

Einfluss reduzierter Grundbodenbearbeitung im Ökologischen Landbau auf bodenökologische Eigenschaften

von Christoph Emmerling

1. Einleitung

Ziel einer nachhaltigen landwirtschaftlichen Bodennutzung ist die Förderung und Verbesserung der standortspezifischen Ertragsfähigkeit des Bodens unter Vermeidung unerwünschter Nebeneffekte (SOMMER 1994).

In der Landwirtschaft stehen eine Reihe von Möglichkeiten, in das komplexe Wirkungsgefüge eines Agrarökosystems einzugreifen, zur Verfügung: Fruchtfolgegestaltung, Versorgung mit organischer Substanz, Mineraldüngung, Pflanzenschutz und Bodenbearbeitung.

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). Mit einer Lockerung der Krume soll z.B. eine günstige Gestaltung des Porenvolumens als Voraussetzung für ein intensives Wachstum und die Ertragsbildung geschaffen werden. Zur ausreichenden Nährstoffversorgung der Pflanzen werden durch die Bodenbearbeitung auch Erntesterne sowie organische und anorganische Dünger in den Boden eingebracht.

Im Zuge der Bodenbearbeitung können zahlreiche Probleme auftreten: So ist nach der Pflugfurche der überlockerte Boden bei Befahren äußerst verdichtungsempfindlich und die in Ackerböden häufig anzutreffenden Krumbasisverdichtungen (Schlepperradsole) sind eine Barriere für Pflanzenwurzeln (EHLERS 1991). Bodenverdichtungen hemmen die biologische Aktivität eines Bodens, z.B. den Abbau und Umsatz der organischen Substanz. Andererseits sind in einem unverdichteten belebten Boden gerade Mikroorganismen an dem Aufbau stabiler Aggregate beteiligt. SEKERA (1953) hat hierfür den Begriff „Lebendverbauung“ geprägt.

Eine durch das Pflügen bedingte rückstandsfreie Bodenoberfläche führt auch zu erhöhter Erosionsneigung (ERMICH & HOFMANN 1991, DORAN 1992). Es stellt sich daher grundsätzlich die Frage nach der richtigen Bodenbearbei-

tungsintensität: Zum einen kann der Pflanzenertrag am Ende der Vegetationsperiode nicht a priori mit der lange vorausgegangenen Bodenbearbeitung auf einfache Weise in Verbindung gesetzt werden. Zum anderen zielen Bodenbearbeitungsmaßnahmen lediglich auf die das Pflanzenwachstum nur indirekt beeinflussenden Bodeneigenschaften, wie Porenverteilung und Gefügestruktur ab, während die entscheidenden und wesentlich komplexeren Einflussgrößen auf das Pflanzenwachstum der Wasser-, Wärme- und Lufthaushalt, sowie biologische Prozesse sind (SOMMER 1994).

Die Forderung nach bodenschonenden und bodenschützenden Bearbeitungsverfahren (RSU 1985) gründet sich auf eine Vielzahl infolge intensiver Bodenbearbeitung entstandener Probleme und auf die positiven Erfahrungen in der Praxis. Auch in der Wissenschaft haben bodenschonende Bodenbearbeitungsverfahren seit einigen Jahren Aufmerksamkeit erlangt (BAEUMER 1991).

Besonderheiten der Bodenbearbeitung im Ökologischen Landbau bestehen insofern, als die Bodenbearbeitung mit der Fruchtfolgegestaltung in das Konzept eines lebendigen Bodens integriert wird. Um die Bodenorganismen möglichst zu schonen, wird zur Ernährung der Kulturpflanzen der Grundsatz des tiefen Lockerns und des flachen Wendens verfolgt. Tiefwurzelnde Pflanzen innerhalb der Fruchtfolge sollen tiefere Bodenschichten und damit Nährstoffvorräte erschließen (DIERCKS 1983).

Im vorliegenden Beitrag werden ausgewählte Ergebnisse zum Einfluss unterschiedlicher Grundbodenbearbeitungsverfahren aus dem „Projekt Ökologische Bodenbearbeitung“ nach Ablauf der ersten fünfjährigen Fruchtfolgeperiode für die Kulturen Grünbrache und Roggen vorgestellt. Hierzu wurden die Ergebnisse der Nährstoffversorgung, der bodenmikrobiellen Eigenschaften und der Besiedlung der Böden durch Regenwürmer der Jahre 1995 bis 1999 ausgewertet.

2. Material und Methoden im Versuchsfeld Eichenhof

Basierend auf einer ausführlichen Bodenaufnahme im Juli 2001 unter Beteiligung von Peter Kühn (Greifswald) Raimund Schneider (Trier) und Michael Weidenfeller (Mainz) kann der Boden des Versuchsfeldes grundsätzlich als Kalk-Tschernozem oder als basenreiche, z. T. kolluvial überprägte Schwarzerde angesprochen werden. Aufgrund der Jahrhunderte langen Beackerung

sind die Böden am Oberhang des schwach geneigten Versuchsfeldes stark erodiert und im unteren Hangbereich entsprechend kolluvial überprägt.

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 Probenahme erfolgte jeweils im Frühjahr 1995 - 1999. Es wurden Mischproben aus der Oberkrume (0-15 cm) und der Unterkrume (15-30 cm) in 4-facher Wiederholung aus jeder Bodenbearbeitungs-Variante (Pflug, Schichtenpflug, Schichtengrubber) der beiden Kulturen Grünbrache und Winterroggen entnommen.

Die Untersuchungen umfassten neben dem pH-Wert und dem Gehalt an organischer Bodensubstanz die pflanzenverfügbaren Gehalte von Phosphor und Kalium im Boden. An bodenbiologischen Kennwerten wurden der Gehalt an mikrobieller Biomasse (C_{mik}) sowie die mikrobielle Aktivität gemessen (alkalische Phosphataseaktivität; aPA). Darüber hinaus werden vierjährige Ergebnisse zur Besiedlung der Versuchsfläche durch Regenwürmer mitgeteilt.

3. Ergebnisse

Die geprüften Hauptfaktoren Untersuchungsjahr, Kultur, Bodenbearbeitung und Krumentiefe waren zumeist signifikant für die Ausprägung der ermittelten Parameter (mehrfaktorielle Varianzanalyse: vgl. Tab. 1). Die erklärte Varianz der Messwerte lag bei 68-93%.

In der ersten Fruchtfolgeperiode 1995-1999 war eine ausgesprochene zeitliche Variabilität zu erkennen, was neben klimatischen Einflüssen insbesondere auf die standörtliche Variabilität der Untersuchungsfläche zurückzuführen war.

Der Faktor Bodenbearbeitung drückte sich v.a. in der Interaktion mit der Krumentiefe aus; d.h., die differenzierte Bodenbearbeitung hat im Beobachtungszeitraum eine deutliche Differenzierung in Ober- und Unterkrume bewirkt. Dieser Effekt war nahezu bei allen untersuchten Parametern nachzuweisen (Tab. 1). Ebenfalls deutlich zeigte sich der erwartete Einfluss der beiden geprüften Kulturen Grünbrache und Winterroggen.

