

Dr. Holger Flaig

# Treibhausgasemissionen aus der Landwirtschaft

Die Landwirtschaft steht immer wieder im Fokus, wenn es darum geht, Treibhausgase zu reduzieren. Mal ist der Klimakiller die Kuh, mal ist es die Düngung. Doch wie viel Treibhausgase setzt die Landwirtschaft in Baden-Württemberg tatsächlich frei? Wie ist die Entwicklung der letzten Jahre? Wie werden die Emissionen bilanziert und wo liegen die wesentlichen Stellschrauben? Bei der Umsetzung der Vereinbarungen von Paris wird die Landwirtschaft auch ihren Beitrag an Treibhausgasminderung erbringen müssen.

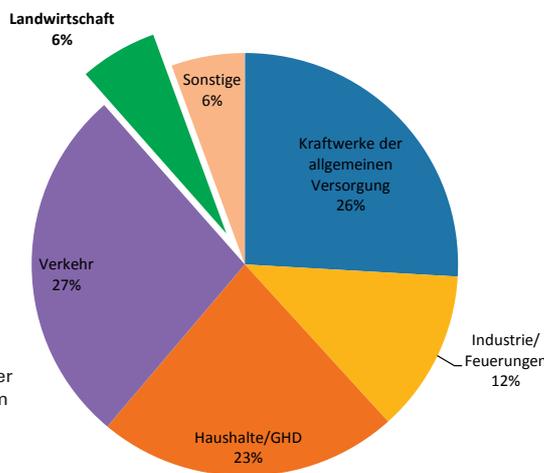


Abbildung 1 Anteil verschiedener Wirtschaftssektoren an den Emissionen treibhauswirksamer Gase in Baden-Württemberg im Jahr 2013 (nach Angaben des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg).

Knapp 93% der Methanemissionen aus der Landwirtschaft verursacht die Viehhaltung, der Rest verteilt sich auf Landnutzung und deren Änderungen sowie Vergärungs- und Biogasanlagen. Hauptquellen der CH<sub>4</sub>-Emission sind die tierische Verdauung (Fermentation im Wiederkäuermagen) mit 75% der CH<sub>4</sub>-Emission, davon 95% aus der Rinderhaltung, und das Wirtschaftsdünger-Management mit knapp 18% (Daten für Baden-Württemberg, HAENEL et al. 2016).

Die Emissionen stickstoffhaltiger klimarelevanter Gase (vorwiegend N<sub>2</sub>O) in der Landwirtschaft stammen überwiegend aus den Stickstoffumsetzungen im Boden (ca. 80%). Eine weitere wichtige Quelle ist die Viehwirtschaft mit ca. 15%, hier das Wirtschaftsdüngermanagement, insbesondere die Lagerung (HAENEL et al. 2016).

## Emissionen treibhausrelevanter Gase aus der Landwirtschaft in Baden-Württemberg

Die Landwirtschaft in Baden-Württemberg trägt nach Angaben des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg mit 4,754 Mio.t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten knapp 6% zu den gesamten Emissionen klimawirksamer Gase Baden-Württembergs bei (Bezugsjahr 2013; Abb. 1). In diese Berechnung gehen die treibhausrelevanten Gase (THG) Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) ein. Für diese beiden Gase ist die Landwirtschaft Hauptemittent mit einem Anteil von 60 % (CH<sub>4</sub>) bzw. 80 % (N<sub>2</sub>O) (Tab. 1 und 2).

In den Tabellen zu den THG-Inventarberichten werden die Emissionsquellen für N<sub>2</sub>O aus landwirtschaftlichen Böden weiter aufgeschlüsselt. So wurde im Jahr 2013 dem Einsatz von Mineraldüngern ein Anteil von einem Drittel zugeordnet, ein Viertel der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und Gärresten, 12% den Ernterückständen und 22% den indirekten Emissionen aus Deposition und Auswaschung. Der Rest stammt aus dem Weidegang und der Bewirtschaftung organischer Böden (Abb. 2).



Tabelle 1 Anteil verschiedener Verursacherbereiche an den Methanemissionen Baden-Württembergs 2013. Umrechnung in CO<sub>2</sub>-Äquivalente mit global warming potential (GWP) 25. (Quelle: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg).

| Sektor                  | Verkehr | Feuerungen | Abfall-/Abwasserwirtschaft | Landwirtschaft | Gewinnung und Verteilung von Brennstoffen |
|-------------------------|---------|------------|----------------------------|----------------|---|
| 1.000 t CH <sub>4</sub> | 1       | 5,6        | 43,2                       | 105            | 18,8                                      |
| Prozent                 | 1       | 3          | 25                         | 60             | 11  |

| Sektor             | Verkehr | Feuerungen | Abfall-/Abwasserwirtschaft | Landwirtschaft | Gewinnung und Verteilung von Brennstoffen |
|--------------------|---------|------------|----------------------------|----------------|---|
| t N <sub>2</sub> O | 556     | 809        | 275                        | 7.143          | 175                                       |
| Prozent            | 6       | 9          | 3                          | 80             | 2   |

