

Zum Einfluss der Bodenbearbeitung auf ausgewählte Elemente des Bodenlebens

1. Einleitung

Ein erklärtes Ziel der neuen Agrarpolitik besteht darin, Bedingungen zu schaffen, unter denen Umweltbelange eine eigene Dimension bei der Entwicklung von Landwirtschaft und ländlichem Raum darstellen. Im Rahmen der entsprechenden Agrarreform gehört auch die biologische Vielfalt (= Biodiversität) zu den Agrarumweltindikatoren, an denen die Nachhaltigkeit der landwirtschaftlichen Produktion gemessen werden soll (OECD 2001). Ungeachtet der offensichtlichen Probleme, dieses Kriterium überhaupt bewerten zu können, ist zu erwarten, dass der ökologische Zustand ackerbaulich genutzter Flächen für die betriebliche Förderung in Zukunft eine größere Bedeutung haben wird als bisher.

Der ökologische Wert eines Schrages kann natürlich nicht an einzelnen Tier- oder Pflanzenarten festgemacht werden. Eine Alternative stellt die Bewertung verschiedener Anbau- und Bewirtschaftungssysteme anhand einer breiten Palette von Bioindikatoren dar. Durch eine entsprechende agrarökologische Begleitforschung können mit hoher Wahrscheinlichkeit bestimmte Produktionsverfahren herausgestellt werden, die sich vergleichsweise günstig auf die Nachhaltigkeit des Acker- und Pflanzenbaus und auf die Mannigfaltigkeit des agrarischen Lebensraumes auswirken. Der Landwirt hätte dann die Möglichkeit, derartige Verfahren bevorzugt (z.B. auf einem definierten Teil der landwirtschaftlichen Nutzfläche) einzusetzen, um bestimmte Förderkriterien zu erfüllen. Nachfolgend werden Untersuchungen zu diesem Themenkomplex am Beispiel von drei verschiedenen Bodenbearbeitungssystemen und drei potenziellen Bioindikatoren für einen typischen sächsischen Ackerbaustandort demonstriert. Die hier vorgestellte Arbeit bezieht sich ausschließlich auf den Boden, der als wichtigstes Produktionsmittel der Landwirtschaft gilt und auch als Lebensraum in agrarischen Ökosystemen eine überragende Bedeutung hat.

Mehr Ökologie auf den Ackerflächen wird oft mit einem höheren phytopathologischen Risiko gleichgesetzt. Eine solche Situation ist überall dort, wo auch in Zukunft die Pflanzenproduktion und nicht der Vertragsnaturschutz im Vordergrund steht, nicht zu akzeptieren. Deshalb werden neben Fragen der strukturellen Vielfalt auch potenzielle Regulationsleistungen der betrachteten Organismen diskutiert, da offensichtlich gerade diese Zusammenhänge für die Etablierung nachhaltiger Ackerbausysteme von zentraler Bedeutung sind.

2. Material und Methoden

Das Untersuchungsgebiet liegt zwischen Döbeln und Ostrau und repräsentiert die intensiv ackerbaulich genutzten Lößgebiete im nördlichen Erzgebirgsvorland (Mittelsächsisches Lößhügelland).

Auf der Untersuchungsfläche wird eine 3-gliedrige Zuckerrübenfruchtfolge (Zuckerrübe-Winterweizen-Wintergetreide) angebaut. Zuckerrüben standen zuletzt im Jahr 2002 auf der Fläche.

Folgende, im Jahr 1992 eingerichteten Bodenbearbeitungssysteme werden unterschieden:

- Pflugeinsatz (jährliche Pflugfurche)
- Mulchsaat (konservierende Bodenbearbeitung, Grubber, ca. 10 cm Arbeitstiefe)
- Direktsaat (Verzicht auf Bodenbearbeitung, flache Saatbettbereitung zu Zuckerrüben)

Tabelle 1 enthält eine Übersicht über die untersuchten Bioindikatoren sowie über die Methoden ihrer Erfassung und Auswertung.

