

# Forschung

## Pflugloser Ökolandbau auf schweren Böden

*Bodenbearbeitung, Gülle, Mistkompost und Präparate im Versuch*

von Alfred Berner, Isabell Hildermann, Maria Thalmann, Christian Hügli, Robert Frei und Paul Mäder

FiBL,  
Forschungsinstitut für  
biologischen Landbau,  
Postfach,  
CH-5070 Frick,  
[www.fibl.org](http://www.fibl.org);  
[alfred.berner@fibl.org](mailto:alfred.berner@fibl.org)

Reduzierte Bodenbearbeitung ersetzt das aufwändige Pflügen durch Grubbern oder andere nichtwendende Verfahren. Dadurch bleibt die natürliche Schichtung des Bodens weitgehend erhalten und feinkrümelige Erde bleibt an der Bodenoberfläche. 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 oder der Direktsaat für ihre Methoden. Aber funktioniert das im Ökolandbau, ohne Herbizide und ohne leichtlösliche Stickstoffmineraldünger? Kommt es in schweren Böden ohne lockern 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 Ökobedingungen (PEKRUN et al. 2003, KAINZ et al. 2003, ANKEN et al. 2005, HAMPL 2005), und die Erfahrungen aus der Praxis sind spärlich.

Auch im ökologischen Landbau herrscht im Ackerbau ein starker Druck zu energie- und arbeitssparenden Bestellverfahren. Inspiriert durch die Pioniere trat deshalb eine Gruppe von Ökolandwirten 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 Wirtschaftdüngergaben erhöhen die Konkurrenzskraft der Kulturpflanzen. Zwei Düngungsstrategien werden dabei 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.

Verschiedene Landwirte berichteten, dass die reduzierte Bodenbearbeitung unter Anwendung der biologisch-dynamischen Präparate leichter gehe, weshalb in diesem Versuch Verfahren mit beziehungsweise ohne Kompost- und Feldspritzpräparate geführt werden. Im DOK-Systemvergleichsversuch (biologisch dynamisch – organisch biologisch – konventionell) wurde festgestellt, dass biologisch-dynamisch bewirtschaftete Böden aktiver waren und einen höheren Humusgehalt aufwiesen (MÄDER et al. 2002). Dort kann aber der Einfluss der biologisch-dynamischen Präparate nicht vom Einfluss des Mistkompostes getrennt werden, weshalb der neue Ackerbauversuch in Frick so angelegt ist, dass diese Differenzierung möglich ist.

Die drei Versuchsfaktoren sind untereinander voll kombiniert. Dies ergibt acht Verfahren mit je vier Wiederholungen, insgesamt 32 Parzellen. Die Parzellen sind 12 x 12 m gross und nach den Bodenbearbeitungsverfahren in je zwei Streifen angeordnet. Die Messparzelle ist 8 x 8 m gross. Die Parzellengrösse lässt eine Bewirtschaftung mit praxisüblichen Maschinen zu.

### Kurz & knapp:

- Auf schweren Böden wurden im System Ökolandbau reduzierte Bodenbearbeitung, Gülledüngung und biologisch-dynamische Präparate geprüft.
- Stickstoffengpass im Frühjahr, mehr Aufwand für die Unkrautkontrolle, geringere Getreideerträge bei Pflugverzicht stehen belebterem Oberboden und besseren Zwischenfruchterträgen gegenüber.
- Überraschend senkten die biologisch-dynamischen Präparate den Gehalt an Fusariumtoxinen.

Der lehmige Tonboden in Frick enthält im Mittel 2.2% organischen Kohlenstoff ( $C_{org}$ ) entsprechend 3.8% Humus, 45% Ton, 33% Schluff und hat einen pH ( $H_2O$ ) von 7.1. Der durchschnittliche jährliche Niederschlag beträgt 1000 mm. Zur Fruchtfolge: 2002, bevor der Versuch angelegt wurde, stand auf dem Feld einheitlich Silomais nach Klee gras. Danach wurden 2002/2003 Winterweizen (Sorte Titlis), 2003 Hafer/Alexandrinerklee als Zwischenfrucht, 2004 Sonnenblumen (Sanluca) und 2005 Dinkel (Ostro) angebaut. 2006/2007 steht Klee gras, dann beginnt die Fruchtfolge wieder mit Silomais. Versuchsende ist voraussichtlich 2011 mit dem zweiten Jahr Dinkel. Das Unkraut wurde im Getreide gestriegelt, in den Sonnenblumen zwischen den Reihen zweimal mit der Maschine gehackt und Problemunkräuter in den Reihen einmal von Hand gehackt.

