

Zehn Jahre differenzierte Grundbodenbearbeitung im ökologischen Ackerbau (Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung) – Entwicklung der organischen Bodensubstanz, Nährstoffgehalte sowie bodenbiologischen Eigenschaften**Long-term effects of reduced and conservation tillage in organic farming on soil organic matter and nutrient content, and soil biological properties**M. Weber¹, C. Emmerling¹**Key words:** plough, two-layer plough, layer cultivator, organic farming**Schlüsselwörter:** Pflug, Zweischichtenpflug, Schichtengrubber, ökologischer Ackerbau, Bodenökologie**Abstract:**

This study investigated the lasting impact of reduced and conservation tillage, namely two-layer ploughing (LP) and layer-cultivating (LC) on soil ecological properties (physical, chemical, microbiological) in an organic farming system relative to ploughing (P). As a major trend, the amounts of soil organic C, microbial biomass –C and –N, Cmic to Corg ratio, and microbial activity increased in 0-15cm depth in the order P – LP – LC while they decreased in 15-25cm depth in the same order, both in green fallow and winter rye plots. For example, in 0-15 cm depth soil microbial biomass –C concentration was significantly 21 % (LP) and 30 % (LC) greater in green fallow plots or 15 % to 23 % greater in winter rye plots than in P. This was highly correlated with an increase in aggregate stability at these sites. Non-ploughing also resulted in a significant higher bulk density. In addition, there was much evidence that the microbial community changed towards fungi in 0-15 cm depth in reduced and conservation tillage plots. The abundance and fresh biomass of earthworms as well as species richness seemed to benefit from reduced soil tillage intensity. The highest amounts of abundance, fresh biomass and numbers of earthworm species in the current study were found in the plots with the layer cultivation treatment. No tillage effects were found for the amount of plant available P in soil. It can be concluded that reduced or conservation tillage in organic farming systems has beneficial effects on soil organic matter, microbial biomass and potential activity, as well as on earthworms.

Einleitung und Zielsetzung:

Bodenbearbeitung ist einer der wesentlichen mechanischen Eingriffe in das Bodengefüge mit dem Ziel, physikalische, chemische und biologische Prozesse im Boden im Hinblick auf die folgende Kulturpflanze positiv zu beeinflussen (SOMMER 1994). Im ökologischen Landbau wird die Pflanzenernährung nicht direkt über die Düngung, sondern indirekt über die Versorgung mit organischer Substanz und eine Förderung der biologischen Stoffumsätze gewährleistet. Hieraus ergibt es ein wichtiger Zielkonflikt: Einerseits ist bei wendender Bodenbearbeitung der Humusgehalt niedriger als bei nicht wendender, andererseits ist der Pflugeinsatz für die Beikrautregulierung von großer Bedeutung.

Im Projekt ‚Ökologische Bodenbewirtschaftung‘ (PÖB) der Stiftung Ökologie und Landbau, Bad Dürkheim, sowie dem Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau Rheinland-Pfalz, wird seit 1995 am Standort Rommersheim,

¹ Marion Weber und Priv. Doz. Dr. Christoph Emmerling; Universität Trier, FB VI - Bodenkunde; Campus II; D-54286 Trier (emmerling@uni-trier.de).

Rheinhessen, eine differenzierte Grundbodenbearbeitung mit den Varianten Pflug (P), Zweischichten-Pflug (LP) und Schichtengrubber (LC) durchgeführt. Ziel der Untersuchungen war es, vertiefende Einsichten in die Reaktion der Bodenorganismen auf eine reduzierte (LP) und konservierende (LC) Bodenbearbeitung unter den besonderen Bedingungen des Ökologischen Landbaus zu erhalten. Darüber hinaus sollte die Entwicklung der organischen Bodensubstanz, der Nährstoffgehalte sowie einiger Parameter der Bodenstruktur aufgezeigt werden. Im vorliegenden Beitrag werden ausgewählte Ergebnisse nach Ablauf der zehnjährigen Versuchszeit für die Kulturen Grünbrache und Roggen vorgestellt.

