

Der Einfluss langjährig differenzierter Bodenbearbeitung auf die Laufkäferfauna eines Feldversuches in Bayern

Johannes BURMEISTER, Thomas KREUTER, Roswitha WALTER

Abstract: The influence of long term differing soil cultivation on ground beetle fauna in a Bavarian field trial. - Soil cultivation without plough is a common practice in agriculture, especially to prevent surface run-off and erosion. We investigated the effect of direct drilling, mulch till and conventional mouldboard plough use on the ground beetle community in a Bavarian field trial. There were significant effects of treatments on the body-size distribution, activity density and mean individual biomass. Direct drilling fostered mostly big ground beetles (genus *Carabus*). Mulch till had the highest activity density in total and activity of some species was highest in this treatment. Results are discussed on species level.

Zusammenfassung

Bodenbearbeitung ohne Pflug ist eine verbreitete Praxis in der Landwirtschaft, besonders um Kosten zu senken und Erosion zu verhindern. Wir untersuchten den Einfluss von Direktsaat, Mulchsaat und konventionellem Pflugeinsatz auf die Laufkäferfauna in einem Feldversuch in Südbayern. Es zeigten sich signifikante Effekte der Behandlungen für die Körpergrößenverteilung, die Aktivitätsdichte und die mittlere Individuenbiomasse. Direktsaat förderte vorwiegend große Laufkäfer (genus *Carabus*). Mulchsaat wies die höchste Aktivitätsdichte auf und die Aktivität einiger Arten war am höchsten in dieser Variante. Die Ergebnisse werden auf Artniveau diskutiert.

1 Einleitung

Bodenbearbeitung ist eine Maßnahme, die das Ökosystem des Ackers grundlegend formt. Neben der Homogenisierung des Wurzelhorizontes, der Lockerung, der Vorbereitung auf die Frostgare und der Einarbeitung von organischem Material, sind die Unterdrückung von Unkräutern, von Ausfallgetreide sowie von Schädlingen und Krankheiten wichtige Aufgaben des Pflügens (FAO 2000). Systeme mit reduzierter oder nicht wendender Bodenbearbeitung, also ohne oder mit weniger Pflugeinsatz, werden zunehmend

genutzt, um die Gefahr der Bodenerosion zu verringern und Kosten zu senken (z.B. HOLLAND 2004; MONTGOMERY 2007; LEYS et al. 2010). In der Folge ändern sich bodenphysikalische Parameter (z.B. EL TITI 2003) ebenso wie die Menge an verbleibenden Pflanzenresten an der Bodenoberfläche. Nicht wendende Bodenbearbeitungsverfahren, wie Mulch- oder Direktsaat, können allerdings mit erhöhtem Aufwand von Pestiziden insbesondere Herbiziden einhergehen (FAO 2000). Auch kommt es zum Teil zum verstärkten Auftreten von tierischen Schaderregern (zusammengefasst in STINNER & HOUSE 1990). Aus diesem Grund ist die standortangepasste Integration in geeignete Fruchtfolgen und Bewirtschaftungssysteme wichtig für den ökologischen und ökonomischen Erfolg der reduzierten Bodenbearbeitung.

Selbstregulation wird oft als Phänomen diskutiert, welches den Defiziten (s.o.) der nicht wendenden Bodenbearbeitung durch die Förderung verschiedener Organismen entgegen wirken kann (s.a. KLADIVKO 2001; VAN CAPELLE et al. 2012). In diesem Zusammenhang wird beispielsweise auf die Funktion der Regenwürmer für die Bildung luftführender Makroporen, die Wasserinfiltration und -retention, die Einarbeitung von Ernteresten in den Boden und die Mischung von Mineralboden mit organischer Substanz hingewiesen (HOUSE & PARMELE 1985; KLADIVKO 2001; VAN CAPELLE et al. 2012). Weiter-

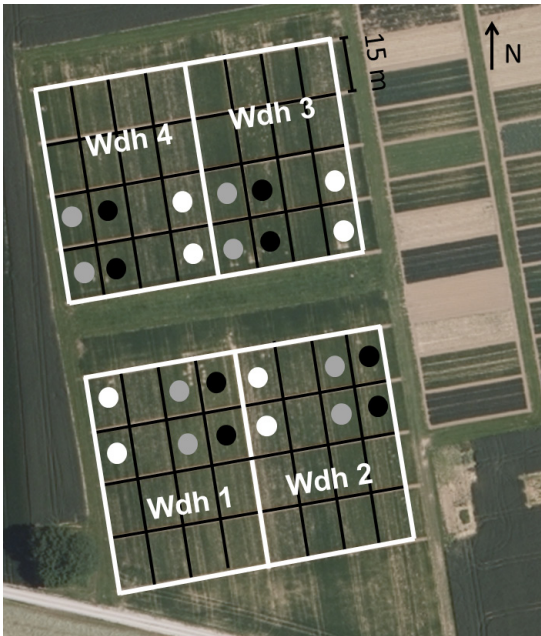


Abb. 1: Lageplan des Versuchsfeldes in Puch. Punkte markieren Bodenfallen. (Schwarz = Pflug, Grau = Mulchsaat, Weiß = Direktsaat).

hin wird die Reduktion von phytopathogenen Pilzen, Nematoden und schädlichen Springschwänzen durch verschiedene Antagonisten festgestellt (VAN CAPELLE et al. 2012).