Die Fusarientoxine im Weizen wurden von *Agroscope* FAL Reckenholz analysiert. Untersuchungen mit bildschaffenden Methoden wurden vom Forschungsinstitut am Goetheanum durchgeführt. Detailuntersuchungen erfolgten im Rahmen von zwei Diplomarbeiten: Isabell Hildermann (Univ. Hohenheim) und Maria Thalmann (Univ. Jena) sowie im Rahmen eines Praktikums (Christian Hügler ETH/Zürich).

### Befriedigende Erträge auch bei reduzierter Bodenbearbeitung

Die Ertragsdifferenzierung in den beiden Bodenbearbei-

tungsverfahren hing stark von der angebauten Kultur ab. Im ersten Jahr war der Winterweizenertrag mit reduzierter Bodenbearbeitung um 16% geringer als mit Pflugeinsatz (Abb. 1). 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% gemessen. Dinkel, eine Kultur mit frühem Stickstoffbedarf, zeigte mit reduzierter Bodenbearbeitung wiederum einen Minderertrag von 8%. 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 nur beim Winterweizen zu einem Mehrertrag von 5%. Die biologisch-dynamischen Präparate hatten keinen Einfluss auf die Ertragshöhe.

Der Dinkel wurde witterungsbedingt erst Mitte November 2004 in einen oberflächlich feuchten Boden, gesät, so spät, weil die vorangehenden Sonnenblumen das Feld erst Anfang Oktober räumten und das Wetter anschliessend zu nass war. Der gepflügte Boden förderte das Abtrocknen und mit einer auf einen Rototiller aufgebauten Sämaschine konnte in diesem Verfahren noch befriedigend gesät werden. In den reduziert bearbeiteten Verfahren

### Präparate-Bodenbearbeitungsversuch am FiBL in Frick (Schweiz) Versuchsfaktoren

- *Präparate*: Mit versus ohne biologisch-dynamische Präparate (Kompost- und Feldspritzepräparate)
- *Bodenbearbeitung*: Pflug (15 cm Tiefe) und Rototiller (5 cm) versus Grubber\* (15 bis 20 cm) und Rototiller\*\* (5 cm). Wenn die Bodenstruktur es zulässt, werden wir in Zukunft auf gezogene Geräte umstellen.
- *Düngung*: Vollgülle versus Mistkompost und wenig Gülle. Wirtschaftsdünger werden in beiden Düngungsverfahren entsprechend der Menge von 1.4 DGVE/ha eingesetzt.

\* WeCo-Dyn System von EcoDyn, Schwana u, Deutschland.  
\*\* Rototiller von Rau, Weilheim, Deutschland.

gela ng die Saat nur mit viel Glück in den gefrorenen Boden. Das Ergebnis war auf diesem lehmigen Tonboden nicht überall akzeptabel. Es zeigte sich somit, dass auf unseren schweren Böden unter ungünstigen, nassen Bedingungen mit dem traditionellen System Pflug-Rototiller sicherer gesät werden kann als mit reduzierter Bodenbearbeitung.



### Tolerierbarer Unkrautbesatz bei reduzierter Bodenbearbeitung

Versuchsfeld mit Weizenbestand

Im ersten Versuchsjahr war die Unkrautpopulation in den zwei Bodenbearbeitungsverfahren noch sehr ähnlich, im dritten Versuchsjahr, unter Dinkel, traten deutliche Unterschiede zwischen den Verfahren auf. Die Bodenbedeckung durch Unkräuter

in der Dinkelblüte war in den Parzellen mit reduzierter Bodenbearbeitung mit 16% doppelt so hoch wie in den gepflügten. Die größten Unterschiede gab es bei Vogelmiere, Löwenzahn, Ackerwinde und Ackerfuchsschwanz mit höheren Bodenbedeckungsanteilen in den reduziert bearbeiteten Parzellen. In den gepflügten Parzellen dominierten persischer Ehrenpreis, Vogelknöterich sowie Windenknöterich.

