erfolgt. Dies war jedoch bei Einführung der Technik eher die Ausnahme und ist mittlerweile für Neuanlagen (und Altanlagen mit neuen Förderverträgen) Standard. Angesichts der anaeroben Bedingungen im Fermenter wird generell davon ausgegangen, dass keine Lachgasemissionen entstehen (N_2O kann nur in Anwesenheit von Sauerstoff gebildet werden). Die Güllevergärung und gasdichte Lagerung der Gärreste ist eine der wenigen rein technischen Klimaschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft. Sie umfasst bisher vor allem Gülle, es kann aber technisch ebenso auch Festmist (inkl. Geflügelkot) vergoren werden. Laut Inventarbericht 2018 wurden im Jahr 2016 17,6% der in Deutschland anfallenden Gülle vergoren. Die weitere Erschließung des Güllepotenzials für die Vergärung erfolgt zurzeit nur zögerlich, da die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen der EEG-Förderungen ungünstiger geworden sind. Der geringe Zubau beruht v.a. auf Güllekleinanlagen bis 75 kW Leistung. Neben den Gülleanlagen gibt es noch Bestandsanlagen, in denen überwiegend Energiepflanzen vergoren werden und die das Gros der installierten Leistung ausmachen. Bereits in den nächsten Jahren endet für die ersten Bioenergieanlagen der EEG-Vergütungszeitraum und es drohen angesichts der unklaren Förderbedingungen ab 2020 die ersten Biogasanlagen abgeschaltet zu werden. Hiervon sind insbesondere die sog. Nawaro-Anlagen betroffen, die Ackerpflanzen vergären. Eine Möglichkeit für den Fortbestand dieser Anlagen wäre der Wechsel auf Gülle als preisgünstigeres Alternativsubstrat.

Eine derartige Ausrichtung auf Reststoffe würde auch der politischen Zielsetzung entsprechen, verstärkt organische Reststoffe zur Erzeugung von Bioenergie zu verwenden. Wie groß das Potenzial der Nawaro-Anlagen zur Aufnahme von Gülle sein könnte, soll in diesem Kapitel abgeschätzt werden. Hierfür wird der Substratbedarf für einen Betrieb mit 100% Gülle hochgerechnet³⁷. Laut DBFZ et al. (2017)³⁸ werden – bezogen auf den Masseneinsatz - heute 48,9 % Nawaro und 44,5 % Gülle in Biogasanlagen vergoren. Der Rest sind kommunale Bioabfälle und Reststoffe aus Industrie und Gewerbe. Um in dieser Weise den Gülleeinsatz steigern zu können, müssen andere Substrate entnommen werden. Etwa die Hälfte der heute verwendeten Nawaro-Biomasse könnte in den Fermentern durch Gülle ersetzt werden. Angesichts der geringeren Energiedichte und kürzerer Verweilzeit von Gülle im Fermenter kann dieser Massenstrom sogar verdreifacht werden (vergleiche hierzu eine Studie aus Niedersachsen zum Substratersatz von Nawaro durch Gülle³⁹). Mit diesen Annahmen könnte theoretisch knapp zwei Drittel der heute in Deutschland vorhandenen Wirtschaftsdünger vergoren werden, heute (2016) sind es ca. 17 %.

Allerdings stehen die Nutztiere und die Biogasanlagen oft nicht in räumlicher Nähe zueinander. Da Gülle einen hohen Wasseranteil hat, ist die Transportwürdigkeit von Rohgülle gering. Um zu prüfen, ob auf Landkreisebene die Tierbestandsdichten und die installierte Leistung von Biogasanlagen stark voneinander abweichen, wurden die Tierbestände⁴⁰ der installierten Leistung an Biogasanlagen je Landkreis⁴¹ gegenüber gestellt. Dabei wurde angenommen, dass für eine reine Gülleanlage 100 GVE für 15 Kilowatt installierter Leistung notwendig sind⁴². Ist die Tierbestandsdichte im Landkreis größer, kann nur ein Teil der Gülle aufgenommen werden. Insgesamt liegt der rechnerische Überhang bei 1,9 Mio. GVE, was 15 % des gesamten

³⁷ Nach der bestehenden EEG-Regelung zu Güllekleinanlagen ist allerdings auch der Betrieb mit einem Anteil von bis zu 20 % mit anderen Substraten (Nawaros) möglich.

³⁸ https://www.dbfz.de/fileadmin/user_upload/Referenzen/Schriftenreihen/Report/DBFZ_Report_30.pdf

³⁹ Universitäten Göttingen & Osnabrück (2015): Nachhaltige Biomassenutzung in Biogasanlagen auf der Grundlage der Wirtschaftsdüngerpotenziale in Niedersachsen „Bauernhof Niedersachsen“ (Abschlussbericht). Download unter: https://www.3-n.info/media/4_Downloads/pdf_WssnSrvs_Srvs_Biogas_AbschlussberichtBauernhofNds1502.pdf

⁴⁰ GVE-Zahlen der Agrarstrukturerhebung 2016; Statistisches Bundesamt Fachserie 3 Reihe 2.1.3

⁴¹ Aus der EEG-Anlagenliste der Bundesnetzagentur, einsehbar unter https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/ErneuerbareEnergien/ZahlenDatenInformationen/EEG_Registerdaten/EEG_Registerdaten_node.html;jsessionid=F68354DE8042158224AE13C9BC04E00C

⁴² http://www.fnr.de/fileadmin/allgemein/pdf/broschueren/Broschuere_Guellekleinanlagen_Web.pdf

Tierbestands in Deutschland entspricht. Davon waren 121 Landkreise betroffen (von 294 Landkreisen in Deutschland). Der Überhang ist insgesamt so groß, weil insbesondere Landkreise mit hoher Tierbestandsdichte betroffen wären. Werden noch bis zu 20 % Kofermente verwendet, kann weniger Gülle in bestehenden Fermentern vergoren werden.

Die Betrachtung hat auf Landkreise stattgefunden, doch sind in Deutschland viele Landkreise so groß, dass die Transportdistanzen für unbehandelte Gülle zum Fermenter unverträglich lang wären. Werden nur Transportwege von 15 bis 20 km zugelassen, verringert sich die erfassbare Menge auf etwa 30 % der heute anfallenden Wirtschaftsdünger. Da es sich hierbei um eine Überschlagsrechnung handelt, wird nicht näher in Gülle und Festmistsysteme unterschieden, auch Weidetiere werden nicht gesondert betrachtet. Die Rechnung basiert außerdem auf einem einheitlichen Substratmix⁴³, der beispielsweise für die Landkreise mit hohen Tierbestandsdichten im niedersächsischen Nordwesten in etwa zutrifft (vergl. Biogasinventur Niedersachsen⁴⁴).

Tabelle 2-10: THG Einsparung durch Vergärung von Wirtschaftsdüngern in bestehenden Biogasanlagen

	Anteil vergorene Wirtschaftsdünger am gesamten Wirtschaftsdünger	THG-Einsparung in Mio. t. CO₂- eq.
Jahr 2016 - IST	17 %	1,2 Mio. t (IST)
Zusätzliches Potenzial in bestehenden Anlagen ohne Gülletransporte länger als 15 bis 20 km	13,7%	0,9 Mio. t
Summe = Gesamtpotenzial Güllevergärung in bestehenden Anlagen	30%	2,1 Mio. t

Quelle: eigene Berechnung

Vor allem im Nordwesten übersteigt die Tierbestandsdichte die Kapazitäten der installierten Leistung der Biogasanlagen. Für eine Vergärung möglichst großer Güllemengen ist die Schaffung von Lagerkapazitäten eine wichtige Voraussetzung. Hier könnten Synergien im Zusammenhang mit der Umsetzung der neuen Düngeverordnung erzeugt werden. Bei der Standortwahl neuer Güllelager sollten daher unbedingt auch Transportentfernungen zur nächsten Biogasanlage als Kriterium einbezogen werden. Von einer Aufbereitung der Gülle in Kombination mit der Vergärung wird hier abgesehen, da die Unterzeichner des Maßnahmenprogramms 2030 eine flächengebundene Tierhaltung und möglichst geschlossene Betriebs- und Nährstoffkreisläufe befürworten. Die Technik der Güllaufbereitung ist demgegenüber eine nachgelagerte Technologie, die Nährstoffprobleme mildert, die u.a. von eingekauften Futtermitteln und hohen Tierbestandsdichten auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche herrühren.

