

Vergleich von Treibhausgasemissionen unterschiedlich wirtschaftender Modellbetriebe im Alpenvorland

Kasper, M.¹, Freyer, B.¹, Schmid, H.², Hülsbergen, K.J.², Amon, B.³ und Friedel, J.K.¹

Keywords: Treibhausgasemissionen, Betriebsformen, Modell REPRO, N₂O-Szenario

Abstract

About 8.8 % (UBA 2010) of the total greenhouse gas (GHG) emissions in Austria are caused by agricultural practices. Besides the release of climate relevant gases, C-sequestration occurs depending on the natural conditions and farming system.

The focus of the project was to describe the GHG-emissions and sinks of the most relevant farming types, both organic and conventional, within the main production areas in Austria. Results of an intensively cultivated region in the North-West are presented. Based on the input data, six model-farms were created with the programme REPRO, whereby forage production, cash crops and refinement systems were considered.

All systems had a positive humus balance and sequestered carbon in the soil, especially forage production systems. Due to the use of mineral fertilizers, a higher N-balance occurred in all conventional systems. Organic systems on the other hand were able to utilize nutrients to a wider extent. The GHG-potential related to area was at least 29 % higher at conventional compared to organic systems, whereby N₂O-emissions, calculated according to IPCC 1997, were most relevant. Differences were reduced and results even reversed calculating the GHG-potential per product unit. When calculating the N₂O-Emissions with an increased N₂O emission factor of 2.5 % of N input in a scenario, the emissions increased almost proportionally.

Einleitung und Zielsetzung

Rund 8,8 % (UBA 2010) der gesamten österreichischen Treibhausgas-(THG)-Emissionen entfallen auf den Sektor Landwirtschaft. Abgesehen von der Freisetzung klimarelevanter Gase wird auch, abhängig von den natürlichen Gegebenheiten und der Art der Nutzungssysteme, Kohlenstoff in den Böden eingelagert.

Das Projekt befasst sich mit der Modellierung und Darstellung THG-relevanter Emissionen und Senken der wichtigsten landwirtschaftlichen Betriebsformen (BF), ökologisch (öko) im Vergleich zu konventionell (konv) bewirtschaftet, in den Hauptproduktionsgebieten Österreichs. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Abbildung des Pflanzenbaus mit seinen vor- und nachgelagerten Bereichen. Im Folgenden werden die Ergebnisse der vorherrschenden BF an Hand von Modellbetrieben einer intensiv genutzten Region in Nord-West Österreich, dem Alpenvorland, erläutert.

¹ Universität für Bodenkultur, Institut für Ökologischen Landbau, Gregor-Mendel-Strasse 33, 1180 Wien, Österreich, martina.kasper@boku.ac.at, www.nas.boku.ac.at/oekoland.html.

² Technische Universität München, Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, Alte Akademie 12, 85354 Freising, Deutschland, huelsbergen@wzw.tum.de, www.wzw.tum.de.

³ Universität für Bodenkultur, Institut für Bodenforschung, Peter-Jordan-Straße 82, 1190 Wien, Österreich, barbara.amon@boku.ac.at, www.wabo.boku.ac.at/512.html