Eine Bodenbedeckung und -durchwurzelung durch die nur niedrig wachsenden Vogelmiere und Ehrenpreis ist in den späteren Kulturstadien des Dinkels durchaus erwünscht, da sie eine Spätverunkrautung vermindern. Ackerwinde ist im ökologischen Landbau als Wurzelunkraut nur schwierig zu unterdrücken und stellt am Ver-

suchsstandort ein Problem dar. Im Versuch werden die Winden außer durch das 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: der Zeitaufwand betrug in den gepflügten Parzellen 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.

Die Sonnenblumen hinterliessen beim Dreschen viele ausgefallene Kerne, die im darauf folgenden Frühjahr im Dinkel vor allem in den Verfahren mit reduzierter Bodenbearbeitung wieder keimten. Erstaunlicherweise wurden die

Sonnenblumen als Durchwuchs aber nicht zum Problem, da sie durch den Dinkelbestand stark unterdrückt wurden. Auch wenn der Unkrautbesatz derzeit in beiden Bodenbearbeitungsverfahren noch akzeptabel ist, bleibt die langfristige Entwicklung abzuwarten.

### Erhöhte Bodenfruchtbarkeit durch Verzicht auf Pflug

Bodenunterschiede können visuell oft früher erkannt werden als mit analytischen Methoden. So beobachteten wir bereits im ersten Versuchsjahr, dass der feuchte, lehmige Tonboden in den Parzellen mit reduzierter Bodenbearbeitung weniger an Stiefeln und Spaten klebte als der Boden in den gepflügten Parzellen. Zwar hinterliess der reduziert bearbeitete Boden bei der Spatenprobe einen kompakteren Eindruck, liess sich aber entlang der natürlichen Bruchflächen relativ leicht zerkleinern. Erstaunlicherweise kann auf diesen Parzellen mit weniger Druck auf den Spaten gegraben werden als in den gepflügten Parzellen und es fällt auch leichter, tief zu graben. In den gepflügten Parzellen waren im April in Pflugtiefe deutlich die Stängelrückstände der Sonnenblumen zu erkennen, die sich offensichtlich langsamer als an der Bodenoberfläche der reduziert bearbeiteten Parzellen abbauten. Die Beobachtungen deuten auf einen intensiveren mikrobiellen Abbau der Ernterückstände und auf eine erhöhte Bodenfruchtbarkeit hin.

Die gemessenen Bodenfruchtbarkeitsparameter im 2005

**Abb. 1: Getreideerträge (Pflug vorne)**

Erträge von Winterweizen (2003), Hafer-Alexandrinerklee Zwischenfrucht (2003/04), Sonnenblumen (2003) und Dinkel Körner (2004). Mittelwerte der Versuchsfaktoren.

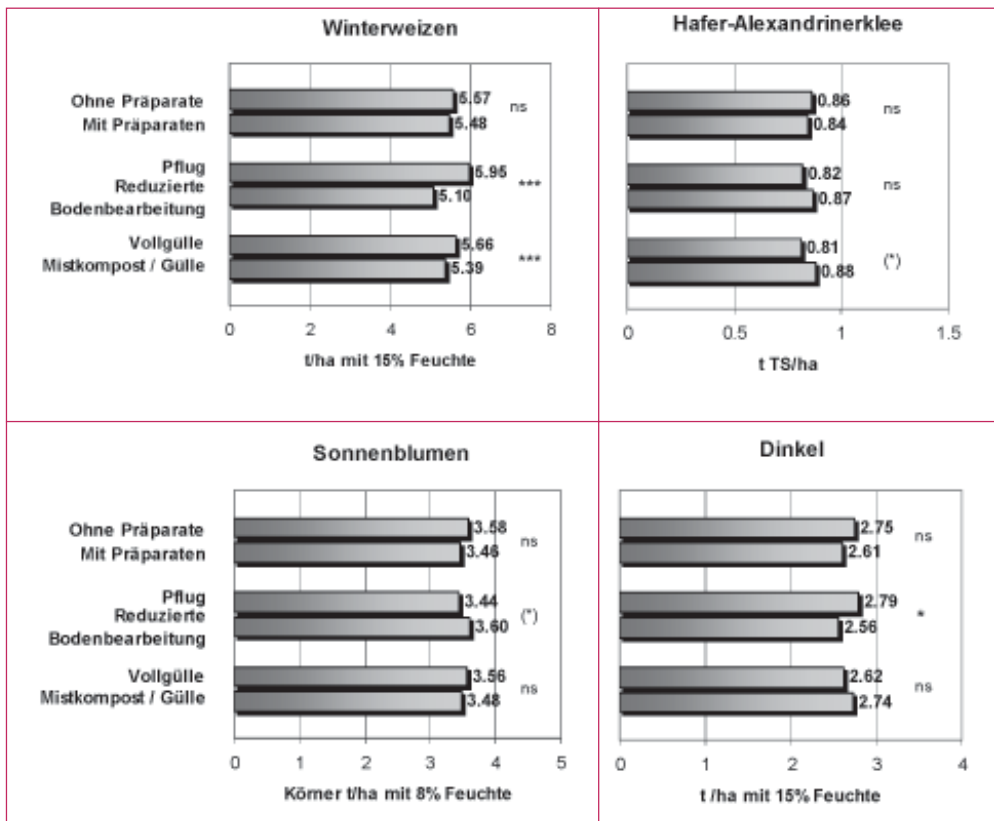
Signifikanzniveaus:

