

# ERA-NET CORE Organic II: Reduzierte Bodenbearbeitung und Gründünger für nachhaltige Anbausysteme im biologischen Landbau (Projekt TILMAN-ORG)

Andreas Surböck<sup>1\*</sup>, Michaela C. Theurl<sup>1</sup> und Andreas Kranzler<sup>1</sup>

## Zusammenfassung

Im Projekt TILMAN-ORG arbeiteten WissenschaftlerInnen aus elf europäischen Ländern an der Weiterentwicklung des Einsatzes der reduzierten Bodenbearbeitung im biologischen Anbau. Aus Österreich wurden Erfahrungen zur reduzierten Bodenbearbeitung über einen sehr praxisnahen Zugang mittels Betriebsbefragungen und der Auswertung eines On Farm-Versuches in die gemeinsame Auswertung eingebracht. Hauptmotiv der befragten Betriebe für die Anwendung der reduzierten Bodenbearbeitung ist die Verbesserung der Bodenqualität. Als größte Probleme wurden das Beikrautauflaufen und die Ertragsstabilität genannt. Im Praxisversuch wurde eine sehr flache, nicht-wendende Bodenbearbeitung mit einem Grubber mit einem herkömmlichen Pflugeinsatz verglichen. Beim Winterweizen im Jahr 2012 gab es keine signifikanten Ertragsunterschiede zwischen den Varianten, bei den Zuckerrüben im Jahr 2013 wurde ein signifikant höherer Ertrag der Pflugvariante festgestellt. Die Grubbervariante wies in beiden Jahren einen geringeren Energieverbrauch je Flächeneinheit auf. Die Beikrautdeckung vor der Ernte der Kulturen war in beiden Varianten gering. Der Grubbereinsatz führte zu einer höheren Beikrautdiversität mit mehr ausdauernden Arten.

*Schlagwörter:* Praxiserfahrung, Erträge, Beikräuter, Bodenqualität, Energieeinsatz

## Summary

In the TILMAN-ORG project scientists from eleven European countries worked on the further development of the application of reduced tillage in organic farming. From Austria experiences to reduced tillage of a survey of farmers and an evaluation of an on-farm trial were brought in the common analysis. The main motivations for applying reduced tillage of the farmers surveyed are related to the soil preservation. The weed infestation and yield stability are the most important problems. With the on-farm trial a very shallow, non-inversion tillage with a chisel was compared with a conventional ploughing system. In winter wheat 2012, there were no significant yield differences between the systems. In sugar beet 2013 a significant higher yield of the ploughing system was found. The reduced tillage system showed lower energy consumption in both years. Before harvest, the weed cover was low in both systems. The reduced tillage system showed higher weed species richness with more perennials.

*Keywords:* practical experience, crop yields, weeds, soil quality, energy use

## Einleitung

Die reduzierte Bodenbearbeitung, das heißt der Verzicht auf eine tiefe und intensive Lockerung des Bodens, weist verschiedene Vorteile auf. Die Bodenstruktur und das Bodenleben werden geschont, die Tragfähigkeit und der Wasserhaushalt des Bodens werden verbessert. Dank reduziertem Einsatz von Maschinen verringert sich der Dieselverbrauch. Diesen Vorteilen stehen im Biolandbau einige Herausforderungen gegenüber. So kann der Beikrautdruck, vor allem der Wurzelunkräuter, steigen und die Mineralisierung von Stickstoff im Frühjahr ungenügend sein.

Ziel des Projekts TILMAN-ORG war daher durch Optimierung der Systeme zur reduzierten Bodenbearbeitung in Verbindung mit dem gezielten Einsatz von Gründüngern die Erträge mittels Verbesserung der Nährstoffeffizienz und des Beikrautmanagements zu steigern, die Boden-

qualität und die Biodiversität weiter zu fördern sowie die Treibhausgasemissionen zu verringern. Dazu arbeiteten 15 Forschungspartner aus 11 europäischen Ländern im Rahmen des Europäischen Forschungsnetzwerkes ERA-Net-Projekt Core Organic II über drei Jahre zusammen. Geleitet wurde das Projekt vom Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) Schweiz.

