

Welche Klimaeffekte betreffen die Landwirtschaft, welche verursacht sie?

17.01.20

GERHARD BREITSCHUH, THORSTEN BREITSCHUH, GERD REINHOLD, ORTWIN KRAUSE, MANFRED MUNZERT, HELMUT DÖHLER UND HANS ECKERT

1. Wodurch beeinflusst die Landwirtschaft die nationale Treibhausgasbilanz?

Die Pflanzen nutzen die Sonnenenergie, um per Photosynthese der Atmosphäre Kohlendioxid (CO_2) zu entziehen und dieses in Biomasse zu verwandeln. Der landwirtschaftliche Energieverbrauch ist aber auch mit Kohlendioxid-Emissionen verbunden. Während der Umsetzung von mineralischen und organischen Düngern entstehen die Treibhausgase Methan (CH_4), Lachgas (N_2O) und Ammoniak (NH_3). Die Tierhaltung - insbesondere Wiederkäuer - und die Moorbewirtschaftung emittieren Methan (CH_4) und Kohlendioxid. Die Herstellung und Bereitstellung von Produktionsmitteln (Zukauffutter, Saatgut, Treibstoffe, Dünger, Pflanzenschutzmittel, Maschinen, Gebäude usw.) führen ebenfalls zu Emissionen (Vorkette).

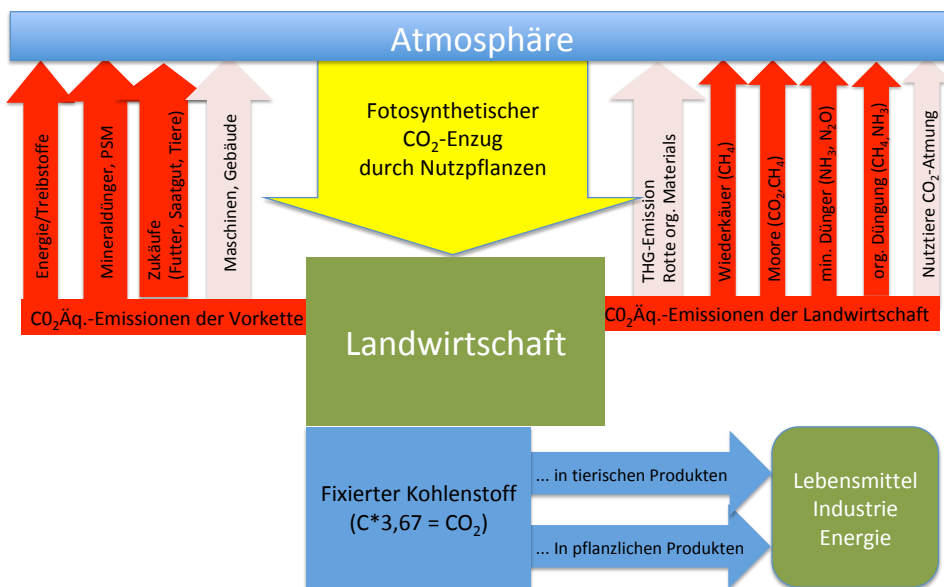


Abbildung 1: KUL-Treibhausgasbilanz der Landwirtschaft (Hofterprinzip)¹

Zur Ermittlung des Einflusses der Landwirtschaft auf den Treibhausgashaushalt müssen demzufolge die CO_2 -Fixierung durch die Nutzpflanzen ($\text{t CO}_2\text{-Äq./ha}$) und die in der bzw. für die landwirtschaftliche Produktion entstehenden Treibhausgas²-Emissionen saldiert werden. Die betrieblichen THG-Bilanzen (hier die KUL-THG-Bilanz, BREITSCHUH et al 2008; www.agrarfakten.de/Umweltvertraeglichkeit) enthalten dazu folgende Elemente (Abbildung 1):

- die $\text{CO}_2\text{-Äq.}$ Emissionen der Vorkette landwirtschaftlicher Produktionsmittel (Düngemittel, Treibstoffe, Strom, Wasser, Futtermittel, Tiere usw.),
- die $\text{CO}_2\text{-Äq.}$ Freisetzung im landwirtschaftlichen Produktionsprozess (N_2O -Bildung, Methan-, Ammoniak- und CO_2 -Emissionen aus Ställen und org. Düngern, Methan und CO_2 aus Moorböden, CO_2 -Freisetzung aus der Treibstoffverbrennung),
- die in den pflanzlichen und tierischen Markprodukten fixierten $\text{CO}_2\text{-Äq.}$ Mengen.

