

PREPRINT - einige Abbildungen fehlen - bibliographische Angaben am Ende des Dokuments.  
Der Text beginnt aus technischen Gründen erst auf Seite 3.  
Das Dokument ist im Internet unter <http://orgprints.org/00000678/> verfügbar.

**Leerseite**

---

## Inhaltsverzeichnis

<i>Helmut Wilhelm</i>	
Grußwort des Ministeriums .....	4
<i>Ulrich Hampl</i>	
Konzeption des Projekts Ökologische Bodenbewirtschaftung .....	6
<i>Ulrich Hampl</i>	
Projektüberblick, Wetter- und Ertragsdaten .....	13
<i>Christoph Emmerling</i>	
Einfluss reduzierter Grundbodenbearbeitung im Ökologischen Landbau auf bodenökologische Eigenschaften .....	25
<i>Albert Oesau</i>	
Vegetationskundliche Untersuchungen im Projekt „Ökologische Boden- bewirtschaftung“ in Wörrstadt-Rommersheim 1995-2004: Zwischenbericht 2000 .....	47
<i>Georg Eysel</i>	
Biodiversität ökologischer und integrierter Landwirtschaft – Natur- und sozialwissenschaftliche Untersuchungen zur Optimierung des Öko- Landbaus im Projekt.....	56
<i>Ursula K. Bassemir</i>	
Collembolen und Bodenbearbeitung: Qualitative Aspekte.....	62
<i>Andrea Beste</i>	
Weiterentwicklung und Erprobung der Spatendiagnose als Feldmethode zur Beurteilung ökologisch wichtiger Funktionsparameter landwirtschaftlich genutzter Böden .....	76
<i>Tanja Plümer</i>	
Untersuchungen zur Wurzeldynamik in einer fünfgliedrigen Ackerfrucht- fruchtfolge bei wendender und nicht wendender Bodenbearbeitung im ökologischen Landbau – erste Ergebnisse .....	84
<i>Norbert Kussel</i>	
Ein Versuch für die Praxis: Angewandte Forschung und praxisnahe Unter- suchungsmethoden im Projekt – Anmerkungen des Versuchsbetreuers .....	104
<i>Ulrich Hampl</i>	
Zusammenfassung und Ausblick.....	112
Publikationen zum Projekt (Liste).....	113

---

## **Grußwort des Ministeriums**

Dem ökologischen Landbau wird eine das übliche Maß überschreitende umweltschonende Wirkung und eine besonders nachhaltige Schonung der Ressourcen Boden, Wasser und Luft zugeschrieben. In einem langfristig angelegten Projekt soll diese These erhärtet werden.

Den Vorzugswirkungen des ökologischen Landbaus hat das Land Rheinland-Pfalz in den vergangenen dreißig Jahren immer wieder Rechnung getragen, sei es durch personelle oder sachliche Unterstützung in der Beratungsarbeit oder im Versuchs- und Untersuchungswesen.

In der Folge schloss sich 1994 das Langfrist-Projekt „Ökologische Bodenbewirtschaftung“ als Zusammenarbeit der Stiftung Ökologie & Landbau Bad Dürkheim, der Familie Kussel vom Eichenhof in Rommersheim, der Universität Mainz und des Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau Rheinland-Pfalz mit der Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz unter Einbezug der staatlichen Lehr- und Versuchsanstalten an.

Die Darstellung der Ergebnisse in der jetzigen Projektphase möchte ich nutzen, um im Namen des Ministeriums mit der Abteilung Weinbau, Landwirtschaft dem Projektleiter Herrn Dr. Ulrich Hampl ein Wort des Dankes zu sagen für sein jetzt schon acht Jahre geleistetes unermüdliches Engagement in Projektplanung, Durchführung und Dokumentation. Ohne ihn hätte sich das Projekt und die objektive Darstellung nicht in dieser Weise verwirklichen lassen. Dank gebührt insbesondere dem ganzen Team, das sich in das Projekt mit Begeisterung eingebracht hat. Stellvertretend für alle Mitarbeiter und Helfer des Teams möchte ich hier den Herren Klaus und Norbert Kussel, den Besitzern des Eichenhofes, für ihre Bereitschaft, ihr Verständnis und ihren Einsatz in dem Projekt danken.

Ökologisch orientierte, auf Nachhaltigkeit angelegte Bodenbewirtschaftung ist eine Daueraufgabe und Herausforderung für jedes Landbausystem. Wir erwarten noch vielfältige Ergebnisse, aus denen jeder, der will, - bevor er muss - Erkenntnisse und Erfahrungen ziehen kann.

