

## Energieeffiziente Bodenbearbeitung im biologischen Ackerbau

Theurl, M.C.<sup>1,2</sup>, Hörtenhuber, S.<sup>1,3</sup>, und Surböck, A.<sup>1</sup>

*Keywords: nachhaltige Landwirtschaft, Energieeffizienz, Ackerbau, Klimarelevanz*

### Abstract

*Soil management techniques require both in conventional and organic agricultural systems high amounts of energy which are related to the emissions of greenhouse gases and climate change as well as an increasing dependence on fossil fuels. This paper examines ecological and economic effects of reduced tillage techniques and ploughing over two years with the crops winter wheat and sugar beet. The tillage trial was carried out on a Chernozem soil in a semi-arid region in Austria. The results show 31 % lower energy consumption for reduced tillage over both crops. Interestingly, the ploughing variant resulted in 12 % higher sugar beet yield, but showed 12 % lower wheat yields per hectare. An economic evaluation of both variants did not identify differences over the whole cropping period. The results show, that the integration of agricultural upstream processes such as fertilizer production and the consideration of soil mineralization processes are essential in drawing a holistic picture on climate change mitigation potentials in agriculture.*

### Einleitung und Zielsetzung

Der Biolandbau setzt sich eine nachhaltige Produktionsweise zum Ziel. Auch die biologische Produktion basiert auf dem Einsatz fossilen Energieträger. Daher ist für die Analyse ökologischer Nachhaltigkeit der Energieeinsatz von zentraler Bedeutung. Neben steigenden Treibstoffkosten und einhergehender steigender Relevanz für betriebswirtschaftliche Überlegungen, hat die Verbrennung von mineralölbasierten Treibstoffen klimatische Folgewirkungen.

Ziel der vorliegenden Arbeit war die Erarbeitung eines tiefergehenden Verständnisses einer nachhaltigen Wirtschaftsweise. Untersucht wurden herkömmliche und reduzierte Bodenbearbeitungsvarianten hinsichtlich ihres Energieeinsatzes (Dieselverbrauch) je Flächeneinheit (MJ/ha) und ihrer Treibhausgasemissionen je Flächeneinheit (CO<sub>2</sub>/ha) und je erzeugter Tonne (CO<sub>2</sub>/t). Darüber hinaus wurden ökonomische Effekte der beiden Bodenbearbeitungsvarianten in Form von Maschinenselbstkosten (€/ha) und Arbeitszeitentgelt (€/ha) betrachtet. Von weiterer Bedeutung war die Frage ob und welche Auswirkungen eine reduzierte Bodenbearbeitung auf Erträge zeigt?

### Methoden

Grundlage für diese Arbeit sind Primärdaten eines On-Farm-Streifenversuches auf einem biologisch bewirtschafteten Praxisbetriebs in der Nähe von Hollabrunn in

---

<sup>1</sup> Forschungsinstitut für biologischen Landbau (Österreich), Doblhoffgasse 7/10, A-1010 Vienna

<sup>2</sup> Alpen Adria University of Klagenfurt, Institut für Soziale Ökologie, Schottenfeldgasse 29, A-1070 Vienna, Austria

<sup>3</sup> University of Natural Resources and Applied Life Sciences Vienna, Institut für Nutztierwissenschaften, Gregor-Mendel-Str. 33, A-1180 Vienna

Niederösterreich (Bodenart: schluffiger Lehm, 8,8 °C Jahresdurchschnittstemperatur, 500 mm Durchschnittsjahresniederschlag). In dem Versuch wird seit Herbst 2004 eine reduzierte Bodenbearbeitung mit einem Grubber (Nachbau nach dem System Wenz Eco-Dyn) mit einer herkömmlichen Pflugvariante (Kontrolle) verglichen. Die beiden Varianten unterscheiden sich hinsichtlich Grundbodenbearbeitung und Saatbettbereitung, die Saat und eine mechanische Beikrautregulierung wurden in der Grubber- und der Pflugvariante weitgehend gleich gestaltet. Detaillierte Informationen zur Art und Leistung der eingesetzten Maschinen, Länge der Wegstrecken zum Feld und der Arbeitskraftstunden jedes einzelnen Bodenbearbeitungsschrittes am Feld und für die Rüst- und die Wegzeiten wurden mit Hilfe einer Datenerhebungsmatrix direkt beim Betriebsleiter ermittelt. Weitere Primärdaten vom Betrieb betreffen die Kosten des Saatgutes sowie die Höhe von Erträgen und die beim Verkauf erzielten Erlöse. Der Kraftstoffverbrauch sowie die Ermittlung der Maschinenselbstkosten wurden online-Datensammlungen entnommen (KTBL 2014, ÖKL 2014 a, b). Für die Umrechnung des Kraftstoffeinsatzes in Energie (MJ) und Treibhausgasemissionen (kg CO<sub>2</sub>) wurden Standardenegieeinheiten und Konversionsfaktoren des MIT (2014) und des IPCC (2014) verwendet. Eine Abschätzung der Kosten für Lohnansatz und Lohnarbeit basiert auf Kollektivverträgen von Landarbeitern in Österreich und Standardannahmen (BMLFUW 2012).