\*\*\* =  $p \leq 0.001$ ;

\* =  $p \leq 0.05$ ;

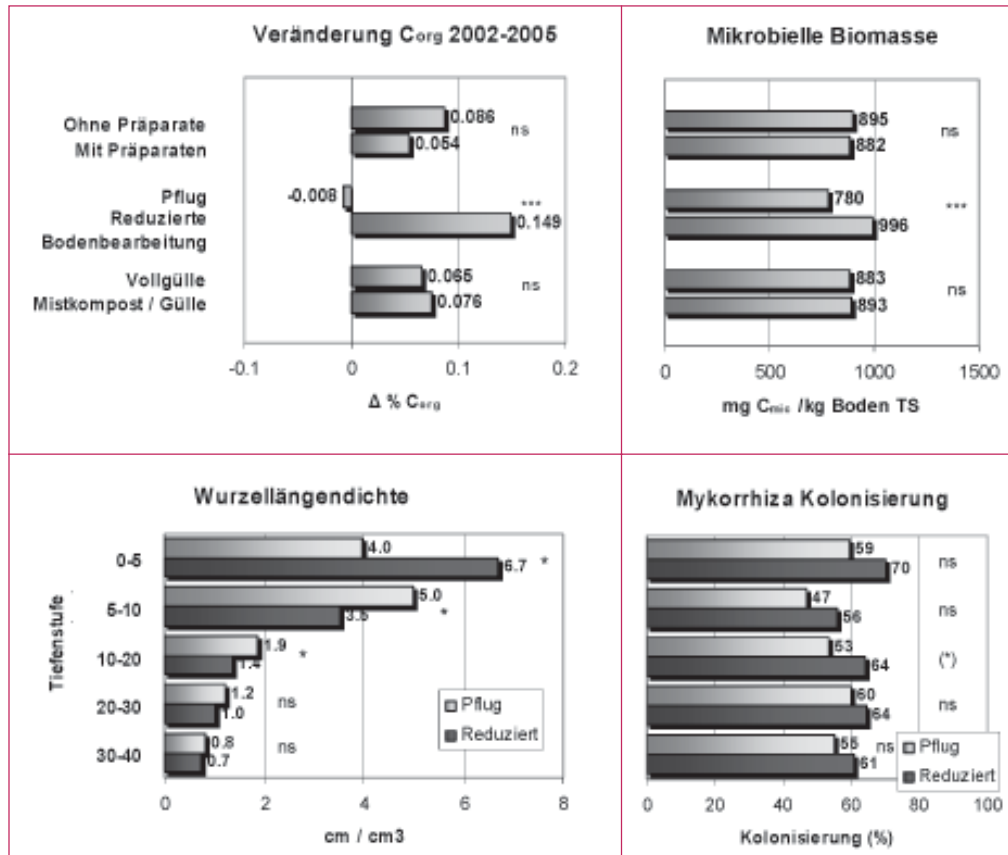
(\*) =  $p \leq 0.1$ ;

ns = nicht signifikant.