Für die Quellgruppe Landwirtschaft (CRF-Sektor 3) werden konventionell Methan und Lachgas berichtet. Der Landbewirtschaftung lassen sich je nach Bilanzierungsziel allerdings noch andere Emissionen zurechnen. Dazu gehören:

- CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Nutzung fossiler Energieträger innerhalb der Landwirtschaft, wie Diesel für Treibstoff oder Wärme und Strom für den Betrieb.
- CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Landnutzungsänderungen. Besonders wichtig ist dabei die Rolle landwirtschaftlich genutzter Moor- und Anmoorböden. Auch wenn die Inkulturnahme schon lange Zeit zurück liegt, wird weiterhin entwässert und durch die Mineralisation organischer Substanz immer noch CO<sub>2</sub> freigesetzt.
- Emissionen aus der Produktion von Mineräldüngern, Pflanzenschutzmitteln und anderen agrarischen Betriebsmitteln. Insbesondere die Produktion von stickstoffhaltigen Mineräldüngern ist sehr energieintensiv.
- Emissionen importierter Futtermittel, die am Ort von Anbau und Produktion entstehen.
- Emissionen, die durch den Bau bzw. die Herstellung von landwirtschaftlich genutzten Gebäuden und Maschinen entstehen bzw. entstanden sind.

Bezieht man die Produktion von Mineräldünger, den Import von Futtermitteln und die Nutzung organischer Böden mit hohen C-Vorräten ein, so verdoppelt sich etwa der Anteil der Landwirtschaft auf ca. 13-14% der Gesamtemissionen an THG (Bezug Deutschland; OSTERBURG et al. 2013). Eine Aufschlüsselung der einzelnen Emissionsbeiträge für Deutschland (Abb. 3) kommt zu dem Schluss, dass fast 30% der Gesamtemissionsmenge der Landwirtschaft auf den Bereich „Landnutzung und Landnutzungsänderung“ (CO<sub>2</sub> aus LULUCF) entfallen. Ungefähr 30% entstammen der Emission landwirtschaftlich genutzter Böden (N<sub>2</sub>O) und 15% der tierischen

Verdauung (CH<sub>4</sub>). Der Rest verteilt sich auf Quellen mit geringerer Bedeutung (Abb. 3).

### Kleine Fläche mit großer Wirkung

Die Rolle der organischen Böden – im Wesentlichen handelt es sich um landwirtschaftlich genutzte ehemalige Nieder- und Hochmoore – ist erheblich. Sie nehmen nur einen geringen Flächenanteil ein: In Deutschland sind es 1,32 Mio. ha oder 6,8% der landwirt-

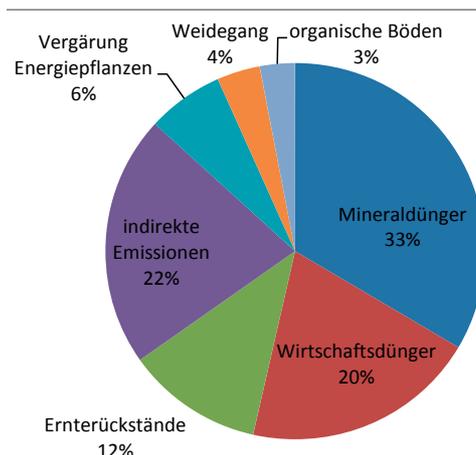


Tabelle 2  
Anteil verschiedener Verursacherebenen an den Lachgasemissionen Baden-Württembergs 2013. Umrechnung in CO<sub>2</sub>-Äquivalente mit GWP 298. (Quelle: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg).

Abbildung 2  
Anteil verschiedener Quellen an den N<sub>2</sub>O-Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden Baden-Württembergs im Jahr 2013 (HAENEL et al. 2016).

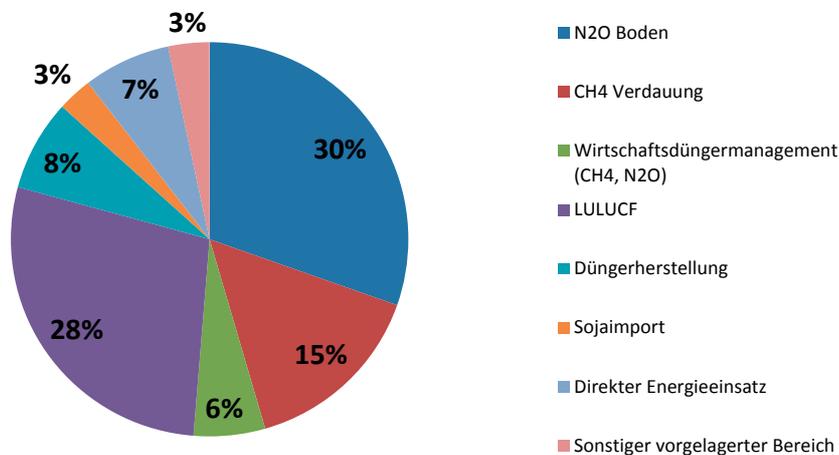


Abbildung 3  
Quellen der THG-Emissionen der Landwirtschaft in Deutschland in Prozentwerten der CO<sub>2</sub>-Äquivalente (Mittelwerte 2006-2008; Daten nach OSTERBURG et al. 2013) unter Einbeziehung von Vorleistungen anderer Sektoren und LULUCF (land use, land use change and forestry).

schafflich genutzten **Fläche**, dennoch sind sie mit 35,6 Mio. t CO<sub>2</sub> für ca. 4% der Gesamtemissionen Deutschlands verantwortlich.