Methoden

Im Alpenvorland sind vor allem Futterbau- (FB), Marktfrucht- (MF) und Veredelungs- (VE) angesiedelt. Die Datengrundlagen der Modellbetriebe wurden aus den Invekos-Datensätzen dieser insgesamt 22876 Betriebe generiert. Diese drei BF, jeweils öko und konv, decken zusammen 93 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN) und über 95 % der Betriebe des Alpenvorlandes ab. Die BF FB (öko bzw. konv) hat neben intensiv bewirtschaftetem Grünland (69 bzw. 54 %) Silomais (2 bzw. 11 %), Weizen (3 bzw. 6 %), Wintergerste (2 bzw. 5 %) und Klee gras (7 bzw. 5%). Die bedeutendsten Tierarten sind Milchkühe, Rinder/Färsen-Jungvieh und Schafe. Die BF MF erzeugt zum Großteil Weizen (18 bzw. 25 %) und Körnermais (5 bzw. 22 %), sowie Wintergerste (4 bzw. 9 %), Sojabohnen (3 bzw. 7 %) und Raps (1 bzw. 6 %). Brache und Grünland weisen je 4–7 % auf. Bei der BF VE spielen Körnermais (11 bzw. 28 %), Weizen (10 bzw. 18 %), Wintergerste (9 bzw. 16 %), Grünland (20 bzw. 7 %), Raps (1 bzw. 5 %), Brache (2 bzw. 5%) und CCM (2 bzw. 5 %) die wichtigste Rolle. Relevante Tierarten sind Zucht- und Mastschweine sowie Geflügel. Ausgehend davon wurden für jede BF die Bewirtschaftungsdaten bzgl. Pflanzenbau, Tierbesatz und Tierhaltung, Maschinen und Verfahren sowie deren Energieverbrauch ermittelt und im Modellbetrieb berücksichtigt. Düngergaben, Pflanzenschutzintensität, Produktionsverfahren und Erträge von Haupt-, Zwischenfrucht und Untersaat entsprechen den regionalen BF (in Absprache mit Experten der Agrarverwaltung und -beratung). Der mineralische Stickstoffdüngereinsatz zu den einzelnen Kulturen wurde aus dem Entzug abgeleitet und mit Düngungsempfehlungen und dem Aufkommen an Wirtschaftsdünger abgeglichen. Diese Angaben stellten die Grundlage für die Modellbetriebe und Szenariorechnungen dar.

Im Modell REPRO (Küstermann *et al.* 2008) wurden die Berechnungen zu den Humus-, Stickstoff- und THG-Bilanzen durchgeführt. In die THG-Bilanz gehen Ergebnisse der Humusbilanz (C-Bindung Boden), der Energiebilanz (anbaubedingte CO₂-Emissionen) und der Stickstoffbilanz (N₂O-Emissionen) ein. Die Emissionen werden unter Nutzung der spezifischen Treibhauspotentiale in CO₂-Äquivalente [CO₂ eq] umgerechnet. Die Berechnung der N₂O-Emissionen erfolgt unter Verwendung des IPCC-Ansatzes (IPCC 1997), wobei unterstellt wird, dass 1,25 % des dem Boden zugeführten Stickstoffs (organische und mineralische Düngung, N₂-Fixierung und N-Deposition) als N₂O-N emittiert werden. Bei Untersuchungen an einem vergleichbaren Standort in Bayern wurden höhere N₂O-Emissionen (2,5 % des dem Boden zugeführten Stickstoffs) gemessen (Flessa *et al.* 2002). Dies wurde in einer Szenario-Berechnung vergleichend zugrunde gelegt.

Ergebnisse

Die Humusbilanz (Tabelle 1) nach der dynamischen HE-Methode (Hülsbergen *et al.* 2000) lässt deutliche Unterschiede zwischen den drei BF erkennen. Die BF FB hatte den geringsten Bedarf und durch die Humusmehrerleistung und die Mengen an zugeführter organischer Substanz, vor allem Stallmist und Gülle, ergab sich bei dieser BF ein sehr hoher Humussaldo. Das Verhältnis von Bedarf und Ersatzleistung war bei den BF MF und VE ausgeglichener, wobei letztere den höchsten Humusbedarf hatte. Bei beiden BF war auch die anfallende Gülle bzw. die Stroh- und Gründüngung zur Humusmehrerleistung bedeutsam. Unterschiede zwischen konv und öko fand man bei der Humusmehrerleistung, die bei den öko BF deutlich höher war. Grund dafür ist z. B. das breitere Fruchtartenspektrum im ökologischen Landbau. Generell befanden sich die Humussalden der konv und öko BF jeweils in ähnlichen Bereichen.