deuten exakt in diese Richtung. Zu Versuchsbeginn analysierten wir in allen Parzellen die Humusgehalte. Im Frühjahr 2005 unter Dinkel wurden die Parzellen wieder beprobt und pH, der organische Kohlenstoff ( $C_{org}$ ) und mikrobiologische Parameter analysiert. In der Bodentiefe von 0-10 cm nahm  $C_{org}$  bei reduzierter Bodenbearbeitung innerhalb von nur zwei Jahren statistisch gesichert um 7 % zu (+ 0.15 Prozentpunkte  $C_{org}$ ) (Abb. 2), bei Pflugeinsatz blieb  $C_{org}$  annähernd stabil. Die mikrobielle Biomasse in der Bodentiefe von 0-10 cm war bei der reduzierten Bodenbearbeitung 28% höher als in den gepflügten Parzellen, ähnlich verhielt sich die Dehydrogenaseaktivität, welche die Gesamtaktivität der Bodenmikroorganismen widerspiegelt. In der Bodentiefe von 10-20 cm wurden keine signifikanten Veränderungen im Humusgehalt und in der mikrobiellen Aktivität festgestellt.

Die Versuchsfaktoren Düngung und Präparate zeigten in beiden Tiefen keine statistisch gesicherten Effekte – auch traten zwischen den drei Versuchsfaktoren keine Interaktionen auf. Die Anzahl und Biomasse der vertikal grabenden, anözischen Regenwürmer wurde durch die Bodenbearbeitungsverfahren erstaunlicherweise nicht beeinflusst. Einzig die Anzahl der oberflächlich lebenden, endogäischen Regenwürmer war bei der reduzierten Bodenbearbeitung grösser. Dies kann auf diesem lehmigen Tonboden mit den häufig etwas staunassen Bedingungen von Herbst bis Frühjahr zusammenhängen.



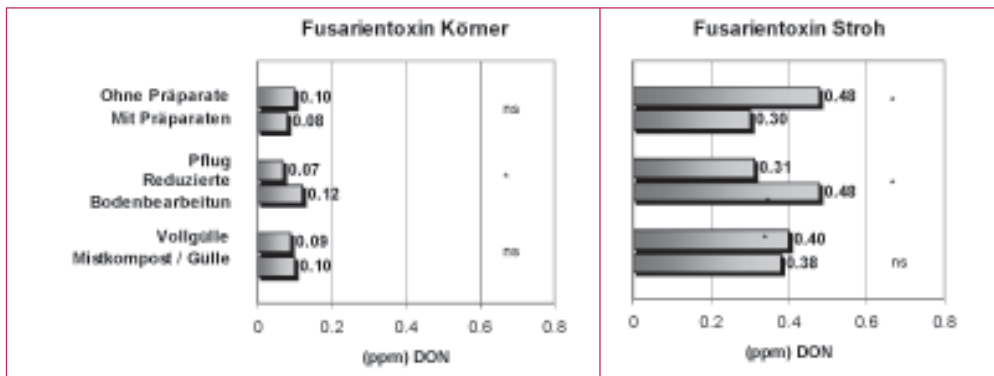
### Entwicklung von Wurzeln und Wurzelsymbiosen

Im Rahmen einer Diplomarbeit von Isabell Hildermann von der Uni Hohenheim untersuchten wir die Entwicklung der Wurzeln und deren Kolonisierung mit Symbiosepilzen, den Mykorrhizen. Dazu wurden im Stadium Ende Bestocken (April) und Blüte (Juni) Zylinderproben bis in 40 cm Bodentiefe gebohrt und die Wurzeln ausgewaschen. Im April stehen die Wurzeln vor ihrer grossen Wachstumsphase, im Juni hat das Wurzelwerk seine endgültige Grösse weitgehend erreicht. Aus arbeitstechnischen Gründen wurden nur Parzellen mit Mistkompost/Gülle-Düngung beprobt. Es wurden somit nur die Faktoren Bodenbearbeitung und Präparate

untersucht. Beim ersten Termin zeigten Pflanzen in reduziert bearbeiteten Parzellen in der obersten Bodenschicht von 0-5 cm Tiefe 67% mehr Wurzeln pro Bodenvolumen (Abb. 2). Das ist exakt die Schicht, die beim pfluglosen Verfahren vor der Saat mit dem Rototiller gelockert wurde – wegen des nassen Herbstes erfolgte nach der Sonnenblumenernte kein Grubbereinsatz. In tieferen Bodenschichten wurden in den gepflügten Parzellen bis in 20 cm Bodentiefe signifikant mehr Wurzeln gemessen, was darauf hinweist, dass dort der Boden lockerer war. In der Tiefe von 20-40 cm wurden keine Unterschiede mehr festgestellt.