⁴³ DBFZ (2017): Anlagenbestand Biogas und Biomethan – Biogaserzeugung und -nutzung in Deutschland, DBFZ Report Nr. 30 nämlich massebezogen: 44,5 % Gülle, 48,9 % Nawaro, 6,6 % sonst. Reststoffe.

⁴⁴ Download unter: <https://www.ml.niedersachsen.de/download/124738>

Die Güllevergärung ist eine wirksame, technisch einfach umzusetzende Klimaschutzmaßnahme für die Landwirtschaft, entsprechend hoch wird ihre Bedeutung und Förderwürdigkeit von verschiedenen landwirtschaftlichen Interessensgruppen eingeschätzt. Gleichzeitig ist die Vergärungstechnologie aber auch eine relativ teure Klimaschutzmaßnahme, mit einigen Nachteilen bzw. Risiken:

- Die vergorene Gülle ist besser pflanzenverfügbar. Allerdings erhöht sich durch den höheren TAN-Gehalt auch das Risiko von Ammoniakverlusten bei der Ausbringung. Daher sollten unbedingt gleichzeitig Maßnahmen eingeführt werden, die den Einsatz von emissionsarmen Ausbringungstechniken sicherstellen.
- Die Güllevergärung ist angesichts des hohen Wasseranteils von Gülle mit geringen Energieausbeuten verbunden, weshalb in der Vergangenheit Nawaro-Anlagen und der Einsatz anderer Ko-Substrate wirtschaftlich attraktiv waren. Nawaro-Anlagen sind jedoch aus verschiedenen klima- und naturschutzfachlichen Gründen in die Kritik geraten⁴⁵. Aus diesem Grund sollte die Förderung sich unbedingt auf Gülle konzentrieren und allenfalls andere landwirtschaftliche Reststoffe einbeziehen.
- Bei dem hier betrachteten Potenzial ist der Anteil des Weidegangs von Tieren nicht verändert. Weidehaltung ist sowohl aus Sicht einer artgerechten Tierhaltung als auch für die Kohlenstoffspeicherung in Böden ein bewährtes Tierhaltungsverfahren. Durch die Weidehaltung stehen die Exkremate der Tiere allerdings nicht für die Vergärung zur Verfügung. Andererseits entstehen bei der Weidehaltung insgesamt weniger Methanemissionen (und Ammoniakemissionen) aus den Exkrementen, da diese nicht kompakt gelagert werden müssen.
- Sollten die Tierbestände bis 2030 und darüber hinaus reduziert werden (was zur Einhaltung langfristiger Klimaziele aktuell wahrscheinlich ist), würde der Zubau einer großen Zahl neuer Gülleanlagen dazu ökonomisch im Widerspruch stehen.

Die Unterzeichner des Maßnahmenprogramms 2030 befürworten aus diesen Gründen vorrangig den Fortbetrieb der bestehenden Biogasanlagen mit Gülle. Das EEG oder alternative Fördermöglichkeiten sollten v.a. darauf fortentwickelt werden.

2.2.4. Reduzierung der Tierbestände

Neben der Düngung der Böden sind die Emissionen aus der Tierhaltung (Verdauung der Wiederkäuer und Wirtschaftsdünger-Management) die größten Quellen für Treibhausgasemissionen in der Landwirtschaft. Daher umfasst das Maßnahmenprogramm 2030 der deutschen Zivilgesellschaft eine Reduktion des Tierbestandes, vor allem in Regionen mit hohen Bestandsdichten. Dort sind auch die Nährstoffüberschüsse hoch, was THG-Emissionen und auch andere Umweltprobleme zur Folge hat.

Für die Reduktion der Nährstoffüberschüsse stellt die flächengebundene Tierhaltung eine Lösung dar, da hierbei die Wirtschaftsdünger auf den Flächen für den Futtermittelanbau ausgebracht werden, um die Nährstoffkreisläufe zu schließen. In den folgenden Überlegungen führt dieses Kapitel aus, ob und inwiefern die Flächenbindung zur Reduktion des Tierbestands führt und damit auch als Klimaschutzmaßnahme wirksam ist.

⁴⁵ Hier sei nur kurz auf Probleme wie Maismonokulturen, übermäßige Humuszehrung, Grünlandumbruch und den Flächenbedarf des Energiepflanzenanbaus (ILUC; Flächenkonkurrenz) und deren energetischer Gesamtwirkungsgrad zu verweisen.

Eine Begrenzung von maximal 2 GVE pro Hektar sollte Grundlage der guten fachlichen Praxis sein. Dieser Wert entspricht der Obergrenze der EU-Verordnung zum ökologischen Landbau⁴⁶ und in der Düngerverordnung sind die 2 GVE/ha durch die Obergrenze für die Wirtschaftsdüngerausbringung von 170 kg N/ha bereits implizit verankert. Damit können Betriebe mit mehr als 2 GVE/ha ihren Wirtschaftsdünger nicht allein auf den hofeigenen Flächen ausbringen. Aktuell stehen 38 % der gesamten Großvieheinheiten Deutschlands in den Betrieben mit einer Tierbestandsdichte von mehr als 2 GVE/ha⁴⁷. Diese benötigen zusätzliche Flächen oder Möglichkeiten der Gülleaufbereitung. Alternativ müssten die Tierbestände dieser Betriebe verringert oder in andere Regionen ausgelagert werden. Überschreitet ein Betrieb die 2 GV/ha muss geklärt werden, ob und in welchem regionalen Maßstab Mist und Gülle der Tiere auf betriebsfremde Flächen ausgebracht werden können. Hier kommen beispielsweise die Ebene der Gemeinden oder der Landkreise in Frage. Betrachtet man die Landkreisebene⁴⁸, die durch die Möglichkeit der Wirtschaftsdüngerausbringung auf betriebsfremden Flächen eine mögliche regionale Bezugsgröße darstellt, beträgt der Anteil der GVE die auf mehr als 2 GVE/ha stehen nur noch 11 %.

Tabelle 2-11: Tierbestände in Deutschland 2016

	Verfügbare Fläche (ha)	GVE gesamt	GVE/ha	rechnerische Reduktion für 2 GV/ha	rechnerische Reduktion für 1,5 GV/ha
Deutschland	16.687.300	12.954.359	0,78	0	0
Betrieblich > 2 GVE/ha	1.436.262	4.860.744	3,38	1.988.220	2.706.351
Landkreis > 2 GVE/ha	536.312	1.432.494	2,67	359.870	628.026
Landkreis 1,5 - 2 GVE/ha	1.245.949	2.131.068	1,71	0	262.145
Landkreis 1-1,5 GVE/ha	2.832.681	3.465.089	1,22	0	0
Landkreis 0,5 - 1 GVE/ha	5.084.762	3.510.535	0,69	0	0

Quelle: Agrarstrukturerhebung/ Landwirtschaftszählung 2016-Landwirtschaftliche Betriebe mit Viehhaltung und Zahl der Tiere
- Stichtag - regionale Ebenen

Anhand der Viehdichte im Landkreis wird die prozentuale Abstockung (GVE) ermittelt die nötig wäre, um vor Ort den Wert von 2 GV/ha bzw. 1,5 GV/ha einzuhalten. Dieser Wert wird einheitlich auf alle Tiergruppen angewendet (da nicht bekannt ist, welchen Betrieben die notwendigen Flächen fehlen würden). Anschließend wird dieser Reduktion der Tierbestände eine THG-Minderung zugeordnet (auf Basis der im Inventar 2018 verwendeten integrierten Emissionsfaktoren für die einzelnen Tiergruppen).