3.1 Nährstoffhaushalt und organische Bodensubstanz

Während der ersten Fruchtfolgeperiode haben sich infolge der reduzierten Grundbodenbearbeitung deutliche Veränderungen einiger wichtiger Bodeneigenschaften in der Krume sowohl in der Grünbrache als auch in den Winterroggenparzellen gezeigt.

Im Vergleich zum Pflug sind die Humusgehalte in der Oberkrume bei beiden Kulturen im Mittel um 7-10%, absolut um 0,1-0,2%, angestiegen. In der Unterkrume sind sie ebenfalls angestiegen (Grünbrache), bzw. unter Winterroggen relativ unverändert geblieben sind (Tab. 2). 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. 2).

Im Vergleich zu den Humusgehalten sind die pflanzenverfügbaren Nährstoffgehalte in der gesamten Krume relativ unverändert geblieben (Tab. 2). 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.

Tab.1: Multivariate Varianzanalyse mit den Faktoren Untersuchungsjahr (1995-1999), Kultur (Grünbrache, Roggen), Bodenbearbeitung (P, SP, SG), Krumentiefe (0-15cm, 15-25cm) sowie den Interaktionen; n=48-120; mit Angabe der erklärten Varianz.

Faktoren / Interaktionen	df	Corg	Nt	PCAL	KCAL	RB	Cmik
F-value (* P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001)							
Jahr (J)	4	49,4***	172,9***	16,7***	89,4***	129,4***	22,3***
Kultur (K)	1	19,5***	67,9***	0,2	4,0*	38,3***	0,9
Bearbeitung (B)	2	6,5 ***	15,1***	3,0	1,3	9,1***	21,0***
Tiefe (T)	1	38,8***	62,0***	11,4***	59,0***	144,0***	684,9***
Jahr x Kultur	4	5,5***	32,4***	57,6***	13,9***	3,6**	9,8***
Jahr x Bearb.	8	2,1***	2,0	0,9	1,6	1,9	1,0
Jahr x Tiefe	5	0,6	1,0	0,4	1,5	2,3	7,2***
Kultur x Bearb.	2	1,3	0,4	0,8	0,1	7,2***	1,5
Kultur x Tiefe	1	0,4	1,6	0,2	4,1*	1,6	18,4***
Bearb. x Tiefe	2	3,3*	6,8***	0,8	5,0**	12,4***	53,0***
J x K x B	8	1,1	0,8	3,1**	2,4*	0,9	0,2
J x K x T	4	1,6	1,3	0,4	0,3	1,0	0,3
J x B x T	8	0,3	0,9	0,5	0,2	2,8**	1,8
K x B x T	2	3,3*	0,2	1,6	0,01	5,3**	5,0**
J x K x B x T	8	1,2	2,1	0,2	0,2	2,0*	0,6
<i>R</i> ²		<i>0,70</i>	<i>0,87</i>	<i>0,68</i>	<i>0,77</i>	<i>0,83</i>	<i>0,88</i>

Fortsetzung Tab.1 s. nächste Seite

Einfluss reduzierter Grundbodenbearbeitung auf die Bodenökologie

Tab.1: Fortsetzung

Faktoren / Interaktionen	Cm/o	qCO2	DHA	aPA	SAA	Nmik ⁻¹⁾	Ergost. ⁻¹⁾
	F-value (* P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001)						
Jahr (J)	34,6***	134,2***	363,3***	164,9***	38,1***		
Kultur (K)	13,5***	32,3***	0,6	2,7	0,3	0,1	2,5
Bearbeitung (B)	2,5	1,0	19,4***	10,5***	17,2***	9,2**	9,8***
Tiefe (T)	260,7***	12,7***	397,4***	54,8***	45,9***	82,4***	47,9***
Jahr x Kultur	13,6***	4,3**	2,2	3,7**	2,4*		
Jahr x Bearb.	2,3*	1,6	1,7	2,5*	2,2*		
Jahr x Tiefe	4,3***	2,1	6,0***	2,0	10,8***		
Kultur x Bearb.	0,1	3,6*	0,3	0,2	0,3	0,3	0,6
Kultur x Tiefe	22,6***	0,1	1,6	2,8	5,5*	4,7*	17,8***
Bearb. x Tiefe	17,5***	1,4	30,1***	12,2***	12,2***	3,5*	9,6***
J x K x B	0,9	0,6	1,3	1,7	0,9		
J x K x T	1,1	0,6	1,9	1,0	6,6***		
J x B x T	2,8**	5,3***	0,6	0,7	1,8		
K x B x T	11,4***	0,4	1,8	0,1	0,3	0,6	1,1
J x K x B x T	1,3	2,3*	0,8	0,4	1,1		
R2	0,80	0,80	0,93	0,85	0,72	0,76	0,75

⁻¹⁾ nur 1999, im fünften Hauptfruchtjahr

Tab. 2 (für Grünbrache):

Parameter	Tiefe	Grünbrache		
		Pflug	Schichtenpflug	Sch.-Grubber
Corg (%)	0-15 cm	1,79 (±0,22)	1,91 (±0,20) +	1,90 (±0,26) +
	15-25 cm	1,64 (±0,23)	1,74 (±0,25)	1,73 (±0,28)
P2O5 (mg 100g-1)	0-25 cm	1,71 (±0,23) a	1,82 (±0,25) b	1,80 (±0,27) b
	0-15 cm	16,1 (±5,5)	16,8 (±5,2)	17,6 (±5,5) +
	15-25 cm	14,7 (±4,1)	16,6 (±5,7)	14,3 (±4,4)
CFE-Cmic (µg g-1)	0-25 cm	15,4 (±4,9)	16,7 (±5,4)	15,9 (±5,2)
	0-15 cm	327,4 (±47) a	410,9 (±35) b+	420,6 (±33) b+
	15-25 cm	295,1 (±41) a	298,0 (±38) a	264,8 (±43) a
Cmic/org (%)	0-25 cm	311,3 (±46,7) a	354,4 (±67,8) b	342,7 (±87,8) b
	0-15 cm	1,9 (±0,2) a	2,2 (±0,3) b+	2,3 (±0,3) b+
	15-25 cm	1,9 (±0,3) a	1,8 (±0,4) a	1,6 (±0,3) a
aPA (µg g-1)	0-25 cm	1,9 (±0,3)	2,0 (±0,4)	1,9 (±0,5)
	0-15 cm	559,3 (±140)	629,7 (±112)	648,7 (±118)
	15-25 cm	554,9 (±138)	585,8 (±123)	554,3 (±115)
	0-25 cm	573,1 (±138)	607,7 (±119)	601,5 (±124)

Tab. 2 (für Winterroggen):

