

Neuer Langzeitversuch über Bodenbearbeitung, Düngung und Präparate

Ein krümeliger, gut strukturierter, belebter Boden steht im Zentrum des biologischen Landbaus. Reduzierte oder pfluglose Bodenbearbeitung, heisst es, schon die natürliche Bodenstruktur und fördere die Bodenfruchtbarkeit. Ein seit 2002 laufender Langzeitversuch am FiBL in Frick vergleicht den Anbau mit und ohne Pflug und untersucht gleichzeitig den Einfluss von Mistkompost und der biologisch-dynamischen Präparate. Jetzt liegen erste Ergebnisse vor, und zwar teils überraschende.

Reduzierte Bodenbearbeitung ersetzt das aufwändige Pflügen durch Grubbern oder andere nichtwendende Verfahren. Dadurch bleibt die natürliche Schichtung des Bodens weitgehend erhalten. Feinkrümelige Erde bleibt an der Bodenoberfläche, und die Pflanzen können im ungestörten Boden in durchgängigen Grobporen stärker wurzeln und in trockenen Perioden Wasser aus tieferen Bodenschichten erschliessen. – Mit diesen Argumenten werben die Befürworter der reduzierten Bodenbearbeitung und der Direktsaat für ihre Methoden.

Untersuchte Faktoren im Langzeitversuch Frick

- Faktor biologisch-dynamische Präparate: Die Felder werden mit den Feldpräparaten Hornmist und Hornkiesel behandelt, die Mistkomposte mit den Kompostpräparaten Schafgarbe, Kamille, Brennnessel, Eichenrinde, Löwenzahn und Baldrian. Auf den Kontrollflächen erhalten weder die Komposte noch die Versuchspartellen biologisch-dynamische Präparate. Die Präparate beziehen wir von Rainer Sax in Gelterkinden.
- Faktor Bodenbearbeitung: Die Grundbodenbearbeitung erfolgt entweder betriebsüblich mit dem Pflug, 15 cm tief, oder nach dem reduziert bearbeitenden Verfahren mit dem Grubber, 15–20 cm tief. Zur Saatbeetbereitung behandeln wir den Boden einheitlich mit einem Zinkenrotor (Rototiler), 5 cm tief.
- Faktor Düngung: Zwei Düngungsstrategien werden im Fricker Langzeitversuch geprüft: Via Mistkompost soll einerseits die natürliche Bodenfruchtbarkeit aufgebaut werden, und die Pflanzen sollen indirekt, über die Mineralisierung der organischen Bodensubstanz, ernährt werden. Im betriebsüblichen Verfahren wird die Pflanze vermehrt direkt mit Stickstoff aus der Vollgülle versorgt. Die Düngungsintensität ist einheitlich 1,4 Düngergrossvieheinheiten je Hektar und Jahr. Die Hofdünger verteilen wir in beiden Verfahren kurz vor der Saatbeetbereitung, also erst nach dem Pflügen und Grubbern.

Aber funktioniert das im Biolandbau? Kommt es in schweren Böden ohne lockern den Pflugeinsatz nicht zu Versorgungsengpässen mit Stickstoff? Entwickeln sich ohne tiefes Wenden Wurzelunkräuter, wie Winden und Disteln, nicht zu einer unbeherrschbaren Plage? Es gibt erst wenige Versuche zur reduzierten Bodenbearbeitung unter Biobedingungen und die Erfahrungen aus der Praxis sind spärlich.

Auch im Biolandbau herrscht im Ackerbau ein starker Druck zu energie- und arbeitssparenden Bestellverfahren. Inspiriert durch die Pioniere trat deshalb eine Gruppe von Biobäuerinnen und Biobauern mit dem Anliegen an das FiBL heran, reduzierte Bodenbearbeitungssysteme weiterzuentwickeln.

Die in der Schweiz vorherrschenden gemischten Betriebe mit Ackerbau und Viehwirtschaft bieten dafür günstige Bedingungen: Das Klee gras in der Fruchtfolge drängt Wurzelunkräuter durch Bodenstabilisierung zurück, und gezielte Hofdüngergaben erhöhen die Konkurrenzfähigkeit der Kulturpflanzen.

