

Forschung

Reduzierte Bearbeitung – fruchtbarere Böden?

Ergebnisse aus Parzellenversuche und von Praxisbetrieben

Steigert pfluglose Bodenbearbeitung im Ökolandbau den Humusgehalt? Oder Bodenfruchtbarkeit bzw. Erträge? Feld- und Praxisversuche des Schweizer FiBL gehen u.a. diesen Fragen nach, auch in einer Variante mit biodynamischen Präparaten.

von Alfred Berner,
Paul Mäder,
Monika Messmer,
Andreas Fliessbach,
Maike Krauss,
Hansueli Dierauer,
Maurice Clerc,
Martin Koller,
Matthias Meier,
Christian Schader
Forschungsinstitut für
biologischen Landbau,
CH-5070 Frick

*Korrespondenzautor:
alfred.berner@fibl.org;
Tel. +4162 865 72 32



Ökolandbau erhöht die Bodenfruchtbarkeit, das wissen wir aus zahlreichen wissenschaftlichen Untersuchungen. Auch der komplette Verzicht auf Bodenbearbeitung, sogenannte „No-till-Systeme“, bei denen allerdings die Unkrautregulierung mit Totalherbiziden wie Round-up erfolgt, hat für den Boden unbestreitbare Vorteile. Die Verbindung von reduzierter Bearbeitung und Ökolandbau ist eine Methode mit großem Innovationspotenzial, die noch wenig erforscht ist. Ihr Vorteil liegt darin, dass im Gegensatz zu Direktsaat Varianten Unkräuter mechanisch reguliert werden können. Zudem können Hofdünger eingearbeitet werden, was die Umsetzung im Boden fördert.

Projekt reduzierte Bodenbearbeitung

In einem bislang dreijährigen Projekt „Klimaneutraler Ackerbau“ untersuchen wir in der Schweiz die Auswirkungen reduzierter Bodenbearbeitung auf den Ertrag, die Klimabilanz und den wirtschaftlichen Betriebserfolg. Die Parzellenversuche zur reduzierten Bodenbearbeitung führen wir in Frick, Kanton Aargau (seit 2003), Muri, Kanton Aargau (seit 2009) und Aesch Kanton Basel-Land (seit 2010) durch. Der Versuch in Frick liegt auf einem schweren, tonigen Lehm, in Muri und Aesch sind die Böden mittelschwer (Lehmböden). Die reduzierte Bodenbearbeitung erfolgt unter Anwendung des Stoppelhobels oder Ecodyn-Grubbers (Spezialgrubber von Wenz für die pfluglose Bodenbearbeitung) bis

auf eine Tiefe von 5 bis 7 Zentimeter, in der Pflugvariante wird betriebsüblich etwa 15 bis 20 Zentimeter tief gearbeitet. Bei trockenem Boden lockern wir den Boden nach der Getreideernte bis 15 Zentimeter mit dem Ecodyn-Grubber. In einem partizipativen Ansatz erarbeiteten wir zudem auf neun Praxisbetrieben zusammen mit den Landwirten betriebsangepasste Lösungen.

Ertrag und Unkraut: Es braucht Umstellungszeit

Etwa während der ersten drei Jahre muss mit Ertragseinbußen von durchschnittlich 10 Prozent gerechnet werden, so zeigen die Versuche. Im langjährigen Fricker Bodenbearbeitungsversuch mit der praxisüblichen Fruchtfolge Winterwei-

Faktor biodynamische Präparate

Im Fricker Versuch werden seit 2003 neben der Bodenbearbeitung auch die biologisch-dynamischen (bd) Präparate (mit vs. ohne) und die Düngung (Mistkompost mit wenig Gülle vs. nur Gülle) als Faktoren unabhängig von der Bodenbearbeitung verglichen. Die biodynamischen Präparate zeigten keine Auswirkungen auf den Ertrag. Gülle führte im Vergleich zu Mistkompost nur bei Wintergetreide zu rund 10% höheren Erträgen, bedingt durch das höhere Angebot an raschverfügbarem

Ammoniakstickstoff im Frühjahr. Die Auswirkungen des Mistkompostes und der biodynamischen Präparate auf die Bodenmikroorganismen waren bisher gering. Nach mehrjähriger Anwendung der Präparate stellten wir gegenüber der Kontrolle leicht höhere Werte im C/N-Verhältnis der mikrobiellen Biomasse fest (Abbildung 3). Dies könnte durch ein höheres Pilz/Bakterien-Verhältnis bedingt sein, was mit präziseren Messmethoden (zum Beispiel mit PLFA-Marker-Molekülen) verifiziert

werden muss. Beim Humusgehalt konnten bis jetzt noch keine Auswirkungen des Mistkompostes oder der Präparate gemessen werden, was mit dem schweren, tonigen Lehmboden in Frick in Verbindung stehen könnte.