Die THG-Emissionen aus Landnutzungsänderungen haben in der Kategorie Ackerland vom Basisjahr 1990 bis 2014 um 14% zugenommen. Hauptursache ist der Umbruch von Grünland in Ackerland. Die Umbruchfläche hat seit 2005 in Deutschland um fast 275.000 ha und damit die Emissionen um fast 2 Mio. t CO<sub>2</sub> zugenommen (UBA 2016). In Baden-Württemberg ist seit Dezember 2011 ein Grünlandumwandlungsverbot in Kraft.

Für Baden-Württemberg liegen analoge Berechnungen noch nicht vor. Daher wurden für diesen Bericht zumindest die CO<sub>2</sub>-Emissionen abgeschätzt. Baden-Württemberg hat im gesamtdeutschen Vergleich mit 1,3% nur eine geringe **Moorfläche**. Die genutzten Moore machen ca. 2% der landwirtschaftlichen Nutzfläche aus. Die Emissionsabschätzungen aus landwirtschaftlicher Nutzung der Moore und Anmoore bewegen sich zwischen 591.000 t und 732.000 t CO<sub>2</sub>. Sie erhöhen den Emissionsbeitrag der Landwirtschaft aus CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O (CRF-Sektor 3) jedoch um immerhin 15% und damit auf ca. 6,8% der Gesamt-THG-Emissionen des Landes, noch ohne Vorleistungen.

### **Bilanzierung von Treibhausgasen**

Treibhausgasbilanzierung kann verschiedene Ziele haben:

- Bilanzierung im Rahmen internationaler Berichtspflichten (Klimarahmenkonvention der UN)
- Bilanzierung nachwachsender Rohstoffe, vor allem von Energiepflanzen, z.T. auch im Rahmen von Berichtspflichten (Renewable Energy Directive (RED) der EU)
- Bilanzierung von CO<sub>2</sub>-Fußabdrücken von Produkten, in diesem Fall Lebensmitteln
- Bilanzierung einzelner Kulturarten und Fruchtfolgen
- Bilanzierung einzelner Betriebe

Die Bundesrepublik Deutschland hat sich dazu verpflichtet, regelmäßig Emissionsberichte auf Basis **internationaler Vorgaben** zu erstellen. Zur Quellgruppe 3 „Landwirtschaft“

gehören in Deutschland die Emissionen aus der Fermentation bei der Verdauung (3.A), aus der Behandlung von Wirtschaftsdüngern (3.B) und aus den landwirtschaftlichen Böden (3.D). Seit 2015 gehört noch die CO<sub>2</sub>-Emission aus Kalkung und Harnstoffdüngung (3.G-I) und CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O aus der Vergärung von Energiepflanzen (3.J) dazu. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Energienutzung innerhalb der Landwirtschaft sind bei der Inventarberichtserstattung der Quellgruppe „Energie – Verbrennung von Brennstoffen – Sonstige: Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, Land-, Forstwirtschaft und Fischerei (1.A.4c ii (i))“ zugeordnet. Die Emissionen aus Landnutzungsänderungen werden unter der Quellgruppe 4 „Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF)“ erfasst (UBA 2016).

Der Anbau nachwachsender Rohstoffe erfolgt nicht zuletzt zu dem Zweck, fossile Rohstoffe zu ersetzen, deren Ressourcen zu schonen und die Emission von Treibhausgasen zu verringern. Auch wenn der Kohlenstoff für den Aufbau der Biomasse vorher durch die Photosynthese der Atmosphäre als CO<sub>2</sub> entnommen wurde, ist die Produktion von Energiepflanzen dennoch nicht klimaneutral. Die Kulturen werden gedüngt, Schlepper verbrauchen Treibstoff, die Veresterung von Pflanzenöl kostet Energie und im Zuge des Biogasbooms der letzten Jahre wurde auch manche humusreiche Grünlandfläche für den Anbau von Silomais für die Biogasanlage umgebrochen und die Kohlenstoffvorräte im Boden sukzessive als CO<sub>2</sub> freigesetzt.

Langfristig ist der Anbau von Energiepflanzen nur sinnvoll, wenn die Einsparung von Energie und Treibhausgasen auch nach Abzug der bei der Produktion und Aufbereitung anfallenden Energieaufwendungen und THG-Emissionen ausreichend groß bleibt. Die EU-Gesetzgebung hat bereits 2009 **Vorschriften** erlassen, wie groß die THG-Einsparungen bei Treibstoffen und Strom aus flüssigen biogenen Energieträgern mindestens sein müssen. In deutsches Recht umgesetzt wurde die Richtlinie durch die Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung (Biokraftstoff-NachV) und die Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung (BioSt-NachV). Demzufolge müssen Biokraftstoffe und die eingesetzte flüssige Biomasse zur Stromerzeugung ein

Treibhausgas-Minderungspotential von mindestens 35% aufweisen. Dieser Wert hat sich für die Stromerzeugung 2017 auf mindestens 50% erhöht; diese Quote gilt ab 1. Januar 2018 auch für die Kraftstoffherstellung.