Verschiedene Landwirte berichten, dass die reduzierte Bodenbearbeitung unter Anwendung der biologisch-dynamischen Präparate und Mistkompost leichter gehe.

Schon der DOK-Systemvergleichsversuch (biologisch-dynamisch – organisch biologisch – konventionell) hat gezeigt, dass biologisch-dynamisch bewirtschaftete Böden aktiver waren und einen höheren Humusgehalt aufwiesen. Im DOK-Versuch kann aber der Einfluss der biologisch-dynamischen Präparate nicht vom Einfluss des Mistkompostes getrennt werden.

Deshalb hat das FiBL im Herbst 2002 einen neuen Langzeitversuch angelegt, in dem sich der Präparateinsatz als Einzel-

faktor untersuchen lässt, und das bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung und Düngung.

Die Auffächerung der Einflussfaktoren macht den Versuch auch für nicht biologisch-dynamisch wirtschaftende Landwirte interessant: Düngungsfragen haben schon immer alle Biobauern bewegt, und der pfluglose Anbau wird zurzeit in allen Produktionssystemen lebhaft diskutiert.

Alle drei Versuchsfaktoren sind kreuzweise voll kombiniert. Dies ergibt acht Verfahren mit je vier Wiederholungen, insgesamt 32 Parzellen. Die Parzellen sind 12 × 12 m gross und nach den Bodenbearbeitungsverfahren in je zwei Streifen angeordnet. Der lehmige Tonboden in Frick enthält im Mittel 2,2 Prozent organische Substanz (C_{org}) entsprechend 3,8 Prozent Humus, 45 Prozent Ton, 33 Prozent Schluff und hat einen pH-Wert (H_2O) von 7,1. Der durchschnittliche jährliche Niederschlag in Frick be-



Spatenprobe (0–30 cm) aus dem tonigen Lehm Boden in Frick. Im reduzierten Verfahren (links) werden die Sonnenblumestoppeln nicht vergraben und bauten sich schneller ab.

trägt 1000 mm. Die Fruchtfolge ist dem tonigen Boden angepasst und umfasst Silomais (2002, vor Versuchsbeginn), Winterweizen (2002/2003, Sorte Titlis), Hafer/Alexandrinerklee (2003, als Zwischenfrucht), Sonnenblumen (2004, Sanluca) und Dinkel (2005, Ostro). 2006/2007 steht Klee gras, dann beginnt die Fruchtfolge wieder mit Silomais. Versuchsende ist voraussichtlich 2011.

Reduzierte Bearbeitung unterstützt die Humusbildung

Bereits im ersten Jahr hatte sich in diesem Versuch auf lehmigem Ton gezeigt, dass mit einem Grubber reduziert bearbeiteter Boden in feuchtem Zustand weniger an Stiefeln und Spaten klebte als gepflügter Boden. Der reduziert bearbeitete Boden wies rundere Krümelformen auf, der gepflügte kantigere. Im gepflügten Boden war der Abbau von Ernterückständen deutlich verlangsamt, was sich in der Folgekultur Dinkel durch so genannte «Strohmatte» in Pflugtiefe manifestierte. Dies kann als Indiz dafür genommen werden, dass der reduziert bearbeitete Boden belebter ist.

In vertieften Bodenuntersuchungen im Jahr 2005 liess sich nun belegen, dass durch die reduzierte Bodenbearbeitung im Vergleich zum Pflug der Humusgehalt in der Bodentiefe von 0–10 cm in nur zwei Jahren um 7 Prozent (+0,16 Prozentpunkte C_{org}) statistisch gesichert zunahm (Abb. 1). Auch die Biomasse der Mikroorganismen war in den reduziert bearbeiteten Böden um 28 Prozent erhöht. Dies zeigt, dass die Bodenfruchtbarkeit auf den reduziert bearbeiteten Parzellen ansteigt. In der Bodentiefe von 10–20 cm konnten keine Veränderungen gemessen werden. Es konnten im Boden auch keine Effekte durch die biologisch-dynamischen Präparate festgestellt werden.