Im Bereich Lebensmittelqualität fokussierten wir auf Winterweizen. Es wurden der Gesamtproteingehalt, aber auch einzelne Proteinfractionen, sowie unterschiedliche Glutenproteintypen untersucht. Zudem wurden zahlreiche Backqualitätsparame-

ter bestimmt und der Mycotoxingehalt (DON) analysiert. Dabei zeigten sich bei den verschiedenen Versuchsfaktoren zwar in einzelnen Jahren Unterschiede, ein einheitliches Bild konnte aus den bisherigen Untersuchungen aber nicht abgeleitet werden. Mittels bildschaffender Methoden ergab sich bei Weizen in einem Jahr im Blindversuch eine korrekte Zuordnung der Verfahren (mit vs. ohne Präparate). Mit Dinkel ließen sich aber diese Ergebnisse nicht bestätigen.

zen-Sonnenblumen-Dinkel- zweijähriges Klee gras-Silomais erzielten wir über neun Jahre bei der reduzierten Bodenbearbeitung 11 Prozent höhere Erträge als beim Einsatz des Pfluges (Abbildung 1). Besonders Wintergetreide leidet im Frühjahr an Stickstoffknappheit in Folge verzögerter N-Mineralisierung, wohingegen Mais und Klee gras aufgrund besserer Bodenstruktur höhere Erträge erzielten. Entgegen den Erwartungen war der Druck mit Ackerschnecken im Pflugverfahren erhöht, sodass dort die Sonnenblumen in 2010 nachgesät werden mussten.

In Muri und Aesch prüften wir die Fruchtfolge Silomais-Winterackerbohnen-Winterweizen. Der Maisertrag war bei reduzierter Bodenbearbeitung an beiden Standorten etwa 4 Prozent geringer als im Pflugverfahren. Während die Ackerbohnen in Muri bei reduzierter Bodenbearbeitung einen deutlichen Mehrertrag erzielten (27 Prozent), war der Ertrag bei reduzierter Bearbeitung in Aesch um 6 Prozent geringer. In Muri kam es in Folge von Sturm und Regen zu starkem Lager, was einen Schwadddrusch erforderlich machte und zu Ausfallbohnen führte. Aufgrund des starken Durchwuchses von Raigras und Ackerbohnen wurde dort in der anschließenden Winterweizenkultur bei reduzierter Bearbeitung ein 20 prozentiger Minderertrag gegenüber dem Pflugverfahren gedroschen. Auf den neun Praxisbetrieben lag der Ertrag im Durchschnitt der drei angebauten Kulturen (in der Regel Mais-Körnerleguminose-Wintergetreide) um 8 Prozent unter demjenigen des Pflugverfahrens. Lediglich zwei Betriebe erzielten bei reduzierter Bodenbearbeitung gleich hohe Erträge wie mit dem Pflug. Beide Betriebe waren sehr gut mechanisiert, und die Betriebs-



A. Beiner, FiBL

leiter zeigten ein sehr großes Engagement für den Boden.

Während der Unkrautdruck in Frick den Ertrag nicht reduzierte, so war dieser insbesondere in Muri, am Standort mit den höchsten Niederschlägen (1200mm), deutlich höher. Auf den Praxisbetrieben war der Bodenbedeckungsgrad mit Unkräutern im reduzierten Verfahren nach drei Jahren (erfasst vor dem Striegeleinsatz) im Schnitt dreimal höher als beim Einsatz des Pfluges. Auf drei Betrieben kam es in einem Jahr aufgrund des hohen Unkrautdrucks zu einem Totalausfall. Die Betriebe, die alle vorbeugenden Maßnahmen beachteten, die Geräte optimal einsetzten und das Feld nach der Ernte ganzflächig mit einem Stoppelhobel oder einem Flachgrubber schälten, hatten keine Ertragseinbußen durch Unkraut. Die größte Herausforderung war in jedem Fall der Klee grasumbruch vor Mais zu Beginn der Versuche. Im Exaktversuch im schweren Boden in Frick musste der Umbruch in den Herbst vorverlegt werden. Spät eingesäte Wintererbsen fixierten dort im Frühjahr rund 60 Kilogramm Stickstoff pro Hektar, der dem nachfolgenden Mais zur Verfügung stand und den Ertrag positiv

beeinflusste. Auch die Sortenwahl und Züchtung für reduzierte Bodenbearbeitungssysteme ist zentral: Bei reduzierter Bodenbearbeitung gab es Maissorten, die schon bei geringer Düngung ansprechende Erträge brachten.