¹ Die hell hinterlegten Emissionen der Landwirtschaft entsprechen der Differenz zwischen dem von den Pflanzen aufgenommenen und dem in den landwirtschaftlichen Produkten fixierten Kohlenstoff.

² $\text{CO}_2\text{-Äquivalente}$ berechnet mit dem Klimawirksamkeitsfaktor (GWP) von $\text{CO}_2 = 1$; $\text{NH}_3 = 3$; $\text{CH}_4 = 23$ und $\text{N}_2\text{O} = 296$

2. Bestehen klimapolitisch Unterschiede zwischen der Landwirtschaft und anderen Wirtschaftsbereichen?

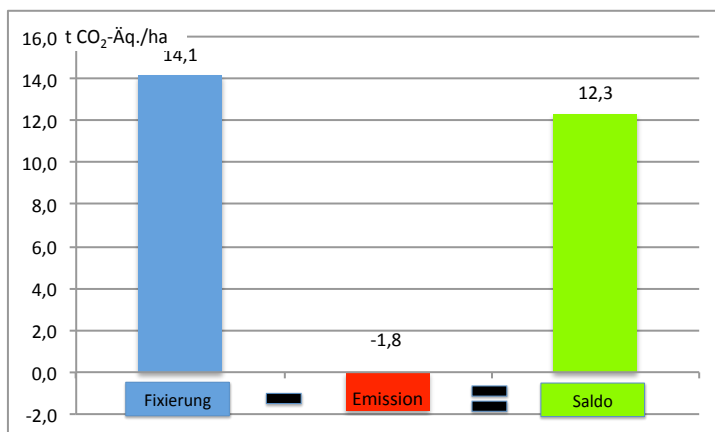
Die nationale und internationale Treibhausgas-Diskussion wird im Interesse der sicher notwendigen Vergleichbarkeit der Staaten und der Wirtschaftsbereiche vordergründig über die Treibhausgas-Emissionen der Sektoren geführt.

Das Klimaschutzprogramm der Bundesregierung vom 10.10.2019 enthält die Verpflichtung Deutschlands, die Treibhausgasemissionen gegenüber dem Niveau von 1990 bis zum Jahre 2030 um 55 % zu senken und im Jahre 2050 THG-Neutralität für alle Wirtschaftsbereiche zu realisieren (BUNDESREGIERUNG 2019). Die Reduktionsvorgaben für die Wirtschaftsbereiche betragen für 2030 gegenüber 1990 32 % in der Landwirtschaft, 40 % im Verkehr und 61 % in der Energiewirtschaft (GREFE et al. 2019). Die effizientere Verwertung von Nährstoffen und Pflanzenschutzmitteln, die Reduzierung des Treibstoff- und Stromverbrauchs, die verstärkte energetische Wirtschaftsdüngernutzung sowie die Verminderung der Tierbesatzdichte in viehstarken Regionen mindern die THG-Emission und erhöhen die Treibhausgas-Salden.

Eine zielorientierte Beurteilung der Landwirtschaft hinsichtlich der Klimawirkung und –beeinflussung erfordert neben der Bewertung der Treibhausgas-Emissionen einschließlich der THG-Belastungen der Vorkette landwirtschaftlicher Produktionsmittel gleichermaßen die Anrechnung der C-Fixierung ($C \cdot 3,67 = CO_2$) in pflanzlichen und tierischen Produkten und damit die Bewertung der klimapolitisch herausragenden Bedeutung des Treibhausgas-Saldos.

3. Wie erfolgt die THG-Bilanzierung für landwirtschaftliche Betriebe?

Jedes Bilanzierungsverfahren unterliegt einer konkreten Zielstellung und Konventionen, so auch die KUL-THG-Bilanz für landwirtschaftliche Betriebe. Die THG-Bilanzierung auf Betriebsebene



ermittelt den emissionswirksamen Verbrauch zugekaufter Produktionsmittel (Dünger, Saatgut, PSM, Treibstoffe, Tiere), die CH₄-Emission (Wiederkäuer und organische Dünger), die N₂O- und die Ammoniak-Emissionen als THG-Emissionen in t CO₂-Äq./ha.