Tab. 1: Indikatoren, Parameter und Feldmethoden zur Untersuchung der Biodiversität auf sächsischen Ackerflächen

Indikator	untersuchte Parameter	Methode / erfasster Bodenhorizont
Bodenmikroben	Mikrobielle Biomasse und Basalatmung	Bodenproben mit Pürckhauer-Bohrstock / 0-30 cm
Bodenfauna	Fraßaktivität	Köderstreifentest nach v. Törne / 0-8 cm
Epigäische Raubarthropoden	Arten- und Dominanzstruktur sowie Aktivitätsdichte von Laufkäfern	Fallenfänge nach Barber / Bodenoberfläche

Die Bodenproben zur Bestimmung der mikrobiellen Biomasse und Aktivität erfolgten im Frühjahr und Herbst des Jahres 2002. Der Köderstreifentest wurde im Oktober 2003 durchgeführt. Zur Auswertung kamen ferner Fallenfänge aus den Monaten April und Mai der Jahre 2002 und 2003. Allen Auswertungen liegen vergleichbare bzw. identische Aufnahmezeiten und Erhebungsumfänge zu Grunde. Statistische Aussagen im Ergebnisteil beruhen auf dem parameterfreien Mann-Whitney-(U-)Test.

3. Ergebnisse

Mikrobielle Biomasse und Atmungsaktivität:

Im Vergleich der drei Bodenbearbeitungsverfahren ließen sich hinsichtlich beider Parameter typische Unterschiede erkennen. Besonders deutlich traten diese im Rahmen der Herbstuntersuchungen zutage (Abb. 1); allerdings wurden im Frühjahr prinzipiell die gleichen Tendenzen sichtbar. Unter der Pflugeinwirkung kommt es offensichtlich zu einer relativ gleichmäßigen Durchmischung der oberen Bodenschichten (0-30cm) und damit auch der dort vorhandenen mikrobiellen Biomasse (Abb 1. Oberes Diagramm). Diese Durchmischung spiegelt sich auch in der Atmungsaktivität der Mikroben wider (Abb. 1, unteres Diagramm). Mulch- und Direktsaat führen dagegen zu einer typischen Zonierung sowohl der mikrobiellen Biomasse als auch der Atmungsaktivität.