Um diese Nettoeinsparung an Treibhausgasen zu berechnen, wurden in den letzten Jahren verschiedene Ansätze zur [THG-Bilanzierung](#) entwickelt und zu Standardverfahren verdichtet. Grundlage für die meisten dieser Bilanzierungen sind ISO-Normen wie ISO 14040/44 für Ökobilanzen oder der Carbon Footprint (CO<sub>2</sub>-Bilanz) als Teil der Ökobilanz nach ISO/TS 14067.

Bei den Bilanzierungen zeichnet sich ab, dass bei Energie aus Biomasse die Emissionen aus dem Anbau der Energiepflanzen mit einem Anteil zwischen 55 und 60% für die Gesamtemissionen der Bioenergiekette entscheidend sind, gefolgt von der Biodieselproduktion im Fall der Kraftstoffe, die etwa ein Drittel der Gesamtemissionen ausmacht. Die Anbauemissionen wiederum werden ganz überwiegend durch die Feldemissionen von N<sub>2</sub>O und die energieintensive Mineraldüngerherstellung bestimmt (ENGELMANN 2015; OSTERBURG und STICHTHOE 2015).

### Probleme der Vergleichbarkeit von Bilanzierungsmethoden

Während die nationale Emissionsberichterstattung und die Bilanzierung nach RED einem relativ stringenten Berechnungsmuster folgen, sind die verschiedenen THG-Bilanzierungswerkzeuge für Kulturen, Fruchtfolgen oder landwirtschaftliche Betriebe kaum miteinander vergleichbar. Bei zwei Bilanzgliedern haben unterschiedliche Annahmen oder Werte eine enorme Auswirkung auf das Gesamtergebnis: N<sub>2</sub>O aus der Düngung und die Veränderung der Corg-Vorräte im Boden.

Bei Lachgas ist es wegen seiner hohen Treibhausgaswirkung keineswegs trivial, welcher Umrechnungsfaktor von N<sub>2</sub>O zu CO<sub>2</sub>-Äquivalenten angesetzt wird. Derzeit wird weithin der Faktor 298 verwendet. Auch zur Berechnung von N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Boden gibt es verschiedene Verfahren, die sich in ihrer Zielsetzung unterscheiden. Für die meisten Bilanzierungszwecke ist das so ge-

nannte Tier 1-Verfahren, das den pauschalen IPCC-Emissionsfaktor von 1,0% N<sub>2</sub>O-N pro ausgebrachtem Kilogramm Dünger-N anwendet, völlig ausreichend.

Die Veränderung der Corg-Vorräte im Boden ist dann interessant, wenn größere Mengen CO<sub>2</sub> aus dem Boden in die Atmosphäre gelangen oder aus ihr entfernt werden. Das ist bei der Nutzung von organischen Böden der Fall, aber auch bei Landnutzungsänderungen, z.B. von Grünland zu Acker oder umgekehrt. Bei landwirtschaftlich genutzten Mineralböden wird bei gleichbleibender Nutzung unterstellt, dass die Kohlenstoffein- und -austräge in die Böden langfristig gleich groß, die Systeme somit im Gleichgewicht sind (UBA 2016). Diese Annahme wird durch Langzeitversuche zur Humusentwicklung in Ackerböden unterstützt (KÖRSCHENS et al. 2013, KOLBE und ZIMMER 2015). Den Fluss des Kohlenstoffs in THG-Bilanzen zu dokumentieren, kann dann sinnvoll sein, wenn Im- und Export aus Teilbetriebszweigen, der Verkauf von Stroh als Einstreu oder der Export von Wirtschaftsdüngern mit hohem Anteil an organischem Kohlenstoff dokumentiert werden sollen (z.B. in BEK, s.u.).

### Ansätze zur einzelbetrieblichen THG-Bilanzierung

Drei Ansätze zur einzelbetrieblichen THG-Bilanzierung sind besonders interessant:

1. [Cool Farm Tool](#)
2. [ACCT: AgriClimateChangeTool](#)
3. [BEK: Berechnungsstandard](#) für einzelbetriebliche Klimabilanzen in der Landwirtschaft

So verschieden die Bilanzierungswerkzeuge sein mögen, sie machen auf dieselben wesentlichen Ursachen für THG-Emissionen aus dem landwirtschaftlichen Betrieb aufmerksam:

- Die Verdauung der Wiederkäuer, allen voran der Rinder, die Methan freisetzt
- die Stickstoffdüngung, besonders die Verwendung von Mineraldünger
- die organische Substanz in Böden

Während bei der Freisetzung von NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O und CH<sub>4</sub> aus dem Wirtschaftsdüngermanage-

Abbildung 4  
Zeitliche Entwicklung der Methanemissionen aus der Landwirtschaft in Baden-Württemberg von 1990 bis 2013. (Daten: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg).