Mehr Mykorrhizapilze bei reduzierter Bodenbearbeitung

2005 bestimmten wir im Rahmen einer Diplomarbeit von Isabell Hildermann (Universität Hohenheim) auch die Wurzelentwicklung des Dinkels. Im Frühjahr beim Schossen waren die Wurzeln in den reduziert bearbeiteten Parzellen in 0–5 cm Bodentiefe deutlich stärker entwickelt als in den gepflügten Parzellen. Hingegen war in 5–20 cm Bodentiefe die Wurzellänge in den gepflügten Parzellen grösser als bei reduzierter Bodenbearbeitung. Zwischen 20 und 40 cm Bodentiefe konnten keine Unterschiede mehr festgestellt werden. Bis zum Schossen des Din-



Im Fricker Langzeitversuch kommt ein Grubber von Wenz aus Schwana u (Deutschland) zum Einsatz.

kels war die Wurzelentwicklung in den verschiedenen Bodenbearbeitungssystemen ausgeglichen. Auch hier konnten keine durch die Präparate bedingten Unterschiede festgestellt werden.

Wir wollten auch wissen, wie stark die Kolonisierung der Wurzeln mit Symbiosepilzen, den Mykorrhizen, ist, denn diese verbessern die Nährstoffaufnahme der Pflanze und stabilisieren das Bodengefüge. In der Tendenz waren die Wurzeln in den reduziert bearbeiteten Parzellen stärker von Mykorrhizapilzen besiedelt. Dies lässt sich dadurch erklären, dass die Pilzfäden im Boden dort weniger gestört wurden. Entgegen den Erwartungen reagierten die Regenwürmer kaum auf die verschiedenen Bodenbearbeitungsverfahren.

Gute Erträge auch im reduzierten Verfahren

Die Erträge in den beiden Bodenbearbeitungsverfahren hingen stark von der angebauten Kultur ab. Im ersten Jahr war der Winterweizenertrag mit reduzierter Bodenbearbeitung um 16 Prozent geringer als mit Pflugeinsatz (reduziert 5,1 t Körner/ha; 15% Feuchte). Die darauf folgende Zwischenfrucht Hafer/Alexandrinerklee zeigte hingegen keine nennenswerten Unterschiede, und bei den Sonnenblumen wurde in den Parzellen mit reduzierter Bodenbearbeitung sogar ein tendenzieller Mehrertrag von 5 Prozent gemessen (reduziert 3,6 t Körner/ha; 8% Feuchte). Dinkel, eine Kultur mit frühem Stickstoffbedarf, zeigte mit reduzierter

Bodenbearbeitung wiederum einen Minderertrag von 8 Prozent (reduziert 2,56 t Körner/ha; 15% Feuchte).

Die Resultate sind vermutlich auf eine spätere Mineralisierung des Boden- und Düngerstickstoffs in den reduziert bearbeiteten Verfahren zurückzuführen. Zwischenfrucht und Sonnenblumen konnten diese späte Stickstoffquelle noch ausnutzen und erzielten dann gute Erträge. Die Verwendung der Vollgülle führte im Vergleich zum Mistkompost mit reduzierter Güllemenge nur beim Winterweizen zu einem Mehrertrag von 5 Prozent. Die biologisch-dynamischen Präparate hatten keinen Einfluss auf die Ertragshöhe.

Unkraut im Griff?

Im ersten Versuchsjahr war die Unkrautpopulation in den zwei Bodenbearbeitungsverfahren noch sehr ähnlich, im dritten Versuchsjahr unter Dinkel traten deutliche Unterschiede auf. Die Bodenbedeckung durch Unkräuter im Stadium Blüte des Dinkels war mit 16 Prozent in den Parzellen mit reduzierter Bodenbearbeitung doppelt so hoch wie in den gepflügten Parzellen. Die Ackerwinde als Wurzelunkraut stellt am Versuchsstandort ein Problem dar und ist bekanntlich im biologischen Landbau schwierig zu unterdrücken.

