

Reduzierte Bodenbearbeitung fördert die Bodenfruchtbarkeit und schont das Klima

Kann durch reduzierte Bodenbearbeitung im ökologischen Landbau die CO₂-Sequestrierung erhöht und die Ertragssicherheit gesteigert werden? Erste Resultate des Versuches in Frick sind ermutigend.

Von Alfred Berner und Paul Mäder

Weltweit ging in den vergangenen 30 Jahren etwa 1/3 des wertvollen Ackerlands durch Erosion verloren. Angesichts der Nahrungsknappheit ist diese Entwicklung dramatisch, und es müssen neue Wege zur Lösung dieses Problems beschritten werden. Durch das tiefe Pflügen wird wertvoller Humus abgebaut, und das klimarelevante Gas CO₂ wird freigesetzt. Pfluglose Anbausysteme bieten Vorteile bei der Erosionsbekämpfung und bei der Förderung der Bodenfruchtbarkeit. Insbesondere können sie zum Humusaufbau beitragen und sparen Energie. Diese Anbausysteme wurden aber unter den Bedingungen des konventionellen Landbaus unter Einsatz von Herbiziden und Mineraldüngern entwickelt. Diese belasten aber die Umwelt und benötigen zu deren Herstellung viel Energie. Das FiBL optimiert seit sechs Jahren zusammen mit Landwirten und erfahrenen Beratern Anbausysteme mit reduzierter Bodenbearbeitung unter Biobedingungen.

Im Herbst 2002 legten wir in Frick (1000 mm Jahresniederschlag) einen Feldversuch mit den Faktoren Bodenbearbeitung, Düngung und biologisch-dynamische Präparate auf einem lehmigen Tonboden an. Der Versuch befindet sich auf dem Gutsbetrieb des FiBL. Alle Versuchspartellen wurden nach den Bio-Suisse Richtlinien bewirtschaftet. Die Grundbodenbearbeitung erfolgte entweder konventionell mit dem Pflug 15 cm tief, oder reduziert mit einem Grubber mit auswechselbaren, unterschiedlich breiten Zinken¹, maximal

¹ Grubber: WeCo-Dyn von EcoDyn, D-77963 Schwanau

15 cm tief. Zum pfluglosen Umbruch des Klee grasbestandes wurde der Boden ganzflächig mit einem Stoppelhobel² lediglich 5 cm tief geschält. Das Saatbeet erstellten wir in beiden Verfahren mit einer gleich tief arbeitenden Zinkenrotoregge³. Vor Versuchsbeginn stand im Jahr 2002 einheitlich Mais. Der Versuch startete im Herbst 2002 mit Winterweizen, gefolgt von einer Hafer/Alexandrinerklee-Zwischenfrucht. 2004 kultivierten wir Sonnenblumen und 2005 Dinkel.. Danach wurde im August Klee gras (Standardmischung 330M mit Mattenklee) angesät und zwei Jahre (2006 und 2007) genutzt. Im 2008 bauten wir dann Mais nach Pflugeinsatz oder nach reduzierter Bodenbearbeitung an. Wie in der Praxis üblich erfolgte die Klee grasansaat in beiden Bodenbearbeitungssystemen nur mit der Zinkenrotoregge. Den Grubber setzten wir im reduziert bearbeiteten Verfahren 2003 nach Weizen und 2007 nach Klee gras ein. Dabei waren auf 3 m Arbeitsbreite fünf schmale Zinken montiert, die 15 cm tief in den Boden einzogen. Somit war die Lockerung im Verfahren mit reduzierter Bodenbearbeitung relativ gering.

Gute Erträge bei weniger Energieaufwand

Während die Getreideerträge bei reduzierter Bodenbearbeitung etwa 10% geringer waren, zeigte sich, dass die Zwischenfutter- und Sonnenblumenerträge in diesem System sogar etwas höher ausfielen (Tabelle 1). Die Ertragsminderung der Getreide im reduziert bearbeiteten System kann mit einer verzögerten Stickstoffmineralisierung im Frühjahr erklärt werden. Das Klee gras hatte demgegenüber bei reduzierter Bodenbearbeitung 26% Ertragszuwachs. Ein Grund war der höhere Kleeanteil. Gleich nach der Saat im August waren infolge trockenen Wetters die jungen Kleepflanzen im gepflügten System vertrocknet, während sie im reduziert bearbeiteten System noch vom Bodenwasser aus tieferen Bodenschichten profitierten und die Trockenheit überlebten. Durch später keimenden Klee erhöhte sich der Kleeanteil auch im gepflügten System, er lag aber immer deutlich unter dem System mit reduzierter Bodenbearbeitung. Der Klee ist im ökologischen Landbau essentiell

² Stoppelhobel: Rüdiger Zobel, D-74599 Wallhausen-Limbach

³ Zinkenrotoregge: Rau, D-73235 Weilheim

zur Versorgung der Kulturen mit biologisch fixiertem Stickstoff, und Klee gras bildet oft die Hauptkomponente in der Rauhfuttermittellversorgung des Rindviehs. Aus dieser Sicht ist es sehr bedeutsam, dass das Gras in den langjährig pfluglos bearbeiteten Parzellen reicher an Stickstoff- und verschiedenen Mineralstoffen war, und der Klee mehr Phosphor enthielt, welcher wichtig für die biologische Stickstofffixierung aus der Luft ist.