⁴⁶ Wobei die Leistungen im ökologischen Landbau geringer sind, wodurch die Stickstoffausscheidungen pro Tier geringer sind (vergl. Kapitel 2.2.1) – streng genommen ist damit die GV-Obergrenze im Vergleich zum konventionellen Anbau als geringer anzusehen.

⁴⁷ Destatis, Fachserie 3, Reihe 2.1: Land und Forstwirtschaft, Fischerei: Viehhaltung der Betriebe 2016

⁴⁸ Aus der Agrarstrukturerhebung liegen für jeden Landkreis die Anzahl der Tiere (ohne Geflügel) nach Tierart vor sowie die Flächen der landwirtschaftlichen Betriebe mit Viehhaltung. Die Tiere wurden nach dem in der Statistik verwendeten GVE-Schlüssel von BLE und BMEL in GVE umgerechnet. Auf diese Weise konnte der Viehbesatz für die Landkreise ermittelt werden.

Tabelle 2-12: Theoretisches THG-Einsparpotenzial durch eine Tierbestandsabstockung auf Landkreisebene (LK)

	LK > 2GV/ha		LK > 1,5 GV/ha	
	Reduktion (Tiere)	Reduktionspotenzial THG (kt)	Reduktion (Tiere)	Reduktionspotenzial THG (kt)
Milchkühe	37.717	157	238.910	995
Rinder	212.889	293	737.056	1.013
Schweine/Sauen	1.794.354	278	3.003.542	465
Schafe	6.300	1	34.574	6
Gesamt (kt)		729		2.479
Gesamt (Mio t)		0,73		2,48

Wird die Tierbestandsdichte mittels einer Obergrenze regional beschränkt, könnten die Produktionskapazitäten in andere Gebiete mit geringerer Besatzdichte (oder ins Ausland) verlagert werden. Die Landkreise mit geringerer Tierbestandsdichte in Deutschland bieten jedenfalls bei Obergrenzen von 2 GV/ha als auch 1,5 GV/ha genügend Spielraum zur Aufnahme der Überhänge aus den Landkreisen mit den hohen Tierbestandsdichten. Hier wird jedoch keine Einschätzung darüber vorgenommen, inwiefern eine derartige Verlagerung aus wirtschaftlicher Perspektive in Frage kommen würde.

Tabelle 2-13: Nötige Abstockung und mögliche Aufstockungskapazitäten (blaue Schrift) in den Landkreisen (LK)

	max. GV je LK bei 2 GV/ha	nötige Abstockung bzw. mögliche Zunahme GVE	max. GV je LK bei 1,5 GV/ha	nötige Abstockung bzw. mögliche Zunahme GVE
Landkreise mit:				
> 2 GVE/ha	1.072.624	-359.870	804.468	- 628.026
1,5 - 2 GVE/ha	2.491.898	360.830	1.868.924	- 262.145
1 - 1,5 GVE/ha	5.665.362	2.200.273	4.249.022	783.933
0,5 - 1 GVE/ha	10.169.524	6.658.989	7.627.143	4.116.608
Saldo LK		8.860.222		4.010.370

Quelle: eigene Berechnung Öko-Institut

Es wird deutlich, dass die alleinige Festlegung von Tierbesatzdichten auf Landkreisebene nicht zwangsläufig zu einer Reduktion der THG-Emissionen aus der Tierhaltung führt. Ein derartiger Schritt müsste durch weitere Regelungen begleitet werden – beispielsweise ein Rückgriff auf Tierbestands- oder THG –Quoten. Aus Klimaschutzsicht ist eine Verringerung der Tierbestände in Deutschland eine wirkungsvolle Maßnahme. Gerade bei Wiederkäuern fallen neben den

Emissionen der Güllelagerung und Ausbringung auch noch die Methanemissionen der Verdauung an, für die es aktuell keine Minderungsmöglichkeit gibt.

Die Höhe der zukünftigen Tierbestandsabstockungen sollte sich neben den Klimaschutzziele vor allem an der Flächenbindung, dem Erhalt des Grünlands und den maximal tolerierbaren Stickstoffverlusten in die Umwelt orientieren. Die Entwicklung eines auf die Ziele hin ausbalancierten Pakets politischer Instrumente wird hierzu notwendig sein.

2.2.4.1. Vergleich der getroffenen Überlegungen zur Tierbestandsabstockung

Die folgende Tabelle 2-14 fasst die oben (Tabelle 2-12) und die in Kapitel 2.1 betrachteten Minderungsoptionen durch eine Abstockung der Tierbestände zusammen. Durch die Reduktion des Fleisch- und Milchkonsums und die Reduktion der tierischen Lebensmittelabfälle, lassen sich Emissionen in Höhe von bis zu 7,8 Mio. t CO₂eq. durch eine folgende Reduktion der Tierbestände im Landwirtschaftssektor realisieren. Die Höhe der THG-Minderung durch eine Tierbestandsabstockung auf Landkreisebene auf 1,5 GVE pro Hektar liegt dagegen deutlich darunter.

Die Tierbestandsabstockung infolge verringerter Lebensmittelabfälle fällt relativ klein aus und hat daher den geringsten Effekt. Nennenswerte Konsumveränderungen von Fleisch und Milch bewirken dagegen die größten Minderungen bei den Treibhausgasen. Aus den Werten in der Tabelle wird auch deutlich, wie wichtig und wirksam die kombinierte Reduktion von Milch und Fleisch ist. Die Treibhausgase sinken bei einer Halbierung des Fleischkonsums in der selben Größenordnung wie bei der Verringerung des Fleisch- und Milchkonsums um jeweils 25 %. Die Auswirkungen auf die Rinder- und Milchkuhhaltung der beiden Maßnahmen sind dagegen extrem verschieden. Wird lediglich weniger Rindfleisch nachgefragt, aber weiterhin gleich viel Milch konsumiert, reicht bereits das Fleisch der weiblichen Tiere für die Versorgung mit Rindfleisch aus. Männliche Rinder würden dann nur noch für die Nachzucht benötigt (gerechnete Tabellenwerte). D.h. es würden deutlich mehr Kälber als heute geschlachtet und/oder es würden viel gezielter weibliche Kälber durch Spermasexing als heute gezüchtet werden. Andernfalls würde vermehrt Rindfleisch exportiert werden und die Emissionen bleiben weiterhin hoch (nicht gerechnet). Wird dagegen die Produktionsmenge von Milch und Fleisch gekoppelt, nehmen heutige Produktionskapazitäten insgesamt ab, aber in das Erzeugungssystem als solches wird weniger stark eingegriffen.

Es gibt allerdings auch innerhalb der Haltesysteme noch einige Stellschrauben für das Verhältnis von Milchkühen und Mastrindern. Dazu gehören die Verlängerung der Haltedauer von Milchkühen, die Haltung von Zweinutzungsrasen (die auch für eine grünlandbasierte Fütterung bzw. Weidehaltung besser geeignet sind), Milchleistungsveränderungen oder die Verwendung von sog. Spermasexing zur Geschlechterkontrolle von Kälbern. Diese sind in der einfachen Hochrechnung hier nicht berücksichtigt. Auch wird das Für und Wider der einzelnen Aspekte hier nicht diskutiert.