Mögliche Humusanreicherung aufgrund der reduzierten Bodenbearbeitung bzw. Kohlenstoffabbau unter Verwendung des Pfluges (siehe u.a. Hülsbergen und Küstermann 2007) wurde bei der Berechnung der Treibhausgasemissionen nicht berücksichtigt. Für die ökonomische Bewertung wurden weder Europäische noch Österreichische Flächenprämien berücksichtigt, jedoch Kosten und Erlöse durch Erträge, Maschinenenselbstkosten und Arbeitskosten.

## Ergebnisse und Diskussion

Die Grubbersvariante weist einen deutlich niedrigeren Energieeinsatz im Vergleich zur Pflugvariante auf, der über beide Kulturen rund 33 % beträgt (Tabelle 1). Während die Streifenversuche ein höheres Ertragsniveau bei Winterweizen in der Grubbersvariante zeigen, sind die Erträge für Zuckerrüben geringer. Generell war das Ertragsniveau bei den Zuckerrüben im Jahr 2013 mittel bis hoch, während die Erträge des Winterweizens 2012 aufgrund der Trockenheit sehr gering ausfielen.

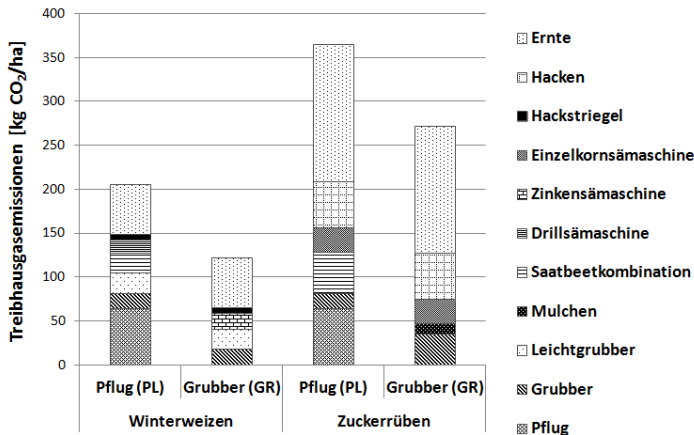
**Tabelle 1: Energieeinsatz und Ertrag bei Winterweizen und Zuckerrüben in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante.**

Kultur, Anbaujahr	Energieeinsatz (MJ/ha)		Ertrag (kg/ha)		Energie- einsatz Differenz in %	Ertrag Differenz in %
	Pflug	Grubber	Pflug	Grubber		
Winterweizen, 2012	2.757	1.636	1.349	1.509	-41	+12
Zuckerrüben, 2013	4.915	3.657	65.800	57.667	-26	-12

\* relativ zum Energieeinsatz bzw. Ertrag der Pflugvariante

Der deutlich niedrigere Energieeinsatz der Grubbersvariante korreliert mit den Treibhausgasemissionen, die somit je Hektar geringer sind als für die Pflugvarianten (Abbildung 1). Je Flächeneinheit sind die Emissionen für die gepflügten Zuckerrüben

am höchsten (361 kg CO<sub>2</sub>/ha) und bei der Grubbervariante des Winterweizens am niedrigsten (121 kg CO<sub>2</sub>/ha). In beiden Varianten der Zuckerrübe und in der Grubbervariante des Winterweizens sind die Treibhausgasemissionen der Ernte zum überragenden Teil für die gesamten Emissionen je Flächeneinheit verantwortlich (Abbildung 1). In der Pflugvariante des Winterweizens überragen die Emissionen die während des Pflügens entstehen die Emissionen der Ernte. Während bei der Zuckerrübe die Ernte 43 – 53 % aufweist, trägt das Pflügen 17 % zu den gesamten Emissionen je Flächeneinheit bei.



**Abbildung 1: Treibhausgasemissionen bei Winterweizen und Zuckerrüben in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante.**