## Material und Methoden

Zur Identifizierung und Weiterentwicklung geeigneter Anbausysteme zur reduzierten Bodenbearbeitung wurde im Gesamtprojekt ein integrierter Ansatz verfolgt:

- Erhebung des Praxiswissens mittels Betriebsbefragungen sowie Auswertung bestehender Daten von Langzeitversuchen und der vorliegenden Literatur zur reduzierten Bodenbearbeitung
- Durchführung von weiteren Untersuchungen zu den Themen Bodenqualität, Treibhausgasemissionen, Beikräuter sowie Nährstoffversorgung und Ertragsentwicklung in den

<sup>1</sup> Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), A-1010 Wien

\* Ansprechpartner: DI Andreas Surböck, [andreas.surbocck@fibl.org](mailto:andreas.surbocck@fibl.org)



verschiedenen Bodenbearbeitungsversuchen der beteiligten Partner

- Entwicklung von optimierten und praxistauglichen Anbausystemen mittels Modellierungen auf Basis der Ergebnisse der oben genannten Erhebungen

Im österreichischen Projektteil wurden Betriebsbefragungen und Erhebungen in einem On Farm-Streifenversuch durchgeführt und die Ergebnisse in die gemeinsame Auswertung eingebracht:

Das Praxiswissen wurde im Frühjahr 2012 mittels eines Fragebogens mit drei Fragebereichen erhoben: allgemeine Angaben zum Betrieb und der Bewirtschaftung, Motive und mögliche Schwierigkeiten bei der Anwendung der reduzierten Bodenbearbeitung und Gründüngung sowie die konkrete Anwendung dieser Methoden bei einzelnen Kulturen.

Der Streifenversuch liegt auf einem biologisch bewirtschafteten Praxisbetrieb, Nähe Hollabrunn im Weinviertel in Niederösterreich. In diesem Versuch wird die reduzierte Bodenbearbeitung mit einem Grubber (nach dem System Wenz Eco-Dyn: sehr flache, ca. 5 bis 7 cm tiefe, nicht wendende Bodenbearbeitung) mit einer herkömmlichen Pflugvariante (wendend, ca. 25 cm Bearbeitungstiefe) an Hand einer Fruchtfolge verglichen.

Die Versuchsanlage erfolgte auf Eigeninitiative des Landwirtes mit den Grundbodenbearbeitungsmaßnahmen im Herbst 2004. Die Fruchtfolge im Versuchsfeld von 2005 bis 2013 war: Zuckerrüben – Sommergerste (Zwischenfrucht) – Sonnenblumen (Untersaat) – Sommergerste – Luzerne – Luzerne – Luzerne – Winterweizen (Zwischenfrucht) – Zuckerrüben. Die langjährige mittlere Jahresniederschlagsmenge ist 500 mm, die langjährige mittlere Temperatur beträgt 8,8 °C. Der Bodentyp ist ein Tschernosem auf Löß mit der Bodenart schluffiger Lehm (14 % Sand, 60 % Schluff, 26 % Ton).

Der Versuch ist eine Streifenanlage mit einem Streifen je Versuchsvariante. Um eine statistische Auswertung (mittels t-Test bzw. U-Test, IBM SPSS Statistics 21) zu ermöglichen wurden in jedem Streifen fünf unechte Wiederholungen angelegt. Im April 2012 wurden Bodenproben in drei Tiefen (0-7 cm, 7-25 cm und 25-50 cm) gezogen und der Boden auf folgende Parameter untersucht:

pH-Wert, Lagerungsdichte, organischer Kohlenstoff, Gesamtstickstoff und mikrobielle Biomasse.

