

Reduzierte Bodenbearbeitung reichert Humus und mikrobielle Biomasse oberflächlich an

Fließbach A¹, Krauss M¹, Maurer C², Dierauer H¹ & Mäder P¹

Keywords: soil tillage, soil quality, soil biology.

Abstract

When residues and organic fertilizers are not incorporated into the soil, they build a top soil layer that is enriched in soil organic matter. This is leading to a soil layer with increased biological activity, while the soil layers below, receive less inputs in form of residues or manures and show a reduction in soil organic matter and biological activity. Soils from a replicated field trial and two on-farm trials were analysed for biological soil quality 6 years after the implementation of reduced tillage (RT) as compared to plough. Whilst crop yields were slightly lower with RT, weed cover was increasing, but not to a level that would compromise yields. Soils under RT accumulated soil organic matter in the tilled top layer of 0-10 cm, while in the layer below either no change or a decrease as compared to the plough system was found. The same was true for microbial biomass, but the difference between RT and plough became more pronounced. Dehydrogenase activity was found to react most to the tillage induced changes. Accumulated soil organic matter, living and active organisms at the soil surface render soils more resistant to the weather impact.

Einleitung und Zielsetzung

Die Auswahl an Maschinen und Geräten zur Bodenbearbeitung ist groß und verfolgt ebenso diverse Ziele. Lockerung und Homogenisierung des Bodens, Bekämpfung von Beikräutern, Schädlingen und Krankheiten, Einarbeitung von Ernterückständen, Saatbettbereitung, Förderung der Mineralisierung. Die Primärbodenbearbeitung erreicht Tiefen von 40 cm entweder mit dem Pflug (wendend) oder mit nicht wendenden Geräten (Grubber, Kultivator). Pflugsohlen entstehen durch Verschmierung und Verdichtung durch den Pflug und das in der Furche fahrende Schlepperrad. On-land Pflüge vermeiden letzteres. Pfluglose oder reduzierte Bodenbearbeitungsverfahren sind in der konventionellen Landwirtschaft eingeführt worden um die Böden zu schonen – oft aber verbunden mit dem Einsatz von Totalherbiziden und erhöhten Mineraldüngergaben – besonders im Frühjahr. Biolandwirte äußern oft Vorbehalte gegenüber reduzierter oder nicht wendender Bodenbearbeitung, da sie das Auftreten von Problem-Beikräutern fürchten. Andererseits sind viele Biolandwirte überzeugt von den positiven Wirkungen einer natürlichen Schichtung und Strukturierung des Bodens, wie man sie auch in Wald- und Wiesenböden findet. Welche Vorteile und Nachteile für die Bodenqualität hat der Verzicht auf den Pflug in biologischen Landbausystemen auf Böden mit variabler Textur? Dies wurde in einem replizierten Feldversuch und auf Praxisbetrieben in der Schweiz untersucht.

¹ Forschungsinstitut für Biologischen Landbau, Ackerstraße, 5070, Frick, Schweiz, andreas.fliessbach@fibl.org

² Fachstelle Bodenschutz des Kantons Bern, Rütli, 3052, Zollikofen, Schweiz

Methoden

Praxisübliche Pflugsysteme (on-land Pflug 15 cm, Kreiselegge 7 cm) und flache nicht wendende reduzierte Bodenbearbeitung (RB; Stoppelhobel 8 cm, Flügelschargrubber 7 cm, Kreiselegge 7 cm) werden im Feldversuch in Frick seit 2002 (Berner et al., 2008; Gadermaier et al., 2012), und auf zwei Bio-Betrieben im Kanton Bern seit 2009 verglichen. Die 5-7 jährigen Fruchtfolgen wiesen vor Mais eine zweijährige Bodenruhe unter Klee gras auf. Im Versuch sind alle Bodenbearbeitungsvarianten viermal repliziert, während die Erhebungen auf den Praxisflächen auf Proben von vier Teilflächen eines geteilten Schlags stammen. Die angegebenen Mais-Erträge im Versuch basieren auf dem Ertrag der Kernparzelle (Krauss et al., 2010). Auf den Betrieben wurde der Gesamtertrag des Teilschlags ermittelt. Der Beikrautdeckungsgrad wurde gemittelt aus Erhebungen unter annuellen Kulturen der Jahre 2003-2011 (Armengot et al., 2015). Jeweils nach 6 Jahren Versuchsdauer wurden die Böden separat für die Schichten 0-10 und 10-20 cm beprobt und spiegeln so die Bearbeitungstiefen wider. Die Bodenproben wurden auf 2 mm gesiebt und auf eine einheitliche Feuchte (40-60% MWK) eingestellt, bzw. luftgetrocknet. In den luftgetrockneten Proben wurden pH (H₂O), organische Bodensubstanz (C_{org}) und Nährstoffgehalte ermittelt. In den feuchten Proben wurde die mikrobielle Biomasse (C_{mic}, N_{mic}) und die Dehydrogenaseaktivität bestimmt. Alle Methoden wurden gemäß Schweizer Referenzmethoden durchgeführt. Eine zweifaktorielle ANOVA mit den Faktoren Bodenbearbeitung und Tiefenstufe wurde pro Standort gerechnet und im Falle von signifikanten Einflüssen eines Faktors wurde ein Mittelwertvergleich nach Tukey (p=0.05) durchgeführt (JMP 8.0, 2008).