Laufkäfer sind sowohl bekannt als empfindliche Indikatororganismen als auch als Antagonisten von Schädlingen, besonders von Blattläusen, Schnecken und Insektenlarven (zusammengefasst in THIELE 1977, KROMP 1999, SYMONDSOM et al. 2002). Der Einfluss von reduzierter Bodenbearbeitung auf die Laufkäferfauna wurde in Amerika, aber auch in Mitteleuropa, bereits erforscht. Der Vergleich zwischen konventioneller Bodenbearbeitung mit Pflug und reduzierter Bodenbearbeitung zeigte sowohl höhere, wie auch geringere und ähnliche Aktivitätsdichten (zusammengefasst in STINNER & HOUSE 1990; KROMP 1999; HOLLAND 2004). Insgesamt besteht ein Trend hin zu höherer Artenvielfalt und Abundanz bei reduzierter Bodenbearbeitung (KLADIVKO 2001). Untersuchungen zur Laufkäferfauna von Ackerflächen unter reduzierter Bodenbearbeitung in Sachsen und Thüringen wiesen einen deutlichen Effekt auf die Größenverteilung der Laufkäfer nach (VOLKMAR et al. 2003; VOLKMAR & KREUTER 2006; LÜBKE-AL HUSSEIN et al. 2009). Besonders gefördert wurden große Arten der Gattung *Carabus*.

In den Vereinigten Staaten (HATTEN et al. 2006) und in Irland (KENNEDY et al. 2012) konnte ein Zusammenhang zwischen der Größe der vorkommenden Arten und dem Bodenbearbeitungsverfahren mit einem verstärkten Vorkommen von großen Arten unter Direktsaat gegenüber konventioneller Bodenbearbeitung nachgewiesen werden. Verallgemeinert für mehrere Tiergruppen werden große Arten stärker vom Pflugeinsatz beeinflusst (KLADIVKO 2001). Dies gilt beispielsweise auch für die Regenwürmer, bei denen besonders der große Tauwurm (*Lumbricus terrestris*) vom Verzicht auf Pflügen profitiert (z.B. WALTER et al. 2015).

In der vorliegenden Studie wurde der Einfluss der Mulchsaat, der Direktsaat und konventioneller Bodenbearbeitung mit Pflug auf die Laufkäferfauna in einem wiederholten Feldversuch in Oberbayern untersucht. In diesem Versuch wird die Hypothese geprüft, dass die Bodenbearbeitung einen Einfluss auf die Artenvielfalt, die Aktivitätsdichte und die Körpergrößen-Verteilung hat. Die gefundenen Ergebnisse werden auf Artniveau diskutiert.

2 Methoden

2.1 Untersuchungsfläche und Versuchsaufbau

Die Untersuchung wurde 2007 und 2008 auf einem Versuchsfeld der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Puch (Bayern, Deutschland) durchgeführt. Der 1992 angelegte Versuch unterlag über 15 Jahre differenzierten Bodenbearbeitungsverfahren. Die 555 m über dem Meeresspiegel gelegene Fläche auf lössbedeckter Altmoräne bei Fürstenfeldbruck ist durch einen mittleren jährlichen Niederschlag von ca. 874 mm, einer Jahresdurchschnittstemperatur von 8,6 °C (1995 – 2008) und einem schluffigen Lehm aus Lössauflage charakterisiert. Der leicht humose Boden ist als Parabraunerde (luvisol) anzusprechen, die Bodenzahl beträgt 68.

Der Feldversuch umfasst vier Wiederholungen und zwei untersuchte Faktoren (Bodenbearbeitung und zusätzliche Befahrung). Die untersuchten Varianten des Faktors Bodenbearbeitung sind:

- Pflug (Bearbeitungsschritte:
Pflug – Kreiselegge / Drillsaat)
- Mulchsaat (Bearbeitungsschritte:
2 x Grubber – Kreiselegge / Drillsaat)
- Direktsaat (Bearbeitungsschritte:
Direktsaatkombination mit Grubberschar)

Jahr	Periode 1	Periode 2	Periode 3	Periode 4	Zeitraum
2007	10.05 – 15.05	15.05 – 24.05	24.05 – 31.05	31.05 – 14.06	35 Tage
2008	14.05 – 29.05	29.05 – 11.06	11.06 – 02.07		49 Tage

Tab. 1: Leerungsperioden der Bodenfallen in Puch.

Der zweite Versuchsfaktor – mit oder ohne zusätzliche Überfahrt – wurde ebenfalls beprobt, aber die Proben wurden zusammengefasst. Dementsprechend umfasste die Untersuchung 24 Parzellen (3 x 2 x 4, siehe Abbildung 1). Die Parzellengröße betrug 15 m x 12 m. Die Saat erfolgte zwischen den Parzellen durchgehend, ausgenommen ein breiter Grasstreifen zwischen den Wiederholungen 1,2 und 3,4. Die Fruchtfolge bestand aus Winterweizen – Wintertriticale – und einer Körnerleguminose, Raps oder Körnermais. 2006 war das Feld mit Erbsen, 2007 mit Winterweizen und 2008 mit Wintertriticale bestellt. Saat und dazugehörige Bodenbearbeitung fanden am 12.10.2006 und am 02.10.2007 statt. Ausschließlich mineralische Düngung und Pflanzenschutz erfolgte für alle Varianten gleich und gemäß den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis und des integrierten Pflanzenschutzes.