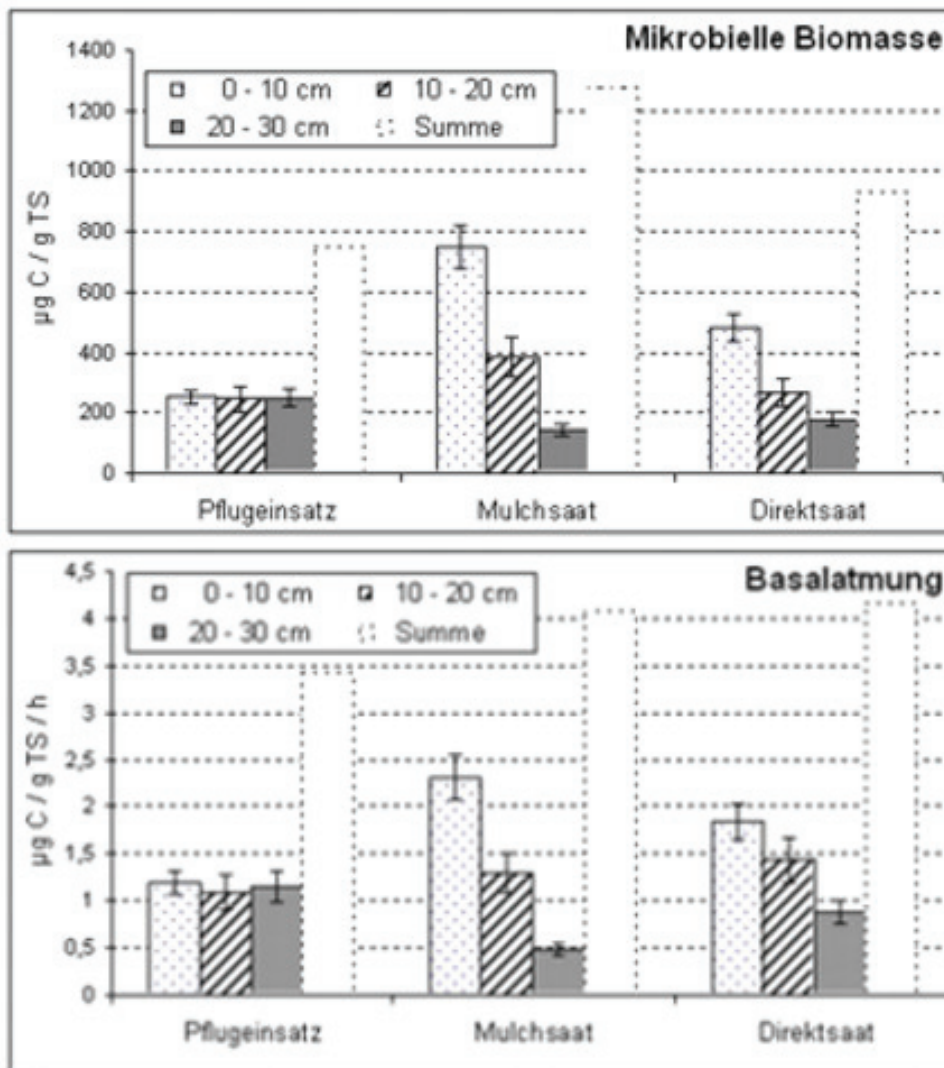


Abb. 1: Auswirkungen unterschiedlicher Bodenbearbeitungsverfahren auf Masse und Aktivität der Bodenmikroben im Herbst 2003

In der oberflächennahen Bodenschicht wurden die signifikant höchsten Werte gemessen, mit zunehmender Bodentiefe ließ sich ein schrittweiser Rückgang von Biomasse und Aktivität der Mikroben konstatieren. Lediglich im Frühjahr 2003 wurden auf der Mulchsaatfläche unterhalb der mechanisch gelockerten Bodenschicht keine Aktivitätsdifferenzen festgestellt. In der Summe aller drei separat untersuchten Bodenschichten (Abb. 1, gestrichelte Säulen) erreichte die Mulchsaatvariante zu beiden Zeitpunkten die absolut höchsten mikrobiellen Biomassen, gefolgt von der Direktsaatfläche. Auch hinsichtlich der Basalatmung wurden auf dem gepflügten Teilschlag die niedrigsten Werte festgestellt, wobei die Unterschiede vor allem im Frühjahr nur sehr gering waren.

Fraßaktivität der Bodenfauna:

Auch der Köderstreifentest ergab deutliche Differenzen zwischen den drei Bearbeitungsverfahren (Abb. 2). In nahezu allen untersuchten Bodentiefen (0-8 cm) wurden auf den konservierend bearbeiteten Flächen signifikant höhere Fraßraten festgestellt. Die Direktsaatfläche wies die größten Fraßaktivitäten auf, wobei die Unterschiede zur gemulchten Variante mit dem Tiefengradienten zunahmen und in Tiefen unter 4cm auch statistisch gesichert werden konnten.