Bodenfruchtbarkeit nimmt zu

Sowohl in Frick (Abbildung 2), als auch in Muri, wo die Entwicklung des Humusgehaltes über mehrere Jahre gemessen wurde, verzeichneten wir in der obersten Bodenschicht (bis 10 cm) einen deutlichen Humusanstieg bei der reduzierten Bodenbearbeitung (nach drei Jahren 8% in Frick, 13% in Muri; nach sechs Jahren 17% in Frick; s. Abbildung 2). In Muri untersuchten wir die Humusveränderung bis in eine Bodentiefe von 60 cm. In der Tendenz war der Humusgehalt bei reduzierter Bodenbearbeitung auch in tieferen Bodenschichten erhöht, während dieser unter dem Pflugverfahren insgesamt abnahm. Dies

Feldversuch Frick mit Winterweizen im Jahre 2009

Dank

Das Projekt wird unterstützt vom Coop Fonds für Nachhaltigkeit sowie vom Bundesamt für Landwirtschaft, der Software-AG Stiftung (DE), der Stiftung für Mensch, Mitwelt und Erde (CH), Sampo Initiative für antroposophische Forschung und Kunst (CH), EU-FP 7 Projekt NUE-CROPS, und dem Europäischen Era Net CORE Organic AGTEC-Org.