Tabelle 2-14: Tierbestandsabstockungen und Minderungspotenzial

2016		Reduktion bei Abstockung auf 1,5 GVE pro Landkreis	Reduktion bei 30% weniger tierischer Lebensmittelabfälle	Reduktion bei 60% weniger tierische Lebensmittelabfälle	Reduktion bei abnahme Fleisch- und Milchkonsum um jeweils 25%	Reduktion bei DGE-Empfehlung Fleischkonsum 600g/Woche
Tierbestände in 1000 Stk. bzw. Stallplätzen						
Milchkühe	4.218	239	56	112	963	0
Rinder	8.249	737	214	369	1.673	4.266
Schweine	22.761	3.004	602	1.208	4.730	9.053
Geflügel (Mast)	106.200	k.A.*	3.588	7.175	25.336	52.160
%-Veränderung der Tierbestände bzw. Stallplätze						
Milchkühe	100%	6%	1%	3%	23%	0%
Rinder	100%	9%	2%	4%	20%	52%
Schweine	100%	13%	3%	5%	21%	40%
Geflügel (Mast)	100%	k.A.	0,4%	0%	24%	46%
Gesamt-reduktion in Mio. t CO₂eq.		2,5	0,7	1,3	7,1	7,3

Quelle: Eigene Berechnungen

*k.A. bei Geflügeldichte, da diese Tiergruppe in der entsprechenden Statistik nicht aufgeführt wird.

2.3. Vorschläge zum Erhalt und Ausbau der organischen Kohlenstoffvorräte im Boden

2.3.1. CO₂ Bindung durch Humusaufbau in Mineralböden

Der Erhalt und weitere Aufbau organischer Kohlenstoffvorräte in Böden stellt eine wichtige Klimaschutzstrategie dar. Die Unterzeichner des Maßnahmenprogramms 2030 schlagen daher vor, den Humusaufbau auf Ackerflächen zu fördern.

Diese Maßnahme fällt in der Emissionsberichterstattung nicht unter die Sektoremissionen der Landwirtschaft, sondern unter die der Landnutzung (sog. LULUCF – s. Fußnote 2). Der LULUCF-Bereich geht ab 2021 verpflichtend in die Anrechnung für die Emissionsminderungsziele der EU ein. Dies gilt auch für Vorratsänderungen des organischen Kohlenstoffs in landwirtschaftlich genutzten Böden. Auch sind die Mitgliedstaaten künftig verpflichtet, über Maßnahmen zur Emissionsminderung in diesem Bereich zu berichten⁴⁹. Humuserhalt und Maßnahmen zum Humusaufbau fördern neben der klimafreundlichen Kohlenstoffeinbindung auch die Bodenfruchtbarkeit und die Ertragssicherheit. Dies resultiert im Wesentlichen aus einer verbesserten Nährstoff- und Wasserspeicherungsfähigkeit. Gleichzeitig führt die Erderhitzung in Deutschland zu Klimaänderungen mit einem Anstieg der Temperaturen und geringeren Sommerniederschlägen. Dadurch wird die Kohlenstoffmineralisierung in den Böden erhöht und gleichzeitig das Pflanzenwachstum limitiert. Beide Prozesse verringern das Potenzial einer Kohlenstoffsequestrierung in der organischen Bodensubstanz. Damit wird auch die Bedeutung humusfördernder Maßnahmen für landwirtschaftliche Böden deutlich und zwar sowohl aus Sicht des Klimaschutzes als auch im Sinne der Klimaanpassung. Deutschland hat die 4-Promille-Initiative unterzeichnet, die sich für den Erhalt und Aufbau von Humus einsetzt.

Die Humusgehalte in den Böden werden bestimmt von der Zufuhr organischen Materials und den Umsetzungsbedingungen am Standort. Neben Bewirtschaftungsmaßnahmen spielen die Standorteigenschaften (Bodenart, Klima, Relief und Hydrologie) eine Rolle. Nach den Ergebnissen des aktuellen Bodenzustandsberichts sind aktuell ca. 2,5 Milliarden Tonnen organischer Kohlenstoff in den landwirtschaftlichen Böden gespeichert (Thünen Bericht 64).

Für die Berechnung des CO₂-Minderungspotenzials einer ausgeglichenen Humusbilanz sind Bewirtschaftungsdaten und weitere Standortdaten notwendig. Da diese für eine Kurzanalyse nicht zur Verfügung stehen, wird das Minderungspotenzial grob über eine einfache und theoretische Abschätzung einer prozentualen Erhöhung des Kohlenstoffgehalts in den Böden ermittelt.

Zur Berechnung werden folgende Umrechnungsfaktoren (basierend auf Ad-Hoc-AG Boden 2005 und Hülsbergen 2012)⁵⁰ verwendet.

- 1% C entspricht 1,72% Humus
- 1% C entspricht ca. 45 t C/ha

Abschätzungen zufolge (Flessa et al. 2018⁵¹) liegen die Humusgehalte auf ca. 4 % des Ackerlands in der Humusgehaltsklasse h1 (unter 1,5 % (C-Gehalt ca. 0,3 %)), während ca. 21 % des Ackerlandes in der Humusgehaltsklasse h2 zwischen 1,5 und 2 % (C-Gehalt ca. 0,9 %) aufweisen. Es wird angenommen, dass auf diesen Flächen die Humusgehalte bzw. die C-Gehalte erhöht werden können. Der Großteil der Ackerböden (> 50 %) liegt in der Humusgehaltsklasse h3 (2 bis < 4 % Humus). Den geringsten Humusgehalt weisen in der Regel Sandböden auf. Im Vergleich zu tonreichen Böden speichern sandige Böden nur die Hälfte des organischen Kohlenstoffs. Der

⁴⁹ TI Report 64: Landwirtschaftlich genutzte Böden in Deutschland –Ergebnisse der Bodenzustandserhebung

⁵⁰ Technische Universität München: Die Humusbilanz unserer Böden. 9. Schlägler Biogespräche: Humus- Träger des Lebens. Prof. Dr. K.-J. Hülsbergen. 2012

⁵¹ Flessa, H. et al. 2018: Landwirtschaftlich genutzte Böden in Deutschland – Ausgewählte Ergebnisse der Bodenzustandserhebung .

optimale Humusgehalt für gute Erträge liegt bei Sandböden im Bereich der Humusgehaltsklasse 2 (1,5 - 2 % Humus), während bei Schluff-, Lehm und Tonböden die Humusgehalte den Gehaltsklassen h3 bis h4 entsprechen sollten⁵². Demzufolge besteht noch erhebliches Potenzial zur Erhöhung der organischen Kohlenstoffgehalte im Ackerland. Die folgende Tabelle 2-15 zeigt eine theoretische Abschätzung des Minderungspotenzials unter der Annahme, dass die Humusgehalte der Ackerböden in den Klassen h1 und h2 um eine Humusklasse erhöht werden können. Die Abschätzung des Minderungspotenzials durch zusätzliche Kohlenstoffspeicherung in Böden basieren auf Abschätzungen zu Häufigkeitsverteilung von aktuellen Humusgehalten in Ackerböden (Flessa et al. 2018). Darüber hinaus bietet die Erhöhung des Humusgehalts von der Klasse h3 auf die Klasse h4 weiteres Minderungspotenzial.