2.2 Bodenfallen

Laufkäfer wurden mit Hilfe von Bodenfallen (Trinkgläser, Durchmesser 65 mm, Höhe: 125 mm) erfasst. Die Fallen waren in ein PVC Rohr zum leichteren leeren eingesetzt und mit einem Stück Plexiglas überdacht. Eine Falle gefüllt mit 75%igen Ethylenglycol stand vom 10.05.-14.06.2007 und vom 14.05.-02.07.2008 in der Mitte der Parzellen. Die Leerung fand in zweiwöchigem Turnus statt (Tabelle 1) und der Inhalt wurde in 70%iges Ethanol überführt. Die Bestimmung der von den übrigen Tieren getrennten Laufkäfer erfolgte mit Hilfe von FREUDE et al. (2006).

2.3 Datenanalyse und Statistik

Für die Untersuchung der Körpergrößenverteilung wurde für die Länge der Laufkäferarten die Mittelwerte aus den Angaben bei Freude et al. (2006) verwendet. Die Biomasse jeder Art wurde danach mit der Formel von SCHWERK & SZYSKO (2007): $\ln(\text{Biomasse}) = -8.92804283 + 2.5554921 \times \ln(\text{Länge})$ berechnet. Die mittlere Individuenbiomasse (mean individual biomass), ein Wert der nach SCHWERK & SZYSKO (2007) den Grad der Sukzession angeben kann, wurde als die mittlere Biomasse

aller Laufkäfer auf einer Parzelle berechnet. Für den Shannon-Diversitäts-Index wurde die Formel $H' = -\sum_i p_i \times \ln(p_i)$ mit p_i = Individuen der Art i / Gesamtindividuen verwendet. Evenness wurde mit $\text{Evenness} = H' / H_{\text{max}}$ mit $H' = \text{Shannon-Index}$ und $H_{\text{max}} = \ln(\text{Arten insgesamt})$ berechnet.

Für die Datenanalyse mussten einige Einschränkungen berücksichtigt werden. Die Varianten der Bodenbearbeitung waren nicht in allen Wiederholungen randomisiert (siehe Abbildung 1). Auf Grund der streifenförmigen Anlage des zweiten Faktors wurde auf dessen Auswertung verzichtet, so dass für die Varianten der Bodenbearbeitung aggregierte Werte aus zusätzlich überfahren und normal bewirtschafteten Parzellen vorliegen. Allerdings schien der Faktor der zusätzlichen Befahrung nur einen geringen Einfluss auf die Laufkäferfauna zu haben (F-Wert für Gesamtaktivität < 1). Für die Auswertung der Daten sprachen die Versuchslaufzeit, die deutlichen Unterschiede zwischen den Varianten und die Tatsache, dass Laufkäfer mit einem eher großen Ausbreitungspotential in geringerem Umfang von der exakten räumlichen Lage der Parzelle auf dem Feld abhängig sind.

Für die Analyse wurden über Jahre, Leerungsperioden und den zweiten Faktor aggregierte Daten mit einer Varianzanalyse (ANOVA) und den Prädiktoren Bodenbearbeitung und Wiederholung getestet. Das Signifikanzniveau wurde auf 0,05 festgelegt. Die Normalverteilung der Residuen wurde mit dem Shapiro-Wilk-Test, die Varianzhomogenität für alle Faktoren mit dem Levene-Test geprüft. Bei nicht Erfüllung der Voraussetzungen für eine Varianzanalyse wurde ein Friedman-Test mit der Wiederholung als gruppierenden Faktor verwendet (Ergebnisse in Klammern). Für die Trennung der Gruppenunterschiede wurde Tukey's HSD-Test angewendet. Effekte auf Artniveau wurden für Arten, die mit mehr als 20 Individuen nachgewiesen wurden, untersucht. Arten mit inhomogener Varianzverteilung wurden logarithmiert. Der alpha-Fehler bei mehrfachem Testen wurde mit der Holm-Bonferroni Methode korrigiert. Auf Grund dieses eher konservativen Verfahrens wurden hier die Arten dargestellt und diskutiert, die bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,1 Effekte nachweisen ließen. Alle Berechnungen wurden mit R durchgeführt (R Core Team 2014).

	Direkt- saat	Mulch- saat	Pflug	p-Wert Bodenbearbeitung	p-Wert Wiederholung
Gesamtartenzahl	34	35	32	-	-
Gesamtzahl Gattungen	20	21	18	-	-
Mittlere Artenzahl	25	28	23	0,051	0,937
Individuen / Fallentag	1,26	2,04	1,33	(0,039) *	
Shannon-Index	2,707	2,783	2,590	0,069	0,907
Evenness	0,842	0,836	0,826	0,746	0,724
Mittlere Individuen Biomasse [mg]	56,91 ^a	45,87 ^b	32,81 ^b	0,002 **	0,009 **

Tab. 2: Kennwerte der Laufkäferfauna für unterschiedliche Bodenbearbeitung in Puch (Mittel aus vier Wiederholungen, Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen Behandlungen, * = signifikant, ** = hoch signifikant).

3 Ergebnisse

Insgesamt wurden 3113 Laufkäfer aus 22 Gattungen und 44 Arten während der zwei Untersuchungsjahre gefangen. 1816 Laufkäfer (2.2 Individuen / Fallentag) wurden 2008 und 1297 (1.1 Individuen / Fallentag) 2009 gesammelt. Die meisten Arten und Gattungen wurden auf den in Mulchsaat bestellten Parzellen gefunden (Tabelle 2).