Abb. 2: Beispiel KUL-THG-Bilanz für landw. Betrieb (t CO₂-Äq./ha)

Das Verfahren „Kriterien Umweltverträgliche Landwirtschaft“ (KUL) bewertet neben anderen Kriterien die betriebliche Treibhausgasbilanz nach dem Hoftorprinzip. So liegen über 900 bundesweit von 1994 bis 2019 berechnete einzelbetriebliche THG-Bilanzen vor. Mit der KUL-THG-Bilanz nach ECKERT (2006) werden die klimarelevanten Auswirkungen der Landwirtschaft auf Betriebsebene quantifiziert. Die Differenz der CO₂-Fixierung und der THG-Emissionen ergeben den betrieblichen Saldo (Abb.2).

Auf dieser Grundlage wurden alle in diesem Papier dargestellten THG-Bilanzen für Modellbetriebe erstellt. Der Treibhausgas-Saldo (THG-Saldo, ausgedrückt in t CO₂-Äquivalenten/ha) ist ein aussagekräftiger Maßstab zur Beurteilung der Beeinflussung der klimatischen Veränderungen durch die Landwirtschaft.

Die Erhöhung der THG-Salden ist ein Effizienzgebot und damit unverzichtbare Zielstellung für die Landwirtschaft.

4. Darf die in der landwirtschaftlich erzeugten Biomasse fixierte Kohlenstoffmenge bilanzwirksam bewertet werden?

Die in Nahrungsmitteln fixierte Kohlenstoffmenge wird in der Regel binnen Jahresfrist verzehrt und damit per Atmung wieder der Atmosphäre zugeführt. Vorbehalte, dass dieser C-Export aus dem landwirtschaftlichen Betrieb über Nahrungsmittel keine wirkliche CO₂-Entlastung darstellt, weil außerhalb des Betriebs durch Verstoffwechslung der Marktprodukte eine CO₂-Freisetzung stattfindet, haben für die Bilanzierung der Landwirtschaft keine Relevanz

(www.agarfakten.de/Treibhausgase).

Die Landwirtschaft hat keinen Einfluss darauf, ob die verkauften Marktprodukte als Energieträger oder Industrierohstoff zur Substitution fossiler Rohstoffe dienen oder vorrangig als Nahrungsmittel genutzt werden. Betrachtungsebene der KUL-THG-Bilanz nach ECKERT (2006) ist deshalb der einzelne landwirtschaftliche Betrieb und nicht die Volkswirtschaft.

Die Treibhausgas-Emission infolge der Verstoffwechslung der von den Menschen verzehrten Biomasse findet unabhängig von dem Standort und der Wirtschaftsweise der Nahrungsmittelerzeugung statt. Diese wird mit dem globalen Wachstum der Weltbevölkerung und dem erhöhten Nahrungsmittel-Verbrauch je Einwohner weiter zunehmen.

5. Weshalb werden die Emissionen bei der Herstellung und Lieferung von Produktionsmitteln (Vorkette) für die Landwirtschaft in der KUL-THG-Bilanz bewertet?

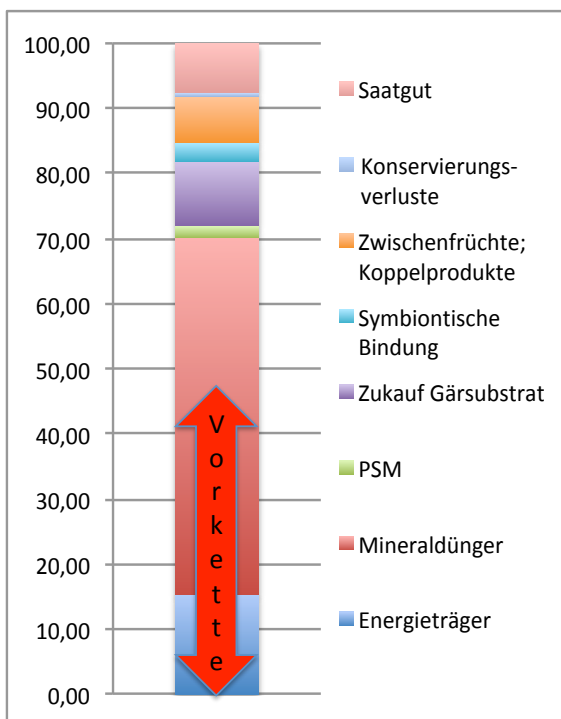


Abb. 3: THG-Emissionen eines Ackerbaubetriebsbeispiels (Verursacheranteile in %)