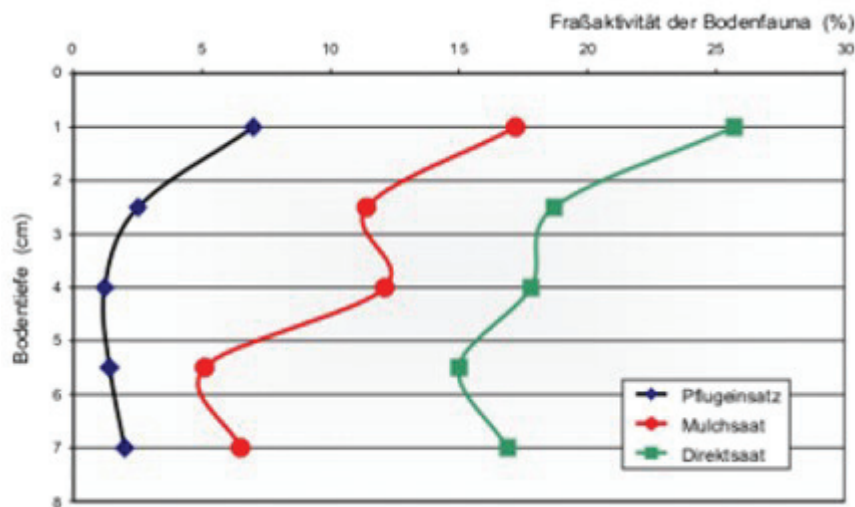


Abb. 2: Auswirkungen unterschiedlicher Bodenbearbeitungsverfahren auf die Fraßaktivität der Bodenfauna (Köderstreifenfest nach v.Törne)

Artenzahlen und Aktivitätsdichten von Laufkäfern:

In beiden Untersuchungsperioden wurden auf der gepflügten Variante die meisten Laufkäferarten nachgewiesen (Tab. 2). Innerhalb der konservierend bearbeiteten Flächen bestanden hinsichtlich der Artenzahlen keine Verteilungstendenzen.

Während im Jahr 2002 mit abnehmender Bodenbearbeitungsintensität eine signifikante Zunahme der Aktivitätsdichten nachzuweisen war, blieben die Differenzen im Folgejahr insgesamt geringer. Die höchsten Fangzahlen wurden zwar wiederum auf der Direktsaatfläche erzielt; ein klarer Zusammenhang analog zum Vorjahr ließ sich aber nicht feststellen.

Tab. 2: Laufkäferfänge auf unterschiedlich bearbeiteten Ackerparzellen

	Pflügeinsatz	Mulcheinsatz	Direktsaat
Artenzahl 2002	20	16	18
Artenzahl 2003	23	21	15
Individuenzahl 2002	187	452	522
Individuenzahl 2003	333	273	411

Die sowohl faunistisch als auch hinsichtlich ihrer Funktion im Ökosystem bemerkenswerte Art *Carabus auratus* (Goldlaufkäfer) erreichte dagegen in beiden Versuchsjahren auf der Mulch- und Direktsaatparzelle signifikant höhere Aktivitätsdichten im Vergleich zur gepflügten Variante (Abb. 3). Während im Frühjahr 2002 beide konservierenden Varianten ähnlich hohe Fangzahlen aufwiesen, waren die Werte im Folgejahr bei Direktsaat noch einmal signifikant höher als auf der gemulchten Fläche.

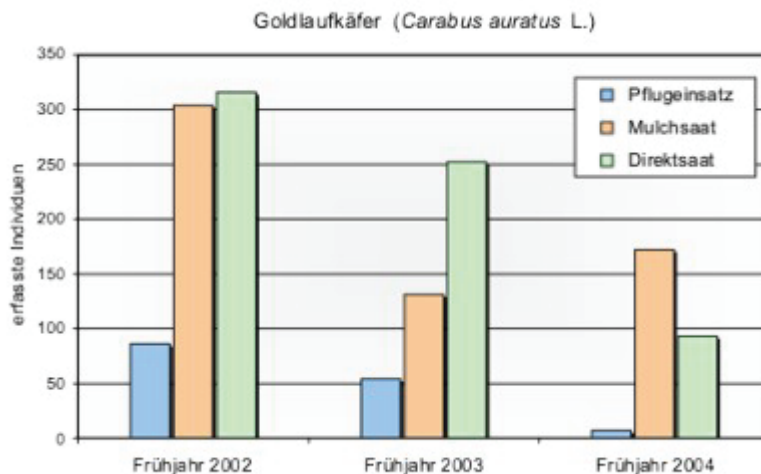


Abb. 3: Auswirkungen unterschiedlicher Bodenbearbeitungsverfahren auf die Aktivitätsdichten des Goldlaufkäfers (Bodenfallenfänge nach Barber)