Tabelle 1: Humusbilanz (HE-Methode, dynamisch) aller Modellbetriebe bezogen auf 1 ha Ackerfläche

Kennzahl	Einheit	Futterbau		Marktfrucht		Veredelung	
		konv	öko	konv	öko	konv	öko
HE-Bedarf	kg Hu-C ha ⁻¹ a ⁻¹	393	387	448	479	500	566
HE-Humusersatzleistung ^{a)}	kg Hu-C ha ⁻¹ a ⁻¹	699	722	511	581	664	655
Humusmehrerleistung ^{b)}	kg Hu-C ha ⁻¹ a ⁻¹	221	364	51	180	34	112
Stroh- & Gründüngung	kg Hu-C ha ⁻¹ a ⁻¹	94	33	403	340	375	349
Org. Wirtschaftsdünger	kg Hu-C ha ⁻¹ a ⁻¹	384	325	57	61	255	194
Humussaldo	kg Hu-C ha ⁻¹ a ⁻¹	306	336	63	102	164	89

^{a)} HE-Humusersatzleistung ergibt sich aus der Humusmehrerleistung und den Düngern

^{b)} Humusanreicherung durch Zwischenfrucht-, Leguminosenanbau, Stilllegung, etc.

Der N-Entzug (Tabelle 2) und die -Zufuhr waren bei allen konv BF deutlich höher als bei den öko BF. Bei den konv BF dominierte die N-Zufuhr durch den mineralischen und organischen Dünger, wobei MF-Betriebe überwiegend Mineraldünger einsetzen, VE-Betriebe hingegen auch verstärkt organischen Wirtschaftsdünger. Die öko BF verzichten auf Mineraldünger, daher sind die Hauptzufuhren an Stickstoff organische Dünger und die N-Fixierung. Sie weisen eine bessere Nährstoffausnutzung, die sich aus dem Quotienten aus Entzug und Zufuhr ergibt, auf als die konv BF. Insgesamt waren die N-Salden bei den konv BF deutlich höher.

Tabelle 2: Stickstoffbilanz aller Modellbetriebe bezogen auf 1 ha LN

Kennzahl	Einheit	Futterbau		Marktfrucht		Veredelung	
		konv	öko	konv	öko	konv	öko
N-Entzug (Abfuhr)	kg N ha ⁻¹ a ⁻¹	236	197	123	76	122	98
N-Zufuhr	kg N ha ⁻¹ a ⁻¹	325	195	219	149	272	187
Immission	kg N ha ⁻¹ a ⁻¹	12	12	12	12	12	12
Saatgut	kg N ha ⁻¹ a ⁻¹	1	1	2	3	2	3
Symbiot. N-Fixierung	kg N ha ⁻¹ a ⁻¹	34	56	13	56	7	41
Mineraldünger	kg N ha ⁻¹ a ⁻¹	126	0	126	0	89	0
Stroh- & Gründüngung	kg N ha ⁻¹ a ⁻¹	15	7	53	64	46	53
Org. Wirtschaftsdünger	kg N ha ⁻¹ a ⁻¹	137	119	13	14	116	82
N-Saldo (mit Δ Bodenvorrat)	kg N ha ⁻¹ a ⁻¹	61	-17	38	-1	90	31

^{a)} N-Zufuhr ergibt sich aus Immissionen, Saatgut, Symb. N-Fixierung, und Düngern

Die drei BF unterscheiden sich in den Mengen an THG-Emissionen (Tabelle 3). Wesentlichen Einfluss darauf haben die Energiebindung und der Ernteertrag. Durch die ökologische Bewirtschaftung ergeben sich flächenbezogen deutlich geringere THG-Emissionen im Vergleich zu den konv BF (FB: -45 %; MF: -53 %; VE: -29 %). Produktbezogen verringern sich diese Unterschiede und können sich teilweise bei VE auch umkehren. Bei Berücksichtigung eines höheren N₂O-Emissionsfaktors erhöhen sich die THG-Emissionen entsprechend.