Die Emissionen aus der Bereitstellung von Produktionsmitteln (Saatgut, Düngemittel, Treibstoffe, Strom, Wasser, Futtermittel, PSM, Tiere usw.) und der Gehalt an Kohlenstoff in den Produktionsmitteln werden in der KUL-THG-Bilanz als Treibhausgas-Emissions-Vorkette der Landwirtschaft angerechnet. Bei der Mineraldüngung z.B. beträgt der Wert der Vorkette 65 % der Gesamtemission (Abb. 3), d.h. 35 % der Gesamtemission entstehen auch dann, wenn die Industrie emissionsfrei arbeitet.

Der in den Produktionsmitteln enthaltene Kohlenstoff ($C \cdot 3,67 = CO_2$) und Stickstoff ($N_2O = 1 \% \text{ der N-Menge}$) verursachen THG-Emissionen, die unter Beibehalt der gegenwärtigen Produktionsstruktur nur sehr begrenzt vermindert werden können. Deutliche Wirkungen entfalten dagegen die Emissionsminderungen in der Vorkette. Im Interesse einer

objektiven Beurteilung des Einflusses der Landwirtschaft müssen alle Emissionen, die für die Erzeugung von landwirtschaftlichen Produktionsmitteln (Mineraldünger, PSM, Treibstoffe) erforderlich sind, auch der Landwirtschaft zugeordnet werden (siehe Abbildung 1). Diese mit der Herstellung und Lieferung von landwirtschaftlichen Produktionsmitteln verbundenen Emissionen erfolgen ausschließlich zur Ertragsbildung (C-Fixierung in landwirtschaftlichen Produkten) in der Landwirtschaft.

Mit der Vorgehensweise in der KUL-THG-Bilanz, die Emissionen der Vorkette der Landwirtschaft anzurechnen, wird eine Fehleinschätzung der Klimawirksamkeit unterschiedlicher Wirtschaftsformen vermieden

6. Wie wirkt der steigende CO₂-Gehalt der Atmosphäre auf die Pflanzen?

Die Pflanzen nehmen per Photosynthese atmosphärisches Kohlendioxid auf und binden dessen Kohlenstoff (C) in Biomasse. Der erhöhte CO₂-Gehalt in der Atmosphäre fördert das Pflanzenwachstum auf Feldern und Wiesen, sofern ausreichend Wasser und Nährstoffe vorhanden sind. Selbst der Temperaturanstieg ist ambivalent zu beurteilen. Mit der erhöhten Jahresdurchschnittstemperatur steigen die jährliche Vegetationsdauer und das Ertragspotential. Andererseits führt die erhöhte Verdunstung zu Wassermangel und extremer Hitzestress bewirkt Wachstums- und Ertragsdepressionen.

7. Beeinflusst die unterschiedliche Verwendung der landwirtschaftlichen Biomasse die Treibhausgasbilanz der landwirtschaftlichen Betriebe?

Die unterschiedliche Verwendung und Verwertung der C-haltigen Ernteprodukte bleibt bei der KUL-THG-Bilanzierung zur Beurteilung der Landwirtschaft außer Betracht. Es geht allein um den bewirtschaftungsabhängigen THG-Saldo je ha Agrarfläche.

Ungeachtet des Einflusses des landwirtschaftlichen Produktionsprozesses auf den Treibhausgashaushalt ist die Verwendung der geernteten Biomasse und damit des darin fixierten Kohlenstoffs dennoch aus volkswirtschaftlicher Sicht hochgradig klimarelevant.

- Wird die geerntete Biomasse als Nahrungsmittel verwendet bzw. verarbeitet, erfolgt die C-Freisetzung in der Regel per Jahresfrist.
- Bei der energetischen Verwertung von Biomasse werden fossile Energierohstoffe substituiert (360 kg Heizöläquivalente/t THG-Saldo).
- Biomasse als Bau- und Industrierohstoff bindet den Kohlenstoff bis zum Ablauf der jeweiligen Nutzungsdauer. Insbesondere die Holzverwendung als Baurohstoff ermöglicht eine C-Festlegung über viele Jahrzehnte.