4. Diskussion

Die Beeinflussung der Bodenfauna durch verschiedene abiotische und biotische Umweltfaktoren war in der jüngeren Vergangenheit bereits Gegenstand zahlreicher wissenschaftlicher Studien. Dabei standen anfangs in erster Linie allgemeine Auswirkungen des Bewuchses bzw. der Oberflächenstruktur auf die Bodenfauna (Pffiffer et al. 1993, Schreiter 2001, Jossi et al. 2004) sowie Effekte des ökologischen Landbaus (Papaja & Hülsbergen 2000, Tischer 2000) im Mittelpunkt des Interesses.

Mit der Einführung pflugloser Ackerbauverfahren erfolgten auch vergleichende Untersuchungen zu diesem Thema, wobei vor allem Auswirkungen bestimmter Organismengruppen auf die Qualität des Bodens als Produktionsmittel von Interesse waren (z.B. Krück et al. 2001, Hofmann et al. 2003).

Derzeit erlangt die Vielfalt des Bodenlebens als Teil der biologischen Diversität der Kulturlandschaft im Rahmen der Umgestaltung der Agrarpolitik eine wachsende Bedeutung (OECD 2001).

Aus den vorgestellten Ergebnissen geht hervor, dass durch die Wahl des Bodenbearbeitungsverfahrens alle untersuchten Lebensgemeinschaften im und am Ackerboden entscheidend beeinflusst werden.

Für die Mikroben konnte auf beiden pfluglos bearbeiteten Teilschlägen die typische Zonierung von Biomasse und Atmungsaktivität mit einer Akkumulation in den oberen 10cm der Bodenaufgabe belegt werden (vgl. Krück et al. 2001). Auch insgesamt (in 0 bis 30cm Tiefe) wiesen die Mulch- und Direktsaatflächen ein etwas größeres Potenzial an mikrobieller Masse und Aktivität auf.

Hinsichtlich des Köderstreifentests kam es sowohl bei Mulchsaat- als auch auf der Direktsaatfläche zu signifikant höheren Fraßaktivitäten. Dieses Ergebnis entspricht den Aussagen von Heisler & Brunotte (1998). Eine höhere Aktivität der Primärzersetzer kann aus Sicht des Pflanzenschutzes vor allem im Maisanbau, der im Rahmen pflugloser Anbauverfahren als besonders problematisch gilt, eine entscheidende Rolle spielen. So ist

nach Friebe & Henke (1991) die Mesofauna am Abbau von Maisstroh wesentlich stärker beteiligt, als an der Umsetzung von gemulchten Weizenstoppeln. Generell ist – bei geeigneten Rahmenbedingungen – durch das aktivere Bodenleben auf allen Mulch- und Direktsaatflächen ein verstärkter Abbau von Pflanzenrückständen zu erwarten. Dies gilt besonders für die obersten Bodenschichten. Friebe & Henke (1991) wiesen für verschiedene pfluglose Bearbeitungssysteme im Vergleich zur gepflügten Fläche eine mindestens doppelt so hohe Strohabbaurate nach. Auch Heiber & Eisenbeis (1999) stellten einen verstärkten Streuabbau bei nicht wendender Bodenbearbeitung fest. Inwieweit solche Effekte im Rahmen der Eindämmung problematischer Krankheitserreger (*Fusarium* spp., DTR/HTR, Maiszünsler, Maiswurzelbohrer) quantifiziert werden können, muss in weiterführenden Forschungsarbeiten geklärt werden. Gerade diese Thematik ist von hohem wirtschaftlichem Interesse.