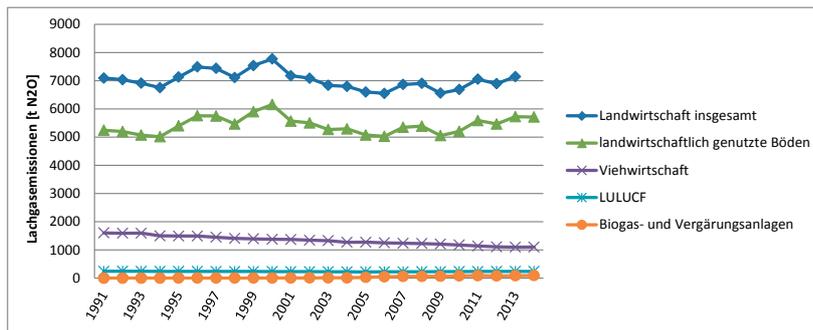
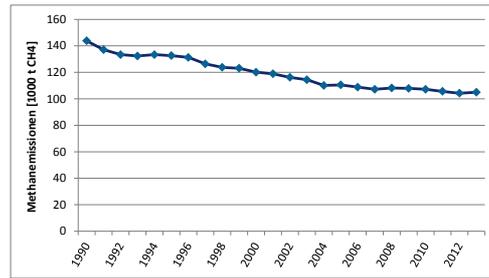


Abbildung 5  
Zeitliche Entwicklung der Lachgasemissionen aus landwirtschaftlichen Quellen in Baden-Württemberg von 1991 bis 2013. (Daten: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg).

ment durchaus noch Potentiale der THG-Minderung für den Betrieb bestehen, sind die Einflussmöglichkeiten für den Landwirt auf die Methanentstehung im Wiederkäuer-Verdauungstrakt eher gering (BONGARTZ et al. 2011). Hier liegen die Stellschrauben auf einer übergeordneten Ebene: bei der Züchtung, bei der Nachfrage nach Milch und Fleisch und damit schließlich bei der Anzahl der Rinder.

Die Entwicklung der Methanemissionen aus der Landwirtschaft Baden-Württembergs (Abb. 4) zeigt denn auch, dass nach anfänglich deutlichem Rückgang, der hauptsächlich durch Abbau der Rinderbestände bedingt war, seit etwa 2004 eine Stagnation in der Entwicklung eingetreten ist. Man sollte freilich nicht aus dem Auge verlieren, dass nur die Haltung von Rindern eine wirtschaftlich sinnvolle Nutzung von Grünland und damit den Erhalt der bedeutenden Vorräte an organischem Kohlenstoff im Grünlandboden und eines erheblichen Anteils der Biodiversität gewährleistet. Auch angesichts eines Selbstversorgungsgrads an Rindfleisch von 66% und Milch von 59% (Bezugsjahr 2011) in Baden-Württemberg (Landtag B-W 2013) ist fraglich, ob eine weitere deutliche Verringerung der CH<sub>4</sub>-Emissionen zu erwarten ist. Die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Verdauung der

Rinder machen derzeit ca. 2,5% der Gesamt-THG-Emissionen des Landes aus.

Je effizienter und bedarfsgerechter die Stickstoffdüngung erfolgt, desto geringere N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Boden sind anzunehmen. Ammonium oder Nitrat, das von den Pflanzen aufgenommen wurde, steht für weitere Nitrifikation und Denitrifikation im Boden und damit als Lachgasquelle nicht mehr zu Verfügung. Möglichst geringe N-Überschüsse und Nitratgehalte im Boden sind also anzustreben. Darüber hinaus sollte einmal ins System gebrachter Stickstoff im Sinne einer Kaskadennutzung optimal ausgenutzt werden. Das heißt, Wirtschaftsdünger sollte optimal ins betriebliche Düngesystem angepasst und ausgenutzt und der Einsatz von Mineraldünger aufs Notwendige beschränkt werden. Dadurch wird der Input energieintensiv hergestellten neuen Stickstoffs ins System vermieden und auch die damit verbundenen THG-Emissionen (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O) bei der Produktion. Weitere Einflussmöglichkeiten für den Landwirt bestehen darin, Bodenverdichtungen und -vernässungen zu vermeiden, eine gute Bodenstruktur mit hohem Porenanteil für die Durchlüftung zu gewährleisten – dazu trägt auch Humus bei – und Nitrifikationsinhibitoren einzusetzen, die nachweislich die N<sub>2</sub>O-Freisetzung vermindern (RUSER und SCHULZ 2015). Die Entwicklung der N<sub>2</sub>O-Emissionen aus der Landwirtschaft in Baden-Württemberg zeigt (Abb. 5), dass keine nachhaltigen Emissionsreduktionen erzielt werden konnten, sondern die Emissionen seit 2009 eher im Steigen begriffen sind. Ursächlich ist die Freisetzung von N<sub>2</sub>O aus den Böden, die auf entsprechende stickstoffhaltige Düngermengen zurückzuführen ist, denn die Emissionen werden proportional zur Menge des aufgebrauchten Stickstoffs berechnet.