Tabelle 2-15: Zusätzliches C-Einbindungspotenzial in Ackerböden gesamt

Humus- gehalts- klasse	C-Gehalt der Ackerböden	Anteil der Ackerböden mit geringeren C-Gehalten	Notwendige Steigerung des C- Gehalts	Zusätzliche Festlegung C-	Zusätzliche Festlegung	Zusätzliche CO ₂ Einbindung
	%	%	%	t C/ha	Mt C	Mt CO ₂ eq.
H1 zu H2	0,29 (entspricht 0,5% Humus)	4% (470.520 ha)	0,58 (=1,5/1.72- 0,29)	26.19 (45 t C/ha*0.58)	12,3 (ha* t C/ha)	45,1
H2 zu H3	0,87 (entspricht 1,5% Humus)	21% (2.470.230ha)	0,87	39,24	96,9	355,5
Gesamt		25%			109,3	400,6

Quelle: Eigene Berechnungen Öko-Institut

Diese Abschätzung führt zu dem Ergebnis, dass landwirtschaftliche Ackerböden weiteres Potenzial für zusätzliche Kohlenstoffeinbindungen in Höhe von 109 Mt C bieten⁵³. Diese Zahl ist mit großen Unsicherheiten behaftet, da sie nur auf Mittelwerten beruht und keine Standortinformationen einfließen. Viel entscheidender ist jedoch, dass dieses Potenzial nur über viele Jahrzehnte hinweg mobilisiert werden kann. Die jährliche Kohlenstoffmenge die durch Maßnahmen in den Boden eingebunden werden kann ist begrenzt. Die bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft⁵⁴ geht von mittleren Kohlenstoffeinbindungen durch Zwischenfruchtanbau, verbesserte Fruchtfolgen, Ökolandbau, Umwandlung von Acker zu Grünland oder Agroforstwirtschaft in Höhe von 0,43 t C/ha/Jahr aus. Größte Potenziale bieten die Umwandlung von Ackerland zu Grünland und die Agroforstwirtschaft. Würde es gelingen, den organischen Kohlenstoffgehalt von Ackerböden mit einem geringen Anteil an organischem Kohlenstoff von 1 % auf 2 % zu steigern, (was einer Zunahme von ca. 45 t C/ha entspricht) würde es bei einer jährlichen Steigerung von 0,43 t C/ha/a über 100 Jahre dauern bis der C-Gehalt des Bodens um 1 % gestiegen ist. D.h. die Böden können

⁵² <https://www.boden-fachzentrum.de/bodenqualitaet/humusklasse>

⁵³ Zum Vergleich: Laut Bodenzustandsbericht 2018 sind im oberen Meter landwirtschaftlich genutzter Böden in Deutschland aktuell insgesamt rund 2,5 Milliarden t Kohlenstoffe gespeichert (= 2.500 Mt C).

⁵⁴ Wiesmeier, M. et al. 2017: Wieviel Humusaufbau ist in Bayern möglich? Umsetzungsmöglichkeiten der 4%-Initiative. Institut für ökologischen Landbau. LfL.

theoretisch große Mengen an zusätzlichem Kohlenstoff speichern, allerdings dauert es viele Jahre. Tabelle 2-16 stellt das jährliche C-Einbindungspotenzial für die in Tabelle 2-15 berücksichtigten Flächen dar. Für die Berechnung werden die Einbindungen der Maßnahmen Zwischenfruchtanbau und verbesserte Fruchtfolge berücksichtigt und daher ein Emissionsfaktor von 0,2 t C/ha/a gewählt. Nach Informationen des Bodenzustandsberichts 2018 gehen Poeplau & Don (2015) davon aus, dass durch Zwischenfruchtanbau der Humusgehalt der Böden um ca. 8 t C/ha innerhalb von 20 Jahren erhöht werden kann. Das zeigt, dass die angenommenen Einbindungsraten in Höhe von 0,2 t C/ha/a relativ gering sind. Zudem wird aber deutlich, dass das theoretische Potenzial aus Tabelle 2-15 von 26 und 39 t C pro Hektar über diese Maßnahme nicht realisiert werden kann. Weiteres Potenzial in Höhe von 2-22 t C/ha bietet die Einbringung von Kompost und Stallmist in die Böden. Auch wenn das theoretische Potenzial einer Einbindung von insgesamt 26-39 t C/ha mit den bekannten Maßnahmen auf Ackerland kaum erreicht werden kann, besteht zumindest für einige Jahre noch das Potenzial zusätzlicher Kohlenstoffeinbindungen. Unter den getroffenen Annahmen liegt das jährliche Einbindungspotenzial der Böden bei einer Umstellung der Bewirtschaftung auf 25 % der Ackerfläche bei 2,2 Mio. t CO₂-eq.. Der in landwirtschaftlichen Böden sequestrierte Kohlenstoff ist bei Änderungen der Bewirtschaftung oder auch des Klimas reversibel. Dennoch sind humusfördernde Maßnahmen sinnvoll im Sinne des Klimaschutzes und der Klimaanpassung.

Tabelle 2-16: Jährliches C-Einbindung in Ackerböden

C-Gehalt der Ackerböden	Jährliche C-Einbindung durch Maßnahmen	Jährliche C-Einbindung gesamt	Jährliche CO ₂ Einbindung
	t C/ha/a	Mt C	Mt CO ₂ eq.
0,29 (entspricht 0,5% Humus)	0,2	0,09	0,3
0,87 (entspricht 1,5% Humus)	0,2	0,49	1,8
Gesamt		0,6	2,2

Quelle: Eigene Berechnungen Öko-Institut

Überschneidungseffekte können mit der Maßnahme Ökolandbau auftreten, da unklar ist, wie hoch die derzeitigen Kohlenstoffgehalte auf den Flächen sind die auf eine ökologische Bewirtschaftung umgestellt werden.

2.3.2. Renaturierung bzw. Vernässung von landwirtschaftlich genutzten Mooren

Angesichts der hohen THG-Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Mooren birgt die Wiedervernässung der bewirtschafteten organischen Böden ein hohes Minderungspotenzial. Die Vorschläge der Unterzeichner des Maßnahmenprogramms 2030 beinhalten daher die Umwandlung von Ackerland auf organischen Böden in Dauergrünland und eine klimafreundliche Nutzung des Dauergrünlands durch eine Anhebung der Wasserstufe auf 50 % des Grünlands von tief entwässert⁵⁵ auf schwach entwässert.

⁵⁵ Das deutsche THG-Inventar berichtet derzeit alle Grünlandflächen mit dem Emissionsfaktor tiefentwässerter Moore

Die landwirtschaftliche Nutzung von organischen Böden führt zu hohen Treibhausgasen von aktuell 39,7 Mio. t CO₂eq., welche nach dem Treibhausgasinventar im LULUCF-Sektor (CO₂ und CH₄) und Landwirtschaftssektor (N₂O) bilanziert werden. Die Nutzung von organischen Böden als Ackerland führt mit 36 t CO₂eq./ha auf Grund der niedrigen Wasserstände zu den höchsten Treibhausgasen, aber auch die Grünlandnutzung führt zu Emissionen von bis zu 28 t CO₂eq./ha. Die folgende Tabelle 2-17 zeigt die berechneten Minderungswirkungen. Die Minderungswirkungen basieren auf den aktuell verwendeten Flächendaten des Treibhausgasinventars und Emissionsfaktoren aus dem IPCC Supplement 2013. Die gesamten Minderungswirkungen liegen bei ca. 10,9 Mio. t CO₂eq.. Beide Maßnahmen setzen eine Anhebung des Wasserstandes voraus. Die Grundwasserflurabstände bei schwach entwässerten Mooren liegen bei unter 30 cm. Auch unter der Berücksichtigung anderer Emissionsfaktoren aus dem TEEB Bericht 2015⁵⁶ werden ähnliche Minderungspotenziale ermittelt.