Das signifikant stärkere Auftreten großer Laufkäfer der Gattung *Carabus* in Folge der pfluglosen Bodenbearbeitung gehört zu den herausragenden Ergebnissen der vorliegenden Untersuchungsreihe, da derart starke positive Effekte der Mulchsaat bislang nicht bekannt waren. Offensichtlich führt bereits der Verzicht auf die Bodenwendung sowohl direkt (kaum Verschüttung, weniger mechanische Verletzungen größerer Bodenorganismen) als auch indirekt (Humusakkumulation im obersten Bodenhorizont) zu einer Förderung zahlreicher Bodentiere, die als potenzielle Nahrung der räuberischen Laufkäfer in Frage kommen. Der Befund spiegelt einen eindeutig positiven Effekt der pfluglosen Bodenbearbeitung auf die faunistische Artenvielfalt wider. Darüber hinaus erhöht sich auch das natürliche regulative Potenzial und damit die funktionale Diversität der betreffenden Schläge beträchtlich, da gerade solche Schädlinge zur bevorzugten Beute der *Carabus*-Arten gehören, die durch pfluglose Bodenbearbeitung gefördert werden (z.B. Ackerschnecken oder Drahtwürmer).

Das tatsächliche Regulationspotenzial dieser Art und der Feldlaufkäfer insgesamt könnte auf konservierend bearbeiteten Feldern sogar noch größer sein, als allein aus höheren Fangzahlen zu schließen wäre. Einige typische Beutetiere, z.B. Diplopoden (Doppelfüßer), Dipluren (Doppelschwänze) oder Fliegenlarven, erreichen dort nämlich deutlich geringere Individuenzahlen als auf gepflügten Äckern (Friebe & Henke, 1991). Folglich dürften all jene Bodentiere, die durch pfluglose Bodenbearbeitung gefördert werden, entsprechend größere Anteile am Nahrungsspektrum der Carabiden einnehmen.

In Auswertung vorliegender Arbeit und mündlicher Mitteilungen aus dem Untersuchungsbetrieb kann vermutet werden, dass durch die konservierende Bodenbearbeitung offensichtlich auch die wichtigsten Prädatoren einiger problematischer Schädlinge (Bsp.: Schnecken) derart gefördert wurden, dass regulierende Eingriffe durch den Bewirtschafter nicht nötig waren. Zumindest gab es auf den untersuchten Flächen seit Jahren keine entsprechenden Probleme, wogegen z.B. benachbarte herkömmlich bearbeitete Flächen teilweise einen starken Schneckenbesatz aufweisen sollen. Konkrete Untersuchungen dazu sind geplant und wären ein wichtiger Beitrag zur Etablierung umweltgerechter Ackerbausysteme.

Neben dem Goldlaufkäfer erreichten weitere Spezies, die auf mitteldeutschen Ackerflächen i. d. R. eher sporadisch anzutreffen sind (z.B. *Nebria brevicollis* oder *Notiophilus biguttatus*), in den Mulch- und Direktsaatvarianten wesentlich höhere Aktivitätsdichten (vgl. Volkmar et al.). Die jeweils höchsten Artenzahlen auf der Pflugvariante verdeutlichen aber auch, dass gerade diese über Jahrhunderte landschaftsprägende Form der Bodenbearbeitung zu typischen und auch verhältnismäßig artenreichen Lebensgemeinschaften führen kann.

