

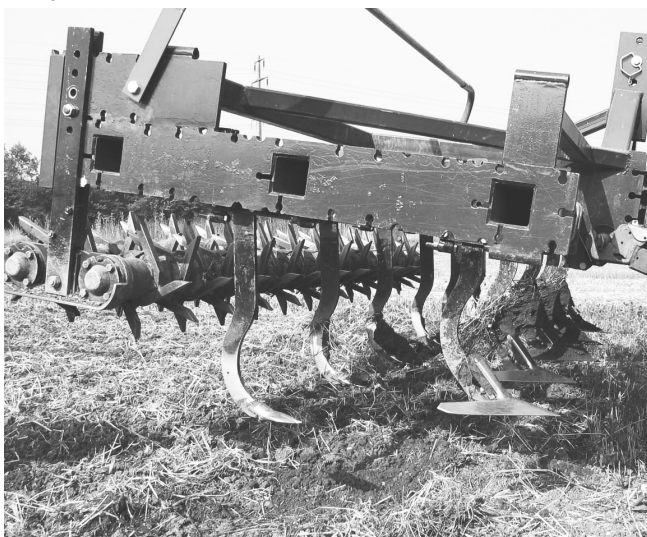
Reduzierte Bodenbearbeitung

Gut für den Boden, gut fürs Klima

Erste Ergebnisse eines Versuchs des Forschungsinstituts für biologischen Landbau (FiBL) zeigen, dass durch reduzierte Bodenbearbeitung im ökologischen Landbau mehr Kohlenstoff gespeichert und die Ertragssicherheit gesteigert werden kann. Voraussetzung dafür ist jedoch eine Optimierung des pfluglosen Systems. **Von Alfred Berner, Maike Krauß und Paul Mäder**

Weltweit ging in den vergangenen 40 Jahren etwa ein Drittel wertvolles Ackerland durch Erosion verloren. Angesichts der drohenden Nahrungsmittelknappheit ist diese Entwicklung dramatisch – es müssen daher dringend neue Wege im Ackerbau beschritten werden. Durch tiefes Pflügen wird kostbarer Humus abgebaut und das klimarelevante Gas Kohlendioxid freigesetzt. Pfluglose Anbausysteme bieten Vorteile bei der Erosionsbekämpfung und bei der Förderung der Bodenfruchtbarkeit. Insbesondere können sie zum Humusaufbau beitragen und dabei helfen, Energie einzusparen. Entwickelt wurden solche Anbausysteme bislang allerdings unter den Bedingungen des konventionellen Landbaus, das heißt unter Einsatz von Herbiziden und Mineraldüngern. Diese Be-

■ Mit seinen auswechselbaren, je nach Bedarf unterschiedlich breiten Zinken eignet sich der Grubber hervorragend zur reduzierten Bodenbearbeitung im ökologischen Landbau. (Foto: Hansueli Dierauer)



triebsmittel belasten jedoch die Umwelt und ihre Herstellung ist sehr energieaufwendig. Das Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) optimiert daher seit sechs Jahren in Zusammenarbeit mit Landwirten und erfahrenen Beratern Anbausysteme mit reduzierter Bodenbearbeitung unter ökologischen Bedingungen (Berner et al., 2008).

Mit und ohne Pflug

Im Herbst 2002 wurde im schweizerischen Frick (Jahresniederschlag 1000 Millimeter) ein Feldversuch auf lehmigem Tonboden mit den Faktoren Bodenbearbeitung, Düngung sowie Einsatz biologisch-dynamischer Präparate angelegt. Die Versuchsfelder befanden sich auf dem Gutsbetrieb des FiBL und wurden nach den Bio-Suisse-Richtlinien bewirtschaftet. Die Grundbodenbearbeitung erfolgte entweder konventionell mit dem Pflug, 15 Zentimeter tief, oder reduziert mit einem Grubber mit auswechselbaren, unterschiedlich breiten Zinken, ebenfalls maximal 15 Zentimeter tief. Zum pfluglosen Umbruch des Klee grasbestandes wurde der Boden ganzflächig mit einem Stoppelhobel fünf Zentimeter tief geschält. Das Saatbett wurde in beiden Verfahren mit einer ebenso tief arbeitenden Zinkenrotoregge erstellt. Im Jahr 2002 – vor Versuchsbeginn – wuchs auf allen Flächen Mais. Der Versuch begann im Herbst 2002 mit Winterweizen, gefolgt von einer Hafer-Alexandrinerklee-Zwischenfrucht. 2004 wurden Sonnenblumen und 2005 wurde Dinkel kultiviert. Danach wurde im August 2005 Klee gras angesät und dieses über zwei Jahre (2006 und 2007) genutzt. Im Jahr 2008 wurde nach Pflugeinsatz oder nach reduzierter Bodenbearbeitung Mais angebaut. Wie in der Praxis üblich, erfolgte die Klee grasansaat in beiden Bodenbearbeitungssystemen nur mit der Zinkenrotoregge. Der Grubber wurde im reduziert bearbeitenden Verfahren im Jahr 2003 nach Weizen und 2007