Die Laufkäferfauna ist typisch für bayerische Ackerflächen. Eine vollständige Artenliste findet sich im Anhang (Tabelle Anhang). Mit Ausnahme von *Carabus cancellatus* konnten alle auf Ackerland in Bayern häufiger auftretenden Arten des Genus *Carabus* auf dem Versuchsfeld in Puch nachgewiesen werden (*Carabus auratus*, *Carabus graunlatus*, *Carabus ulrichii*, *Carabus violaceus*). Auch phytophage Laufkäfer waren vielfältig mit vier Arten der Gattung *Harpalus* und fünf Arten der Gattung *Amara* vertreten.

Signifikante Unterschiede zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten wurden für die Aktivitätsdichte der Laufkäfer (Individuen / Fallentag) festgestellt

(Tabelle 2). Die meisten Laufkäfer waren auf den mit Mulchsaat bestellten Parzellen aktiv. Die mittlere Artenzahl, der Shannon-Index und die Evenness waren höher auf den nicht gepflügten Flächen, dies war statistisch aber nicht abzuschließen. Die Mittlere Individuenbiomasse der Laufkäfer war signifikant größer bei reduzierter Bodenbearbeitung (Mulchsaat und Direktsaat) als bei konventioneller mit Pflugeinsatz. Allerdings trat hier auch die Wiederholung als signifikanter Faktor für diesen Indikator auf.

Sehr große Laufkäfer (hier gleichbedeutend mit der Gattung *Carabus*) waren am aktivsten in Getreideparzellen die mit Direktsaat begründet wurden und ihre Aktivitätsdichte war am niedrigsten in den Parzellen mit Pflugeinsatz. Alle Bodenbearbeitungsvarianten unterschieden sich signifikant hinsichtlich der Aktivitätsdichte sehr großer Laufkäfer. Die Laufkäfer mittlerer Größe wurden signifikant öfter bei Mulchsaat gefangen als in den beiden anderen Varianten. Andere Größenklassen zeigten keine signifikanten Unterschiede.

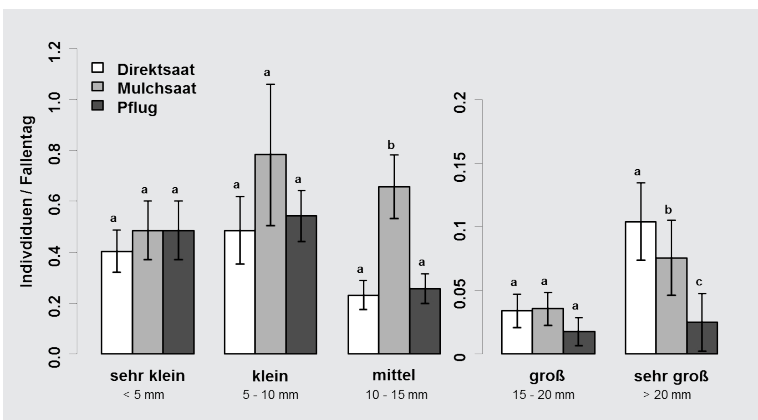


Abb. 2: Verteilung der Größenklassen in den verschiedenen Bodenbearbeitungsvarianten (Mittelwert aus vier Wiederholungen, Fehlerbalken geben Standardabweichung an; Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten für jede Größenklasse).

Tab. 3: Gefangene Individuen für Arten die mit mehr als 20 Individuen nachgewiesen wurden und einen signifikanten Effekt der Bodenbearbeitung bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,1 aufwiesen.

Art	Körpergröße	Direktsaat	Mulchsaat	Pflug	p-Wert Bodenbearbeitung
<i>Amara plebeja</i>	small	0 ^a	30 ^b	0 ^a	0.001
<i>Harpalus affinis</i>	medium	25 ^a	142 ^b	15 ^a	0.019
<i>Loricera pilicornis</i>	small	21 ^a	44 ^b	39 ^b	0.039
<i>Carabus granulatus</i>	very big	50 ^a	41 ^a	11 ^b	0.058
<i>Poecilus cupreus</i>	medium	39 ^a	170 ^b	50 ^a	0.080
<i>Asaphidion flavipes</i>	very small	6 ^a	13 ^{ab}	22 ^b	0.091

Einige Arten schienen spezifisch auf die Bodenbearbeitungsvarianten zu reagieren (Tabelle 3). *Carabus granulatus* wurde häufiger auf Parzellen ohne Pflügen als auf gepflügten gefangen. *Harpalus affinis*, *Poecilus cupreus* und *Amara plebeja* waren signifikant häufiger unter Mulchsaat. Die Aktivitätsdichte von *Loricera pilicornis* war geringer in mit Direktsaat bestellten Flächen. *Asaphidion flavipes* wurde häufiger bei Pflugeinsatz gefunden als bei Direktsaat. Aber für die hygrophileren Arten *Carabus granulatus* und *Loricera pilicornis* bestand zudem ein tendenzieller Effekt der Wiederholungen (Daten nicht gezeigt). Tabelle 4 zeigt die Verteilung der gefangenen Arten der Gattung *Carabus*.

4 Diskussion

Indem man die Aktivitätsdichte von epigäischen Arthropoden mit Bodenfallen erfasst, ist es nicht möglich eine Aussage über die "Produktivität" einer Ackerfläche zu treffen, wie sie bei PURVIS & FADL (1996) als die Anzahl der nach dem Puppenstadium auftretenden Käfer definiert wurde. Aber es scheint möglich, die Attraktivität einer Versuchsparzelle im Allgemeinen zu erheben. Täglich zurückgelegte Entfernungen von mehreren Metern (z.B. *Pterostichus melanarius* durchschnittlich 3 m / Tag THIELE 1977) und Flugfähigkeit bei vielen Arten machen deutlich, dass sich die Laufkäfer über die Jahre relativ frei auf dem Versuchsfeld ausbreiten konnten. Doch

die Ergebnisse zeigten zum Teil signifikante Effekte der Wiederholung für einige Parameter und Arten, was eine gewisse Bedeutung der räumlichen Variation hinsichtlich pedologischer, hydrologischer und landschaftsstruktureller Parameter nahelegt. Nichtsdestotrotz ist den Autoren eine vergleichbare Untersuchung auf einem wiederholten Feldversuch zur Laufkäferfauna aus Deutschland nicht bekannt.