Im Sinne einer mannigfaltigen Agrarlandschaft sollte deshalb das Nebeneinander verschiedener acker- und pflanzenbaulicher Methoden einem radikalen Austausch herkömmlicher durch modernere Praktiken vorgezogen werden. Diese Sicht entspricht auch dem ökologischen Grundprinzip, dass die biologische Vielfalt einer Landschaft nicht allein durch Wertzahlen für einen konkreten Lebensraum (α -Diversität) bestimmt wird, sondern auch durch Ausprägungsvarianten dieses Lebensraumes entlang bestimmter Umweltgradienten (β -Diversität) sowie durch die Vielfalt verschiedener Lebensräume in der Landschaft (γ -Diversität).

Über die untersuchten Elemente der Bodenfauna hinaus finden sich in der Fachliteratur weitere Hinweise auf die positiven Auswirkungen pflugloser Bearbeitungsverfahren. Seit längerem bekannt ist z.B. der fördernde Einfluss konservierender Bodenbearbeitungssysteme auf die Siedlungsdichte und teilweise auch auf die Artendiversität von Regenwürmern (Lumbricidae). Entsprechende Effekte wurden bereits von Friebe & Henke (1991) beschrieben. Besonders günstig wirkt sich der Pflugverzicht offensichtlich auf die tiefgrabende Art *Lumbricus terrestris* aus, deren Aktivitäten sowohl für die Verbesserung der Bodenstruktur als auch für die Erosionsminderung von besonderer Bedeutung sind (Krück et al. 2001). Neben den Laufkäfern gehören Spinnen (Araneae) zu den wichtigsten Gegenspielern potenzieller Schädlinge auf unseren Ackerflächen. Auch dieses natürliche Regulationspotenzial kann durch konservierende Bodenbearbeitung eine signifikante Förderung erfahren (Zahirovic et al. 2001; Volkmar et al. 2003).

Insgesamt zeigt sich, dass von konservierenden Bodenbearbeitungssystemen eindeutig positive Impulse auf die Biodiversität der Agrarflächen und auf die Selbstregulation der Ackerökosysteme ausgehen. Sowohl die mikrobielle Biomasse als auch die Fraßaktivität der Bodenfauna sowie die Aktivitätsdichten einiger bemerkenswerter Laufkäferarten erreichten bereits auf der gemulchten Fläche teilweise signifikant höhere Werte als auf dem gepflügten Teilschlag.

Besonders hervorzuheben ist die Tatsache, dass Direkt- und Mulchsaatverfahren große Potenziale zur Eindämmung gerade solcher Schaderreger enthalten, deren verstärktes Auftreten erst durch die Umstellung auf pfluglose Bearbeitung induziert wurde. Die optimale Ausschöpfung dieser Potenziale dürfte eine wichtige Voraussetzung für die dauerhafte Etablierung konservierender Verfahren darstellen. Hinsichtlich der prinzipiellen Durchführbarkeit und Praxisreife kommt dabei sicher den verschiedenen Mulchsaatverfahren die größte Bedeutung zu. Die vorliegende Arbeit, aber auch weitere Studien zu diesem Thema (z.B. von Krück et al. 2001 oder Hofmann et al. 2003), verdeutlichen, dass die Mulchsaat ähnlich positive oder sogar stärkere Auswirkungen auf die Artenvielfalt und das regulative Potenzial der betreffenden Ackerflächen haben kann als die derzeit nur eingeschränkt anwendbare Direktsaat.

Einmal mehr haben die Ergebnisse unserer Untersuchungen aufgezeigt, dass zwischen der strukturellen und funktionalen Mannigfaltigkeit der Bodenorganismen einerseits und ihre wirtschaftliche Bedeutung andererseits teilweise sehr enge Zusammenhänge bestehen. Der Komplex Bodenbearbeitung - Bodenleben verdeutlicht damit beispielhaft die Notwendigkeit und die Chancen des angestrebten Brückenschlages zwischen ökologischen und ökonomischen Zielvorstellungen im Rahmen nachhaltiger Landbewirtschaftungssysteme.

