

## Modellberechnungen für treibhausgasrelevante Emissionen und Senken in landwirtschaftlichen Betrieben Ost-Österreichs

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

*Keywords: Betriebstypen, Treibhausgasemissionen, C-Speicherung, Modell REPRO.*

### Abstract

*Agricultural systems are in different ways involved in the emission and capture of climate-relevant gases. Within this project the data and calculation basis is prepared in order to create profiles of greenhouse relevant emissions and sinks within the 8 main production areas in Austria. In each area, the two leading farm types are modelled with REPRO as it combines the analysis of C, N and energy flows in the soil-plant-animal environment system. As an example, results of the north-eastern main production area are presented.*

### Einleitung und Zielsetzung

Die österreichische Landwirtschaft verzeichnete 2008 einen Ausstoß von 7.631 Gg CO<sub>2</sub>-Äquivalenten, was 8,8 % der gesamten österreichischen Treibhausgas-emissionen entspricht. Andererseits haben landwirtschaftliche Böden das Potential, C zu speichern, wobei die Menge von mehreren Einflussfaktoren (z.B. Bewirtschaftungssystem) abhängt. Um die Effizienz konventioneller und ökologischer Bewirtschaftungssysteme in Bezug auf die C-Speicherung im Boden zu ermitteln, wird der Humusgehalt herangezogen, womit die Mengen an organischem C berechnet und einander gegenübergestellt werden. Neben den Anbausystemen beeinflussen weitere Faktoren wie Bodenart und Klima den Humusgehalt. Aus den verschiedenen Informationen lassen sich Aussagen über die standortbezogene Effizienz konventioneller und ökologischer Bewirtschaftungssysteme in Bezug auf die C-Speicherung und deren Beitrag zur Minderung der Treibhausgasemissionen ableiten.

Die wesentlichen Projektziele sind die Optimierung von Daten- und Berechnungsgrundlagen für eine umfassende Darstellung von Profilen treibhausgasrelevanter Emissionen und Senken landwirtschaftlicher Betriebstypen in Österreich, sowie die Modellierung treibhausgasrelevanter Emissionen und Senken der wichtigsten landwirtschaftlichen Betriebstypen Österreichs in den acht Hauptproduktionsgebieten mit dem Modell REPRO (Hülsbergen, 2003; Küstermann et al. 2008). Das Hauptproduktionsgebiet „Nordöstliches Flach- und Hügelland“ mit den beiden vorherrschenden Betriebstypen „Marktfrucht“ und „Dauerkultur“ wird im folgendem dargestellt.

### Methoden

Um eine Aussage über die treibhausgasrelevanten Emissionen der wichtigsten Betriebstypen Österreichs zu erlangen, wurden diese auf der Basis statistischer Daten, respektive der

<sup>1</sup> Universität für Bodenkultur, Institut für Ökologischen Landbau, Gregor-Mendel-Strasse 33, 1180, Wien, Österreich, [martina.kasper@boku.ac.at](mailto:martina.kasper@boku.ac.at), [www.nas.boku.ac.at/oekoland.html](http://www.nas.boku.ac.at/oekoland.html)

<sup>2</sup> Universität für Bodenkultur, Institut für Landtechnik, Peter-Jordan-Strasse 82, 1190, Wien, Österreich, [barbara.amon@boku.ac.at](mailto:barbara.amon@boku.ac.at), [www.nas.boku.ac.at/ilt.html](http://www.nas.boku.ac.at/ilt.html)

<sup>3</sup> Technische Universität München, Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, Alte Akademie 12, 85354 Freising, Deutschland, [huelsbergen@wzw.tum.de](mailto:huelsbergen@wzw.tum.de), [www.wzw.tum.de](http://www.wzw.tum.de).

Invekos Daten (**I**ntegriertes **V**erwaltungs- und **K**ontrollsystem der EU), in den acht Hauptproduktionsgebieten identifiziert und jeweils die beiden vorherrschenden Betriebstypen festgestellt. Relevante Datensätze mit Informationen zu den Regionen und Betriebstypen im Bezug auf den Pflanzenbau, Tierbesatz, Maschinen und Verfahren bilden die Grundlage für die Modellierung betrieblicher und regionaler Landnutzungen, die im Modell REPRO abgebildet werden. Diese Modellbetriebe (jeweils für ökologische und konventionelle Bewirtschaftungsweise) entsprechen den vorherrschenden Betriebstypen in jedem Hauptproduktionsgebiet.

Der Tier- und Pflanzenbestand des betrachteten Betriebstyps wird, entsprechend den zur Verfügung stehenden agrarstatistischen Daten, in vereinfachter Differenzierung, die mindestens 90% des Bestandes abdeckt, dem Modellbetrieb zugewiesen. Beim Anlegen der Modellbetriebe wurde darauf geachtet, dass das regionale Anbauverhältnis mit abgebildet wurde und die Bewirtschaftung soweit erforderlich unter Bei-behaltung der Schlagstruktur über längere Zeiträume fortgeschrieben werden kann.