Parameter	Tiefe	Winterroggen		
		Pflug	Schichtenpflug	Sch.-Grubber
Corg (%)	0-15 cm	1,66 (±0,15) a	1,79 (±0,25) b+	1,83 (±0,17) c+
	15-25 cm	1,67 (±0,16)	1,62 (±0,23)	1,60 (±0,17)
	0-25 cm	1,66 (±0,16)	1,70 (±0,25)	1,72 (±0,21)
P2O5 (mg 100g-1)	0-15 cm	16,7 (±7,8)	19,1 (±7,6)	16,3 (±7,3)
	15-25 cm	15,9 (±7,2)	15,7 (±6,2)	14,1 (±7,5)
	0-25 cm	16,3 (±7,4)	17,4 (±7,0)	15,2 (±7,4)
CFE-Cmic (µg g-1)	0-15 cm	371,5 (±44) a+	425,0 (±38) b+	431,5 (±47) b+
	15-25 cm	280,3 (±28) a	272,3 (±46) a	275,1 (±31) a
	0-25 cm	325,9 (±59,0)	348,7 (±87,9)	353,3 (±88,6)
Cmic/org (%)	0-15 cm	2,3 (±0,4)+	2,4 (±0,5)+	2,4 (±0,3)+
	15-25 cm	1,7 (±0,2)	1,7 (±0,2)	1,7 (±0,2)
	0-25 cm	2,0 (±0,4)	2,1 (±0,5)	2,1 (±0,4)
aPA (µg g-1)	0-15 cm	595,6 (±90)	653,4 (±98)	674,3 (±89) +
	15-25 cm	566,5 (±126)	579,0 (±129)	565,5 (±117)
	0-25 cm	581,0 (±109)	616,2 (±119)	619,9 (±116)

Tab. 2: Mittelwerte (±S.D.) ausgewählter bodenchemischer und -mikrobiologischer Eigenschaften der Vergleichsvarianten der ersten Fruchtfolgeperiode 1995-1999 differenziert nach Ober- und Unterkrume (n=20) sowie das Krumenmittel (n=40).

Ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Bearbeitungsvarianten ($p < 0,05$; Tukey-*HSD*-Test). Signifikante Unterschiede zwischen Ober- und Unterkrume sind durch '+' gekennzeichnet ($p < 0,05$; Mann-Whitney-*U*-Test).

3.2 Bodenmikrobiologische Eigenschaften

Alle ermittelten bodenbiologischen 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 Cmic/org-Verhältnis zumeist signifikant war (Tab. 2). Bezogen auf die gesamte Krume waren die Gehalte z.B. an mikrobieller Biomasse im Vergleich zur Pflugvariante um 7-12% erhöht (Tab. 2). Ebenso war die Aktivität der Bodenmikroorganismen in der Krume der Schichtenpflug- und Schichtengrubber-Parzellen im Vergleich zum Pflug um 6-8% höher.

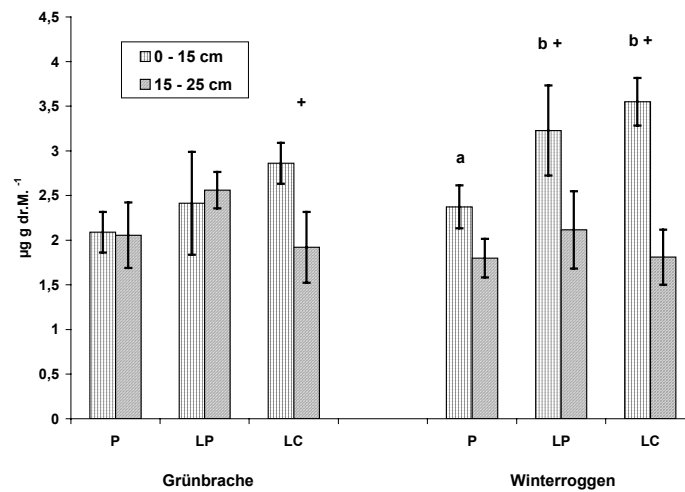


Abb. 1: Ergosterolgehalte (\pm S.D.) in Ober- und Unterkrume in Abhängigkeit von der Grundbodenbearbeitung (P=Pflug; LP=Schichtenpflug; LC=Schichtengrubber). Ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Bearbeitungsverfahren (nur Oberkrume) (ANOVA und Tukey-B-Test, $p < 0,05$; $n=4$). Signifikante Unterschiede zwischen Ober- und Unterkrume sind durch '+' gekennzeichnet (Mann-Whitney-U-Test, $p < 0,05$; $n=4$).

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 (Abb. 1).

In der Schichtengrubber-Variante beider Kulturen und in der Schichtenpflug-Variante bei Winterroggen waren die Unterschiede im Ergosterolgehalt zwischen Ober- und Unterkrume signifikant. Um Veränderungen in der Zusammensetzung der mikrobiellen Gemeinschaft zu erkennen, muss der Ergosterolgehalt auf den Gehalt an mikrobieller Biomasse bezogen werden, denn beide waren hoch miteinander korreliert. Im fünften Jahr der differenzierten Grundbodenbearbeitung hatte sich der Pilzanteil der mikrobiellen Biomasse bei beiden Kulturen in der Oberkrume der Schichtenpflug- und Schichtengrubberparzellen im Vergleich zum Pflug signifikant erhöht (Abb. 2).

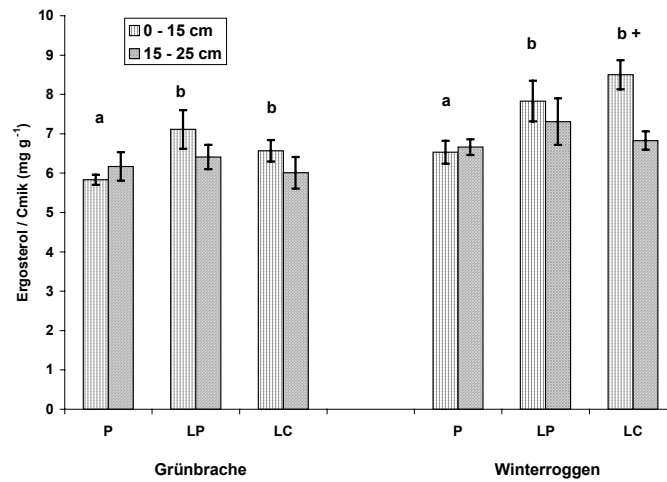


Abb. 2: Verhältnis Ergosterol/mikrobielle Biomasse (\pm S.E.) in Ober- und Unterkrume in Abhängigkeit von der Grundbodenbearbeitung (P=Pflug; LP=Schichtenpflug; LC=Schichtengrubber). Ungleiche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Bearbeitungsverfahren (nur Oberkrume) (ANOVA und Tukey-B-Test, $p < 0,05$; $n=4$).

Signifikante Unterschiede zwischen Ober- und Unterkrume sind durch „+“ gekennzeichnet (Mann-Whitney-U-Test, $p < 0,05$; $n=4$).