Unser Dank gilt der Südzucker AG, GB Landwirtschaft für die Bereitstellung der Versuchsfläche

5. Literatur.

Friebe, B. & Henke, W. (1991): Bodentiere und deren Strohabbauleistung bei reduzierter Bodenbearbeitung. – Z. Kulturtechnik u. Landentwicklung 32, 121-126.

Heiber, T. & Eisenbeis, G. (1999): Vergleich wendender und nichtwendender Bodenbearbeitung im ökologischen Landbau: Messungen zum Strohabbau mit Minicontainern bei Vertikalexposition. – Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Ges. 91: 621-624.

Heisler, C. & Brunotte, J. (1998): Beurteilung der Bodenbearbeitung mit Pflug und der konservierenden Bodenbearbeitung hinsichtlich der biologischen Aktivität mittels des Köderstreifen-Tests nach von Törne sowie der Populationsdichten von Collembolen und Raubmilben. Landbauforschung Volkenrode 48, 78-85.

Hofmann, B.; Tischer, S. & Christen, O. (2003): Auswirkungen langjährig unterschiedlicher Bodenbearbeitungsintensität auf Humushaushalt, mikrobielle Aktivität und Lumbricidenfauna. – VDLUFA-Schriftenreihe.

Jossi, W.; Bruderer, R.; Valenta, A.; Schweizer, C.; Scherrer, C.; Keller, S. & Dubois, D. (2004): Einfluss der Bewirtschaftung auf die Nützlingsfauna. – Agrarforschung 11(3), 98-103.

Krück, S.; Nitzsche, O. & Schmidt, W. (2001): Regenwürmer vermindern Erosionsgefahr. – Landwirtschaft ohne Pflug 1, 18-21.

OECD (2001): Agar-Biodiversitätsindikatoren: - Bericht über das OECD-Expertentreffen in Zürich, Schweiz, November 2001.

Papaja, S. & Hülsbergen, K.-J. (2000): Die Entwicklung der Regenwurmpopulationen unter dem Einfluss der Bewirtschaftungsumstellung. In: Hülsbergen, K.-J. & Diepenbrock, W. (2000): Die Entwicklung von Fauna, Flora und Boden nach Umstellung auf ökologischen Landbau – Untersuchungen auf einem mitteldeutschen Trockenlößstandort. – UZU-Schriftenreihe, Sonderband, 108-122.

Pfiffner, L.; Mäder, P.; Besson, J.-M. & Niggli, U. (1993): DOK-Versuch: Vergleichende Langzeit-Untersuchungen in den drei Anbausystemen biologisch-dynamisch, organisch-biologisch und konventionell. – Schweiz. Landw. Forschung 32(4), 547-563.

Schreiter, T. (2001): Auswirkungen von Landnutzungssystemen auf die Zusammensetzung von Coleopterenzönosen. – Eugen Ulmer GmbH & Co. Stuttgart, H. 13, 143 S.

Tischer, S. (2000): Veränderungen der mikrobiologischen Aktivität nach Bewirtschaftungswechsel. In: Hülsbergen, K.-J. & Diepenbrock, W. (2000): Die Entwicklung von Fauna, Flora und Boden nach Umstellung auf ökologischen Landbau – Untersuchungen auf einem mitteldeutschen Trockenlößstandort. – UZU-Schriftenreihe, Sonderband, 101-107.

Volkmar, C.; Lübke-Al Hussein, M. & Kreuter, T. (2003): Effekte moderner verfahren der Bodenbewirtschaftung auf die Aktivität epigäischer Raubarthropoden. - Gesunde Pflanze 55, H.2, 40-45.

Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Bearbeiterin: Ellen Müller (Stand: 08.05.2006)
Quelle: www.boden.sachsen.de

Zahirovic, S; Heimbach, U. & Sommer, R. (2001): Einfluss verschiedener Mulchsaatsysteme auf Spinnen in Ackerbohnen-Beständen. – Mitt. Dtsch. Ges. allg. angew. Entomologie 13, 261-264.