Im April war der lehmige Tonboden nach starken Frühjahrsniederschlägen häufig

**Abb. 2: Bodenleben: Pfluglos belebter**  
 Oben: Veränderung des organischen Kohlenstoffs ( $C_{org}$ ) zwischen 2002-2005 und mikrobielle Biomasse 2005 in 0-10 cm Bodentiefe. Mittelwerte der Versuchsfaktoren.  
 Unten: Wurzellängendichte, Mittelwerte aller Verfahren mit Pflug bzw. reduzierter Bodenbearbeitung (Termin 2.5.2005, Ende Bestocken) und Kolonisierung der Dinkelwurzeln mit Mykorrhizapilzen (Termin 16./17.6.2005, Blüte).  
 Signifikanzniveaus:  
 \*\*\* =  $p \leq 0.001$ ;  
 \* =  $p \leq 0.05$ ;  
 (\*) =  $p \leq 0.1$ ;  
 ns = nicht signifikant.



**Abb. 3:**  
Belastung im Stroh: Präparat und Pfluglos mindern Toxine  
Fusariumtoxine in Körnern und Stroh von Winterweizen 2003. Mittelwerte der Versuchsfaktoren.  
Signifikanzniveaus:  
\* =  $p \leq 0.05$ ; ns = nicht signifikant.

staunass, vor allem in den reduziert bearbeiteten Parzellen. Im gepflügten Boden waren die Erdschollen noch nicht vollständig zerfallen, und das Wasser konnte in den Hohlräumen horizontal wegfließen. Dadurch erfolgte die Bewurzelung in den gepflügten Parzellen vermutlich rascher. Zum zweiten Termin, zur Blütezeit des Dinkels und bei trockenerem Boden, glichen sich die Wurzellängendichten in den zwei Bodenbearbeitungsverfahren weitgehend. Die Präparate übten keinen statistisch gesicherten Effekt auf das Wurzelwachstum aus. Wie in andern Versuchen auch schon festgestellt, wurde die Kolonisierung der Wurzeln mit Mykorrhizapilzen durch die reduzierte Bodenbearbeitung gefördert. Allerdings

waren die Unterschiede lediglich in der Tiefenstufe 10-20 cm tendenziell statistisch gesichert ( $p = 0.06$ ).

### Fusariumtoxine reduziert durch Pflug und biologisch-dynamische Präparate

Weizen und Dinkel wurden im Rahmen einer Diplomarbeit von Maria Thalmann von der Uni Jena umfassenden analytischen und ganzheitlichen Qualitätsuntersuchungen unterzogen. Die Proben der verschiedenen Verfahren unterschieden sich weder im Gehalt an Mineralstoffen (Phosphor, Kalium, Magnesium, Calcium), noch im Rohproteingehalt, im 1000-Korngewicht und im Hektolitergewicht. Auch bei reduzierter Bodenbearbeitung wurde eine gute Qualität erreicht.

Weil Weizen im Versuch praxisüblich nach Silomais angebaut wird, untersuchte das *Agroscop* FAL Reckenholz Körner und Stroh auf Fusariumtoxine. Bekanntlich werden die Fusarienpilze von Rückständen der Maiseernte auf Weizen übertragen. Der Befall mit *Fusarium* war, bedingt durch das trockene Wetter im Sommer 2003, generell gering. Der Befall mit *F. gra-*

*minearum* war entsprechend klein, es wurden nur wenig Fusariumtoxine (DON, Deoxynivalenole) gemessen. Die Gehalte im Korn lagen bei der Analyse meist unter dem untersten Punkt der Eichkurve. Der Gehalt der Weizenkörner aus den gepflügten Parzellen lag mit 0.07 ppm DON deutlich unter den Gehalten der Körner aus den reduziert bearbeiteten Parzellen mit 0.12 ppm DON (Abb. 3). Darin zeigt sich, dass die Mais-Ernterückstände durch den Pflug tiefer in den Boden eingemischt wurden als durch die Kombination Grubber/Rototiller und dadurch das Infektionspotenzial für Fusarienpilze geringer war.