Um Unterschiede zwischen den geprüften Bodenbearbeitungs-Varianten nachzuweisen, wurden alle ermittelten bodenchemischen und mikrobiologischen Parameter einer kanonischen Diskriminanzanalyse unterzogen (Abb. 3). Sowohl für Grünbrache, als auch für Winterroggen ergab sich eine eindeutige Separation der drei Bodenbearbeitungsverfahren.

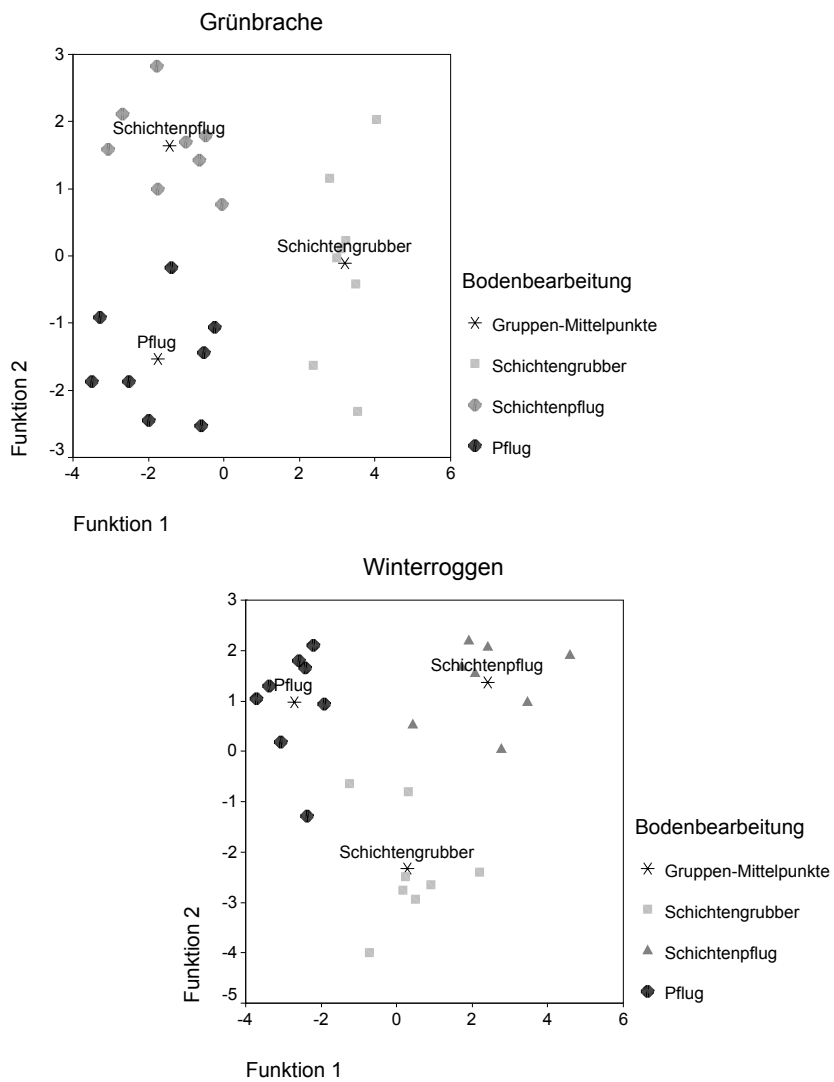


Abb. 3: Unterscheidung der drei Grundbodenbearbeitungsverfahren am Standort Rommersheim anhand bodenchemischer und mikrobiologischer Eigenschaften (Kanonische Diskriminanzanalyse).

3.3 Besiedlung durch Regenwürmer

Bei den aus den Grünbrache- und Roggenparzellen ausgetriebenen Regenwürmern handelte es sich um eine typische Ackerzönose, die aus insgesamt 6 endogäischen Arten (Mineralbodenformen) und einer anözischen (tiefgrabenden) Art zusammen gesetzt war (Tab. 3). Das Artenspektrum ist auf Ackerflächen aufgrund der vergleichsweise einseitigen Ernährungsbedingungen, der pflanzenbaulichen Pflege- und ggf. Pflanzenschutzmaßnahmen grundsätzlich artenarm.

Aus Abb. 4 ist zu entnehmen, dass sowohl die Abundanz der adulten und juvenilen Regenwürmer als auch deren Biomasse in der Schichtengrubbervariante erhöht war. Ebenso nahm die Artenzahl von 3-4 (P) auf 5-6 (SP) und 7 Arten (SG) zu (Tab. 3). Das gesamte Artenspektrum der erfassten Regenwürmer der Untersuchungsfläche wurde ausschließlich in der Schichtengrubbervariante erfasst (Tab. 3).

Im Vergleich zur Pflugvariante stieg die Besiedlung durch adulte Regenwürmer in der Grubbervariante bei beiden Kulturen fast um das Doppelte (Abb. 4). Für die Entwicklung der Regenwurmfaua im Mittel der ersten Fruchtfolgeperiode war insbesondere der Faktor Bodenbearbeitung signifikant, während der Einfluss der angebauten Kultur (Grünbrache, Winterroggen) unbedeutend war (ANOVA, nicht dargestellt).

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. 4). Zwischen Pflug- und Schichtenpflugvariante war im Mittel aller Untersuchungsjahre kein signifikanter Unterschied zu erkennen.

4. Diskussion

Die pH-Werte der untersuchten Parzellen sind im gesamten Untersuchungszeitraum relativ unverändert geblieben und ein Einfluss der differenzierten Bodenbearbeitung war nicht nachzuweisen. Dagegen wiesen die Parzellen mit reduzierter Bodenbearbeitungsintensität signifikant höhere Humusgehalte im Vergleich zum Pflug auf. Die gestiegenen Humusgehalte bei reduzierter Bodenbearbeitung können auf das reduzierte Wenden und eine verringerte Be

lüftung der Krume zurückgeführt werden. Dies hat z.B. in den Schichten-grubber-Parzellen im Laufe der fünfjährigen Versuchsdauer zu einer Erweiterung des C/N-Verhältnisses in der Krume von 8,7 (1995) auf 10,3 (2000) geführt. Insgesamt sind die Humusgehalte nach Ablauf der ersten Fruchtfolgeperiode in allen Varianten angestiegen. Dies ist verständlich, da die Aufwüchse der Grünbrache und die Stoppelreste nicht vom Feld abgeführt werden, sondern dort verbleiben. Hinzu kommt, dass der Abbau der organischen Substanz im rheinhessischen Trockengebiet mit durchschnittlich 550 mm Jahresniederschlag gehemmt ist.

Tab. 3 (für Grünbrache): Mittlere Abundanz und Biomasse von Regenwürmern in Abhängigkeit von der Grundbodenbearbeitung am Standort Rommersheim, Rheinhessen 1995 bis 1998.