Ein Verzicht auf den Pflug bedingt eine Optimierung des ganzen Anbausystems. Traditionell erfolgt der Klee grasumbruch mit dem Pflug im Winter oder Frühjahr. Ohne wendendes Pflügen würden aber die Grashorste und Kleewurzeln nach der Bearbeitung bei den feuchten Bedingungen in der kühleren Jahreszeit wieder anwachsen. Deshalb schälten wir das Klee gras im Spätsommer mit einem Stoppelhobel, aber nur 5 cm tief. Mit dem Grubber wurde der Boden mit fünf schmalen Lockerungszinken pro drei Meter Arbeitsbreite 15 cm tief gelockert und die Erdschollen mit den Klee graswurzeln durch den Sternnachläufer zerkleinert. Anschliessend säten wir im Oktober mit der Zinkenrotor-Säkombination Wintererbsen (cv. EFB 33) als Gründüngung. Die alten Wurzeln des Klee grasses mit ihrem weiten C/N-Verhältnis hatten so bis zum Frühjahr Zeit zu verrotten und die Biomasse der Erbsen mit ihrem engen C/N-Verhältnis konnte im Frühsommer rasch mineralisieren. Diese Kultur speicherte von Herbst bis Frühjahr 61 kg Stickstoff je Hektar ein, der dann dem Mais weitgehend zur Verfügung stand. Das sparte je Hektar eine Energiemenge von circa 183 kg CO₂ äquivalenten. Dank dem leichtverfügbaren Stickstoff in der Erbsengründüngung entwickelte sich der Mais sehr schön, und im reduziert bearbeiteten System ernteten wir 34% mehr Silomais, bei gleicher Düngung wie im Pflugsystem.

Bessere Bodenfruchtbarkeit und Kohlenstoffbindung durch pfluglosen Anbau

Diese positive Ertragsentwicklung im reduziert bearbeiteten System hat ihre Ursache wohl auch im fruchtbareren Boden. Innerhalb von nur 2½ Jahren erhöhte sich dort der Gehalt an organischem Kohlenstoff C_{org} in der obersten Bodenschicht um 0.15 Prozentpunkte (Abbildung 1), was je Hektar und Jahr einer Menge von 3.7 t CO₂ äquivalent entspricht.

Einhergehend mit der Humuserhöhung war die biologische Aktivität gegenüber dem Pflugsystem um rund 27% erhöht (mikrobielle Biomasse und Dehydrogenaseaktivität). In der Bodenschicht 10-20 cm stellten wir im C_{org} -Gehalt und der mikrobiellen Aktivität keine Unterschiede zwischen den Bodenbearbeitungssystemen fest. In der Tendenz war auch die Kolonisierung von Dinkelwurzeln mit Mykorrhizapilzen erhöht. Dies kann mit der geringeren mechanischen Störung der Pilzfäden erklärt werden.

Bis jetzt wurden im Bodenbearbeitungsversuch noch wenige bodenphysikalische Messungen durchgeführt. Die Unterschiede in den Bodeneigenschaften sind aber je nach Jahreszeit gut wahrnehmbar: Ein Spaten lässt sich bei pflugloser Bodenbearbeitung leichter einstechen, und der Boden fühlt sich beim Begehen weicher an. Er klebt bei Nässe auch weniger an den Stiefeln. Zudem lässt sich der Boden im reduzierten System leichter krümeln, während er im Pflugsystem sehr kompakt erscheint.

Der sechsjährige Bodenbearbeitungsversuch am FiBL hat gezeigt, dass reduzierte Bodenbearbeitungssysteme im Ökolandbau ein beachtliches Potenzial zur Bindung von CO_2 haben. Zudem verbesserte sich in diesem System die Ertragsstabilität dank einer erhöhten Bodenfruchtbarkeit und einem verbesserten Wasserhaushalt. Die Langzeitwirkungen von reduzierten Anbausystemen bezüglich Humusentwicklung und Konkurrenz durch Unkraut müssen in Zukunft weiter erfasst werden.

Das Projekt wurde vom Bundesamt für Landwirtschaft und folgenden Stiftungen gefördert: Sampo Initiative für anthroposophische Forschung und Kunst (CH), Stiftung für Mensch, Mitwelt und Erde (CH), Evidenzgesellschaft (CH), Software AG-Stiftung (DE) und Stichting Demeter (NL). Im Rahmen eines durch den COOP Nachhaltigkeitsfond finanzierten Projektes werden ab 2009 weitere Erfahrungen unter Praxisbedingungen und an weiteren Standorten gesammelt und die Klimarelevanz der Gesamtsysteme in einem Life Cycle Assessment berechnet. In Verbindung mit einem EU-Projekt (NUE-CROPS), das ebenfalls 2009 unter der Leitung der Universität New Castle startet, klärt das FiBL zudem ab, welche Maissorten besonders gut an pfluglose Systeme angepasst sind.