Im Stroh waren die Gehalte etwas höher als im Korn (0.2 – 0.6 ppm), lagen aber immer noch unter dem kritischen Wert von 1 ppm. Dass die Werte im Stroh über diejenigen in den Körnern liegen, ist dabei nicht aussergewöhnlich. Bemerkenswert war, dass das Stroh von Parzellen mit den biologisch-dynamischen Präparaten signifikant ( $p < 0.05$ ) weniger Fusariumtoxine enthielt als dasjenige ohne Präparate (0.30 ppm vs. 0.48 ppm). Die Reduktion der Fusariumtoxine lag bei Präparatanwendung in derselben Größenordnung wie beim Pflugeinsatz. Die Werte im Stroh sind bedeutsam, weil der FiBL-Betriebsleiter das Stroh den Schweinen einstreut, und diese Stroh in grösseren Mengen fressen.

Die Weizenproben des ersten Versuchsjahres wurden auch mit den *bildschaffenden Methoden* untersucht. Uwe Geier vom Forschungsinstitut am Goetheanum (Schweiz) ord-

#### Literatur

- ANKEN, T., E. IRLA, J. HEUSSER, O. SCHMID, P. MÄDER, W. RICHTNER, U. WALTHER, E. BRACK, C. SCHERRER (2005) Bestellverfahren und Stickstoffdüngung in biologischen und integrierten Anbausystemen. Hacken erlaubt reduzierten Pflugeinsatz. FAT-Berichte Nr. 639. Agroscop FAT Tänikon, CH-8356 Ettenhausen.
- HAMPL, U. (2005) Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung. Zehn Jahre differenzierte Grundbodenbearbeitung im ökologischen Ackerbau. Abschlussbericht. Stiftung Ökologie und Landbau, Bad Dürkheim
- KAINZ, M., S. KIMMELMANN, H.-J. REENTS (2003) Bodenbearbeitung im Ökologischen Landbau – Ergebnisse und Erfahrungen aus einem langjährigen Feldversuch. In: Freyer (2003) Beiträge zur 7. Wiss.-Tagung zum Ökol. Landbau: Ökologischer Landbau der Zukunft. 24.-26. 2. 2003 in Wien. S. 33-36.
- MÄDER, P., FLIEßBACH, A., DUBOIS, D., GUNST, L., FRIED, P., NIGGLI, U. (2002) Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science* 296, 1694-1697.
- PEKRUN, C., N. SCHNEIDER, C. WÜRST, F. JAUSS, W. CLAUPEIN (2003) Einfluss reduzierter Bodenbearbeitung auf Ertragsbildung, Unkrautdynamik und Regenwurmpopulationen im Ökologischen Landbau. In: Freyer (2003) Beiträge zur 7. Wiss.-Tagung zum Ökol. Landbau: Ökologischer Landbau der Zukunft. 24.-26. 2. 2003 in Wien. S. 21-24.

nete je drei verblindete Mischproben von Weizen mit beziehungsweise ohne biologisch-dynamische Präparate den jeweiligen Verfahren richtig zu (Abb. 4). 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.

### Schlussfolgerung

Reduzierte Bodenbearbeitung führte auf einem lehmigen Tonboden mit 1000 mm Jahresniederschlag in Frick (Schweiz) zu verminderten Getreideerträgen. Hingegen war der Ertrag des Zwischenfutters und von Sonnenblumen tendenziell erhöht. Die Ergebnisse können dahingehend interpretiert werden, dass bei Kulturen mit frühem Stickstoffbedarf Engpässe in der Stickstoffversorgung auftreten können. Demgegenüber können Kulturen mit spätem Stickstoffbedarf den verzögert mineralisierten Stickstoff in den reduziert bearbeiteten Parzellen noch verwerten. Die Dreijahresergebnisse deuten an, dass reduzierte Bodenbearbeitung unter Ökobedingungen selbst auf schweren Böden möglich ist, allerdings

mit einem zum Teil erheblich höheren Handarbeitsaufwand für die Unkrautbekämpfung. Die Resultate haben aber vorläufigen Charakter – ob es langfristig möglich ist, die Wurzelunkräuter mit vertretbarem Aufwand in Schach zu halten, müssen weitere Untersuchungen zeigen.

Bemerkenswert ist, dass reduzierte Bodenbearbeitung schon nach nur drei Versuchsjahren zu einem Humusanstieg, zu einer höheren mikrobiologischen Biomasse und Aktivität (Dehydrogenaseaktivität) und in der Tendenz zu einer stärkeren Kolonisierung der Wurzeln mit Mykorrhizapilzen führte. Diese Analyseergebnisse stützen Beobachtungen im Feld: Ernterückstände wurden in reduziert bearbeiteten Parzellen schneller abgebaut und der Boden war insbesondere in der obersten Bodenschicht besser strukturiert. Damit kann die intensivere Durchwurzelung in den obersten Bodenschichten der reduziert bearbeiteten Flächen erklärt werden.