Die Betriebsstruktur in den Modellbetrieben (jeweils für ökologische und konventionelle Bewirtschaftungsweise) wird mit folgenden Daten beschrieben:

- 100 ha LW Nutzfläche, wobei die Schlaggröße dem Flächenanteil der Fruchtart (ab 1 % Flächenanteil) in diesem Betriebstyp entspricht
- Düngergaben, Pflanzenschutzintensität, Produktionsverfahren und Erträge (der Hauptfrucht, Zwischenfrucht, Untersaat) entsprechen regionalen Betriebstypen
- Abgebildete Tierbestandsstrukturen für Futterbaubetriebe: Milchvieh, Nachzucht, Bullenmast (eventuell Mutterkuhhaltung)
- Weide- und Stallhaltung mit Flüssigmist (Kälber < 3 Monate Strohhaltung), Eigenfutterproduktion (ausgenommen Mineralfutter und Eiweißfutter)

Die Tierhaltungsform und -fütterung sowie die Weide- bzw. Stallhaltung der viehhaltenden Modellbetriebe entspricht den für die betrachtete Region vorherrschenden Haltungsverfahren und Bedingungen.

Zu den pflanzenbaulichen Parametern der Modellbetriebe zählen die Erträge, Trockenmasse- und Nährstoffgehalte der angebauten Kulturen. Die verwendeten Stickstoff- und Phosphorgehalte der Ernteprodukte entstammen der Datensammlung der LfL Bayern (LfL 2007). Aufgrund des Fehlens statistischer Erhebungen bzgl. des mineralischen N-Düngereinsatzes wurden diese Werte als Funktion aus anderen Größen abgeleitet. Der Gesamt-N-Bedarf wird als Funktion des Ertrages ermittelt (modifiziert nach Wendland et al. 1993). Der abgeleitete N-Bedarf wird anhand der Düngungsempfehlungen der LLG (LLG 2001) angepasst. Dieser Düngerbedarf wird mit dem Wirtschaftsdüngeraufkommen abgeglichen, wobei die pflanzenbauübliche Praxis der Düngerezufuhr berücksichtigt wird. Vom Gesamt-N-Bedarf wird der mit den Wirtschaftsdüngern, Bioabfallkompost und Klärschlamm ausgebrachte Stickstoff anteilmäßig abgezogen. Daraus werden anschließend der Mineral-N-Einsatz der einzelnen Kulturen abgeschätzt und die Verordnungen zur Ausbringung von Bioabfallkompost und Klärschlamm bedacht.

Im Allgemeinen werden sämtliche Parameter in Absprache mit den Ämtern besprochen und angepasst. Die Modellbetriebe bilden des Weiteren die Grundlage für die Szenario-rechnungen zu klimatischen Auswirkungen auf C- und N-Kreisläufe in landwirtschaftlichen Betrieben.

## Ergebnisse und Diskussion

Die vorläufigen Ergebnisse, an deren Validierung noch gearbeitet wird, beziehen sich auf Modellbetriebe aus dem Hauptproduktionsgebiet „Nordöstliches Flach- und Hügelland“ im Nordosten Österreichs, wo die Betriebstypen „Marktfrucht“ und „Dauerkultur“ vorherrschen und insgesamt fast 85 % der LW Nutzfläche einnehmen.

Die Berechnungen für die Humusbilanz basieren auf der HE-Methode (dynamisch) von Leithold et al. (1997). Die errechnete Humusversorgung befindet sich generell im optimalen Bereich. Der Humussaldo der modellhaften Marktfruchtbetriebe entspricht mit 23 bzw. 116 kg C ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup> (konventionell bzw. ökologisch) den Versorgungsstufen C bzw. D. Die Ergebnisse der Dauerkulturbetriebe ergeben hingegen -17 bzw. -41 kg C ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup> (konventionell bzw. ökologisch), und werden der Versorgungsstufe C zugeordnet. Die humuszehrende Wirkung des Weinanbaus kann durch die Humusersatzleistung nicht kompensiert werden, besonders bei dem durch die ökologische Wirtschaftsweise bedingten höheren Humusbedarf.

Der Stickstoffsaldo bei den beiden konventionellen Betrieben ist insgesamt höher im Vergleich zu den ökologischen Betrieben (siehe Tabelle 1), was vor allem auf die Verwendung von Mineraldünger zurückzuführen ist. Die ökologischen Modellbetriebe weisen dadurch im Vergleich eine höhere Nährstoffverwertung auf.