Tabelle 2-17: THG-Minderungswirkung durch Umstellung der Bewirtschaftung der landwirtschaftlich genutzten organischen Böden

		THG in t CO ₂ eq./ha	THG Emissionen 2016 in Mio. t CO ₂ eq.	Minderungspotenzial in Mio. t CO ₂ eq.
Org. Ackerland (ha)	382.004	36	13,8	
Org. Grünland (ha)	928.688	28	26,0	
Gesamt			39,8	
Umstellung Acker in Grünland				
Org. Grünland (ha)	1.310.692	28	36,7	3,0
Umstellung 50% des Grünlands von tief entwässert auf schwach entwässert				
Org. Grünland schwach entwässert(ha)	655.346	16	10,5	
Org. Grünland tief entwässert (ha)	655.346	28	18,3	
Gesamt			28,8	7,9
Minderungspotenzial gesamt				10,9

Quelle: UNFCCC 2018, IPCC 2014⁵⁷, eigene Berechnungen Öko-Institut

In der Praxis ist die Umsetzung von Moorschutzmaßnahmen und damit die Mobilisierung der hohen Minderungspotenziale sehr komplex und mit vielen Hemmnissen verbunden. Die Berechnungen in Tabelle 2-17 stellen damit nur ein theoretisches Minderungspotenzial dar. In der Praxis sind daher regionale Potenzial- und Machbarkeitsanalysen ein erster Schritt zur Realisierung. Vor allem in moorreichen Regionen können in Abhängig von Topographie und Wassereinzugsgebiet große Flächenanteile von einer Erhöhung der Wasserstände betroffen sein.

⁵⁶ Naturkapital Deutschland – TEEB 2015: Naturkapital und Klimapolitik – Synergien und Konflikte. TU Berlin, UFZ

⁵⁷ IPCC, Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M., & Troxler, T. G. (2014b). 2013 Supplement to the IPCC Guidelines for National Greenhouse

2.3.3. Erhalt und Ausweitung der Dauergrünlandfläche

Neben dem Humusaufbau in Mineralböden und der Vernässung landwirtschaftlich genutzter Moore stellen der Erhalt und die Ausweitung des Dauergrünlands eine wichtige Klimaschutzmaßnahme dar. Die Unterzeichner des Maßnahmenprogramms 2030 fordern daher eine Anhebung der Dauergrünlandfläche von aktuell 4,7 Mio. ha auf 5,0 Mio. ha im Jahr 2030. Dies betrifft vor allem kohlenstoffreiche Böden auf feuchten und anmoorigen Standorten sowie auf überschwemmungsgefährdeten Auen.

Mit der Umstellung der Bewirtschaftung von Ackerland auf Grünland auf organischen Böden (siehe Kapitel 2.3.2) wurden bereits die THG-Minderungswirkungen für eine Bewirtschaftungsumstellung von 382.000 ha ausgewiesen. Wie hoch das weitere Umstellungspotenzial auf feuchten und anmoorigen Standorten ist, ist ungewiss. Mit der Umstellung auf die 2006 IPCC Guidelines mit der Berichterstattung für das Jahr 2013 (Submission 2015) erfolgte eine Erweiterung der Definition organischer Böden. Damit werden Moore, Moor- und Anmoorgleye, Hochmoor-, Niedermoor und Anmoorstagnogleye, Anmoorpseudogleye und auch Sandmischkulturen nach den IPCC Kriterien zu den organischen Böden gezählt⁵⁸ und sind damit in der oberen Betrachtung enthalten. Nach der Bodenzustandserhebung 2018 (Flessa et al. 2018)⁵⁹ liegen knapp 60 % der Ackerböden in der Klasse h3 (mittel humos, 2 bis < 4 % Humus). Nur knapp 15 % der Ackerböden befinden sich in der Klasse h4 (stark humos, 4 bis < 8 % Humos), während ca. 25 % der Ackerböden den Humusklassen h1 und h2 entsprechen. Ca. 3,5 % der Ackerböden werden in den Humusklassen h5 – h7 (Torf) berichtet. Damit scheint ein Großteil der kohlenstoffreichen Böden unter Ackerland bereits in der oben berücksichtigten Maßnahme enthalten zu sein. Eine weitere Quantifizierung des Minderungspotenzials erfolgt aus diesem Grunde nicht separat. Die setzt allerdings voraus, dass Flächen auf feuchten Standorten wirklich erfasst sind. Andernfalls könnte dieser Ansatz eine Unterschätzung des Minderungspotenzials durch die standortangepasste Nutzung von feuchten Standorten darstellen.

⁵⁸ Tiemeyer B, Freibauer A, Drösler M, Albiac-Borraz E, Augustin J, Bechtold M, Beetz S, Belting S, Bernrieder M, Beyer C, Eberl J, Eickenscheidt T, Fell H, Fiedler S, Förster C, Frahm E, Frank S, Giebels M, Laggner A, Leiber-Sauheitl K, et al. (2013) Klimarelevanz von Mooren und Anmooren in Deutschland: Ergebnisse aus dem Verbundprojekt "Organische Böden in der Emissionsberichterstattung". Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 18p, Thünen Working Paper 15

⁵⁹ Flessa, et al. 2018: Landwirtschaftlich genutzte Böden in Deutschland – Ausgewählte Ergebnisse der Bodenzustandserhebung. Hrg. BMEL.

3. Zusammenfassung

Nach den Sektorzielen des Klimaschutzplans 2050 der Bundesregierung muss der Landwirtschaftssektor seine Emissionen bis zum Jahr 2030 auf 58-61 Mio. t CO₂eq. reduzieren. Gegenüber 2016 bedeutet das eine Reduktion der Treibhausgase zwischen 11 und 14 Mio. t CO₂eq.. Tabelle 3-1 zeigt eine Übersicht der THG-Minderungspotenziale der einzelnen Maßnahmenvorschläge der Unterzeichner des Maßnahmenprogramms Klimaschutz 2030 der deutschen Zivilgesellschaft. Die von den Unterzeichnern vorgeschlagenen Maßnahmen auf Seiten der landwirtschaftlichen Produktion reichen aus, um das Sektorziel in Höhe von 58-61 Mio. t CO₂eq. zu erreichen. Allerdings können die Minderungsziele nur erreicht werden, wenn Maßnahmen zu einer Reduktion der Tierbestände eingeführt werden. Dies ist bereits für die Erreichung des unteren Zielwerts für diesen Maßnahmenkatalog notwendig.

Im Ackerbau ist der Kernpunkt die Reduktion der Stickstoffüberschüsse, die mit einer Verstärkung des Ökolandbaus und der Ausweitung des Leguminosenanbaus erzielt werden. In der Tierhaltung ist v.a. die Reduktion der Tierbestände in Folge geringerer Lebensmittelabfälle und durch verringerten Konsum zentral. Dadurch lassen sich Emissionen in Höhe von ca. 7,8 Mio. t CO₂eq. im Landwirtschaftssektor realisieren. Damit könnte sogar der obere Zielwert erreicht werden. Es fehlt allerdings noch eine geeignete politische Umsetzungsform. Die Güllevergärung und gasdichte Lagerung der Gärreste ist eine der wenigen rein technischen Klimaschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft.

Die Emissionsreduktionen durch Maßnahmen die im LULUCF-Sektor angerechnet werden und vor allem die Kohlenstoffeinbindung bzw. den Erhalt in landwirtschaftlichen Böden betreffen, liegen bei 14,3 Mio. t CO₂eq.. Die größten Emissionsreduktionen sind mit der Umstellung der Bewirtschaftung von Ackerland auf organischen Böden auf Grünland und der Anhebung der Wasserstufe auf 50 % des Grünlands auf organischen Böden verbunden. Wobei gerade hier große Umsetzungshemmnisse zu erwarten sind. Durch Maßnahmen wie Humusaufbau und Ökolandbau können jährlich bis zu 3,4 Mio. t CO₂eq. zusätzlich in den Böden gespeichert werden. Allerdings fehlt hier teilweise noch eine Anrechnungsmöglichkeit im THG-Inventar (Humusaufbau) und es sind Überschneidungseffekte zwischen diesen Maßnahmen zu erwarten.