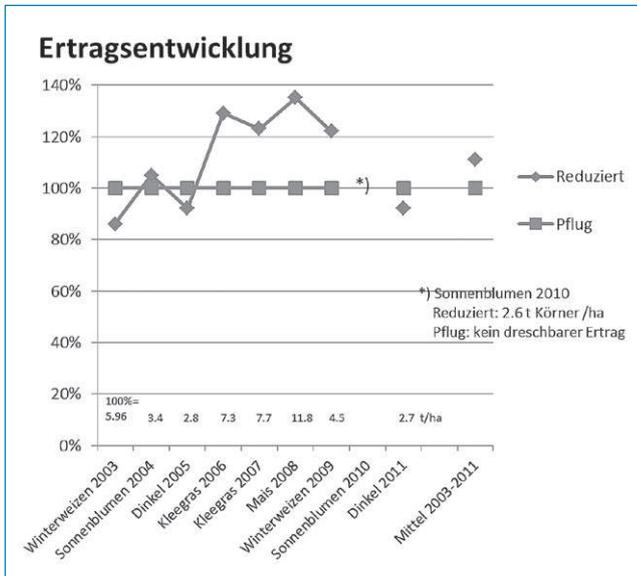


Abbildung 1: Ernteertrag in Frick von 2003 bis 2011

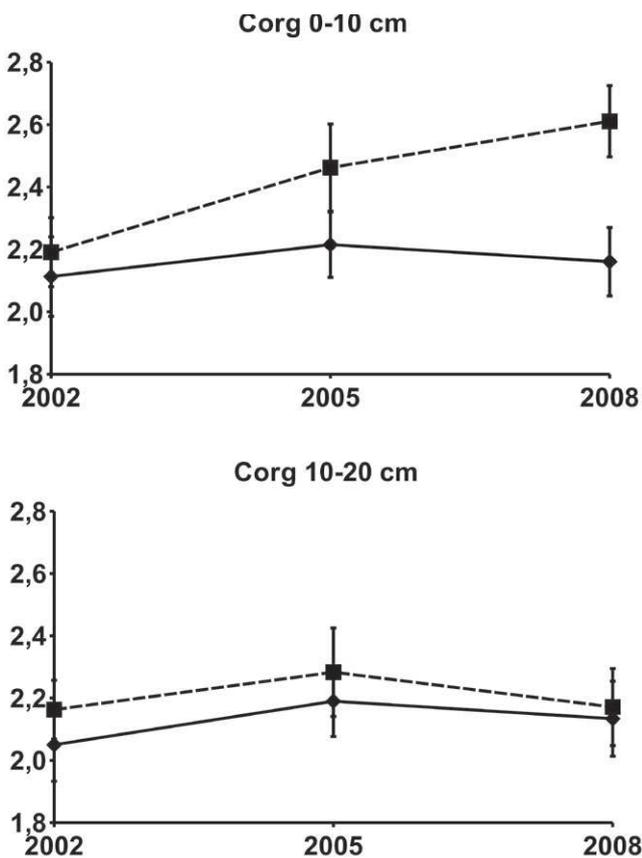


Abbildung 2: Humusveränderung in Frick in den Verfahren Pflug (CT – durchgehende Linie) und Reduziert (RT – gestrichelte Linie) (2002-2008) in 0 bis 10 cm (oben) bzw. 10 bis 20 cm (unten) Bodentiefe

könnte damit zusammenhängen, dass in dieser Fruchtfolge viel organische Masse via Klee gras und Hofdünger in den Boden gelangt. Auf den Praxisbetrieben ergab sich nach drei Jahren differenzierter Bodenbewirtschaftung kein messbarer Unterschied im Humusgehalt, was wohl auf die räumliche Variabilität zurückzuführen ist. Die Kohlenstoffbindung durch Humusaufbau führte in den Parzellenversuchen dazu, dass in den reduziert bearbeiteten Böden bis zwei Tonnen Kohlendioxid-Äquivalente je Hektar und Jahr gebunden wurden.

Als Indikatoren der Bodenfruchtbarkeit wurden die mikrobielle Biomasse im Boden, und die Dehydrogenaseaktivität als Maß der potenziellen Atmungsaktivität gemessen. Diese waren bei reduzierter Bearbeitung bereits nach drei Jahren sowohl im Parzellenversuch in Frick, als auch auf den Praxisschlägen im Kanton Bern in den obersten 10 cm Bodentiefe um rund 30 Prozent erhöht. Ein weiterer Anstieg der mikrobiellen Biomasse und Aktivität war nach sechs und neun Jahren im langjährigen Versuch in Frick zu verzeichnen.

Mykorrhizapilze an der Schnittstelle Boden-Pflanze sind sensible Indikatoren einer nachhaltigen Bodenbewirtschaftung. Die Kolonisierung der Wurzel war stark geprägt von der vorangehenden Bodenbearbeitung in den jeweiligen Systemen: Während Dinkelwurzeln im reduzierten Verfahren stärker kolonisiert waren, wiesen Maiswurzeln im Pflugverfahren mehr Mykorrhizastrukturen in der Wurzel auf. Dies konnte auf eine kurzfristig intensivere Bodenbearbeitung im reduzierten System zurückgeführt werden, wo in Folge einer Gründüngung zwei Bearbeitungsgänge mehr nötig waren. Die Vielfalt der Art *Glomus intraradicis* war im reduzierten Verfahren bedeutend höher als im Pflugver-

fahren, und wies Werte wie unter Grünland auf.

Jüngste Erhebungen der Regenwurmpopulationen einer Masterarbeit von Marianne Kuntz (Univ. Wageningen) zeigen einen deutlichen Einfluss der Bodenbewirtschaftung auf die Populationsstruktur der Regenwürmer: Während die Anzahl der Regenwurmcocons bei reduzierter Bodenbearbeitung vier mal höher war als beim Pflugverfahren, waren die juvenilen Würmer um 80 Prozent zahlreicher, und die Gesamtzahl der Regenwürmer 60 Prozent höher. Als Folge des erhöhten Humusgehaltes und der intensiveren Bodenbelebung war der reduziert bearbeitete Boden deutlich besser gekrümelt, und hielt rund 25 Prozent mehr pflanzenverfügbares Wasser im Boden fest.

Ist reduzierte Bodenbearbeitung wirtschaftlich?

Soll reduzierte Bodenbearbeitung im Ökolandbau großflächig angewandt werden, muss sie sich betriebswirtschaftlich tragen. Landwirte entscheiden meist anhand der Deckungsbeiträge und der Arbeitsansprüche, welche Kulturen auf ihrem Betrieb angebaut werden. Während beim Fricker Versuch die Deckungsbeiträge um 21 bis 35 Prozent gesteigert wurden, ergaben sich auf den Praxisbetrieben 1 bis 7 Prozent geringere Deckungsbeiträge für die reduzierte Bodenbearbeitung, v.a. ertragsbedingt. Auf den Standorten Muri und Aesch schnitten die Deckungsbeiträge reduzierter Verfahren geringfügig schlechter ab als die der jeweiligen Pflugverfahren. Reduzierte Bodenbearbeitung reduziert auch Maschinenarbeitsstunden, im Schnitt um 10 Prozent. Die Wirtschaftlichkeit der reduzierten Bodenbearbeitung hängt also im Wesentlichen vom Ertrag ab, da die unterschiedlichen Boden-