Als Ursache für die in der vorliegenden Studie nachgewiesenen Unterschiede zwischen dem Bodenbearbeitungssystem können direkte Effekte des Maschineneinsatzes durch Verletzung, Tötung, Vergraben der Tiere oder durch die Schaffung ungünstiger Lebensbedingungen in Frage kommen. THORBECK & BILDE (2004) fanden einen direkt schädlichen Effekt des Pfluges auf die Laufkäfer, während dies nicht für verglichene nicht wendende Bodenbearbeitung mit Unterbodenlockerung nachgewiesen werden konnte. Einige Autoren dokumentierten einen Gradient hinzu größeren Laufkäfer Arten in weniger gestörten Habitaten (BLAKE et al. 1994; RIBERA et al. 2001) oder im Verlauf von Sukzessionsstadien (SCHWERK & SZYSZKO 2009, 2011). Konservierende Bodenbearbeitung und besonders die Direktsaat können als eine weniger intensive Form der Bewirtschaftung als das Pflügen aufgefasst werden. Die hier beobachteten Unterschiede der Körpergrößenverteilung und mittleren Individuenbiomasse entsprechen diesen Ergebnissen.

Die räumliche Verteilung von Laufkäfern in einem Feld kann auch durch die Verteilung von potentieller

Tab. 4: Summe gefangener Individuen der Gattung *Carabus* (Körpergröße nach FREUDE et al. 2006).

Art	Körpergröße [mm]	Direktsaat	Mulchsaat	Pflug
<i>Carabus granulatus</i>	13 – 30	50	41	11
<i>Carabus auratus</i>	17 – 30	18	7	1
<i>Carabus ulrichii</i>	22 – 34	2	3	0
<i>Carabus violaceus</i>	22 – 38	0	0	5
Gesamt		70	52	17

Beute erklärt werden (SYMONDSON et al. 1996; BOHAN et al. 2000; WINDER et al. 2001; WARNER et al. 2003). Obwohl dieser Ansatz durch die veränderliche Aktivität bei hungerleidenden Tieren, die für einige Arten belegt ist (FORUNIER & LOREAU 2001), und den reduzierenden Effekt der hohen Prädatordichte auf die Beute nach der Aggregation (PEARCE & ZALUCKI 2006) überlagert wird, eignet er sich im Fall der konservierenden Bodenbearbeitung und großen *Carabus* Arten gut zur Erklärung der gefundenen Verteilung. *Carabus granulatus* und andere Arten dieser Gattung, die häufig auf Ackerflächen vorkommen, ernähren sich besonders von langsam beweglicher Makrofauna wie Regenwürmern und Schnecken (LUKASIEWICZ 1996). Diese Wirbellosen sind dafür bekannt von reduzierter Bodenbearbeitung gefördert zu werden (z.B. SIEVERT et al. 2000, van CAPELLE et al. 2012, WALTER et al. 2015) und besonders von Mulchauflagen an der Bodenoberfläche zu profitieren (Schnecken: SIEVERT et al. 2000, tiefgrabende Regenwürmer: KRÜCK et al. 2001). Untersuchungen zur Regenwurmfauna auf der Versuchsfläche konnten im Jahr 2013 ebenfalls eine erhöhte Regenwurmsiedlungsdichte bei Mulchsaat und eine erhöhte Biomasse bei Mulch- und Direktsaat nachweisen (mündl. Mitteilung Walter). Den Zusammenhang von Bodenbearbeitung und Ackerschnecken, als wichtige Schädlinge besonders bei Direktsaat, sowie Laufkäfern als deren natürliche Feinde zeigten SYMONDSON et al. (1996). Auf der anderen Seite wurden die sich vorwiegend von Springschwänze ernährenden Arten *Loricera pilicornis* und *Asaphidion flavipes* (SUNDERLAND 1975; COLE et al. 2002), in geringerer Dichte auf mit Direktsaat bestellten Parzellen gefunden. Van CAPELLE et al. (2012) berichten von verringerten Siedlungsdichten der euedaphischen Springschwänze mit geringer Grabfähigkeit besonders in lehmigen Böden bei reduzierter Bodenbearbeitung. Aus diesem Grund könnten Laufkäferarten, die sich von an der Bodenoberfläche oder in größeren Bodenhohlräumen aktiven Springschwänzen ernähren von Direktsaatverfahren benachteiligt werden. *Harpalus affinis* ist ein generalistischer Pflanzensamenfresser (HONEK et al. 2006), das gleiche kann für *Amara plebeja* angenommen werden. Diese zwei Arten waren am häufigsten in den Varianten mit Mulchsaat. Eine Zwischenstellung der Mulchsaat zwischen Direktsaat und wendendem Pflügen, wie sie aus der Intensität der Eingriffe abgeleitet werden könnte, ist bei diesem Versuch nicht festzustellen, auch nicht für die Gesamtaktivität und den Artenreichtum. Die Gründe für diese Verteilung

sind vermutlich nicht nur bei der Bodenbearbeitung sondern auch bei der Verteilung der Beikräuter und deren Samen zu suchen. Zum Beispiel zeigten HONEK & JAROSIK (2000) einen signifikanten Effekt von ausgelegten Rapssamen auf die Aktivität von *Harpalus affinis* unter Feldbedingungen.