Tabelle 3-1: Übersicht über die THG-Minderungspotenziale der einzelnen Maßnahmenvorschläge der Unterzeichner des Maßnahmenprogramms 2030 (Quellbilanz THG Inventar)

	Jährliche Minderung (2030)		Kommentar
	min.	max.	
	in Mio. t CO ₂ eq.		
Landwirtschaft nach Quellbilanz	6,9 (Ziel-min 11)	14,5 (Ziel-max 14)	
Reduktion N-Überschüsse auf 50 kg N/ha		5,4	Beinhaltet die direkte Reduktion der N-Überschüsse (siehe Tabelle 2-6) plus den Einsparungen aus den indirekten Emissionen
Leguminosenanbau	(0,5)	(1,7)	Ggf. Überschneidungen mit der Maßnahme Reduktion der N-Überschüsse – wird daher nicht für Zielerreichung berücksichtigt
Ökolandbau 20%	0,6	1,3	
Tierbestandsabstockung auf 1,5 GVE (Landkreis)		(2,5)	Überschneidung mit Tierbestandsabstockung durch Konsum- und Verhaltensänderungen
Tierbestandsabstockungen durch:		7,8	
Konsumveränderung Milch (- 25%)		4,01	
Konsumveränderung Fleisch (- 25%)		3,07	
Abfallreduktion tierische Produkte (-30%)		0,68	
zusätzliche Güllevergärung (+13%)		0,9	
Minderung LULUCF		14,3	
Humusaufbau*		2,2	Hohe Unsicherheiten, theoretisches Potenzial
Moore		10,9	Theoretisches Potenzial, hohe Umsetzungshemmnisse
Humusaufbau im Ökolandbau*		1,2	Ggf. Überschneidungen mit der Maßnahme Humusaufbau

*Kohlenstoffeinbindungen durch Humusaufbau werden derzeit nicht im THG-Inventar bilanziert

Quelle: Eigene Berechnungen, Öko-Institut

4. Literatur

- AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA5). Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (Hrsg.). Bad Langensalza
- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) (2018a): Versorgung mit Fleisch in Deutschland im Kalenderjahr 2017 (vorläufig). Download unter: https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/BZL/Daten-Berichte/Fleisch/Fleisch_2017.html
- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) (2018b): Milchwirtschaft in Deutschland auf einen Blick.
- Bundesamt für Naturschutz (BfN) (2015): Leguminosen nutzen. Naturverträgliche Anbaumethoden aus der Praxis. Praxishandbuch.
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft BMEL (2018): [MBT-0111260-0000](https://www.bmel-statistik.de/landwirtschaft/statistischer-monatsbericht-des-bmel-kapitel-a-landwirtschaft/) Nährstoffbilanz insgesamt von 1990 bis 2016 - in kg N/ha unter <https://www.bmel-statistik.de/landwirtschaft/statistischer-monatsbericht-des-bmel-kapitel-a-landwirtschaft/>
- Bundesnetzagentur 2018: EEG-Anlagenliste der Bundesnetzagentur. Download unter https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/ErneuerbareEnergien/ZahlenDatenInformationen/EEG_Registerdaten/EEG_Registerdaten_node.html;jsessionid=F68354DE8042158224AE13C9BC04E00C
- Bundesregierung (2018): Projektionsbericht der Bundesregierung 2017 gemäß Verordnung 525 /2013/EU. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit.
- Deutsches Biomasseforschungszentrum DBFZ (2017): Anlagenbestand Biogas und Biomethan – Biogaserzeugung und -nutzung in Deutschland, DBFZ Report Nr. 30
Download unter: <https://www.ml.niedersachsen.de/download/124738>
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.(FNR) (2015): Güllekleinanlagen. Download unter: http://www.fnr.de/fileadmin/allgemein/pdf/broschueren/Broschuere_Guellekleinanlagen_Web.pdf
- Flessa, H. et al. (2018): Landwirtschaftlich genutzte Böden in Deutschland – Ausgewählte Ergebnisse der Bodenzustandserhebung. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut. Download unter: <http://www.db.zs-intern.de/uploads/1544079587-2018ThuenenBodenzustandserhebung.pdf>
- Hülsbergen K-J, Rahmann G (eds.) (2013) Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme - Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 412 p, Thünen Rep 8
- IPCC (2006): 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). IGES, Japan.
- IPCC, Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M., & Troxler, T. G. (2014). 2013 Supplement to the IPCC Guidelines for National Greenhouse.
- Jacobs A, Flessa H, Don A, Heidkamp A, Prietz R, Dechow R, Gensior A, Poelau C, Riggers C, Schneider F, Tiemeyer B, Vos C, Wittnebel M, Müller T, Säurich A, Fahrion-Nitschke A, Gebbert S, Jaconi A, Kolata H, Laggner A, et al (2018) Landwirtschaftlich genutzte Böden in Deutschland - Ergebnisse der Bodenzustandserhebung. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 316 p, Thünen Rep 64,
- Klima-Allianz Deutschland (2018): Wann, wenn nicht jetzt. Das Maßnahmenprogramm Klimaschutz 2030 der deutschen Zivilgesellschaft. November 2018, Berlin.
- Kranert, M. et al. (2012): Ermittlung der weggeworfenen Lebensmittelmengen und Vorschläge zur Verminderung der Wegwerfrate bei Lebensmitteln in Deutschland. Im Auftrag der BLE. Stuttgart.
- Legume Futures (2014): Legume supported cropping systems for Europe - General Project Report 2014. Download unter: http://www.legumefutures.de/images/Legume_Futures_General_Report_on_website.pdf
- Marxs, Dr. M. et al. (2015): Erarbeitung fachlicher, rechtlicher und organisatorischer Grundlagen zur Anpassung an den Klimawandel aus Sicht des Bodenschutzes: Teil 3: Bestimmung der Veränderungen des Humusgehalts und deren Ursachen auf Ackerböden Deutschlands. UBA Texte 26/2016
- Meier, T. (2013): Umweltwirkungen der Ernährung auf Basis nationaler Ernährungserhebungen und ausgewählter Umweltindikatoren. Dissertation. Universität Halle-Wittenberg, Halle (Saale)
- Meier, T. (2015): Nachhaltigkeitsleistungen der Gastronomie erfolgreich quantifizieren, optimieren und kommunizieren. Halle. DBU-Abschlussbericht.
- Naturkapital Deutschland – TEEB (2015): Naturkapital und Klimapolitik – Synergien und Konflikte. TU Berlin, UFZ
- Osterburg, B. & Techen, A.-K. (2012). Evaluierung der Düngeverordnung - Ergebnisse und Optionen zur Weiterentwicklung: Abschlussbericht. Bund-Länder-Arbeitsgruppe zur Evaluierung der Düngeverordnung (Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Hrsg.). Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut.
- Rehberg, C. (2018): Streicht Kanada die Milch aus der Ernährungspyramide? In: Zentrum der Gesundheit. Verfügbar unter: <https://nachrichten.zentrum-der-gesundheit.de/milch-kanada-ernaehrungspyramide-180304024.html>, zuletzt abgerufen am 25.06.2018.
- Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) (2015): Stickstoff: Lösungsstrategien für ein drängendes Umweltproblem. Sondergutachten. Januar 2015
- Statistisches Bundesamt (Destatis) (2016): Fachserie 3, Reihe 2.1: Land und Forstwirtschaft, Fischerei: Viehhaltung der Betriebe 2016. Download unter: <https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/LandForstwirtschaft/ViehbestandTierischeErzeugung/Viehhaltung.html>
- Statistisches Bundesamt (Destatis) (2018): Umweltökonomische Gesamtrechnungen: Flächenbelegung von Ernährungsgütern 2008-2015. Download unter: https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltokonomischeGesamtrechnungen/FachberichtFlaechenbelegung/5385101159004.pdf;jsessionid=587CCE0F2140F2067F116C85AD48CFE7.InternetLive?__blob=publicationFile
- Technische Universität München (2012): Die Humusbilanz unserer Böden. 9. Schlägel Biogespräche: Humus- Träger des Lebens. Prof. Dr. K-J. Hülsbergen. 2012
- Tiemeyer B, Freibauer A, Drösler M, Albiac-Borraz E, Augustin J, Bechtold M, Beetz S, Belting S, Bernrieder M, Beyer C, Eberl J, Eickenscheidt T, Fell H, Fiedler S, Förster C, Frahm E, Frank S, Giebels M, Laggner A, Leiber-Sauheitl K, et al. (2013) Klimarelevanz von Mooren und Anmooren in Deutschland: Ergebnisse aus dem Verbundprojekt "Organische Böden in der Emissionsberichterstattung". Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 18p, Thünen Working Paper 15