Der Erhalt organischer Substanz im Boden bedeutet zum einen den Erhalt von Grünland und zum anderen einen dauerhaft ausgeglichener Humushaushalt. Innerhalb einer Fruchtfolge sollten sich humuszehrende und humusmehrende Kulturen bzw. humusanreichernde Maßnahmen (z.B. organische Düngung oder Zwischenfrüchte) so ergänzen, dass die langfristige Humusbilanz mindestens ausgeglichen ist. ■

[Literatur](#)



**Dr. Holger Flaig**  
LTZ Augustenberg  
Tel. 0721/ 9468-193  
holger.flaig@ltz.bwl.de



## Moorfläche

Baden- Württemberg hat 32.000 ha Niedermoor-, 3.580 ha Hochmoor- und 9.643 ha Anmoorflächen (MLR und LUBW 2015), davon werden je nach Quelle zwischen 23.000 und 27.000 ha landwirtschaftlich genutzt (BILLEN et al. 2015, WEINZIERL und WALDMANN 2015). Die Emissionsabschätzungen aus landwirtschaftlicher Nutzung der Moore und Anmoore (Acker- und Grünland) bewegen sich zwischen 622.000 t CO<sub>2</sub> (BILLEN et al. 2015) und 409.000 t CO<sub>2</sub> (WEINZIERL und WALDMANN 2015) pro Jahr.

Der Unterschied beruht einerseits auf den verwendeten Emissionsfaktoren, andererseits auf dem unterschiedlichen Umfang der Nutzungszuordnung. Legt man die (impliziten) Emissionsfaktoren des deutschen Inventarberichts 2016 für die Acker- und Grünlandnutzung organischer Böden an beide Studien an, so liegen die Emissionsschätzungen bei ca. 732.000 t CO<sub>2</sub> (WEINZIERL und WALDMANN 2015) bzw. 591.000 t CO<sub>2</sub> (BILLEN et al. 2015) pro Jahr. Unter Einrechnung von N<sub>2</sub>O- und CH<sub>4</sub>-Emissionen wären es nochmals etwa 9% mehr. Die Emissionen aus der landwirtschaftlichen Nutzung organischer Böden fallen mit rund 1 % der Gesamtemissionen des Landes nicht so bedeutsam aus wie in moorreicheren Regionen Deutschlands. Sie erhöhen den Emissionsbeitrag der Landwirtschaft aus CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O (CRF-Sektor 3) jedoch um immerhin 15% und damit auf ca. 6,8 % der Gesamt-THG-Emissionen des Landes noch ohne Vorleistungen.

Die Berechnungen fußen auf BILLEN et al. (2015) und ihren langjährigen Messergebnissen mit Fokus Süddeutschland und der Kombination von Landnutzung und Grundwasserverhältnissen zu Standort-/Nutzungstypen. Sie wurden auf die gesamte Moorfläche aus Angaben für Moore im Alpenvorland, die knapp 85 % der Moorfläche im Land ausmachen, hochgerechnet. Hier angegeben sind nur Emissionen von CO<sub>2</sub>; N<sub>2</sub>O- und CH<sub>4</sub>-Emissionen sind der Vergleichbarkeit halber herausgerechnet. Die Berechnungen von WEINZIERL und WALDMANN (2015) erfolgten auf der Grundlage des Vergleichs aktueller mit historischen Höhenmessungen in Mooren Baden-Württembergs und dem daraus abgeleiteten Torfschwund. Es wurden nur Emissionen von CO<sub>2</sub> angegeben. Die Emissionsfaktoren für Acker- und Grünland stammen noch aus dem deutschen Inventarbericht 2013.

## **Berechnungsstandard (BEK)**

Der „Berechnungsstandard für einzelbetriebliche Klimabilanzen in der Landwirtschaft“ (BEK) wurde von Mitgliedern des „Arbeitsforums THG-Bilanzierung“ aus der landwirtschaftlichen Beratung und angewandten Forschung entwickelt. Auf der KTBL-Website sind Berechnungsbeispiele in Excel für Silomais-, Milch- und Biogaserzeugung einzusehen (BEK 2016): <https://www.ktbl.de/inhalte/themen/ueber-uns/projekte0/klimagasbilanzen0/>. Auch dieses Werkzeug soll von geschulten Beratern eingesetzt werden, die auf den Betrieben die notwendigen Bewirtschaftungsdaten erheben. Mit Hilfe der implementierten Parameterdatei (ebenfalls auf der Website einzusehen) werden die betrieblichen THG-Emissionen und -gutschriften errechnet. Auch hier erfolgen die THG-Berechnungen pro Produkt (z.B. Silomais) und geben die Emissionen pro Fläche und pro Produkteinheit sowie separat den Humussaldo (Pflanzenbau) an.

Im folgenden Auswertungsgespräch können Berater und Landwirt verschiedene Verbesserungsoptionen im Modell durchspielen und die passenden betrieblichen Stellschrauben zur Verbesserung der THG-Bilanz herausfinden. Hervorzuheben ist die Transparenz aller Berechnungen. Um die Bewertungen und Berechnungen der internen und externen Stoffflüsse an C und N – z.B. Stroh und Wirtschaftsdünger – nachzuvollziehen, sei die Lektüre des Handbuchs empfohlen. Auch die richtige Einordnung der CO<sub>2</sub>-Flüsse aus der Humusbilanzierung erfordert eine intensivere Beschäftigung mit dem Werkzeug und den Berechnungsannahmen.