8. Welchen Einfluss hat die Tierhaltung auf den betrieblichen THG-Saldo?

Tiere verstoffwechseln überwiegend pflanzliche Biomasse, um tierische Erzeugnisse wie Fleisch, Milch, Eier, Wolle usw. zu erzeugen. Die mit dem Futter aufgenommenen C-Mengen werden nur zu einem geringen Teil in die genannten tierischen Produkte eingelagert; der größere Anteil wird über die Atmung der Tiere wieder in die Atmosphäre *emittiert* (besser: abgegeben?). Hinzu kommt, dass besonders die Wiederkäuer in erheblichem Umfang Methan *emittieren*. Die landwirtschaftliche Verwertung der anfallenden organischen Dünger verursacht außerdem im Stall, während der Lagerung, der Ausbringung und der stofflichen Umsetzung auf und im Boden CO₂-, NH₃-, N₂O- und CH₄-Emissionen. Gegenüber dem reinen Ackerbau erhöht die Tierhaltung die Treibhausgas-Emissionen und reduziert die Treibhausgasfixierung in landwirtschaftlichen Produkten (Abb. 4). Diese Effekte nehmen mit steigender Tierbesatzdichte zu.

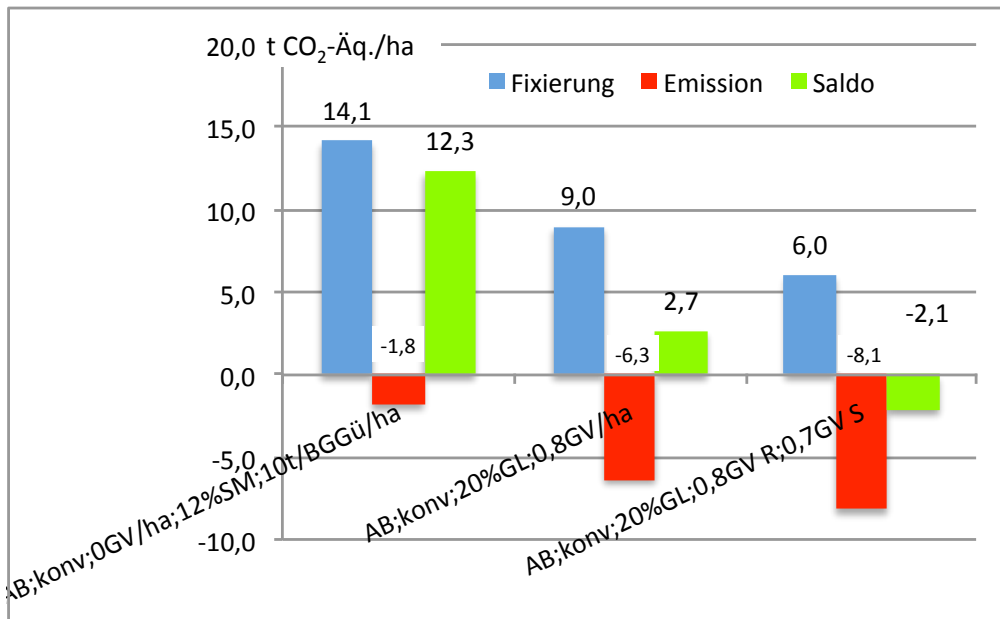


Abbildung 4: THG-Betriebsbilanz (t CO₂-Äq./ha) Ackerbau vs. Gemischtbetrieb mit 0,82 GV/ha Milchrind vs. 0,82 GV Rind und 0,7 GV Schwein/ha (AB = Ackerbau, GL = Grünland, SM = Silomais, BGGü = Biogasgülle, GV R = GV Rind (GV/ha), GV S = GV Schwein (GV/ha))

9. Worin besteht der Unterschied zwischen der CO₂-Aufnahme der Pflanzen und der im Erntegut fixierten Kohlenstoffmenge?

Die von den Pflanzen per Photosynthese aus der Atmosphäre aufgenommene CO₂-Menge übersteigt die im Erntegut fixierte CO₂-Menge ganz erheblich. Die auf der Fläche verbleibende Biomasse (Blätter, Stroh, Sortier-/Reinigungsabfälle und Wurzeln) unterliegen der Verrottung, der darin gebundene Kohlenstoff wird kurz- bis mittelfristig wieder emittiert. Werden Ackerflächen richtigerweise mit einem ausgeglichenen Humus-Saldo bewirtschaftet, ändert sich der C-Gehalt im Boden nicht. Selbst überhöhte Zufuhren an organischer Substanz bewirken kaum Veränderungen des Dauerhumusgehalts (KÖRSCHENS et al. 2018; www.agrarfakten.de/humus-als-co2-senke).