- Top-Agraronline (2018): Klimaschutz: Regierung will Reduzierung der Nutztierhaltung in Kauf nehmen. Download unter: <https://www.topagrar.com/news/Home-top-News-Klimaschutz-Regierung-will-Reduzierung-der-Nutztierhaltung-in-Kauf-nehmen-9711949.html>
- Thünen-Institut Daten für den Thünen Report 39 (2016). Download unter <https://www.thuenen.de/de/ak/arbeitsbereiche/emissionsinventare/>
- Thünen-Institut (2018): Landwirtschaftlich genutzte Böden in Deutschland –Ergebnisse der Bodenzustandserhebung. TI Report 64
- Umweltbundesamt (UBA) (2018): ProBas: Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagement Systeme . Download unter: <http://www.probas.umweltbundesamt.de/php/prozessdetails.php?id={6FF9C0FB-B331-4D9D-BE8C-D11B7EC96DCD}>
- Umweltbundesamt (UBA) (2015): Bodenzustand in Deutschland zum Internationalen Jahr des Bodens 2015.
- Umweltbundesamt (UBA) (2018): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2018. Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 - 2016. (In Vorbereitung) (Climate Change), Dessau-Roßlau.
- Universitäten Göttingen & Osnabrück (2015): Nachhaltige Biomassenutzung in Biogasanlagen auf der Grundlage der Wirtschaftsdüngerpotenziale in Niedersachsen „Bauernhof Niedersachsen“ (Abschlussbericht). Download unter: https://www.3-n.info/media/4_Downloads/pdf_WssnSrc_Src_Biogas_AbschlussberichtBauernhofNds1502.pdf
- Wiesmeier, M. et al. 2017: Wieviel Humusaufbau ist in Bayern möglich? Umsetzungsmöglichkeiten der 4%-Initiative. Institut für ökologischen Landbau. LfL.
- Wiesmeier (2017): Klimaschutz durch Humusaufbau – Umsetzungsmöglichkeiten der 4 Promille-Initiative in Bayern. Download unter: https://www.researchgate.net/publication/321141231_Klimaschutz_durch_Humusaufbau_-_Umsetzungsmoeglichkeiten_der_4_Promille-Initiative_in_Bayern
- WWF Deutschland (2012): Tonnen für die Tonne. Ernährung, Nahrungsmittelverluste, Flächenverbrauch. Berlin: WWF Deutschland.
- WWF Deutschland (2015): Das große Wegschmeißen. Vom Acker bis zum Verbraucher: Ausmaß und Umwelteffekt der Lebensmittelverschwendung in Deutschland. Berlin: WWF Deutschland.

5. Anhang – aktuelle Emissionen aus der Landwirtschaft und LULUCF

Tabelle 5-1: Treibhausgase 2016 aus dem Landwirtschaftssektor

Emissionen aus der Landwirtschaft 2016 in kt CO ₂ eq.	CH ₄ in kt CO ₂ eq.	N ₂ O in kt CO ₂ eq.	CO ₂ in kt CO ₂ eq.	Gesamt in kt CO ₂ eq.	Anteil
VERDAUUNG UND WIRTSCHAFTSDÜNGERLAGERUNG					
Milchkühe Verdauung	14.379			14.379	20%
Milchkühe Wirtschaftsdünger	2.202	989		3.191	4%
Rinder Verdauung	8.929			8.929	12%
Rinder Wirtschaftsdünger	1.428	984		2.412	3%
Schweine Verdauung	653			653	1%
Schweine Wirtschaftsdünger	2.327	543		2.870	4%
Geflügel Verdauung	0			-	0%
Geflügel Wirtschaftsdünger	147	67		214	0%
Sonstige Tiere Verdauung	495			495	1%
Sonstige Tiere Wirtschaftsdünger	39	188		227	0%
Indirekte Emissionen Stall und Wirtschaftsdüngerlagerung		1.023		1.023	1%
LANDWIRTSCHAFTLICHE BÖDEN (N₂O aus Düngung)					
Mineraldünger		8.011		8.011	11%
Wirtschaftsdünger Ausbringung		4.616		4.616	6%
Klärschlamm Ausbringung		88		88	0%
Energiepflanzen Gärreste		1.416		1.416	2%
Weide		1.200		1.200	2%
Erntereste		2.756		2.756	4%
Indirekte Emissionen Atmosphäre		1.571		1.571	2%
Indirekte Emissionen Auswaschung		3.941		3.941	5%
SONSTIGE DÜNGEMITTEL (CO₂ aus Düngung)					
Harnstoffausbringung			820	820	1%
Andere Düngemittel			219	219	0%
SONSTIGES (inkl. Energie)					
Organische Böden (Moore N ₂ O)		2.837		2.837	4%
Kalkung			1.734	1.734	2%
Lagerung und Leakage Energiepflanzen	1.360	267		1.627	2%
Energetische Emissionen Gebäude	384	31	1.839	2.254	3%
Energetische Emissionen Kraftstoffe	13	51	4.193	4.256	6%
ZUSAMMENFASSUNG (nach IPCC Kategorien)					
Tierhaltung ohne Wirtschaftsdüngerausbringung				33.370	47%
Landwirtschaftliche Böden				24.621	34%
Sonstige Emissionen				7.238	10%
Energiebedingte Emissionen				6.510	9%
Gesamt Landwirtschaft				71.738	8%
Gesamtemissionen Deutschland 2016 ohne LULUCF				909.404	

Quelle: eigene Zusammenstellung, Daten aus UBA 2018

Tabelle 5-2: Treibhausgase 2016 aus dem LULUCF-Sektor

Emissionen und Senken aus LULUCF im Jahr 2016 in kt CO ₂ eq.	CO ₂ in kt CO ₂ eq.	CH ₄ in kt CO ₂ eq.	N ₂ O in kt CO ₂ eq.	Gesamt in kt CO ₂ eq.
WALD				
Wald Boden organisch	1.209	17	96	1.321
Wald Boden mineralisch	- 15.677			- 15.677
Wald Biomasse	- 45.273	2	1	- 45.271
Wald Totholz	2.014			2.014
Wald Streu	- 112		47	- 65
ACKER				
Ackerland organische Böden	11.346	248	-	11.594
Ackerland mineralische Böden	2.878			2.878
Ackerland Biomasse	353		291	645
GRÜNLAND				
Grünland organische Böden	24.499	510		25.009
Grünland mineralische Böden	- 2.019		104	- 1.915
Grünland Biomasse	- 483			- 483
ZUSAMMENFASSUNG LULUCF				
Wald	- 57.840	19	144	- 57.677
Ackerland	14.577	248	291	15.116
Grünland	21.997	510	104	22.611
Feuchtgebiete	4.020	44	22	4.086
Siedlungen	3.370	44	102	3.516
Anderes Land	NO	NO	NO	-
Holzprodukte	- 2.328			- 2.328
LULUCF insgesamt	- 16.204	865	860	- 14.479

Quelle: eigene Zusammenstellung, Daten aus UBA 2018