Referenz:

Berner, A., Hildermann, I., Fliessbach, A., Pfiffner, L., Niggli, U., Mäder, P. (2008): Crop yield and soil quality response to reduced tillage under organic management. *Soil & Tillage Research* 101, 89-96. <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2008.07.012>

Tab. 1: Erträge der im Versuch angebaute Kulturen von 2003 bis 2008 in t Trockensubstanz /ha (n = 16).

Bodenbearbeitungs-system	Winterweizen 2003	Sonnenblumen 2004	Dinkel ¹⁾ 2005	Klee-gras 2006	Klee-gras 2007	Mais 2008	Mittel aller Kulturen
Pflug	5.18	3.19	2.43	7.51	7.79	12.27	-
Reduzierte Bodenbearbeitung	4.43	3.33	2.23	9.66	9.6	16.48	-
Reduziert in % von Pflug	86%	104%	92%	129%	123%	134%	111%
Varianzanalyse	***	(*)	*	***	***	***	

(*) = p < 0.1; * = p < 0.05; *** = p < 0.001

¹⁾ entspelzt

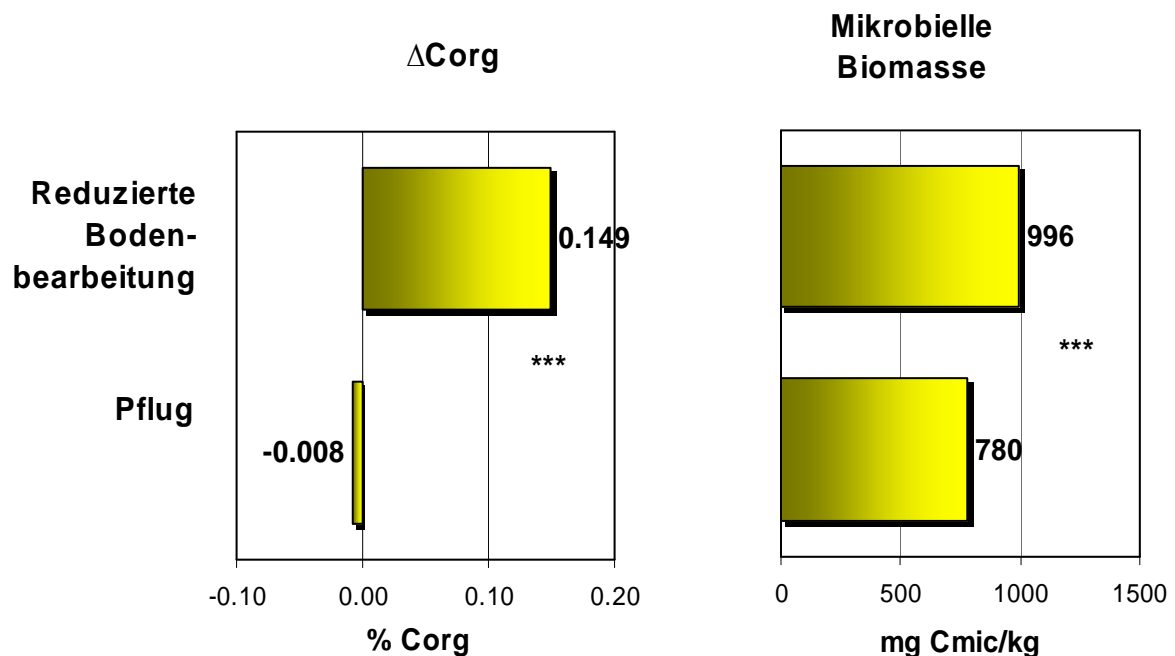


Abbildung 1: Veränderung von C_{org} zwischen 2002 und 2005, sowie mikrobielle Biomasse im Jahre 2005 in der Bodenschicht von 0-10 cm Bodentiefe (n = 16).



Abb. 3: Nach Einsatz des Stoppelhobels waren die Erdschollen und Graswurzeln sehr unregelmässig verteilt (links), Nach einem Durchgang mit Grubber und Nachläufer wurden diese zerkleinert (rechts),, sodass die Wurzeln in der Spätsommerhitze im September verdorrten. Daraufhin konnten im Oktober Wintererbsen als Gründüngung angesät werden. (Foto: Berner, FiBL)



Abb. 2: Wecodyn-Grubber; Gänsefußscharen können flach gegen Unkraut eingesetzt werden, mit den schmalen, tiefer arbeitenden Zinken wird der Boden gelockert. Der Nachläufer dient zum Ausebnen und Rückverfestigen des Bodens. Dank der Zahnwalze kann der Grubber auch am Hang eingesetzt werden. (Foto: Dierauer, FiBL)



Abb. 4: Die Sonnenblumen entwickelten sich sowohl bei reduzierter Bodenbearbeitung als auch nach Pflugeinsatz sehr gut.

Foto: Alföldi (FiBL)



Abb.5: Winterweizen im ersten Versuchsjahr im Bodenbearbeitungsvesuch Frick.
Foto: Alföldi (FiBL)