P = Pflug, SP = Zweischichten-Pflug; SG = Schichtengrubber

Arten	Grünbrache			
	Anz. m ⁻² ; g m ⁻²	P	SP	SG
<i>Lumbricus terrestris</i> Linnaeus	Abundanz	11	15	22
	Biomasse	25.8	45.3	43.8
<i>Aporrectodea caliginosa</i> Savigny	Abundanz	26	21	57
	Biomasse	10.0	7.8	13.0
<i>Allolobophora chlorotica</i> Savigny	Abundanz	n.g.	2	9
	Biomasse	n.g.	0.8	3.3
<i>Aporrectodea rosea</i> Savigny	Abundanz	1	n.g.	4
	Biomasse	0.6	n.g.	1.7
<i>Allolobophora antipai</i> Michaelsen	Abundanz	n.g.	n.g.	5
	Biomasse	n.g.	n.g.	2.2
<i>Octolasion cyaneum</i> Savigny	Abundanz	11	4	8
	Biomasse	11.6	3.4	7.2
<i>Octolasion t. tyrtaeum</i> Savigny	Abundanz	n.g.	2	6
	Biomasse	n.g.	1.3	5.7
Lumbricus ssp. (juvenil)	Abundanz	20	28	22
	Biomasse	15.0	24.0	15.4
endogeic ssp. (juvenil) #	Abundanz	27	49	91
	Biomasse	9.5	24.8	27.4

Tab. 3 (für Winterroggen): Mittlere Abundanz und Biomasse von Regenwürmern in Abhängigkeit von der Grundbodenbearbeitung am Standort Rommersheim, Rheinhessen 1995 bis 1998.

P = Pflug, SP = Zweischichten-Pflug; SG = Schichtengrubber

Arten	Winterroggen			
	Anz. m ⁻² ; g m ⁻²	P	SP	SG
<i>Lumbricus terrestris</i> Linnaeus	Abundanz	9	7	21
	Biomasse	26.6	12.8	53.0
<i>Aporrectodea caliginosa</i> Savigny	Abundanz	14	11	24
	Biomasse	6.7	4.7	11.0
<i>Allolobophora chlorotica</i> Savigny	Abundanz	n.g.	6	6
	Biomasse	n.g.	4.3	2.7
<i>Aporrectodea rosea</i> Savigny	Abundanz	n.g.	3	9
	Biomasse	n.g.	1.2	2.3
<i>Allolobophora antipai</i> Michaelsen	Abundanz	n.g.	n.g.	n.g.
	Biomasse	n.g.	n.g.	n.g.
<i>Octolasion cyaneum</i> Savigny	Abundanz	9	5	7
	Biomasse	9.1	5.5	8.2
<i>Octolasion t. tyrtaeum</i> Savigny	Abundanz	4	3	3
	Biomasse	4.0	4.9	3.1
Lumbricus ssp. (juvenil)	Abundanz	10	11	40
	Biomasse	10.7	8.4	17.6
endogeic ssp. (juvenil) #	Abundanz	31	36	46
	Biomasse	3.3	12.1	10.4

n.g.: nicht gefunden

Jungtiere kombiniert aus den drei Gattungen *Aporrectodea*, *Allolobophora*, *Octolasion*.

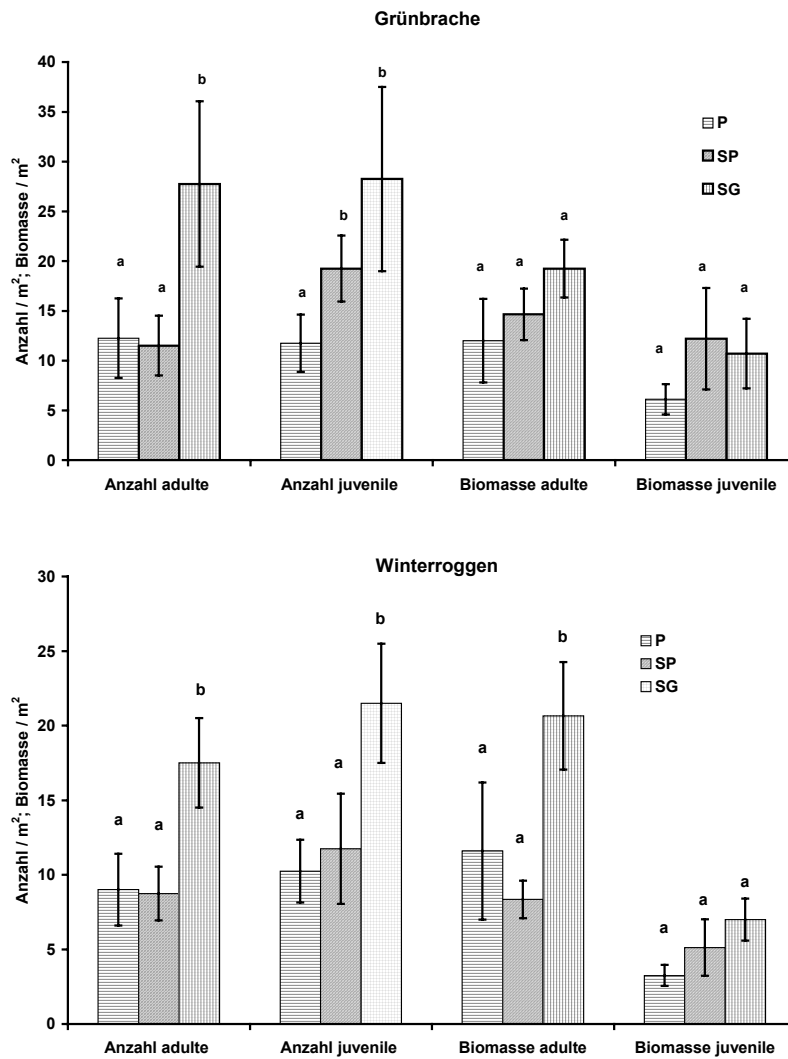


Abbildung 4: Mittlere (\pm S.D.) Anzahl und Biomasse von adulten und juvenilen Regenwürmern in Abhängigkeit von der Grundbodenbearbeitung unter Grünbrache (oben) und Winterroggen (unten) am Standort 'Eichenhof' in Rommersheim, Rheinhessen, von 1995 bis 1998. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Bearbeitungsvarianten ($p < 0.05$, Tukey-B-test); P=Pflug, SP=Zwei-Schichtenpflug, SG=Schichtengrubber.

Die pflanzenverfügbaren P- und K-Gehalte lagen auf einem mittleren (Phosphor) bis hohen (Kalium) Niveau. Hierin spiegelt sich die vormals intensive Düngungspraxis unter integrierter Bewirtschaftung wider. Im Untersuchungszeitraum von fünf Jahren waren die P- und K-Gehalte nicht nennenswert abgesunken. Für Kalium kommt hinzu, dass die wahrscheinlich vorherrschenden illitischen Tonminerale ein hohes Nachlieferungsvermögen für K haben. Die Gehalte schwankten insgesamt sehr stark. Ein differenzierender Einfluss der Grundbodenbearbeitung auf die Ausprägung der Nährstoffgehalte war nicht signifikant.