Tabelle 1: Die drei Versuchs-Standorte

Standort	pH	Ton [%]	Schluff [%]	Sand [%]	Niederschlag [mm]	Temp. [°C]
Frick (2002)	7.49	45	33	22	1000	8.9
Hindelbank (2009)	6.75	14	22	60	990	8.5
Kirchlindach (2009)	6.22	16	26	55	990	8.5

Ergebnisse

Im Frick-Versuch wurde nach 2-jährigem Klee gras mit RB 33% mehr Silomais geerntet als mit dem Pflug. Die Erträge auf den Teilflächen der Praxisbetriebe mit RB lagen bei 86% bis 106% der gepflügten (Tab. 2). Im Durchschnitt über die Versuchsdauer von sechs Jahren auf den beiden Betrieben waren die Erträge mit RB um 8% tiefer als mit dem Pflug.

Tabelle 2: Maisertrag im Jahr der Beprobung und Deckungsgrad (DG) an Beikräutern, mehrjährigen Kräutern und Gräsern in gepflügten und reduziert (flach und nicht wendend) bearbeiteten Böden des Feldversuchs in Frick.

Standort	Verfahren	Maisertrag [t ha ⁻¹]	DG total [%]	DG perenn. [%]	DG Gräser [%]
Frick	Pflug	12	10	3	2
	RB	16	23	11	2

Der Beikrautdeckungsgrad war mit RB mehr als doppelt so hoch wie mit dem Pflug, aber besonders die mehrjährigen Beikräuter haben sich mit RB stark vermehren

können (Tab. 2). Gräser zeigten keine größeren Unterschiede. Armengot et al. (2015) konnten aber zeigen, dass diese Dichte an Beikräutern nicht ertragsrelevant ist.

Tabelle 3: Organische Bodensubstanz (C_{org}) in den Bodenschichten 0-10 und 10-20 cm in gepflügten und reduziert (flach und nicht wendend) bearbeiteten Böden des Feldversuchs in Frick und zweier on-farm Versuche im Kanton Bern.

Standort	Verfahren	Tiefe	C_{org} [%]	RB/P	
Frick	Pflug	0-10	2.16 b		
		10-20	2.14 b		
	RB	0-10	2.61 a		121%
		10-20	2.18 b		102%
Hindelbank	Pflug	0-10	1.70 ab		
		10-20	1.65 b		
	RB	0-10	1.92 a		113%
		10-20	1.51 b		92%
Kirchlindach	Pflug	0-10	1.75 b		
		10-20	1.78 b		
	RB	0-10	2.13 a		122%
		10-20	1.35 c		76%

Im Boden zeigte sich mit RB eine stärkere Stratifizierung. In der obersten bearbeiteten Schicht reicherte sich organische Substanz an und führte im Frick Versuch zu 21% höheren Gehalten als in der gleichen Schicht des Pflugverfahrens (Tab. 3). Auch auf den Praxisbetrieben waren in der Schicht 0-10 cm mit RB deutlich höhere Gehalte an organischer Bodensubstanz zu finden als mit dem Pflug. Während im Frick Versuch mit seinem Tonboden in der Schicht 10-20 cm kein Unterschied zwischen RB und Pflug zu verzeichnen war, waren die Gehalte unter RB auf den beiden Betrieben mit leichteren Böden deutlich tiefer als mit Pflug.

Tabelle 4: Mikrobielle Biomasse (C_{mic} ; N_{mic}) und Dehydrogenaseaktivität (DHA) in den Bodenschichten 0-10 und 10-20 cm in gepflügten und reduziert (flach und nicht wendend) bearbeiteten Böden des Feldversuchs in Frick und zweier on-farm Versuche im Kanton Bern.