In Winterweizen 2012, in der Zwischenfrucht 2012 (Gemenge aus Gelbsenf, Ölrettich und Buchweizen) und in Zuckerrüben 2013 wurde die Beikrautentwicklung (Dichte, Deckung, Biomasse, Diversität) untersucht sowie die Erträge erhoben. Mit den Bewirtschaftungs- und Ertragsdaten wurde über den Dieselverbrauch der Energieeinsatz der Bodenbearbeitungsvarianten berechnet.

### **Betriebsbefragung:**

In Österreich konnten 16 Bio-Betriebe in die Betriebsbefragung eingebunden werden (11 aus Niederösterreich, 5 aus

dem Burgenland und 3 aus Oberösterreich). Zum Zeitpunkt der Befragung wirtschafteten die Betriebe im Durchschnitt seit 13 Jahre biologisch und hatten im Durchschnitt 14 Jahre Erfahrung mit der reduzierten Bodenbearbeitung, wobei die Schwankungsbreite bei beiden Kennwerten hoch war. Der Haupterwerbszweig ist bei fast allen Betrieben der Ackerbau. Bezüglich der Bodenbearbeitungssysteme arbeitet ein Betrieb mit einem Dammkultursystem, 4 Betriebe setzen einen sehr flach arbeitenden Grubber nach dem System Wenz Eco-Dyn ein und 11 Betriebe führen ihre Bodenbearbeitung mit verschiedenen Grubbertypen durch.

Die Hauptmotive der befragten BetriebsleiterInnen für die Anwendung der reduzierten Bodenbearbeitung sind die Verbesserung der Bodenqualität (z.B. Erhöhung des Humusgehaltes oder Verbesserung der Bodenstruktur) und der Schutz des Bodens (z.B. Erosionsschutz). Senkung der Kosten oder Steigerung der Erträge werden als wichtig angesehen, liegen aber in der Gesamtreihung der Motive nur im mittleren bis hinteren Bereich.

Die Abbildung 1 zeigt die Reihung der Schwierigkeiten bzw. Herausforderungen der befragten Betriebe bei Anwendung der reduzierten Bodenbearbeitung. Die Hauptprobleme liegen in der Konkurrenz und Regulierung der aufkommenden Beikräuter sowie in der Ertragsstabilität. An vorderster Stelle stehen auch Bodenprobleme, wie die Verdichtung oder eine eingeschränkte Stickstoffnachlieferung. Als weniger problematisch wurde die Eignung der vorhandenen Maschinen für die reduzierte Bodenbearbeitung eingestuft.

Insgesamt wurden im Gesamtprojekt 159 Betriebe aus 10 Ländern interviewt. Auch bei der Gesamtauswertung zählte der Bodenschutz zu den Hauptmotiven und das Beikrautauflkommen und die Ertragsstabilität wurden unter anderen als die größten Herausforderungen genannt.

### **On Farm-Streifenversuch:**

**Bodenparameter:** Bei der flachen Bearbeitung mit dem Grubber kam es zu einer deutlichen Anreicherung der Ge-



Abbildung 1: Bedeutung der Schwierigkeiten der in Österreich befragten Betriebe (Mittelwert aus 16 Antworten) bei der Durchführung der reduzierten Bodenbearbeitung. 5-stufige Skala von 1 ("Nicht wichtig") bis 5 ("Äußerst wichtig").