Deshalb bleibt die tatsächliche fotosynthetische Kohlenstoff-Entnahme in der KUL-THG-Bilanzierung für die Landwirtschaft ebenso ohne Beachtung wie die Kohlenstoff-Freisetzung im und auf dem Boden durch die Umsetzung leicht abbaubarer organischer Substanz.

10. Welchen Einfluss haben unterschiedliche Nutzungsformen und Bewirtschaftungsintensitäten auf den Treibhausgas-Saldo?

Die unterschiedlichen Formen und Intensitäten der Landnutzung sind ausschlaggebend für die Höhe des Treibhausgas-Saldos. Um deren Auswirkungen auf den THG-Saldo zu quantifizieren, werden für die in Abb. 1 gezeigte Bezugsebene der Landwirtschaft betriebliche Treibhausgasbilanzen (ECKERT 2006, BREITSCHUH et al. 2008) berechnet.

Die KUL-THG-Bilanz ermöglicht die Anwendung für konkrete Betriebe, aber auch für Simulationsrechnungen. Die nachfolgende Grafik (Abb. 5) verdeutlicht auf der Grundlage von Modellberechnungen mit unterschiedlichen Anbaustrukturen und Tierbesätzen, welche Treibhausgasemissionen, welche CO₂-Fixierung in der Erntemasse und welcher THG-Saldo in kg CO₂-Äquivalenten/ha auftreten. Die Modellbetriebe halten bei modifizierten Produktionsstrukturen die Toleranzbereiche für alle KUL-Kriterien ein, d.h. sie wirtschaften effizient und grundsätzlich umweltverträglich.

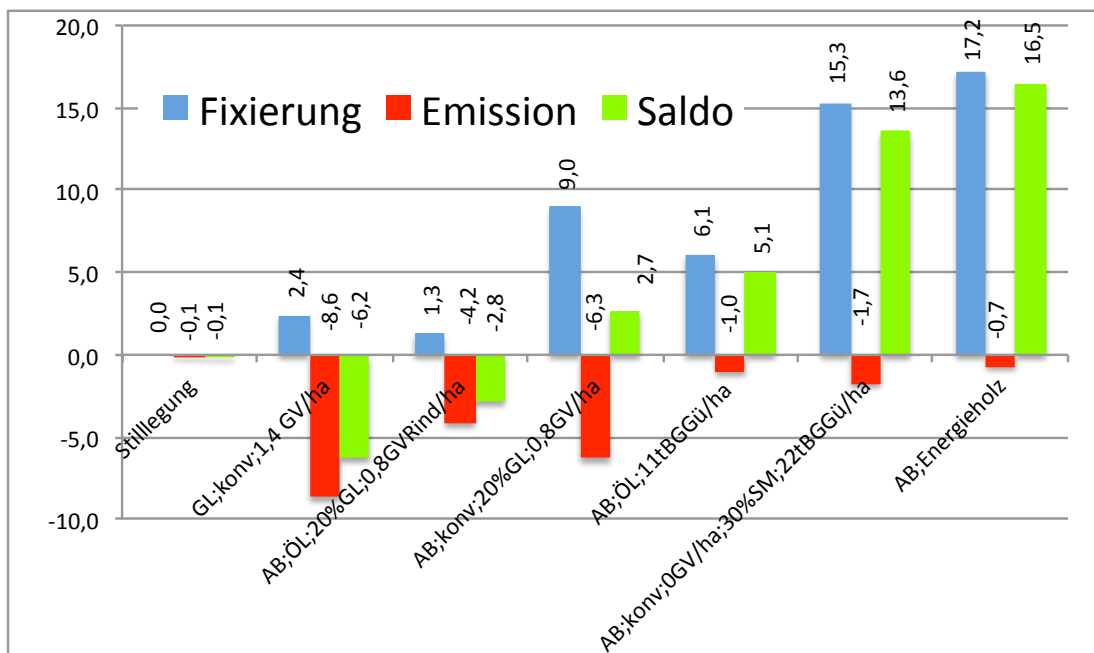


Abbildung 5: THG-Bilanzen unterschiedlicher Landnutzungsformen und -intensitäten (t CO₂-Äq./ha) (konv. konventioneller Landbau), ÖL = Öko-Landbau, AB = Ackerbau, GL = Grünland, SM = Silomais, BGGü = Biogasgülle, GV R = GV Rind (GV/ha), GV S = GV Schwein (GV/ha))