**Tabelle 1: Flächenbezogene Nährstoffbilanz**

Kennzahl	Einheit	konventionell		ökologisch	
		Marktfrucht	Dauerkultur	Marktfrucht	Dauerkultur
N-Saldo (mit $\Delta$ Bodenvorrat)	kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	36,3	49,0	11,0	32,1
N-Saldo (ohne $\Delta$ Bodenvorrat)	kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	38,5	47,0	21,9	28,0
N-Ausnutzung	%	76,7	71,8	86,9	83,2
P-Saldo	kg P ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	4,8	3,4	-10,6	-7,6
K-Saldo	kg K ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	-5,9	-10,0	-33,3	-30,5

Mit der Ausbringung von mineralischem Dünger sind ebenfalls die höheren Werte des Phosphor- und des Kali-Saldos der konventionellen Betriebe zu begründen.

Die Energiebilanz (Tabelle 2) der vier Modellbetriebe zeigt einen deutlich geringeren Energieeinsatz der ökologischen Betriebstypen von 3,8 und 3,7 GJ ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup> im Vergleich zu den konventionellen Modellbetrieben mit 9,4 bzw. 7,8 GJ ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup>. Obwohl die ökologischen Modellbetriebe auch einen niedrigeren Energie-Output aufweisen als die konventionellen Modelle, wird deutlich, dass der Betriebstyp Marktfrucht generell einen höheren Energie-Output verursacht als der Betriebstyp Dauerkultur (Tabelle 2).

**Tabelle 2: Energiebilanz**

Kennzahl	Einheit	konventionell		ökologisch	
		Marktfrucht	Dauerkultur	Marktfrucht	Dauerkultur
Energie-Einsatz	GJ ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	9,4	7,8	3,8	3,7
Netto-Energie-Output	GJ ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	76,7	55,0	56,3	44,2
Output/Input-Verhältnis		9,2	8,0	15,9	13,0

Die ökologischen Modellbetriebe emittieren weniger als die Hälfte an CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den Anbau (direkter und indirekter Energieeinsatz wie Maschinen, Geräte, Investitionsgüter und Betriebsmittel) (Tabelle 3). Die Nutzung von Mineraldüngern und Pflanzenschutzmitteln beeinflusst beträchtlich die Ergebnisse. Das Treibhausgas-potential der Marktfruchtbetriebe ist, vor allem bei den ökologisch bewirtschafteten Betrieben, geringer als das Potential der Modellbetriebe mit Dauerkultur.

**Tabelle 3: Treibhausgasbilanz**

Kennzahl	Einheit	konventionell		ökologisch	
		Marktfrucht	Dauerkultur	Marktfrucht	Dauerkultur
CO <sub>2</sub> -Emissionen durch den Anbau	kg CO <sub>2</sub> eq ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	778,9	650,6	318,1	309,6
N <sub>2</sub> O – Emissionen <sup>1)</sup>	kg CO <sub>2</sub> eq ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	939,0	951,6	963,0	962,1
C -Sequestrierung <sup>2)</sup>	kg CO <sub>2</sub> eq ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	-85,1	63,9	-425,7	149,0
Treibhausgaspotential flächenbezogen	kg CO <sub>2</sub> eq ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	1632,7	1666,1	855,4	1420,7

<sup>1)</sup>N<sub>2</sub>O-Emissionen berechnet nach IPCC (2001)

<sup>2)</sup>Positive Werte bedeuten einen Humusabbau, negative Werte einen Humusaufbau

## Schlussfolgerungen

Konventionelle und ökologische Betriebstypen unterscheiden sich wesentlich in ihren Bilanzen voneinander. Vor allem der Einsatz von Mineraldüngern der konventionellen Betriebstypen trägt signifikant zu den Unterschieden in den Bilanzen bei.

## Danksagung

Dieses Projekt wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms „ENERGIE DER ZUKUNFT“ zusammen mit der TU München durchgeführt. Dank gilt vor allem den Beratern der Landwirtschafts- und Bezirksbauernkammern sowie den Mitarbeitern der Abteilung II des BMLFUW.

## Literatur

- Hülsbergen, K.J. (2003): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Habilitationsschrift. Verlag Shaker, Aachen.
- IPCC. 2001. Climate Change: The Scientific Basis. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- 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.
- Leithold G., Hülsbergen K.-J., Michel D., Schönmeier H. (1997): Humusbilanzierung – Methoden und Anwendung als Agrar-Umweltindikator. In: Deutsche Bundesstiftung Umwelt (Hrsg.). Initiativen zum Umweltschutz 5, Umweltverträgliche Pflanzenproduktion, Zeller Verlag Osnabrück 5: 43-54.
- LfL (2007): Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland, Gelbes Heft. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.).
- LLG (2001): Grundlagen der Düngebedarfsermittlung für eine gute fachliche Praxis beim Düngen. Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt (Hrsg.).
- Wendland F., Albert H., Bach M., Schmidt R. (1993): Atlas zum Nitratstrom in der Bundesrepublik Deutschland. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York.