## **AgriClimateChangeTool**

AgriClimateChangeTool (ACCT 2013) wurde auf der Grundlage eines Programms der französischen Solagro von der Bodensee-Stiftung weiter entwickelt und in Projekten mehrfach eingesetzt, auch in Baden-Württemberg. Das Werkzeug ist für geschulte Berater gedacht. Diese gehen auf interessierte Betriebe zu, nehmen relativ umfangreiche Daten auf und erstellen eine Energie- und Treibhausgasbilanz (auch eine Stickstoffbilanz ist möglich) für ein Wirtschaftsjahr. Darauf aufbauend wird eine Betriebsanalyse abgeleitet und schließlich ein betriebspezifischer Maßnahmenplan zur Verbesserung der Energieeffizienz und Verringerung der Treibhausgasemissionen aufgestellt.

In Zusammenarbeit mit der landwirtschaftlichen Fachschule Donaueschingen wurde der didaktische Einsatz von ACCT bei angehenden Landwirten bereits erfolgreich erprobt. Obwohl immer noch relativ aufwändig in der Datenerfassung, liefert ACCT dafür aber auch eine Kombination aus Energie- und Treibhausgasbilanz (die N-Bilanz steht nicht im Fokus) für den gesamten Betrieb und damit eine gute Kombination aus ökonomisch interessanten Anreizen (Energie- und Kosteneinsparung bzw. lohnende Investitionen) und ökologischem Aha-Effekt, u.U. gekoppelt mit finanziellen Vorteilen (z.B. Mineräldüngereinsparung). Eine sehr vereinfachte Version von ACCT findet sich auf: <https://extranet.solagro.org/extranet/modules/ghgprofile.php>.

## **Bilanzierungsverfahren bei erneuerbaren Energien aus Biomasse**

Im Bestreben, die nationalen Bilanzierungsansätze europaweit zu harmonisieren, wurde BioGrace geschaffen, eine Excel-basierte Rechenhilfe zur Unterstützung der durch die RED (Renewable Energy Directive, 2009/28/EC) geforderten Bilanzierung. BioGrace ist nicht das einzige Werkzeug, das als kompatibel mit den EU-Nachhaltigkeitskriterien für flüssige Bioenergieträger im weiteren Sinne erklärt wurde. Eine Liste dieser Bilanzierungstools findet sich unter: <http://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy/biofuels/voluntary-schemes>. Darüber hinaus können lokale oder regionale Produktionsverhältnisse berücksichtigt werden. Für Deutschland ist hier vor allem das vom ifeu Heidelberg entwickelte ENZO<sub>2</sub> – mit BioGrace harmonisiert - zu nennen. Speziell für die Teilbilanzierung von N<sub>2</sub>O, das durch den Anbau von Energiepflanzen entsteht, hat das Joint Research Centre der EU den Global Nitrous Oxide Calculator (GNOC) frei zur Verfügung gestellt.

## Cool Farm Tool

Das „Cool Farm Tool“ ist ein online-Werkzeug der Cool Farm Alliance, ein Zusammenschluss vor allem von Unternehmen der Agrar- und Lebensmittelbranche, aber auch von Nichtregierungsorganisationen. Es stellt Berechnungswerkzeuge für Treibhausgasemissionen, Biodiversität und Wassernutzung auf dem landwirtschaftlichen Betrieb bereit und führt den Nutzer in relativ wenigen Schritten zum Ziel. Cool Farm Tool ist für Landwirte nach Registrierung kostenlos nutzbar, allerdings ist es für einen internationalen Einsatz konzipiert und liegt derzeit nur auf Englisch vor. Die THG-Berechnungen erfolgen pro Produkt und geben die Emissionen pro Fläche und pro Produkteinheit an. Die jeweiligen Beiträge z.B. von Düngungs- oder Bewirtschaftungsmaßnahmen werden bei jedem Schritt sofort visualisiert. Berechnungsmodi und zu Grunde liegende Emissionsfaktoren sind allerdings für den normalen Nutzer nicht einsehbar. Demonstrationsvideos erleichtern den Einstieg. Zum Reinschauen und Ausprobieren: <https://coolfarmtool.org/coolfarmtool/greenhouse-gases/>.