nach Klee gras eingesetzt. Dabei waren auf drei Meter Arbeitsbreite fünf schmale Zinken montiert, die 15 Zentimeter 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 zehn Prozent geringer waren, fielen die Zwischenfutter- und die Sonnenblumen erträge in diesem System sogar etwas höher aus (siehe Tabelle). Die Ertragsminderung bei Getreide im reduziert bearbeiteten System kann mit einer verzögerten Stickstoffmineralisierung im Frühjahr erklärt werden. Klee gras brachte demgegenüber bei reduzierter Bodenbearbeitung 26 Prozent mehr Ertrag. Ein Grund dafür 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 von Bodenwasser aus tieferen Bodenschichten profitieren konnten und die Trockenheit überlebten. Durch später keimenden Klee erhöhte sich der Kleeanteil zwar auch im gepflügten System, lag aber immer deutlich unter jenem im System mit reduzierter Bodenbearbeitung. Klee ist im ökologischen Landbau essenziell, um die Kulturen mit biologisch fixiertem Stickstoff zu versorgen; Klee gras bildet oft die Hauptkomponente in der Raufutterversorgung von Wiederkäuern. Aus diesen Gründen 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, der wichtig für die biologische Stickstofffixierung aus der Luft ist.

Klee gras umbruch im Spätsommer

Der Verzicht auf den Pflug erfordert es, das gesamte Anbausystem zu optimieren. Traditionell erfolgt der Klee gras umbruch mit dem Pflug im Winter oder im Frühjahr. Ohne wendendes Pflügen würden aber die Grashorste und Kleewurzeln nach der Bearbeitung unter den feuchten Bedingungen in der kühleren Jahreszeit wieder anwachsen. Deshalb wurde im Versuch das

Reduzierte Bodenbearbeitungssysteme im Öko-Landbau haben ein beachtliches Potenzial zur Bindung von Kohlendioxid.

Klee gras im Spätsommer mit einem Stoppelhobel fünf Zentimeter tief geschält. Mit dem Grubber wurde der Boden 15 Zentimeter tief gelockert und die Erdschollen mit den Klee graswurzeln durch den Sternnachläufer zerkleinert. Anschließend wurden im Oktober mit der Zinkenrotor-Säkombination Wintererbsen als Gründüngung gesät. Die alten Wurzeln des Klee grasses mit ihrem weiten C/N-Verhältnis¹ hatten so bis zum Frühjahr Zeit, zu verrotten, und die Biomasse der Erbsen mit ihrem engen C/N-Verhältnis konnte im Frühsommer rasch mineralisieren. Die Erbsen speicherten von Herbst bis Frühjahr 61 Kilogramm Stickstoff je Hektar, der dann dem Mais weitgehend zur Verfügung stand. Dies sparte je Hektar eine Energiemenge von etwa 183 Kilogramm Kohlendioxid-Äquivalenten. Dank des leicht verfügbaren Stickstoffs nach der Erb sengründüngung entwickelte sich der Mais sehr gut. Im reduziert bearbeiteten System konnten bei gleicher Düngung sogar 34 Prozent mehr Silomais wie im Pflugsystem geerntet werden.

Bessere Bodenfruchtbarkeit und bessere Kohlenstoffbindung

Diese positive Ertragsentwicklung im reduziert bearbeiteten System hat ihre Ursache wohl auch im fruchtbareren Boden. Innerhalb von nur zweieinhalb Jahren erhöhte sich dort der Gehalt an organischem Kohlenstoff (C_{org}) in der obersten Bodenschicht um 0,15 Prozentpunkte. Dies entspricht einer Fest-

¹ Das C/N-Verhältnis bezieht sich auf die Anteile von organischem Kohlenstoff (C) und Stickstoff (N) in Pflanzen oder im Boden. Bei einem weiten C/N-Verhältnis ist relativ zum Kohlenstoff wenig bioverfügbarer Stickstoff vorhanden und organisches Material verrottet nur langsam.