Im Versuch werden die Winden nebst dem Hacken in Sonnenblumen und Mais auch durch Klee gras in der Fruchtfolge geschwächt. In den Sonnenblumen wurden die Winden in den Reihen zusätzlich von Hand gehackt: in den gepflügten Par-

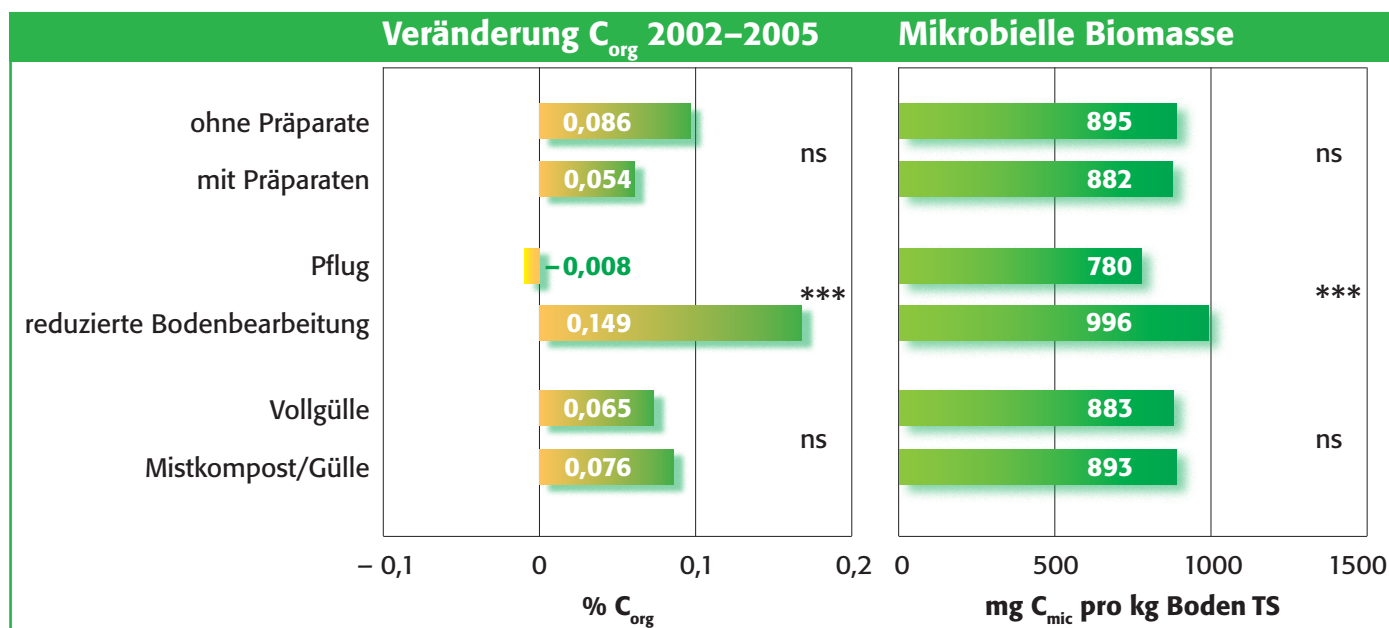


Abb. 1: Langzeitversuch in Frick: Veränderungen des Humusgehaltes, gemessen als organischer Kohlenstoff C_{org} zwischen Herbst 2002 und Frühjahr 2005, und mikrobielle Biomasse im Frühjahr 2005 in 0–10 cm Bodentiefe. ns = nicht signifikant; *** = hoch signifikant

zellen 15,2 Akh/ha, in den reduziert bearbeiteten 27,7 Akh/ha. Dieser Aufwand sollte in Zukunft noch auf ein praxisüblicheres Mass von 10 Akh/ha gesenkt werden. Ob dies zur Kontrolle der Winden genügt, wird sich in den nächsten Jahren zeigen.

Qualität von Weizen und Dinkel

Mit einer an der Universität Jena durchgeführten Diplomarbeit untersuchten wir die Qualität von Weizen und Dinkel. Bei den Inhaltsstoffen (Rohprotein, P, K, Ca, Mg), beim Hektoliter- und 1000-Korn-Gewicht traten insgesamt geringe Unterschiede zwischen den Verfahren auf. Es deutet sich aber an, dass sich reduzierte Bodenbearbeitung günstig auf die Mineralstoffaufnahme der Pflanzen auswirkt, wenn mit Mistkompost statt Vollgülle gedüngt wird. Eine mögliche Erklärung liegt in der erhöhten biologischen

Bodenaktivität und der stärkeren Besiedlung der Wurzeln mit Mykorrhizapilzen, welche die im Kompost gebundenen Nährstoffe pflanzenverfügbar machen.