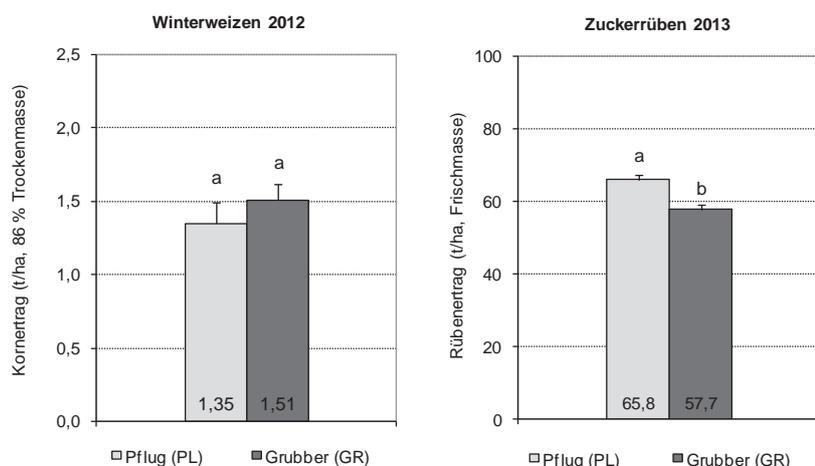


Abbildung 2: Erträge von Winterweizen und Zuckerrüben in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante. Standardfehler des Mittelwertes in Balken. Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (t-Test,  $P < 0,05$ )

halte an Gesamtstickstoff, organischem Kohlenstoff ( $C_{org}$ ) und mikrobieller Biomasse in der obersten bearbeiteten Bodenschicht von 0 bis 7 cm, während die Gehalte beim Pflug aufgrund der tiefergehenden Bodenbearbeitung in den beiden obersten Bodenschichten (0 bis 7 und 7 bis 25 cm) fast ident waren. Im Vergleich der Varianten lagen die Gehalte dieser Parameter beim Grubbereinsatz in der Bodenschicht von 0 bis 7 cm signifikant mit Faktoren zwischen 1,3 und 2,2 über den Werten bei der Pflugbearbeitung. In den unteren Bodenschichten waren jedoch die Werte der Pflugvariante höher.

Die Bearbeitung mit dem Grubber führte zu einer dichteren Lagerung des Bodens in den zwei obersten Bodenschichten, vor allem die Schicht von 7 bis 25 cm wies mit einer Lagerungsdichte von 1,51 g/cm<sup>3</sup> einen höheren Wert auf. Die Berechnung der Humusvorräte über den  $C_{org}$ -Gehalt, das Bodenvolumen und die Lagerungsdichte zeigte eine um 50 % höhere Humusmenge bis 7 cm Bodentiefe in der Grubbervariante. Im gesamten untersuchten Bodenhorizont (0 bis 50 cm) waren jedoch keine signifikanten Unterschiede im Humusvorrat zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten festzustellen.

**Beikrautentwicklung:** Im Frühjahr noch vor der ersten Beikrautregulierungsmaßnahme wurde in der Pflugvariante sowohl in Winterweizen als auch in Zuckerrüben eine fast doppelt so hohe Anzahl an Beikräutern im Vergleich zur Grubbervariante gezählt. Die Beikrautdeckung kurz vor der Ernte der Kulturen war in Winterweizen mit ca. 5 % und bei Zuckerrüben mit unter 0,5 % jeweils in beiden Varianten sehr gering. Große Unterschiede zwischen den Varianten gab es bei der Effizienz des Umbruchs der Winterweizenvorfrucht Luzerne. Beim Umbruch mit dem Grubber konnten viele Luzernepflanzen im Winterweizenbestand wieder anwachsen, während in der Pflugvariante

praktisch keine Luzerne aufkam. Die Zwischenfrucht wies in beiden Varianten eine geringe Biomasseentwicklung und keine Unterschiede im Beikrautaufkommen auf. Deutliche Unterschiede gab es in der Artenzusammensetzung der Beikräuter zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten mit einer höheren Beikrautdiversität in der Grubbervariante. Einerseits traten bei der reduzierten Bearbeitung mehr Beikrautarten auf. Andererseits war der Anteil der einzelnen Beikrautarten am Gesamtbeikrautaufkommen der Varianten unterschiedlich, mit einem höheren Anteil an ausdauernden Arten, wie z.B. Löwenzahn, bei der Grubberbearbeitung.