Nach einer vorsichtigen Berechnung der Nährstoffbilanz der ersten Fruchtfolgeperiode für N, P und K basierend auf den jeweiligen mit den Erträgen zu- und abgeführten Mengen wurde allerdings im Verlauf der ersten Fruchtfolgeperiode z.B. für P ein negatives Saldo von 11,3-14,4 kg P ha⁻¹ Jahr⁻¹ berechnet (Tab. 4), da die mit der Ernte exportierten Nährstoffe nicht kompensiert wurden (EMMERLING UND SCHRÖDER 2000).

Tab. 4 (für Grünbrache): Bilanzen (Zufuhr/Verlust (kg ha⁻¹) von Stickstoff, Phosphor und Kalium bei ökologischer Bewirtschaftung (nur Pflugvariante) bezogen auf die erste Fruchtfolgeperiode am Standort Rommersheim (Bilanzgrößen aus Fritsch, 1998)

Grünbrache					
Jahr	Fruchtfolge	Ertrag (dt ha ⁻¹)	Zufuhr / Verlust (kg ha ⁻¹)		
			N	P	K
1995	Klee gras	n.b. ²⁾	+250		
1996	WW (Korn ¹⁾)	71,9	-129,4	-25,1	-35,8
1997	Erbsen	34,0	-122,0 +120	-16,3	-39,5
1998	WR (Korn)	53,1	-79,7	-18,5	-26,5
1999	SG	34,0	-58,8	-12,0	-16,9
∑ Fruchtfolge-Entzüge			-19,3	-71,8	-118,7
Entzüge / Jahr			-3,9	-14,4	-23,7

¹⁾ 11 % Eiweiß

²⁾ jeweils eingemulcht

Tab. 4 (für Winterroggen): Bilanzen (Zufuhr/Verlust (kg ha⁻¹) von Stickstoff, Phosphor und Kalium bei ökologischer Bewirtschaftung (nur Pflugvariante) bezogen auf die erste Fruchtfolgeperiode am Standort Rommersheim (Bilanzgrößen aus Fritsch, 1998)

Winterroggen					
Jahr	Fruchtfolge	Ertrag (dt ha ⁻¹)	Zufuhr / Verlust (kg ha ⁻¹)		
			N	P	K
1995	WR (Korn)	47,4	-71,1	-71,1	-23,6
1996	SG	50,5	-70,7	-70,7	-25,2
1997	Klee gras	n.b. ²⁾	+250	+250	
1998	WW (Korn ¹⁾)	34,0	-61,2	-61,2	-16,9
1999	Erbsen	22,0	+120	+120	-25,6
			-79,2	-79,2	
Σ Fruchtfolge-Entzüge			+87,8	-56,6	-91,3
Entzüge / Jahr			+17,6	-11,3	-18,3

¹⁾ 11 % Eiweiß

²⁾ jeweils eingemulcht

Die bodenmikrobiologischen Eigenschaften lagen insgesamt auf einem für landwirtschaftlich genutzte Böden hohen Niveau, was auf die hohen Humusgehalte, die günstigen pH-Werte und die hohen Nährstoffvorräte in den Böden des Versuchsfeldes zurückzuführen ist.

Fast alle bodenmikrobiologischen Parameter zeigten bereits ab dem ersten Hauptfruchtjahr eine Differenzierung in Ober- und Unterkrume infolge der nichtwendenden Bodenbearbeitung an (SÖL 1995). Dies ist ein typisches Phänomen der reduzierten Bodenbearbeitung. Untersuchungen von ALVAREZ ET AL. (1995), LYNCH & PANTING (1980), DORAN (1987), ARSHAD ET AL. (1990) sowie KANDELER ET AL. (1993) zeigten ebenfalls eine Förderung der mikrobiellen Biomasse in der Oberkrume bei nichtwendenden Bodenbearbeitungsverfahren im Vergleich zum Pflug.

Die Wertenniveaus der mikrobiellen Biomasse, der mikrobiellen Aktivitäten und der Enzymaktivitäten stiegen in der Oberkrume zumeist in der Reihenfolge Pflug - Schichtenpflug - Schichtengrubber an. In der Unterkrume war eine abnehmende Entwicklung in der genannten Reihenfolge festzustellen. Somit wurden auch die Differenzen zwischen Ober- und Unterkrume in der Reihenfolge P - SP - SG größer.

Zumeist bestanden signifikante Unterschiede zwischen den reduzierten Verfahren und dem Pflug, seltener zwischen den beiden reduzierten Verfahren Zweischichtenpflug und Schichtengrubber.

Die Humusgehalte zeigten eine vergleichsweise weniger deutlich ausgeprägte Differenzierung. Dies unterstreicht, dass z.B. die mikrobielle Biomasse ein sensibler Parameter ist, um schon kurzfristig Systemveränderungen im Boden aufzuzeigen (BECK 1984, POWLSON ET AL. 1987, ANDERSON & DOMSCH 1990, MÄDER 1997).

Beim Cmic/org-Verhältnis zeigte sich, dass erst im fünften Jahr der Untersuchung eine Erhöhung in der Schichtenpflug- und Schichtengrubber-Variante statistisch absicherbar war. Dieser Effekt war aber nur unter Grünbrache in der Oberkrume relevant. Für die Entwicklung des metabolischen Quotienten zeichnete sich bislang kein eindeutiger Trend ab. Es ist anzunehmen, dass hierfür der Untersuchungszeitraum noch nicht lang genug war.

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. Unter der Annahme, dass Bodenpilze zu 46% aus Kohlenstoff bestehen (DIAJAKIRANA ET AL. 1996), stieg die pilzliche Biomasse in der Oberkrume der Böden unter Grünbrache im Mittel von 190 (Pflug) auf 216 (Schichtenpflug) auf 252 µg gTS-1 an. Der entsprechende Anstieg unter Winterroggen war von 216 (P) auf 279 (SP) auf 315 µg gTS-1 (SG).

Da Bodenpilze bevorzugt am Cellulose- und Ligninabbau im Boden beteiligt sind (DIAJAKIRANA 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.

Aus pflanzenbaulicher Sicht ist die Entwicklung der Nährstoffvorräte und der bodenmikrobiologischen Eigenschaften im gesamten Krumbereich interes-

sant. Es stellte sich daher die Frage, ob durch eine konservierende Grundbodenbearbeitung mit den hier geprüften Geräten die genannten Eigenschaften im Krümmenmittel beeinflusst werden oder ob es nur zu einer Differenzierung innerhalb der Krümmen kommt. Es wurde deutlich, dass die Humusgehalte und die meisten mikrobiellen Eigenschaften in den Grünbrache-Parzellen durch die konservierende Bodenbearbeitung im Krümmenmittel erhöht, bzw. gefördert wurden.