Durch veränderte Anbaumethoden und ein geschärftes Gesundheitsbewusstsein hat das Interesse an Fusarientoxinen in Weizen stark zugenommen. Das erhöhte Risiko einer Fusarientoxinbildung bei reduzierter Bodenbearbeitung hat sich auch in diesem

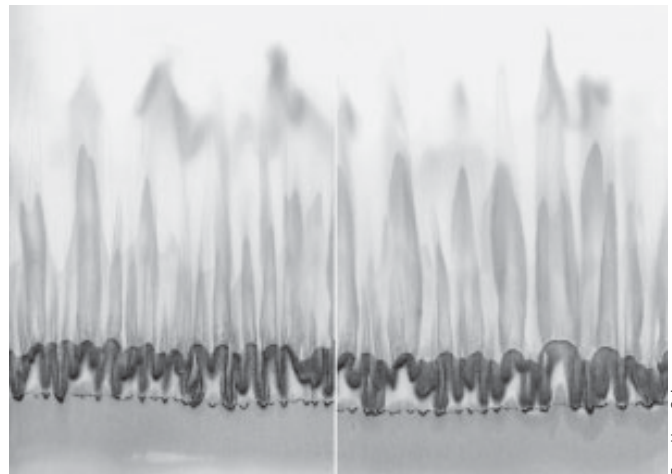
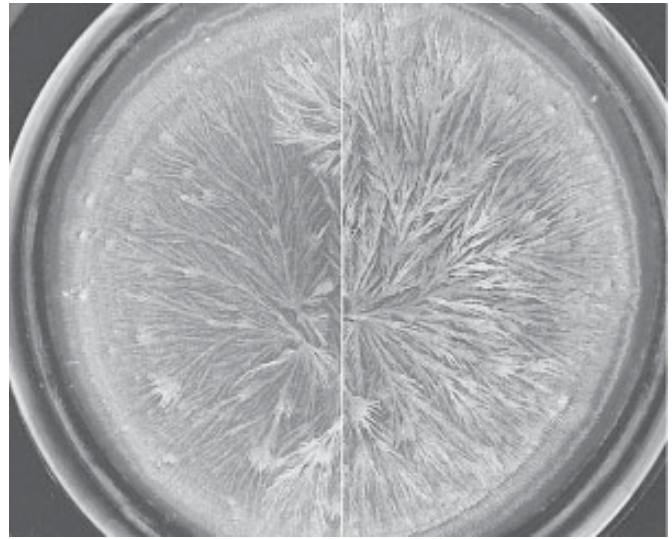


Foto: Ulve Geier

Abb. 4: Kupferchloridkristallisation (oben) und Steigbilder nach Wala (unten) von Weizenproben aus dem ersten Versuchsjahr 2003. Die linke Hälfte jedes Bildes zeigt eine Weizenprobe ohne Präparate, die rechte eine Weizenprobe behandelt mit den biologisch-dynamischen Kompost- und Feldspritzpräparaten.

Versuch bestätigt. Die Reduktion der Fusarientoxine nach Anwendung der biologisch-dynamischen Präparate ist aber unerwartet und muss weiter untersucht werden. Um das Risiko der Fusarientoxine in Weizen zu vermindern, sollte nach Mais kein Weizen angebaut werden, auch wenn unter günstigen Witterungsbedingungen und nach Silomaisanbau bei Verwendung von wenig anfälligen Weizensorten offensichtlich geringe Gehalte erzielt werden können. ■

### Dank

Wir danken dem FiBL-Betriebsleiter, Pius Allemann, ganz herzlich für die Unterstützung bei der Versuchsdurchführung. Dank gebührt auch den beratenden Landwirten Rainer Sax und Daniel Böhrer. Wir möchten uns auch für die vielen Ratschläge und interessanten Diskussionen mit Jürg Hädrich, Nikolai Fuchs, Manfred Klett, Hartmut Spiess und Bernhard Streit bedanken. Speziell verdanken möchten wir auch die Untersuchungen am Forschungsinstitut am Goetheanum und am *Agroscop*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.