Standort	Verfahren	Tiefe	C_{mic} [μg^{-1}]	N_{mic} [μg^{-1}]	DHA [$\mu\text{g TTF g}^{-1} \text{h}^{-1}$]
Frick	Pflug	0-10	801 c	118 b	14.1 b
		10-20	799 c	124 b	14.1 b
	RB	0-10	1049 a	153 a	20.6 a
		10-20	869 b	127 b	15.9 ab
Hindelbank	Pflug	0-10	603 b	104 b	10.0 b
		10-20	598 b	102 b	10.1 b
	RB	0-10	709 a	122 a	12.6 a
		10-20	478 c	81 c	6.6 c
Kirchlindach	Pflug	0-10	591 b	97 bc	8.1 b
		10-20	590 b	100 b	8.5 b
	RB	0-10	743 a	126 a	11.7 a
		10-20	493 b	80 c	6.3 b

Die mikrobielle Biomasse war in den beiden Schichten der Pflugverfahren gleich, während sie mit RB in der Schicht 0-10 cm deutlich höher als in Schicht darunter war. Im Vergleich zum Pflug war mit RB in der Schicht 0-10 cm die mikrobielle Biomasse

um 17-31% höher (Tab. 4). In der Schicht 10-20 cm war der Unterschied zwischen RB und Pflug gering, aber auf den beiden Betrieben sanken die Werte mit RB unter die mit Pflug. Dies traf auf alle bodenbiologischen Messgrößen zu.

Diskussion

Böden unter RB reichern organische Substanz in den obersten Schichten an und auch das Bodenleben und die mikrobiellen Umsetzungsprozesse finden vermehrt hier statt. Dies ist vorteilhaft, weil die organische Substanz an der Bodenoberfläche Böden stabiler macht gegenüber Wetterereignissen und besonders Erosion. Die Böden nehmen Niederschlag rascher auf und sind aufgrund einer verbesserten Bodenstruktur oft in der Lage mehr Wasser zu speichern. Die Effekte durch RB waren auf dem schweren Tonboden in Frick ausgeprägter als auf den sandigeren Böden der Betriebe, deren Unterböden zudem eine Abnahme zeigten. Eine erhöhte biologische Aktivität in der obersten Bodenschicht kann helfen die durch die verzögerte Erwärmung bedingte Nährstoffnachlieferung bei RB im Frühjahr zu verbessern. Eine frühzeitige Düngung scheint dennoch angeraten. Landwirte berichten von einer vereinfachten Bodenbearbeitung und einem vergleichsweise krümeligen Boden. Ihre Bedenken bezüglich des vermehrten Auftretens von Beikräutern scheinen jedoch unbegründet zu sein, denn in vielen Langzeitversuchen war die Beikrautdichte zwar erhöht, aber nicht für die Minderung der Erträge verantwortlich (Cooper et al., 2016). Ein massives Auftreten von Wurzelunkräutern ist aber sicherlich kritisch.

Schlussfolgerungen

Der Verzicht auf tiefe und wendende Grundbodenbearbeitung erzeugt einen Boden mit stratifizierter organischer Substanz, mikrobieller Biomasse und Aktivität.

Danksagung

Diese Arbeit wurde gefördert durch die CORE Organic Projekte TILMAN-ORG und FertiliCrop sowie das Ressourcenschutzprogramm des Kantons Bern, CH. Die Autoren danken für die finanzielle Unterstützung durch die transnationalen Geldgeber, die Teil des FP7 ERANet Projekts CORE Organic sind.

Literatur

- Armengot L, Berner A, Blanco-Moreno J, Mäder P & Sans FX (2015) Long-term feasibility of reduced tillage in organic farming. *Agron Sustain Dev* 35: 339-346.
- Berner A, Hildermann I, Fließbach A, Pfiffner L, Niggli U & Mäder P (2008) Crop yield and soil fertility response to reduced tillage under organic management. *Soil Till Res* 101: 89-96.
- Cooper J, Baranski M, Stewart G, Nobel-de Lange M, Bärber P, Fließbach A, Peigné J, Berner A, Brock C, Casagrande M, Crowley O, David C, Vliegheer A, Döring TF, Dupont A, Entz M, Grosse M, Haase T, Halde C, Hammerl V, Huiting H, Leithold G, Messmer M, Schloter M, Sukkel W, Heijden MGA, Willekens K, Wittwer R & Mäder P (2016) Shallow non-inversion tillage in organic farming maintains crop yields and increases soil C stocks: a meta-analysis. *Agron Sustain Dev* 36: 1-20.
- Gadermaier F, Berner A, Fließbach A, Friedel JK & Mäder P (2012) Impact of reduced tillage on soil organic carbon and nutrient budgets under organic farming. *Renew Agr Food Syst* 27: 68-80.
- Krauss M, Berner A, Burger D, Wiemken A, Niggli U & Mäder P (2010) Reduced tillage in temperate organic farming: implications for crop management and forage production. *Soil Use Manag* 26: 12-20.