HONEK & JAROSIK (2000) berichteten weiterhin von einem Einfluss der Pflanzendichte beim Vergleich von geräumten Feldteilen und stehenden Feldfrüchten, aber der Einfluss der Fruchtart (Raps und Winterweizen) war gering. Auch DÖRING & KROMP (2003) vermuten, dass geringere Bestandsdichte und mehr Beikräuter besonders Arten mit Präferenz für offene Flächen anziehen. In der vorliegenden Untersuchung konnte eine über die Jahre einheitliche gleichgerichtete Korrelation zwischen Aktivitätsdichte und Bestandesdichte (Ähren / m², Ertrag) des Getreides nicht nachgewiesen werden (unveröffentlichte Daten).

Weitere erklärende Faktoren für die Verteilung und Aktivität der Laufkäfer sind bodenphysikalische und häufig assoziierte mikroklimatische Bedingungen (z.B. Wärmeangebot: THIELE 1977, Bodenfeuchte: HOLLAND et al. 2007). Im Allgemeinen steigt die Lagerungsdichte bei Direktsaatverfahren und das Porenvolumen nimmt gegenüber dem Pflugeinsatz ab (HILL 1989, KAY & VANDENBYGAART 2002). Der Skalenbereich dieser Verschiebungen ist stark von der Bodenart beeinflusst. Durch das Zurücklassen von Pflanzenresten auf der Bodenoberfläche und der Akkumulation von Humus in den oberen Bodenschichten, kann in dieser Bodenschicht höhere Porosität gemessen werden, die Evaporation ist verringert, die Wasserverfügbarkeit erhöht, was zu einer höheren Bodenfeuchtigkeit und langsamerer Erwärmung im Frühjahr führt. Es kann davon ausgegangen werden, dass das Angebot an Kleinhabitaten sich durch die Erntereste an der Bodenoberfläche erhöht.

Die vorliegende Studie konnte den positiven Effekt von konservierender Bodenbearbeitung auf die Laufkäfer, die bereits von früheren Erhebungen aus Ost-Deutschland berichtet wurde (VOLKMAR et al. 2003; VOLKMAR & KREUTER 2006; LÜBKE-AL HUSSEIN et al. 2009), bestätigen. Besonders große Arten der Gattung *Carabus* profitieren von Mulch- und Direktsaatverfahren. Es scheint möglich, dass die weitere Adaption von konservierenden Bodenbearbeitungsverfahren das Wirken natürlicher regulativer Prozesse verbessert und eine gute Umwelt für viele Laufkäferarten bietet. Im Detail sind die Effekte bewirtschaftungs- und artspezifisch, so dass eine über-

greifende Bewertung nur schwer erfolgen kann. Auch sollte vor dem Hintergrund der Diskussion um den Glyphosat-Einsatz und dessen Zusammenspiel mit reduzierten Bodenbearbeitungsverfahren die Rolle der Beikrautflora für verschiedene Laufkäfer näher beleuchtet werden.