## Literatur

- AgriClimateChange/ACCT: <http://www.agriclimatchange.eu/>. Endbericht (2013): Klimaschutz in der EU-Landwirtschaft. Energiebilanzen, Treibhausgasbilanzen und Klimaschutzmaßnahmen auf Betriebsebene.
- BEK (2016): Berechnungsstandard für einzelbetriebliche Klimabilanzen (BEK) in der Landwirtschaft. <https://www.ktbl.de/inhalte/themen/ueber-uns/projekte0/klimagasbilanzen0/> (Zugriff Juni 2017)
- Billen, N., Kalia, A., Stahr, K., Holz, I., Böcker, R., Peringer, A., Marggraff, V., Wiedmann, K., Kaule, G. und Schwarz-v. Raumer, H.-G. (2015): Ökonomisch-ökologische Bewertung der Klimawirksamkeit von Mooren in Baden-Württemberg (Moore-BW). Teil 1: Ökologische Grundlagen, Entwicklungsoptionen, Landnutzung und THG-Emissionen. Forschungsbericht BWPLUS, Förderkennzeichen: BWM 10002+10003
- Bongartz, B., Cramer, H., Eurich-Menden, B., Flachowsky, G., Gaulty, M., Heißenhuber, A., Höppner, D., Ingwersen, J., Marquardt, O.W., Menzel, A., Osterburg, B., Schwerin, M., Taube, F., und G. Wittkowski (2011): „Klimarelevanz in der Nutztierhaltung“ - „Der Klimawandel und die Herausforderungen für die Nutztierhaltung von morgen in Deutschland“ . Positionspapier der DGfZ-Projektgruppe vom 30. September 2011
- Colomb, V., Touchemoulin, O., Bockel, L., Chotte, J.-L., Martin, S., Tinlot, M. und Bernoux, M. (2013): Selection of appropriate calculators for landscape-scale greenhouse gas assessment for agriculture and forestry. Environ. Res. Lett. 8, 015029, doi: 10.1088/1748-9326/8/1/015029
- Dechow, R. und Freibauer, A. (2011): Assessment of German nitrous oxide emissions using empirical modelling approaches. Nutrient Cycling in Agroecosystems 91, 235-254
- Engelmann, K. (2015): Einfluss der Berechnungsmethode für N<sub>2</sub>O-Feldemissionen auf die THG-Bilanz im Rapsanbau. Vortrag auf dem Workshop des Arbeitsforums „THG-Bilanzierung in der Landwirtschaft“ am 5./6. Oktober 2015, LTZ Augustenberg, Karlsruhe
- Haenel, H.-D., Rösemann, C., Dämmgen, U., Freibauer, A., Döring, U., Wulf, S., Eurich-Menden, B., Döhler, H., Schreiner, C. und Osterburg, B. (2016): Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 – 2014. Report zu Methoden und Daten (RMD) Berichterstattung 2016. Thünen-Report 39; aktuelle Berichte herunterladbar incl. Excel-Datentabellen mit Zahlen für Baden-Württemberg. Thünen-Institut für Agrarklimaschutz, Braunschweig.
- Kätsch, S. und Osterburg, B. (2016): Treibhausgasrechner in der Landwirtschaft – Erfahrungen und Perspektiven. Landbauforsch Appl Agric Forestry Res 1 (66): 29-44; DOI:10.3220/LBF1456905354000.
- Körschens, M., Albert E., Armbruster, M., Barkusky, D., Baumecker, M., Behle-Schalk, L., Bischoff, R., Čergan, Z., Ellmer, F., Herbst, F., Hoffmann, S., Hofmann, B., Kismanyoky, T., Kubat, J., Kunzova, E., Lopez-Fando, C., Merbach, I., Merbach, W., Pardor, M.T., Rogasik, J., Rühlmann, J., Spiegel, H., Schulz, E., Tajnsek, A., Toth, Z., Wegener, H. und Zorn, W. (2013): Effect of mineral and organic fertilization on crop yield, nitrogen uptake, carbon and nitrogen balances, as well as soil organic carbon content and dynamics: results from 20 European long-term field experiments of the twenty-first century. Archives of Agronomy and Soil Science, 59:8, 1017-1040, DOI: 10.1080/03650340.2012.704548
- Kolbe, H. und Zimmer, J. (2015): Leitfaden zur Humusversorgung - Informationen für Praxis, Beratung und Schulung. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hrsg.), Dresden
- Landtag B-W (2013): Was geschieht mit Grünland, wenn der Konsum von heimischem Fleisch und Milch zurückgeht? Antrag der Abg. Karl Rombach u. a. CDU und Stellungnahme des Ministeriums für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz. Drucksache 15 / 2927. Landtag von Baden-Württemberg
- MLR und LUBW (2015): Moorschutzprogramm Baden-Württemberg. Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe
- Osterburg, B., Kätsch, S. und Wolff, A. (2013): Szenarioanalysen zur Minderung von Treibhausgasemissionen der deutschen Landwirtschaft im Jahr 2050. Thünen Report 13. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig
- Osterburg, B. und Stichnothe, H. (2015): Ermittlung der Treibhausgasemissionen von Biokraftstoffen gemäß Erneuerbare-Energien-Richtlinie der EU – Stand und Perspektive. Vortrag auf dem Workshop des Arbeitsforums „THG-Bilanzierung in der Landwirtschaft“ am 5./6. Oktober 2015, LTZ Augustenberg, Karlsruhe

- Ruser, R. und Schulz, R. (2015): The effect of nitrification inhibitors on the nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) release from agricultural soils—a review. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 178, 171-188. DOI: 10.1002/jpln.201400251
- UBA (Hrsg.) (2016): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2016. Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2014. Climate Change 23/2016. Umweltbundesamt, Dessau.
- Weinzierl, W. und Waldmann, F. (2015): Ermittlung langjähriger CO<sub>2</sub>-Emissionen und Beurteilung der Moore Oberschwabens auf Basis historischer und aktueller Höhengivellements. LGRB-Fachbericht 2015/2, Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9 - Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB), Freiburg
- Whittaker, C., McManus, M. C. und Smith, P. (2013): A comparison of carbon accounting tools for arable crops in the United Kingdom. *Environmental Modelling & Software* 46: 228-239