Methoden:

Der Boden des Versuchsfeldes ist ein Kalk-Tschernozem, der am Oberhang des schwach geneigten Versuchsfeldes stark erodiert und im unteren Hangbereich entsprechend kolluvial überprägt ist. Im Mittel ergibt sich ein bis 100 cm mächtiger Lössboden aus schluffigem Lehm bis schluffigem Ton (Fließerde) über tertiärem Mergel, der z.T. bis in die oberen 60 cm stark humos ausgebildet ist.

Die Probennahme erfolgte jeweils im Frühjahr 1995 - 2004. Es wurden Mischproben aus der Oberkrume (0-15 cm) und der Unterkrume (15-25 cm) in 4-facher Wiederholung aus jeder Bodenbearbeitungs-Variante (Pflug, Schichtenpflug, Schichtengrubber) der beiden Kulturen Grünbrache und Winterroggen entnommen. Die Untersuchungen umfassten ein breites Spektrum an Parametern: Bodenstruktur, organische Bodensubstanz, Nährstoffhaushalt und mikrobiologische Eigenschaften. Darüber hinaus wurde die Besiedlung der Versuchsfläche durch Regenwürmer erfasst.

Ergebnisse und Diskussion:

Während des zehnjährigen Untersuchungszeitraums (zwei Fruchtfolgeperioden) haben sich infolge der reduzierten Grundbodenbearbeitung deutliche Veränderungen einiger wichtiger Bodeneigenschaften in der Krume sowohl in den Grünbrache- als auch in den Winterroggenparzellen gezeigt. Im Vergleich zum Pflug sind die Humusgehalte (tendenziell auch Gesamt-N-Gehalte) in der Oberkrume bei beiden Kulturen im Mittel um 7-10 %, absolut um 0,1-0,15 %, angestiegen. In der Unterkrume sind sie relativ unverändert geblieben (Tab. 1). Dies hat bei beiden Kulturen zu einer starken Differenzierung innerhalb der Krume geführt. Im Mittel wiesen die Parzellen mit Schichtenpflug und Schichtengrubber im Vergleich zum Pflug insgesamt aber eine Erhöhung der Humusgehalte in der gesamten Krume auf (Tab. 1).

Im Vergleich zu den Humusgehalten sind die pflanzenverfügbaren Nährstoffgehalte in der gesamten Krume relativ unverändert geblieben (Tab. 1). Innerhalb der Krume zeigte sich insbesondere in den Schichtengrubber-Parzellen wieder eine deutliche Differenzierung mit erhöhten Phosphorgehalten in der Oberkrume und geringen Gehalten in der Unterkrume.

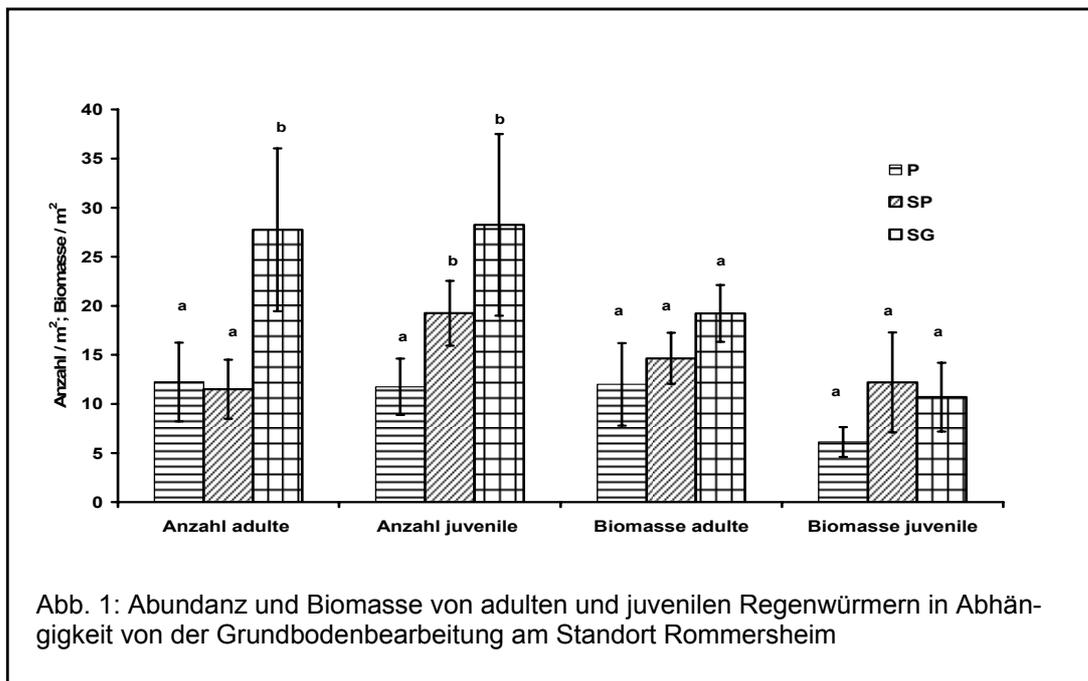
Alle ermittelten bodenmikrobiologischen Eigenschaften wurden analog der Entwicklung der organischen Bodensubstanz in der Oberkrume durch die reduzierte Grundbodenbearbeitung gefördert, während die mikrobielle Biomasse und ihre Aktivität in der Unterkrume sukzessive abnahm. Somit wurden die Differenzen zwischen Ober- und Unterkrume bei reduzierter Grundbodenbearbeitung größer, was für die mikrobielle Biomasse und das C_{mik}/org-Verhältnis zumeist signifikant war (Tab. 1). Bezogen auf die gesamte Krume waren die Gehalte z.B. an mikrobieller Biomasse im Vergleich zur Pflugvariante um 10-12 % erhöht (Tab. 1). Ebenso war die Aktivität der Bodenmikroorganismen in der Krume der Schichtenpflug- und Schichtengrubber-Parzellen im Vergleich zum Pflug um 8 % höher.