A. Berner, FiBL

Bodenstruktur im Feldversuch Frick am 27. Oktober 2008 nach Winterweizensaat. Der Boden unter reduzierter Bodenbearbeitung (links) weist eine feinere Bodenstruktur mit besserem Auflauf auf im Vergleich zum gepflügten Boden bei gleicher Saatbettbearbeitung (rechts).

bearbeitungsverfahren ähnlich hohe Kosten verursachen.

Vorteile überwiegen, Standortanpassung nötig

Reduzierte Bodenbearbeitung im Ökolandbau bringt deutliche Vorteile in Bezug auf die Bodenfruchtbarkeit: Es können substantielle Mengen an Kohlenstoff gebunden werden, Humus, Mikroorganismen, Regenwürmer und Krümelstabilität nehmen zu. Dies führt auch zu einem erhöhten Rückhaltevermögen für pflanzenverfügbares Wasser. In einem Langzeitversuch konnte sogar ein Mehrertrag von elf Prozent erzielt werden. Allerdings hängen die Auswirkungen reduzierter Bodenbearbeitung vom Standort, der Kultur und der Jahreswitterung ab. Ein optimaler Mechanisierungsgrad, eine hohe Schlagkraft und gute Beobachtungsgabe sind wichtige Voraussetzungen für einen erfolgreichen ökologischen Pflanzenbau ohne tiefes

Wenden. Dabei hat sich gezeigt, dass Anpassungen in der Verteilung der Dünger, des Umbruchzeitpunktes der Klee-graswiese und die Kultivierung von Gründüngungen wesentliche Erfolgsfaktoren sind, um die Probleme einer verzögerten Stickstoffmineralisierung zu lösen und dem Unkraut Herr zu werden. Die Ertragsoptimierung ist zentral, weil letztendlich auch bei reduzierter Bodenbearbeitung nur produktive Systeme wirtschaftlich erfolgreich sind.

Ausblick

Ein Folgeprojekt untersucht die Auswirkungen reduzierter Bodenbearbeitung auf die Treibhausgase (Lachgas, Methan, und CO₂) bei Kompostanwendung und Gülleeinsatz. Ein besonderer Fokus wird in Praxisversuchen auf ein effizientes Management des Unkrauts gerichtet (Projekt „Boden- und klimaschonender Bioackerbau“). In einem Europäischen Era Net CORE

Organic II Projekt werden unter FiBL Leitung die Aktivitäten zur reduzierten Bodenbearbeitung im Biolandbau gebündelt (TILMAN-ORG). Zudem planen wir vertiefte Untersuchungen im Bereich Lebensmittelqualität und Pflanzenvitalität. ●

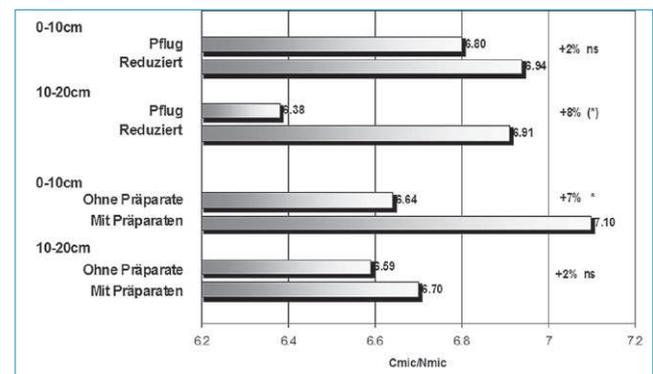


Abbildung 3: Präparate beeinflussen in einzelnen Jahren das mikrobielle C/N-Verhältnis: Mikrobielles C/N-Verhältnis im Boden im Jahre 2008. Ein höheres C/N-Verhältnis kann ein Hinweis auf einen höheren Anteil an Pilzen oder ältere Zellen in der Biomasse des Bodens sein.

Links

- www.fibl.org/de/medien/medienarchiv/medienarchiv11/mm-klima-boden-2011-06-08.html
- www.bodenfruchtbarkeit.org
- www.tilman-org.net
- <http://www.coreorganic.org/research/projects/agtec-org/index.html>