Unter Roggen war die Wirkung der reduzierten Grundbodenbearbeitung in der gesamten Krümmen weniger deutlich ausgeprägt. Die insgesamt günstigeren Eigenschaften unter Grünbrache sind darauf zurückzuführen, dass im Vergleich zu Roggen in den Grünbracheparzellen bei reduzierter Grundbodenbearbeitung die Humusgehalte in der Krümmen aufgrund der stärkeren residualen Anreicherung von organischer Substanz erhöht waren. Durch die Reduzierung (SP) oder das Ausbleiben (SG) der Bodenwendung wurde der Humusabbau verringert, und somit sind die mikrobielle Biomasse und die enzymatischen Umsetzungsprozesse in der gesamten Krümmen erhöht.

Außerdem war im Gegensatz zu den Grünbracheparzellen im Herbst vor Roggen keine differenzierte Grundbodenbearbeitung durchgeführt worden, so dass der Einfluss der Grundbodenbearbeitung auf die geprüften Eigenschaften in der gesamten Krümmen im Frühjahr weniger deutlich war. Der metabolische Quotient $q\text{CO}_2$ (das spezifische Leistungspotential der Bodenmikroflora) und die C_{mic}/org -Koeffizienten lieferten in dieser Untersuchung noch keine Hinweise darauf, dass sich durch die konservierende Grundbodenbearbeitung die Lebensbedingungen für die Bodenmikroorganismen-Gemeinschaft verändert haben.

Das Artenspektrum von Regenwürmern ist auf Ackerflächen aufgrund der vergleichsweise einseitigen Ernährungsbedingungen, der pflanzenbaulichen Pflege- und ggf. Pflanzenschutzmaßnahmen grundsätzlich artenarm (DUNGER 1983, MAKESCHIN 1991). Es dominieren euryöke Regenwurmart, die meistens auch der Gruppe der r-Strategen zuzuordnen sind (SACHELL 1980) und die nach Eingriffen in ihren Lebensraum mit einer schnellen Vermehrung reagieren, wodurch sie den K-Strategen überlegen sind.

In der vorliegenden Untersuchung dominierten in fast allen Jahren die endogäischen Arten *Aporrectodea caliginosa*, gefolgt von *Octolasion cyaneum*. Daneben dominierte in einzelnen Jahren und einzelnen Varianten *Lumbricus terrestris* (anözisch). Die edaphischen Faktoren (pH-Werte, Humusgehalte,

Nährstoffgehalte) der Untersuchungsfläche sind für die Verbreitung dieser Arten grundsätzlich positiv einzustufen. Begrenzender Faktor für die Entwicklung der Regenwurmpopulationen an diesem Standort dürfte lediglich das vergleichsweise trockene Klima mit langjährlichen Niederschlagssummen von ungefähr 550mm Jahr⁻¹ sein. Unabhängig von der differenzierten Grundbodenbearbeitung war in allen untersuchten Parzellen die Besiedlung in einzelnen Jahren, wie im Frühjahr und Herbst 1997, vergleichsweise niedrig, insbesondere der clitellaten Tiere. Die geringen Abundanzen waren auf eine ausgesprochene Trockenheit während der Vegetationsperiode oder auf vorangegangene trockene und kalte Winter (z.B. 1996/97) zurückzuführen.

Ab dem ersten Hauptfruchtjahr 1995 zeigte die Regenwurmgemeinschaft eine deutliche Reaktion auf die Reduzierung der Bodenbearbeitungsintensität. Sowohl die Abundanzen der adulten und juvenilen als auch deren Biomasse in der Zweisichtenpflug- und insbesondere in der Schichtengrubbervariante nahmen zu. Ebenso nahm die Zahl der Arten zu. Höhere Regenwurmabundanzen und Biomassen bei reduzierter Bodenbearbeitung wurden bereits von KRÜGER (1952), TISCHLER (1955), ZICSI (1969), EHLERS (1975), EDWARDS & LOFTY (1982), HOUSE & PARMELEE (1985), LAVELLE ET AL. (1989) UND PARMELEE ET AL. (1990) mitgeteilt.

Auffällige Unterschiede in der Besiedlung durch Regenwürmer bestanden ebenfalls zwischen den Grünbrache- und Roggenparzellen. Dieses Ergebnis zeigt insgesamt, dass die Regenwurmgemeinschaft unter Grünbrache über ein im Vergleich zu Getreide besseres Nahrungsangebot verfügen konnte. Vergleichbare Erkenntnisse liegen aus Luzerneanbau und mehrjähriger Grünlandnutzung vor (SATCHELL 1983, PFIFFNER 1993, WESTERNACHER-DOTZLER 1988).

5. Schlussfolgerungen für die Praxis

Bodenbearbeitung ist einer der wesentlichen mechanischen Eingriffe in das Bodengefüge mit dem Ziel, bodenphysikalische, -chemische und -biologische Prozesse im Boden positiv für die Entwicklung der Kulturpflanzen zu beeinflussen. Die Ergebnisse der ersten Fruchtfolgeperiode haben gezeigt, dass durch eine reduzierte Grundbodenbearbeitung, wie z.B. durch den Einsatz von Schichtenpflug oder Schichtengrubber, die organische Bodensubstanz und bodenmikrobiologische Eigenschaften in der Krume insgesamt gefördert werden können.

Eine signifikante Förderung der Regenwürmer beschränkte sich ausschließlich auf die pfluglose Bearbeitung. Für die Entwicklung der organischen Bodensubstanz ist zu beachten, dass die vorgestellten Ergebnisse vor dem Hintergrund einer viehlosen ökologischen Bewirtschaftung zu bewerten sind.

Im ökologischen Landbau ist die wendende Bodenbearbeitung ein wichtiges Glied in der Unterdrückung von Unkräutern. In der Praxis wird die Grundbodenbearbeitung deshalb nicht nur nach den Kriterien der Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit, sondern auch nach dem Ertrag zu beurteilen sein.

6. Danksagung

Der Stiftung Ökologie & Landbau, Bad Dürkheim und der Landesanstalt für Pflanzenbau & Pflanzenschutz, Mainz sei die für die finanzielle Unterstützung gedankt. Besonderer Dank gilt Herrn Dr. Ulrich Hampl, SÖL und Herrn Norbert Kussel, Eichenhof, für die allzeit wohlwollende und tatkräftige Unterstützung.