Tab. 1: Mittelwerte (\pm S.D.) ausgewählter bodenchemischer und -mikrobiologischer Eigenschaften der Vergleichsvarianten am Beispiel der Grünbrache im Untersuchungszeitraum 1995-2004 differenziert nach Ober- und Unterkrume (n=40) sowie das Krümmenmittel (n=80). Ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Bearbeitungsvarianten ($p < 0,05$; Tukey-B-Test). Signifikante Unterschiede zwischen Ober- und Unterkrume sind durch '+' gekennzeichnet ($p < 0,05$; Mann-Whitney-U-Test).

Parameter	Tiefe	Grünbrache		
		Pflug	Schichtenpflug	Schichtengrubber
Corg (%)	0-15 cm	1,76 ($\pm 0,18$) a+	1,89 ($\pm 0,17$) b+	1,91 ($\pm 0,22$) b+
	15-25 cm	1,64 ($\pm 0,18$)	1,72 ($\pm 0,23$)	1,67 ($\pm 0,25$)
	0-25 cm	1,70 ($\pm 0,19$) a	1,80 ($\pm 0,22$) b	1,79 ($\pm 0,26$) b
Nges (%)	0-15 cm	0,195 ($\pm 0,038$)	0,205 ($\pm 0,049$)	0,215 ($\pm 0,040$) +
	15-25 cm	0,198 ($\pm 0,032$)	0,202 ($\pm 0,032$)	0,186 ($\pm 0,039$)
	0-25 cm	0,196 ($\pm 0,035$)	0,204 ($\pm 0,041$)	0,200 ($\pm 0,042$)
P-CAL (mg 100g ⁻¹)	0-15 cm	6,8 ($\pm 2,0$)	7,4 ($\pm 2,7$)	7,3 ($\pm 2,6$) +
	15-25 cm	6,4 ($\pm 1,6$)	6,8 ($\pm 2,5$)	5,8 ($\pm 2,0$)
	0-25 cm	6,6 ($\pm 1,8$)	7,1 ($\pm 2,6$)	6,6 ($\pm 2,4$)
CFE-Cmic ($\mu\text{g g}^{-1}$)	0-15 cm	322,5 (± 53) a+	389,9 (± 54) b+	420,3 (± 64) c+
	15-25 cm	294,3 (± 48) b	299,7 (± 63) b	261,4 (± 64) a
	0-25 cm	308,4 (± 52) a	344,8 (± 74) b	340,8 (± 102) b
Cmic/org (%)	0-15 cm	1,9 ($\pm 0,3$) a	2,1 ($\pm 0,3$) b+	2,2 ($\pm 0,4$) b+
	15-25 cm	1,8 ($\pm 0,3$) b	1,8 ($\pm 0,4$) b	1,6 ($\pm 0,3$) a
	0-25 cm	1,9 ($\pm 0,3$)	1,9 ($\pm 0,4$)	1,9 ($\pm 0,5$)
aPA ($\mu\text{g g}^{-1}$)	0-15 cm	535,3 (± 145) a	596,3 (± 118) a,b	629,8 (± 110) b+
	15-25 cm	534,0 (± 129)	556,8 ($\pm 115,6$)	523,0 (± 111)
	0-25 cm	534,6 (± 136)	576,6 ($\pm 117,5$)	576,4 (± 122)