Weil Weizen im Versuch praxisüblich nach Silomais angebaut wird, untersuchte das Agroscope FAL Reckenholz Körner und Stroh auf Fusariotoxine. Bekanntlich werden die Fusarienpilze von Maisernterückständen auf Weizen übertragen. Erwartungsgemäss führte reduzierte Bodenbearbeitung zu etwas erhöhten Fusariotoxingehalten (Deoxynivalenole, DON) im Weizenkorn und im Weizenstroh. Der Befall war aber witterungs- und sortenbedingt in allen Verfahren gering.

Bemerkenswert war nun, dass die DON-Gehalte nach Anwendung der biologisch-dynamischen Präparaten deutlich reduziert waren. Diese Reduktion lag in derselben Grössenordnung wie nach Pflugeinsatz. Diese einjährigen Ergebnisse bedürfen aber in zukünftigen Jahren einer Absicherung. Die Weizenproben des ersten Versuchsjahres wurden auch mit bildschaffenden Methoden untersucht. Uwe Geier vom Forschungsinstitut am Goetheanum ordnete je drei verblindete Mischproben von Weizen mit beziehungsweise ohne biologisch-dynamische Präparate den jeweiligen Verfahren richtig zu. Somit waren die Pflanzen schon im ersten Jahr der Anwendung der Präparate durch Kupferchloridkristallisation und Steigbilder unterscheidbar, nicht aber im Rohproteingehalt und in den Mineralstoffen. Die Untersuchungen zum Dinkel sind noch im Gange.

Fazit und Ausblick

In den ersten drei Jahren hat der Langzeitversuch Frick bereits viele spannende Ergebnisse zu Tage gefördert. Unerwartet war, dass Weizen, der in Parzellen gewachsen war, welche lediglich im Versuchsjahr mit biologisch-dynamischen Präparaten behandelt wurden, weniger Fusariotoxine enthielt und mit den bildschaffenden Methoden klar von nicht behandelten Weizenproben unterschieden werden konnte.

Sehr bedeutsam sind auch die Ergebnisse zur Bodenfruchtbarkeit: Reduziert bearbeitete Böden waren schon nach kurzer Zeit belebter, wiesen etwas mehr Humus auf und auch die Symbiosepilze fühlten sich dort wohler als in gepflügten Böden. Die Erträge reagierten je nach Kultur positiv oder negativ auf reduzierte Bodenbearbeitung. Allerdings könnten sich bei dieser Bodenbearbeitung Wurzelunkräuter zu einem ernsthaften Problem entwickeln.

Wie sich die Erträge und die Unkrautsituation entwickeln, müssen weitere Untersuchungsjahre zeigen.

Wir erwarten, dass sich die Differenzen zwischen den Verfahren im Verlaufe der nächsten Versuchsperiode noch stärker zeigen. Der Abschluss des Versuchs ist auf das Jahr 2011 geplant.

In einem Nebenversuch prüfen wir in den Jahren 2006 und 2007 Möglichkeiten zum pfluglosen Umbruch der Kleegrasswiese. Dazu gibt es noch kaum Erfahrungen.

Alfred Berner, Robert Frei und Paul Mäder, FiBL

Dank

Wir danken dem FiBL-Betriebsleiter, Pius Allemann, ganz herzlich für die Unterstützung bei der Versuchsdurchführung. Dank gebührt auch den beratenden Mitgliedern der Begleitgruppe: Rainer Sax und Daniel Böhler, Jürg Hädrich, Nikolai Fuchs, Manfred Klett, Hartmut Spiess und Bernhard Streit. Speziell verdanken möchten wir auch die Untersuchungen am Forschungsinstitut am Goetheanum und am Agroscope FAL Reckenholz.

Diese Arbeit wurde ermöglicht durch das Bundesamt für Landwirtschaft, Bern, und die Stiftungen Dutch BD-Vereniging, Stiftung zur Pflege von Mensch, Mitwelt und Erde, Sampo Verein für Anthroposophische Forschung und Kunst, Software AG Stiftung und Evidenzgesellschaft.