Ich wünsche dem Projekt und der Veröffentlichung der Ergebnisse die ihr gebührende Aufmerksamkeit und Verbreitung.

Im Auftrag

Dr. Helmut Wilhelm  
Referat Acker- und Pflanzenbau, Pflanzenschutz, Bodenschutz im  
Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau  
Kaiser-Friedrich-Str. 5a, 55116 Mainz

## **Konzeption des Projekts Ökologische Bodenbewirtschaftung**

Ulrich Hampl

Seit 1976 die „Stiftung ökologischer Landbau“ (heute: „Stiftung Ökologie & Landbau“) durch Karl-Werner Kieffer gegründet wurde, steht die Erhaltung und Förderung der natürlichen Bodenfruchtbarkeit durch naturgemäße und nachhaltige Landbewirtschaftung im Vordergrund der inhaltlichen Tätigkeit.

Dies ist vor allem ein immerwährendes Anliegen von Dagi Kieffer, auf deren Anregung sich 1994 die Chance ergab, mit dem damaligen Landwirtschaftsministerium in Rheinland-Pfalz - dem Bundesland, in dem die Stiftung ihren Sitz hat - ein größeres Projekt zur Demonstration und Verbreitung ökologischer Ackerbauverfahren in die Wege zu leiten.

Als die Stiftung Ökologie & Landbau im Jahre 1994 mit Fachleuten der Beratung und des heutigen Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau das Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung konzipierte, war man sich einig, dass die Erhaltung und Förderung der Bodengesundheit im ökologischen Ackerbau demonstriert und wissenschaftlich dokumentiert werden sollte.

Die zunehmend deutliche Problematik der Erosion, der Bodenverdichtung und Nährstoffauswaschung aus landwirtschaftlich genutzten Böden veranlassten das Ministerium, die Möglichkeiten des ökologischen Ackerbaus zur Stabilisierung der Bodenfunktionen zu überprüfen und die Erkenntnisse daraus der Beratung zur Verfügung zu stellen.

Auf einem Projektfeldtag 1996 betonte der rheinland-pfälzische Staatssekretär für Landwirtschaft, Günter Eymael, dass „die Fragestellung Teil eines modernen landwirtschaftlichen Versuchswesens sei und Teil der aktuellen Agrarpolitik mit dem Ziel, das ökonomische Ziel der Ertragssicherung mit dem ökologischen Ziel eines stabilen Naturhaushaltes zu verbinden“.

Die Stiftung Ökologie & Landbau hatte in Beratungsprojekten auf unterschiedlichsten Böden Erfahrungen gesammelt, wie Ackerböden durch Verfahren der ökologischen Bewirtschaftung stabilisiert und verbessert werden können (HAMPL 1995 in der Publikationsliste am Ende dieses Bandes).

Diese Erkenntnisse flossen in den nun konzipierten Ackerbauversuch des Projekts ein, der auf mindestens 10 Jahre angelegt wurde. Um diesen geplanten Demonstrationsversuch auch für wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn zu nutzen, wurden drei Varianten der Grundbodenbearbeitung eingebaut.

Nicht nur im ökologischen Ackerbau wird seit Jahren diskutiert, inwieweit regelmäßiges Pflügen Sinn macht. Während im konventionellen Anbau der Pflugeinsatz primär in seiner Wirtschaftlichkeit angezweifelt wird, werden im Ökolandbau gegen das Pflügen vor allem bodenökologische Gründe angeführt. Da aber in beiden Bewirtschaftungssystemen der Pflug überwiegend nach wie vor regelmäßig eingesetzt wird, schien es interessant, dieser Frage in der geplanten Versuchsanstellung nachzugehen.

Daher wurden der kompletten Bodenwendung mit dem Pflug die nichtwendende Bodenlockerung mit dem Schichtengrubber und die flachwendende Bodenbearbeitung mit dem Zweischichtenpflug gegenübergestellt. Vor allem der Zweischichtenpflug erfüllt mit seinen flach arbeitenden Pflugscharen und den Unterkrumenlockerern die alte Forderung des Ökolandbaus nach „flach Wenden und tief Lockern“. Das erschien umfassende Untersuchungen wert.

Nun begann die Suche nach einem geeigneten Versuchsstandort: Gefragt war eine einerseits möglichst homogene Fläche mit andererseits praxisgemäßen Ausmaßen, auf der zureichend große Parzellen angelegt werden konnten. Außerdem war eine zuverlässige und kontinuierliche Versuchsbetreuung vor Ort zu organisieren.