Es wurden auch erste Hinweise für eine Veränderung in der Zusammensetzung der Bodenmikroflora in Abhängigkeit von der Grundbodenbearbeitung gefunden. Der Ergosterolgehalt, ein Biomarker für den Pilzanteil der mikrobiellen Gemeinschaft in Böden, nahm in beiden Kulturen in der Oberkrume in der Reihenfolge Pflug - Schichtenpflug - Schichtengrubber zu, während er in der Unterkrume kaum verändert wurde. Da Bodenpilze bevorzugt am Cellulose- und Ligninabbau im Boden beteiligt sind (DJAJAKIRANA et al. 1996), kann dieses Ergebnis auf die besondere Zufuhr an organischer Substanz in die Böden bei verminderter Belüftung der Krume durch reduzierte Bodenbearbeitung zurückgeführt werden, da die Grünbracheparzellen lediglich gemulcht wurden und auch das Stroh des Winterroggens am Standort verblieb. Das Ergebnis steht ebenfalls in engem Zusammenhang mit der entsprechenden Erweiterung des C/N-Verhältnisses der Oberböden.

Ab dem ersten Hauptfruchtjahr 1995 zeigte die Regenwurmgemeinschaft eine deutliche Reaktion auf die reduzierte und konservierende Bodenbearbeitung. Sowohl die Abundanzen als auch die Biomassen nahmen in der Zweischichtenpflug- und insbesondere in der Schichtengrubbervariante zu. Im Vergleich zur Pflugvariante stieg die Besiedlung durch adulte Regenwürmer in der Grubbervariante bei beiden Kulturen fast um das Doppelte (Abb. 1). Im Gegensatz zu den bodenchemischen und mikrobiologischen Eigenschaften der untersuchten Böden war eine Förderung der Individuendichte und Biomasse sowohl adulter als auch juveniler Regenwürmer allein bei pflugloser Grundbodenbearbeitung statistisch nachzuweisen (Abb. 1). Zwischen Pflug- und Schichtenpflugvariante war im Mittel aller Untersuchungsjahre kein signifikanter Unterschied zu erkennen. Ebenso nahm die Zahl der Arten zu, von 3-4 (P) auf 5-6 (LP) und 7 Arten (LC). Das gesamte Artenspektrum der erfassten Regenwürmer der Untersuchungsfläche wurde ausschließlich in der Schichtengrubbervariante erfasst.



Schlussfolgerungen:

Durch eine reduzierte (Schichtenpflug) oder konservierende Grundbodenbearbeitung (Schichtengrubber) werden die organische Bodensubstanz und bodenmikrobiologische Eigenschaften in der Krume insgesamt gefördert. Eine signifikante Förderung der Regenwürmer beschränkte sich ausschließlich auf die pfluglose Bearbeitung. Im ökologischen Landbau ist die wendende Bodenbearbeitung ein wichtiges Glied in der Unterdrückung von Unkräutern. Die Ergebnisse zeigen aber, dass der Einsatz von Schichtenpflug und Schichtengrubber – wenn auch vielleicht nicht in jedem Jahr – aus bodenbiologischer Sicht möglich ist.

Literatur:

Djakirana G, Joergensen RG, Meyer B (1996) Ergosterol and microbial biomass relationship in soil. *Biol Fertil Soils*: 22, 299-304

Sommer C (1994) Einführung von Verfahren der Konservierenden Bodenbearbeitung in die Praxis. FuE-Vorhaben 87 UM 01. Inst. F. Betriebstechnik, FAL, Braunschweig-Völkenrode