Literatur

- BLAKE, S., FOSTER, G., EYRE, M. D. & LUFF, M. (1994): Effects of habitat type and grassland management practices on the body size distribution of carabid beetles. - *Pedobiologia* 38: 502–512.
- BOHAN, D., BOHAN, A., GLEN, D., SYMONDSON, W. O. C., WILTSHIRE, C. W. & HUGHES, L. (2000): Spatial dynamics of predation by carabid beetles on slugs. - *Journal of animal ecology* 69: 367–379.
- VAN CAPELLE, C., SCHRADER, S. & BRUNOTTE, J. (2012): Tillage-induced changes in the functional diversity of soil biota – A review with a focus on German data. - *European Journal of Soil Biology* 50: 165–181.
- COLE, L., MACCRACKEN, D., DENNIS, P., DOWNIE, I., GRIFFIN, A., FOSTER, G., MURPHY, K. & WATERHOUSE, T. (2002): Relationships between agricultural management and ecological groups of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) on Scottish farmland. - *Agriculture, Ecosystems and Environment* 93: 323–336.
- DÖRING, T. & KROMP, B. (2003): Which carabids benefit from organic agriculture? - a review of comparative studies in winter cereals from Germany and Switzerland. - *Agriculture, Ecosystems and Environment* 98: 153–161.
- EL TITI, A. (2003): *Soil tillage in Agroecosystems*.- 604 S.; CRC Press, Boca Raton.
- FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION) (2000): *Manual on integrated soil management and conservation practice*. FAO Land and Water Bulletin Vol. 8: 1–214.
- FORUNIER, E. & LOREAU, M. (2001): Activity and satiation state in *Pterostichus melanarius*: an experiment in different agricultural habitats. - *Ecological Entomology* 26: 235–244.
- FREUDE, H., HARDE, K., LOHSE, G. & KLAUSNITZER, B. (2006): *Die Käfer Mitteleuropas - Band 2 Adephaga 1 Carabidae*.- 521 S.; Spektrum Verlag, Heidelberg/Berlin.
- HOLLAND, J. (2004): The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. - *Agriculture, Ecosystems & Environment* 103: 1–25.
- HOLLAND, J. M., THOMAS, C. F. G., BIRKETT, T & SOUTHWAY, S. (2007): Spatio-temporal distribution and emergence of beetles in arable fields in relation to soil moisture. *Bulletin of Entomological Research* 97: 89–100.
- HONEK, A. & JAROSÍK, V. (2000): The role of crop density, seed and aphid presence in diversification of field communities of Carabidae (Coleoptera). - *European Journal of Entomology* 97: 517–525.
- HONEK, A., SASKA, P. & MARTINKOVA, Z. (2006): Seasonal variation in seed predation by adult carabid beetles. - *Entomologia Experimentalis et Applicata* 118 (2): 157–162.
- HOUSE, G. & PARMELEE, R. (1985): Comparison of soil arthropods and earthworms from conventional and no-tillage agroecosystems. - *Soil & Tillage Research* 5: 351–360.
- KAY, B. D. & VANDENBYGAART, A. J. (2002): Conservation tillage and depth stratification of porosity and soil organic matter. - *Soil and tillage research* 66 (2): 107–118.
- KENNEDY, T. F., CONNERY, J., FORTUNE, T., FORRISTAL, D. & GRANT, J. (2012): A comparison of the effects of minimum-till and conventional-till methods, with and without straw incorporation, on slugs, slug damage, earthworms and carabid beetles in autumn-sown cereals. - *The Journal of Agricultural Science* 151 (5): 1–25.
- KLADIVKO, E. (2001): Tillage systems and soil ecology. - *Soil and Tillage Research* 61: 61–76.
- KROMP, B. (1999): Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. - *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74: 187–228.
- KRÜCK, S., NITZSCHE, O. & SCHMIDT, W. (2001): Regenwürmer vermindern Erosionsgefahr. - *Landwirtschaft ohne Pflug* 1: 18–21.
- LEYS, A., GOVERS, G., GILLIJNS, K., BERCKMOES, E. & TAKKEN, I. (2010): Scale effects on runoff and erosion losses from arable land under conservation and conventional tillage: The role of residue cover. - *Journal of Hydrology* 390: 143–154.
- LÜBKE-AL-HUSSEIN, M., AL-HUSSEIN, I. & RÖSSLER, I. (2009): Auswirkungen pflugloser und wendender Bodenbearbeitung auf Struktur und Zusammensetzung der epigäischen Arthropoden und der Bodenmesofauna auf Verwitterungsböden im Erzgebirge. - *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für angewandte Entomologie* 17: 143–146.
- LUKASIEWICZ, J. (1996): Predation by the beetle *Carabus granulatus* (Coleoptera, Carabidae) on soil macrofauna in grassland on drained plots. - *Pedobiologia* 40: 364–376.
- MONTGOMERY, D. (2007): Soil erosion and agricultural sustainability. - *PNAS* 104 (33): 13268–13272.
- PEARCE, S. & ZALUCKI, M. (2006): Do predators aggregate in response to pest density in agroecosystems? Assessing within-field spatial patterns. - *Journal of Applied Ecology* 43: 128–140.
- PURVIS, G. & FADL, A. (1996): Emergence of carabidae (Coleoptera) from pupation: A technique for studying the 'productivity' of carabid habitats. - *Annales Zoologici Fennici* 33: 215–223.
- RIBERA, I., DOLÉDEC, S., DOWNIE, I. & FOSTER, G. (2001): Effect of land disturbance and stress on species traits of ground beetle assemblages. - *Ecology* 82 (4): 1112–1129.
- R CORE TEAM (2014): *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>
- SCHWERK, A. & SZYSZKO, J. (2009): Distribution and spatial preferences of Carabid species (Coleoptera: Carabidae) in a forest-field landscape in Poland. - *Baltic Journal of Coleopterology* 9: 5–15.
- SCHWERK, A. & SZYSZKO, J. (2011): Model of succession in degraded areas based on carabid beetles (Coleoptera, Carabidae). - *Zookeys* 100: 319–332.
- SIEVERT, M., GARBE, V. & HOPPE, H. (2000): Impact of soil cultivation on weeds, diseases and slugs in winter oilseed rape. - *IOBC/wprs Bulletin* 23 (6): 187–196.
- STINNER, B. R. & HOUSE, G. J. (1990): Arthropods and Other Invertebrates in Conservation-Tillage Agriculture. - *Annual Review of Entomology* 35: 299–318.
- SUNDERLAND, K. D. (1975): The diet of some predatory arthropods in cereal crops. - *Journal of Applied Ecology* 12 (2): 507–515.
- SYMONDSON, W. O. C., GLEN, D. M., WILTSHIRE, C. W., LANGDON, C. J. & LIDDELL, J. E. (1996): Effects of Cultivation Techniques and Methods of Straw Disposal on Predation by *Pterostichus melanarius* (Coleoptera: Carabidae) upon Slugs (Gastropoda: Pulmonata) in an Arable Field. - *Journal of Applied Ecology* 33 (4): 741–753.