Tabelle 3: Treibhausgasbilanz aller Modellbetriebe bezogen auf 1 ha LN

Kennzahl	Einheit	Futterbau		Marktfrucht		Veredelung	
		konv	öko	konv	öko	konv	öko
Energiebindung gesamt	GJ ha ⁻¹ a ⁻¹	185	143	115	63	121	85
Ernteertrag gesamt	GE ha ⁻¹ a ⁻¹	65	48	73	36	74	44

CO ₂ -Emissionen Anbau	g CO ₂ eq ha ⁻¹ a ⁻¹	1278	818	801	370	1025	601
N ₂ O-Emissionen IPCC	g CO ₂ eq ha ⁻¹ a ⁻¹	1745	1026	1243	860	1446	1004
C-Bindung Boden ^{a)}	g CO ₂ eq ha ⁻¹ a ⁻¹	-501	-335	-211	-345	-557	-260
THG-Potential ^{b)}	g CO ₂ eq ha ⁻¹ a ⁻¹	2099	1147	1792	843	1554	1100
THG-Potential ^{c)}	g CO ₂ eq GJ ⁻¹ a ⁻¹	11	8	16	13	13	13
THG-Potential ^{c)}	g CO ₂ eq GE ⁻¹ a ⁻¹	32	24	25	24	21	25
N ₂ O-Emissionen erhöht	g CO ₂ eq ha ⁻¹ a ⁻¹	3491	2052	2486	1719	2891	2008

^{a)} positive Werte bedeuten einen Humusabbau und die Abgabe von Boden-C an die Atmosphäre

^{b)} bezieht sich auf die Fläche

^{c)} bezieht sich auf das Produkt (Gesamt: Haupt- und Nebenprodukte); GE: Getreideeinheit

Diskussion

Der Humussaldo fällt für alle BF positiv aus. Besonders unter Futterbau ergibt sich ein sehr hohes Potenzial der Humusversorgung mit über 300 kg Humus-C pro ha und Jahr. Aufgrund der N-Überschüsse bei konventioneller Bewirtschaftung kann angenommen werden, dass es hier eher zu potenziellen N-Verlusten kommt. Grund für die unterschiedlichen Ergebnisse zwischen flächen- und produktbezogenen THG-Emissionen bei ökologischer und konventioneller Bewirtschaftung sind vor allem die Ertragsmengen, die Bewirtschaftungsintensität und die Einlagerung von C in den Boden.

Schlussfolgerungen

Die Art der Bewirtschaftung (Betriebsform, Bewirtschaftungsweise und -intensität) spiegelt sich in den Bilanzen wider. Da die Humusbilanzen durchweg positiv sind, wird Kohlenstoff im Humus gebunden. Die Emissionen klimarelevanter Gase aus dem Bereich Anbau inklusive Düngung sind jedoch höher als diese C-Bindung. Auf die N₂O-Emissionen entfällt dabei der größte Anteil. Verstärkt wird dieser Einfluss maßgeblich, wenn ein höherer N₂O-Emissionsfaktor angenommen wird.

Danksagung

Das Projekt wurde durch den Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms „Energie der Zukunft“ zusammen mit der TU München durchgeführt. Besonderen Dank den Beratern der Landwirtschafts- und Bezirksbauernkammern sowie den Mitarbeitern der Abteilung II des BMLFUW.

Literatur

- Flessa H., Ruser R., Dörsch P., Kamp T., Jimenez M. A., Munch J. C., Beese F. (2002): Integrated evaluation of greenhouse gas emissions (CO₂, CH₄, N₂O) from two farming systems in southern Germany. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 91 (1-3): 175 - 189.
- Hülsbergen K. J. (2003): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Habilitationsschrift, Verlag Shaker, Aachen.
- IPCC (Hrsg.) 1997. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual. Intergovernmental Panel on Climate Change, Paris.
- Küstermann B., Kainz M., Hülsbergen K.-J. (2008): Modeling carbon cycles and estimation of greenhouse gas emissions from organic and conventional farming. *Renewable Agriculture and Food Systems* 23: 38-52.
- LfL (2007): Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland, Gelbes Heft. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.).
- UBA (2010): Austria's National Inventory Report 2010.