**Erträge:** Bei Winterweizen führte die ausgeprägte Trockenheit im Jahr 2012 zu starken Ertragsdepressionen in beiden Bodenbearbeitungsvarianten. In der Pflugvariante wurde nur ein Korntrag von 1,35 t/ha erreicht. Der Korntrag in der Grubbervariante war mit 1,51 t/ha um 12 % höher, der Unterschied war jedoch nicht signifikant (Abbildung 2). Aufgrund einer ausreichenden Wasser- und Nährstoffversorgung sowie einer effektiven Beikrautkontrolle konnten im Jahr 2013 in beiden Varianten relativ hohe Zuckerrübenanträge erzielt werden. Der Rübenantrag der Pflugvariante lag signifikant um 12 % über dem Ertrag der Grubbervariante.

**Energieeinsatz:** Die Ergebnisse in Tabelle 1 zeigen, dass die reduzierte Bearbeitungsvariante mit dem Grubber sowohl beim Winterweizen- als auch beim Zuckerrübenanbau weniger Energie je Flächeneinheit verbraucht als die Pflugvariante. Bei der Auswertung des Zuckerrübenanbaus wurden auch alle Arbeitsschritte der vorher angebauten Zwischenfrucht inkludiert. Über beide Kulturen gerechnet macht die Energieeinsparung 31 % aus. Da der Energieeinsatz mit den Treibhausgasemissionen korreliert, kam es bei der reduzierten Bearbeitung auch zu einem entsprechend geringeren Treibhausgasausstoß. Der höhere Energieverbrauch ist vor allem auf den Pflugeinsatz, aber auch auf die Saatbeetkombination zurückzuführen, die in der Grubbervariante nicht eingesetzt wurde.

## Diskussion und Schlussfolgerungen

Im On Farm-Versuch kam es durch die reduzierte Bodenbearbeitung mit dem Grubber zu einer deutlichen Anreicherung der organischen Substanz (Humus) in der obersten Bodenschicht. Über den gesamten Bodenhorizont (0 bis 50 cm) traten hingegen keine Unterschiede zwischen den Bearbeitungsvarianten auf. Dieses Ergebnis wird durch die Auswertung weiterer Versuche des TILMAN-ORG Projekts bestätigt.

Das geringe Beikrautaufkommen in beiden Bodenbear-

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

Kultur, Anbaujahr	Energieeinsatz (MJ/ha)		Energieeinsatz Differenz in %*	Ertrag Differenz in %*
	Pflug (PL)	Grubber (GR)		
Winterweizen, 2012	2757	1636	-41	+12
Zuckerrüben, 2013	4915	3657	-26	-12

\*relativ zum Energieeinsatz bzw. Ertrag der Pflugvariante (PL)

bearbeitungsvarianten kurz vor Ernte der Kulturen wird auf die Trockenheit im Anbaujahr des Winterweizens, die effektive Beikrautregulierung in den Zuckerrüben und die Fruchtfolgestellung der beiden Kulturen nach mehrjähriger Luzerne mit ihrem hohen Beikrautunterdrückungsvermögen zurückgeführt. Auffällig waren die höheren Beikrautdichten in der Pflugvariante zu Beginn der Vegetationsperiode. Ein Grund dafür könnte die schnellere Erwärmung des Bodens im Frühjahr verbunden mit einer höheren Stickstoffmineralisierung sein, was die Keimung der Beikräuter gefördert hat. Einen Hinweis auf eine höhere Stickstoffmineralisierung durch die tiefere Bearbeitung und dadurch Durchlüftung des Bodens mit dem Pflug lieferte auch die höhere Bodendeckung des Weizens dieser Variante in der Bestockungsphase. Später konnte die Grubbervariante diesen Nachteil jedoch ausgleichen, da der Boden bei der reduzierten Bearbeitung eine bessere Wasserhaltefähigkeit aufwies. Bei den Zuckerrüben wurde die Ertragshöhe maßgeblich durch die in der Grubbervariante im Vergleich zur Pflugvariante um 14 % geringere Bestandesdichte beeinflusst.