Tabelle: Erträge der im Bodenbearbeitungsversuch Frick angebauten Kulturen von 2003 bis 2008 in Tonnen Trockensubstanz pro Hektar (n = 16)

Bodenbearbeitungssystem	Winterweizen 2003	Sonnenblumen 2004	Dinkel (entspelzt) 2005	Klee gras 2006	Klee gras 2007	Mais 2008	Mittel aller Kulturen
Pflug: Ertrag (t/ha)	5,18	3,19	2,43	7,51	7,79	12,27	
Reduzierte Bodenbearbeitung:							
Ertrag (t/ha)	4,43	3,33	2,23	9,66	9,6	16,48	
Veränderung gegenüber Pflug (%)	-14%	+4%	-8%	+29%	+23%	+34%	+11%
Varianzanalyse	p < 0,001	p < 0,1	p < 0,05	p < 0,001	p < 0,001	p < 0,001	

legung von 3,7 Tonnen Kohlendioxid-Äquivalenten je Hektar und Jahr. Mit dem Anstieg des Humusgehalts ging auch eine – im Vergleich zum Pflugsystem – 27 Prozent höhere biologische Aktivität (mikrobielle Biomasse und Dehydrogenaseaktivität²) einher. In der Bodenschicht von zehn bis 20 Zentimetern Tiefe konnten keine Unterschiede im C_{org} -Gehalt und in der mikrobiellen Aktivität zwischen den beiden Bodenbearbeitungssystemen festgestellt werden. Tendenziell war bei reduzierter Bodenbearbeitung die Kolonisierung von Dinkelwurzeln mit Mykorrhizapilzen erhöht. Dies kann mit der geringeren mechanischen Störung der Pilzfäden erklärt werden.

Bislang wurden im Bodenbearbeitungsversuch erst 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. Außerdem lässt sich der Boden im reduziert bearbeiteten System leichter krümeln, während er im Pflugsystem sehr kompakt erscheint.

Unkrautdruck und Maissorten: Langzeituntersuchungen stehen noch aus

Der sechsjährige Bodenbearbeitungsversuch am FiBL hat gezeigt, dass reduzierte Bodenbearbeitungssysteme im Ökolandbau ein beachtliches Potenzial haben, Kohlendioxid zu binden. Zudem verbesserte sich im reduziert bearbeiteten System die Ertragsstabilität von Klee gras, da die Bodenfruchtbarkeit erhöht und der Wasserhaushalt optimiert werden konnte. Die Langzeitwirkungen reduzierter Anbausysteme im Hinblick auf Humusentwicklung und Unkrautdruck müssen noch untersucht werden. Außerdem sollen in weiteren, durch die EU und das Einzelhandelsunternehmen COOP-Schweiz geförderten Projekten pfluglose Anbausysteme auf verschiedenen Bodentypen weiterentwickelt werden. In diesem Zusammenhang sollen auch Interaktionen zwischen Maissorten und verschiedenen Bodenbearbeitungssystemen erfasst werden. Diese Forschungen erfolgen in enger Zusammenarbeit mit dem Projekt „Steigerung der Wertschöpfung ökologisch angebauter Marktfrüchte durch die Optimierung des Managements der Bodenfruchtbarkeit“, das vom FiBL Deutschland koordiniert und durch das Bundesprogramm Ökologischer Landbau finanziert wird. ■

Literatur

Berner, A. et al. (2008): **Crop yield and soil quality response to reduced tillage under organic management**. *Soil & Tillage Research* 101, S. 89–96

2 Dehydrogenase: Enzym aus der Atmungskette

Forschungsprojekte am FiBL Schweiz zum Thema Bodenbearbeitung

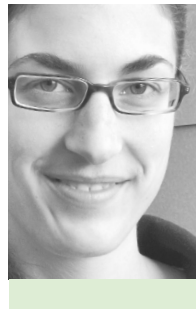
Das vorgestellte Projekt wurde vom Schweizer Bundesamt für Landwirtschaft, der Sampo Initiative für anthroposophische Forschung und Kunst (Schweiz), der Stiftung für Mensch, Mitwelt und Erde (Schweiz), der Evidenzgesellschaft (Schweiz), der Software AG-Stiftung (Deutschland) und Stichting Demeter (Niederlande) gefördert.

Im Rahmen eines durch den COOP-Nachhaltigkeitsfonds finanzierten Projekts werden ab 2009 weitere Erfahrungen unter Praxisbedingungen an anderen Standorten gesammelt und die Klimarelevanz der Gesamtsysteme in einer Ökobilanz (englisch *life cycle assessment, LCA*) berechnet. In Verbindung mit dem EU-Projekt NUE-CROPS, das ebenfalls 2009 unter der Leitung der Universität Newcastle, Großbritannien, beginnt, wird das Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) untersuchen, welche Maissorten besonders gut an pfluglose Systeme angepasst sind.



Dipl.-Ing. agr. ETH Alfred Berner

Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL)
Fachgruppe Bodenwissenschaften
Ackerstrasse, CH-5070 Frick
Tel. +41 / 62 / 8 65 72 23
alfred.berner@fibl.org



Maike Krauß

Diplomandin Geoökologie
Universität Karlsruhe (TH)
Institut für Geographie und Geoökologie (IFGG)
Am Forum 2, D-76128 Karlsruhe
maike.krauss@freenet.de



Dr. Paul Mäder

Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL)
Fachgruppe Bodenwissenschaften
Ackerstrasse, CH-5070 Frick
Tel. +41 / 62 / 8 65 72 32
paul.maeder@fibl.org