11. Welche Schlussfolgerungen ergeben sich aus den Modellberechnungen?

Die Modellrechnungen bestätigen die Tendenzen, die sich aus den über 900 KUL-Treibhausgasbilanzen für landwirtschaftliche Betriebe im Zeitraum 1994 bis 2019 abzeichnen:

- Unbewirtschaftete und stillgelegte Agrarflächen verfügen über eine ausgeglichene bis leicht positive THG-Bilanz infolge der beginnenden C-Einlagerung in verholzende Biomasse. Werden die Ackerflächen durch einmaliges Mulchen offen gehalten und damit die Verholzung verhindert, entstehen THG-Emissionen infolge des dafür erforderlichen Treibstoffverbrauchs.
- Mit zunehmender Intensität der landwirtschaftlichen Flächennutzung steigen zwar die THG-Emissionen, es findet aber auch aufgrund der höheren Erträge eine deutlich höhere C-Fixierung statt, so dass sich der THG-Saldo verbessert.
- Der Energiepflanzenanbau (meist Ganzpflanzenernte) weist den höchsten THG-Saldo auf, trägt aber nicht zur Nahrungsproduktion bei.
- Der effiziente und umweltverträgliche Landbau ist aus klimapolitischer Sicht dem Öko-Landbau eindeutig überlegen. Standortlich vergleichbare Ökobetriebe emittieren die Hälfte des konventionellen Landbaus. Die klimapolitisch ausschlaggebenden THG-Salden liegen aber im konventionellen Landbau um mehr als 3 t CO₂-Äq./ha höher als im Öko-Landbau.
- Steigende Tierbesatzdichte erhöht die betriebliche THG-Emission, mindert die Kohlenstofffixierung in den Marktprodukten und reduziert die Salden gegenüber dem reinen Ackerbau. Dennoch ist eine Mindestbesatzdichte an Tieren für die Bereitstellung tierischer Produkte, für die Wertschöpfung im ländlichen Raum und für eine vielfältige Landnutzung (Futterpflanzen, organische Düngung) unverzichtbar. Die Grünlandnutzung ist ohne Wiederkäuer und den damit verbundenen hohen THG-Emissionen und entsprechend negativen Salden nicht möglich

Literatur:

Bundesregierung (2019): Klimaschutzprogramm 2030. www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/klimaschutzprogramm-2030-1673578

Breitschuh, G.; Eckert, H.; Matthes, I.; Strümpfel, J. (2008): Kriteriensystem nachhaltige Landwirtschaft (KSNL). Ein Verfahren zur Nachhaltigkeitsanalyse und Bewertung von Landwirtschaftsbetrieben. KTBL-Schrift 466, Darmstadt, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.

Eckert, H. (2006): Erfassen und Bewerten von Treibhausgasemissionen im landwirtschaftlichen Betrieb. (siehe beiliegendes Manuskript)

Grefe, Chr.; Pinzler, P.; Tatje, C. und Theile, M. (2019): Bye-bye, CO₂. Die Zeit vom 19.09.2019 Seite 4

Görner, M.; Schulze, E-D.; Witticke, H. (2019): Klima und Wald. Thüringer CDU-Fraktion –Erfurt.

Körschens, M.; Breitschuh, G. und Eckert, H. (2018): Humus als CO₂-Senke-eine fatale Illusion-Kann der Boden durch drastische Erhöhung des Humussaldos als Kohlenstoffsенke genutzt werden? [www.agrarfakten.de/humus-als-co₂-senke/](http://www.agrarfakten.de/humus-als-co2-senke/)

Im Abschnitt 5

Abb. 3: 2. Säule von oben: Konservierungsverluste (Abtrennung ...**ver-luste**)

Literatur: nach den Vornamen der Autoren: Semikolon oder Kommata – einheitlich ???