7. Literatur

- ALVAREZ R & DIAZ RA & BARBERO, N. & SANTANATOGIA OJ. & BLOTTA L. (1995): Soil organic carbon, microbial biomass and CO₂-C production from three tillage systems. *Soil and Tillage Res.*, 33, 17-28.
- ANDERSON TH & DOMSCH KH. 1990 Application of eco-physiological quotients ($q\text{CO}_2$ and $q\text{D}$) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. *Soil Biol. Biochem.*, 22, 251-255.
- ARCHAD MA & SCHNITZER M. & ANGERS DA & RIPMEESTER JA. (1990): Effects of till, vs non-till in the quality of soil organic matter. *Soil Biol. Biochem.*, 22, 595-599.
- BAEUMER K. (1991): Bodenfruchtbarkeit als wissenschaftlicher Begriff: Kenngrößen und Prozesse im Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Produktion im Agrarökosystem. *Ber. Landw.*, 203. SH, 29-45, Verl. P. Parey, Hamburg, Berlin.
- BECK TH. (1984): Mikrobiologische und biochemische Charakterisierung landwirtschaftlich genutzter Böden. II. Beziehungen zum Humusgehalt. *Z. Pflanzenern. Bodenk.*, 147, 467-475.
- DIERCKS R. (1983): Alternativen im Landbau. Ulmer, Stuttgart.
- DJAJAKIRANA, G. & JOERGENSEN, R.G. & MEYER, B. (1996): Ergosterol and

- microbial biomass relationship in soil. *Biol. Fertil. Soils*, 22, 299-304.
- DORAN JW. (1987): Microbial biomass and mineralizable nitrogen distribution in no-tillage and ploughed soils. *Biol. Fertil. Soils*, 5, 68-75.
- DORAN JW. (1992): Einfluss verschiedener Bewirtschaftungs- und Bearbeitungssysteme auf die organische Bodensubstanz und die Bodenfruchtbarkeit. *Ber. Landw.*, 206. SH, 155-167, Verl. P. Parey, Hamburg, Berlin.
- DUNGER W. (1983): Tiere im Boden. Verl. Ziemer, Wittenberg Lutherstadt, 280 S.
- EDWARDS EG. & LOFTY JR. (1975): The influence of cultivations on soil animal populations. In: Vanek (ed.): *Progress in Soil Zoology*, 399-407, Den Haag.
- EHLERS W. (1975): Observations on earthworm channels and infiltration on tilled and untilled loess soil. *Soil Science*, 119, 242-249.
- EHLERS W. (1991): Wirkung von Bearbeitungssystemen auf gefügeabhängige Eigenschaften verschiedener Böden. *Ber. Landw.*, 204. SH, 118-148, Verl. P. Parey, Hamburg, Berlin.
- EMMERLING, C. & SCHRÖDER, D. (2000): Ist viehlose Wirtschaft im ökologischen Landbau nachhaltig? *VDLUFA-Schriftenreihe* 53, im Druck.
- ERMICH D. & HOFMANN B. (1991): Einfluss unterschiedlicher Intensität der Bodenbearbeitung auf Bodeneigenschaften und Erträge in einem Dauerversuch. In: Leithold G (Hrsg.): *Stoffkreisläufe - Grundlagen umweltgerechter Landbewirtschaftung*. Wiss. Beiträge Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg, S 73, 117-126.
- FRITSCH, F. (1998): Sachgerechte Düngung für Acker- und Grünland - Leitfaden. Hrsg. Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz Rheinland-Pfalz, 35 S., Mainz.
- HOUSE, GJ. & PARMELEE, RW. (1985): Comparison of soil arthropods and earthworms from conventional and no-tillage agroecosystems. *Soil and Tillage Res.*, 5, 351-360.
- KANDELER, E. & BÖHM K. (1996): Temporal dynamics of microbial biomass, xylanase activity, N-mineralization and potential nitrification in different tillage systems. *Appl. Soil Ecol.*, 4, 181-192.
- KRÜGER, W. (1952): Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Tierwelt der Felder. *Z. Acker- und Pflanzenbau*, 95, 261-302.
- LAVELLE, P. & BAROIS, I & MARTIN A. & ZAIDL Z. & SCHAEFER, R. (1989): Management of earthworm populations in agro-ecosystems: A possible way to maintain soil quality? In: CLARHOLM, M. & BERGSTRÖM, L. (eds.): *Ecology of arable land*, Kluwer Acad. Publ., 109-122.
- LYNCH, JM. & PANTING, LM. (1980): Cultivation and the soil biomass. *Soil Biol. Biochem.*, 12, 29-33.

- MÄDER, P. (1997): Erhöhte mikrobiologische Aktivität durch ökologischen Landbau. *Ökologische Konzepte* 95, 49-72, Deukalion.
- MAKESCHIN, F. (1991): Bodenzoologischer Forschungsbedarf im Zusammenhang mit den Zielvorstellungen sowie der Meß- und Voraussagbarkeit von Elementen und Prozessen der Bodenfruchtbarkeit. *Ber. Landw.*, 203. SH, 100-109, Verl. P. Parey, Hamburg, Berlin.
- PARMELEE, RW. & BEARE, MH. & CHENG, W. & HENDRIX, PF. & RIDER SJ. & CROSSLEY JR. DA. & COLEMAN DC. (1990): Earthworms and enchytraeids in conventional and no-tillage agroecosystems: A biocide approach to assess their role in organic matter breakdown. *Biol. Fertil. Soils*, 10, 1-10.
- PIFFNER, L. (1993): Einfluss langjährig ökologischer und konventioneller Bewirtschaftung auf Regenurmpopulationen (*Lumbricidae*). *Z. Pflanzenern. Bodenk.*, 156, 259-265.
- POWLSON, DS. & BROOKES PC. & CHRISTENSEN BT. (1987): Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. *Soil Biol. Biochem.*, 19, 159-164.
- SATCHELL, JE. (ED.) (1983): Earthworm ecology from Darwin to vermiculture. Chapman & Hall, London.
- SATCHELL, JE. (1980): R-worms and K-worms: A basis for classifying lumbricid earthworm strategies. In: Dindal (ed.): *Soil biology as related to land use practises*. Proc. 7th Int. Coll. Soil Zool. Syracuse 1980, 848-865.
- SEKERA, F. (1953): *Der gesunde und kranke Boden. Ein praktischer Wegweiser zur Gesunderhaltung des Ackers*. Graz.
- SÖL (1995): *Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung - Ergebnisbericht 1995*, Stiftung Ökologie & Landbau, Bad Dürkheim, unveröffentlicht.
- SOMMER, C. (1994): *Einführung von Verfahren der Konservierenden Bodenbearbeitung in die Praxis*. FuE-Vorhaben 87 UM 01. Inst. F. Betriebstechnik, FAL, Braunschweig-Völkenrode.
- WESTERNACHER-DOTZLER, E. (1988): *Abundanz von Regenwürmern (Lumbricidae, Oligochaeta) unter verschiedenen Kulturpflanzen*. Diss. Giessen.

Anschrift des Autors:

Professor Dr. Christoph Emmerling
Universität Trier, FB VI/Abt. Bodenkunde
Universitätsring 13, 54286 Trier

Bibliographische Angaben zu diesem Dokument:

Emmerling, Christoph (2002) Einfluss reduzierter Grundbodenbearbeitung im Ökologischen Landbau auf bodenökologische Eigenschaften [Reduced tillage in organic farming: impact on soil ecology], in Bodenbearbeitung und Bodengesundheit: Zwischenergebnisse im Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung in Wörrstadt-Rommersheim (Rheinhessen, Rheinland-Pfalz), Seite(n) 25-46. Schriftenreihe der Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Mainz 13. Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Mainz und Stiftung Ökologie und Landbau, Bad Dürkheim.

.Das Dokument ist in der Datenbank „Organic Eprints“ archiviert und kann im Internet unter <http://orgprints.org/00001738/> abgerufen werden.