Generell ist zu beachten, dass das Ziel der vorliegenden Bewertung ein Vergleich zwischen reduzierter Bodenbearbeitung (Grubbervariante) und herkömmlicher Pflugbasierter Bodenbearbeitung war. Daher wurde für die Berechnungen der Treibhausgasemissionen ausschließlich der Treibstoffverbrauch der Bodenbearbeitungs-, Bestellungs- und Erntemaßnahmen berücksichtigt. Das bedeutet, dass weder der Energieaufwand für die Produktion des Saatgutes noch die Applikation von Düngemittel und die daraus resultierenden Lachgasemissionen in der Berechnung berücksichtigt werden. Insofern sind die Treibhausgasemissionen je kg erzeugtem Erntegutes im Vergleich zu herkömmlichen Berechnungen pro kg Produkt sehr niedrig (hier nicht dargestellt; vgl. z.B. Theurl *et al.* 2014). In einer Sensitivitätsanalyse wurden die direkten und indirekten Lachgasemissionen die durch Stickstoffmineralisierung aus Zwischen- und Vorrüchten entstehen bewertet (IPCC 2006). Der Anbau von Zwischenfrüchten wie Luzerne ist u.a. von herausragender Bedeutung für die Humusmehrung und damit einhergehender Sequestrierung von Kohlenstoff im Boden. Lässt man das Sequestrierungspotenzial in der Kalkulation der Treibhausgase außer Acht und berücksichtigt direkte und indirekte Lachgasemissionen zeigt sich, dass die Lachgasemissionen die in Abbildung 1 dargestellten Treibhausgasemissionen je Flächeneinheit i) deutlich überragen und ii) das CO<sub>2</sub>-Einsparungspotential der Grubbervarianten sowohl bei Winterweizen (- 21 %) als auch bei Zuckerrübe (- 8 %) deutlich reduzieren.

Die vorliegende Analyse zeigt ein positives Ergebnis für beide Varianten und über beide Kulturen hinsichtlich ihrer ökonomischen Betrachtung. Es wurden 3.490 € je Hektar für die Kulturen der Pflugvariante und 3.556 € je Hektar für die Grubbersvariante erwirtschaftet. Der höhere Zuckerrübenenertrag der Pflugvariante und damit einhergehender deutlich höherer Markterlös gleicht die höheren Kosten für Maschineneinsatz (insbesondere Pflug und Ernte) und Löhne über beide Kulturen aus.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Grubbersvariante hinsichtlich Energieeinsatzes und Treibhausgasemissionen der Pflugvariante vorzuziehen ist (Moitzi *et al.* 2013). Die Ertragsdifferenzen der beiden Varianten lagen bei Winterweizen und Zuckerrübe bei  $\pm 12\%$ , wobei ein mehrjähriges Mittel eine höhere Aussagekraft deutlich machen würde. Während der Fokus der vorliegenden Arbeit auf einer Analyse der beiden Bodenbearbeitungsmaßnahmen liegt, ist ein holistischer Betrachtungsrahmen für die Ermittlung der Treibhausgasemissionen und somit für die Ermittlung potentieller klimarelevanter Minderungsmaßnahmen notwendig. Wie in produktbasierten Carbon Footprints üblich, zeigt eine Berücksichtigung bodenbasierter Prozesse, dass die Treibhausgasemissionen je Flächeneinheit deutlich steigen und die Einsparungsgewinne der Grubbersvariante gegenüber der Pflugvariante reduzieren.

## Danksagung

Die Arbeit wurde im Rahmen des europäischen Forschungsprojekts TILMAN-ORG ([www.tilman-org.net](http://www.tilman-org.net)) durchgeführt, gefördert von nationalen Geldgebern, die am europäischen ERA-Net-Projekt Core Organic II ([www.coreorganic2.org](http://www.coreorganic2.org)) beteiligt sind. Die Förderung des österreichischen Projektteils erfolgte durch das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.

## Literatur

- BMLFUW (2012): Vollkostenauswertung im land- und forstwirtschaftlichen Betrieb. Benutzerhandbuch zur Excel-Anwendung, Beschreibung der Kennzahlen und Hinweise zur Planungsrechnung. Wien.
- Hülsbergen, K.-J.; Küstermann, B. (2007): Überzogene Erwartungen. DLG-Mitteilungen 11: 58-61
- IPCC (2014): Special reports <https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/sroc/Tables/t0305.pdf>.
- 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). Published: IGES, Japan.
- KTBL (2014): Dieselbedarf. <http://daten.ktbl.de/dieselbedarf/main.html#0>.
- MIT (2014): Units & Conversions Fact Sheet. <http://www.carbonlighthouse.org/wp-content/uploads/2010/10/UnitsAndConversions.pdf>
- Moitzi G, Schüller M, Szalay T, Wagentristl H, Refenner K, Herbert W, Boxberger J, Gronauer A. (2013): Energy Consumption And Energy Efficiency Of Different Tillage Systems In The Semi-Arid Region Of Austria. *Agricultural Engineering* 4:25–33
- ÖKL (2014a) Pauschalrichtwerte für flächenbezogene Arbeitsgänge. <http://oekl.at/wp-content/uploads/2010/11/RW-2014-4-Pauschalrichtwerte-f%C3%BCrf%C3%A4chenbezogene-Arbeitsg%C3%A4nge.pdf>.
- ÖKL (2014b). Richtwerte online. <http://oekl.at/richtwerte-online/>.
- Theurl M.C., Lindenthal T., Hörtenhuber, S.J., Drapela T., Leifert C. (2014): Environmental impact of organic farming and food production. In *Advances in organic food safety and quality* Edited by C. Leifert, G. Butler and C. Benbrook - bookchapter – forthcoming