Mit dem On Farm-Versuch wurden Hinweise auf eine erfolgreiche Umsetzung einer reduzierten Bodenbearbeitung in der Praxis des biologischen Anbaus erhalten. Als Vorteile zeigten sich ein geringerer Energieeinsatz und eine verbesserte Wasserversorgung, die auf dem trockenen Standort im Osten Österreichs besonders wichtig ist. Der positive Einfluss auf den Wasserhaushalt durch die reduzierte Bearbeitung wird auf die Steigerung der Wasserhaltefähigkeit aufgrund eines höheren Feinporenanteils (HANGEN et al. 2002) und auf eine höhere Wasserinfiltration (HAMPL 2003) zurückgeführt. Besonderer Beachtung bedarf die Stickstoffnachlieferung im Frühjahr, die wesentlichen Einfluss auf die Ertragshöhe haben kann. Eine mögliche Strategie für eine zeitlich auf den Pflanzenbedarf abgestimmte Erhöhung des Stickstoffangebots ist der gezielte Einsatz von Zwischenfrüchten (WITTEWERT et al. 2013). In Zusammenhang mit der Stickstoffnachlieferung sollte bei der sehr flachen Bodenbearbeitung auch die Lagerungsdichte des Bodens beobachtet werden. Bei Bedarf ist eine sorgsame Lockerung des Bodens unterhalb der Bearbeitungsschicht, bei entsprechend trockenen Bodenbedingungen und in

Verbindung mit einer Lebendverbauung, zu empfehlen. Im Gegensatz zum On Farm-Versuch in Österreich zeigte die gemeinsame Auswertung mehrerer Versuche im Gesamtprojekt einen Trend zu einem höheren Beikrautauflaufen bei reduzierter Bearbeitung, was jedoch in den meisten Fällen keine Ertragsminderung zur Folge hatte.

Mit dem TILMAN-ORG Projekt konnten wichtige zusätzliche Erkenntnisse zu den Vorteilen und Herausforderungen bei der Anwendung der reduzierten Bodenbearbeitung und Ansatzpunkte zur Weiterentwicklung dieses Bodenbearbeitungssystems gewonnen werden.

## Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei Christian Weinbub für die Betreuung des Feldversuchs und die gute Zusammenarbeit sowie bei den Betrieben für ihre Teilnahme an der Betriebsbefragung. Der österreichische Teil des TILMAN-ORG Projekts ([www.tilman-org.net](http://www.tilman-org.net)) wurde im Rahmen des europäischen ERA-Net-Projekts Core Organic II ([www.coreorganic2.org](http://www.coreorganic2.org)) vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft finanziell gefördert.

## Literatur

- HAMPL, U., 2003: Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung: Ergebnisse nach sieben Jahren. In: B. Freyer (Hrsg.): Ökologischer Landbau der Zukunft. Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau. Institut für Ökologischen Landbau der Universität für Bodenkultur, Wien, 455-456.
- HANGEN, E., U. BUCZKO, O. BENS, J. BRUNOTTE, und R.F. HÜTTL, 2002: Infiltration patterns into two soils under conventional and conservation tillage: influence of the spatial distribution of plant root structures and soil animal activity. *Soil & Tillage Research*, 63, 181-186.
- WITTEWERT, R., B. DORN, W. JOSSI, U. ZIHLMANN und M. VANDER HEIJDEN, 2013: Zwischenfrüchte als wichtiges Puzzleteil für den pfluglosen ökologischen Landbau. In D. Neuhoff, C. Stumm, S. Ziegler, G. Rahmann, U. Hamm und U. Köpke (Hrsg.): *Ideal und Wirklichkeit - Perspektiven Ökologischer Landwirtschaft*. Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Bonn, 5. – 8. März 2013, Verlag Dr. Köster, Berlin. 46-49.