- SYMONDSON, W. O. C., SUNDERLAND, K. D. & GREENSTONE, M. H. (2002): Can generalist predators be effective biocontrol agents? - Annual Review of Entomology 47: 56–594.
- THORBECK, P. & BILDE, T. (2004): Reduced numbers of generalist arthropod predators after crop management. - Journal of applied ecology 41: 526–538.
- THIELE, H. (1977): Carabid Beetles in Their Environments.- 369 S.; Springer-Verlag, Berlin / Heidelberg / New York.
- VOLKMAR, C. & KREUTER, T. (2006): Zur Biodiversität von Spinnen (Araneae) und Laufkäfern (Carabidae) auf sächsischen Ackerflächen. - Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie 15: 98–102.
- VOLKMAR, C., LÜBKE-AL HUSSEIN, M. & KREUTER, T. (2003): Effekte moderner Verfahren der Bodenbewirtschaftung auf die Aktivität epigäischer Raubarthropoden. - Gesunde Pflanzen 55 (2): 40–45.
- WALTER, R., BURMEISTER, J. & BRANDHUBER, R. (2015): Regenwürmer – aktuelle Gefahren und positive Entwicklungen in landwirtschaftlich genutzten Böden. Aus: Tagungsband „Jahr des Bodens“, Schwere Maschinen, enge Fruchtfolgen, Gärreste – eine Gefahr für die Bodenfruchtbarkeit?, 13. Kulturlandschaftstag 18. und 19. Juni 2015, Würzburg, Hrsg. BMEL, LfL Bayern, 26–39.
- WARNER, D., ALLEN-WILLIAMS, L., WARRINGTON, S., FERGUSON, A. & WILLIAMS, I. (2003): Mapping, characterisation, and comparison of the spatio-temporal distributions of cabbage stem flea beetle (*Psylliodes cbryscephala*), carabids, and Collembola in a crop of winter oilseed rape (*Brassica napus*). - Entomologia Experimentalis et Applicata 109: 225–234.
- WINDER, L., ALEXANDER, C., HOLLAND, J. M., WOOLLEY, C. & PERRY, J. (2001): Modelling the dynamic spatio-temporal response of predators to transient prey patches in the field. - Ecology Letters 4 (6): 568–576.

Manuskripteingang: 08.1.2016

Anschrift des Verfassers

Johannes Burmeister
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft,
Institut für Ökologischen Landbau,
Bodenkultur und Ressourcenschutz
Lange Point 6
D-85354 Freising
johannes.burmeister@lfl.bayern.de

Anhang

Tabelle - Anhang: Artenliste mit Fangzahlen der Untersuchung in PUCH 2007 und 2008.

Art	2007	2008	Summe
<i>Acupalpus meridianus</i> (Linné, 1761)		1	1
<i>Agonum muelleri</i> (Herbst, 1784)	149	113	262
<i>Agonum sexpunctatum</i> (Linné, 1758)	1	3	4
<i>Amara aenea</i> (Degeer, 1774)	2	12	14
<i>Amara familiaris</i> (Duftschmid, 1812)	1		1
<i>Amara ovata</i> (Fabricius, 1792)	2		2
<i>Amara plebeja</i> (Gyllenhal, 1810)	7	23	30
<i>Amara similata</i> (Gyllenhal, 1810)	3		3
<i>Anchomenus dorsalis</i> (Pontoppidan, 1763)	471	96	567
<i>Anisodactylus binotatus</i> (Fabricius, 1787)	21	75	96
<i>Asaphidion flavipes</i> (Linné, 1761)	33	8	41
<i>Badister bullatus</i> (Schrank, 1798)	1		1
<i>Bembidion lampros</i> (Herbst, 1784)	216	87	303
<i>Bembidion obtusum</i> (Audinet-Serville, 1821)	98	60	158
<i>Bembidion properans</i> (Stephens, 1828)	28	4	32
<i>Bembidion quadrimaculatum</i> (Linné, 1761)		2	2
<i>Bembidion tetracolum</i> (Say, 1823)	3	1	4
<i>Carabus auratus</i> (Linné, 1761)	1	25	26
<i>Carabus granulatus</i> (Linné, 1758)	35	67	102
<i>Carabus ulrichii</i> (Germar, 1824)	1	4	5
<i>Carabus violaceus</i> (Linné, 1758)		5	5
<i>Clivina fossor</i> (Linné, 1758)	130	38	168
<i>Diachromus germanus</i> (Linné, 1758)	2	11	13
<i>Dyschirius aeneus</i> (Dejean, 1825)		1	1
<i>Dyschirius globosus</i> (Herbst, 1784)	88	67	155
<i>Harpalus affinis</i> (Schrank, 1781)	64	118	182
<i>Harpalus distinguendus</i> (Duftschmid, 1812)		7	7
<i>Harpalus rufipes</i> (De Geer, 1774)	18	41	59
<i>Harpalus signaticornis</i> (Duftschmid, 1812)		1	1
<i>Limodromus assimilis</i> (Paykull, 1790)	58	36	94
<i>Loricera pilicornis</i> (Fabricius, 1775)	83	21	104
<i>Nebria brevicollis</i> (Fabricius, 1792)	31	103	134
<i>Notiophilus aestuans</i> (Dejean, 1826)	2	2	4
<i>Notiophilus palustris</i> (Duftschmid, 1812)	1	1	2

Anhang

Fortsetzung Tabelle - Anhang

Art	2007	2008	Summe
<i>Poecilus cupreus</i> (Linné, 1758)	37	169	206
<i>Poecilus versicolor</i> (Sturm, 1824)		9	9
<i>Pterostichus melanarius</i> (Illiger, 1798)	11	40	51
<i>Pterostichus minor</i> (Gyllenhal, 1827)	5	14	19
<i>Pterostichus niger</i> (Schaller, 1783)	1	7	8
<i>Pterostichus strenuus</i> (Panzer, 1796)	1		1
<i>Pterostichus vernalis</i> (Panzer, 1796)	2	2	4
<i>Stomis pumicatus</i> (Panzer, 1796)	3	1	4
<i>Synuchus vivalis</i> (Paykull, 1790)	1		1
<i>Trechus quadristriatus</i> (Schrank, 1781)	205	22	227