Auf dem Eichenhof bei Rommersheim, südlich von Mainz in Rheinhessen fand sich schließlich der Ort, der diese drei Bedingungen optimal erfüllt. Vor allem die fachkundige, engagierte und kompetente Versuchsbetreuung durch Norbert Kussel hat das Projekt von Anfang an entscheidend mitgetragen.

Die drei Bodenbearbeitungsvarianten wurden eingebaut in ein Fruchtfolge-system, das durch Kombination der Grundbodenbearbeitung mit gezielten Gründüngungsverfahren wie Zwischenfruchtbau und Grünbrache die Bodenverbesserung und Stabilisierung bewirken sollte. Die Grundbodenbearbeitung findet in der Regel vor Gemengebau (Grünbrache, Zwischenfrüchte) in der Fruchtfolge statt. Die Variation der Verfahren soll deren unterschiedliche Wirkung auf Boden- und Pflanzenentwicklung in der Gesamtfuchtfolge zeigen.

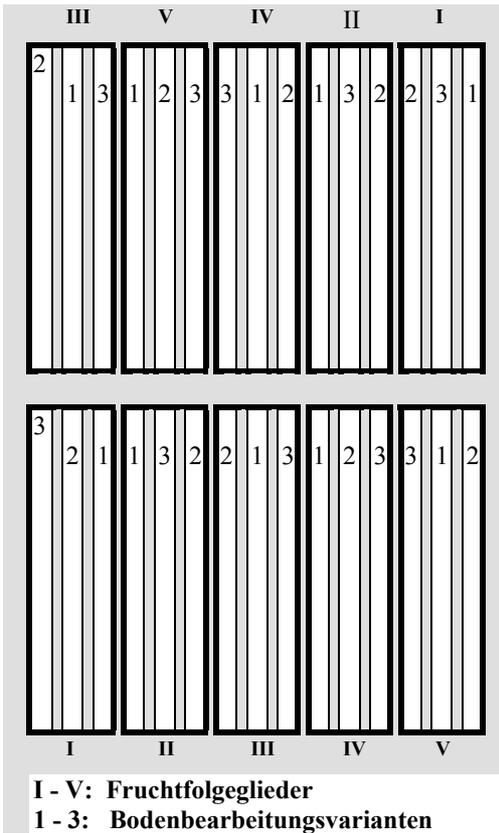
Um in den zehn geplanten Versuchsjahren eine zweimalige Rotation zu gewährleisten, wurde eine fünffeldrige Fruchtfolge ausgewählt. Hierbei wurden die ökologischen Fruchtfolgeregeln „Abwechseln von Sommerung und Winterung, maximal 60 % Getreide, mindestens 20 % Hauptfruchtleguminosen“ berücksichtigt. So entstand die Fruchtfolge aus Grünbrache, Winterweizen, Erbsen, Winterroggen und Braugerste.

Fruchtfolge im Demonstrationsversuch:

- I. Grünbrache
- II. Winterweizen  
Zwischenfrucht
- III. Erbsen
- IV. Winterroggen  
Zwischenfrucht
- V. Sommergerste

Jede Frucht wird jedes Jahr zweimal wiederholt angebaut. Das heißt: Jedes Jahr werden fünf Früchte in drei Bodenbearbeitungsvarianten zwei Mal angebaut. Auf insgesamt 30 Parzellen.

Die Parzellengröße beträgt jeweils 12m x 100m. Sie sind damit einem Praxis-schlag vergleichbar, groß genug für zahlreiche Bodenuntersuchungsmöglichkeiten sowie für die Begehung mit Gruppen für Schulung und Demonstration geeignet. Die Versuchsbegehung ist zu jeder Zeit möglich, da zwischen allen Parzellen Grünstreifen angelegt sind.



Die Früchte rotieren gemäß der Fruchtfolge über die Parzellen des jeweiligen Wiederholungsblocks, die Bodenbearbeitungsstreifen werden beibehalten. Damit bedarf es zehn Projektjahren, um die Bodenentwicklung nach zwei Fruchtfolge-Rotationen abhängig von den drei unterschiedlichen Grundbodenbearbeitungssystemen zu erforschen.

Um nun die Bodenentwicklung unter der vorliegenden Versuchsanstellung umfassend zu dokumentieren, wurden folgende wissenschaftliche Begleituntersuchungen initiiert.

- Nährstoffentwicklung ( $N_t$ ,  $P_t$ ,  $K_t$ , CAL-P, K, Mg,  $C_{org}$ ,  $N_{min}$ , pH)
- Eindring- und Abscherwiderstand
- Bodenfeuchte, Infiltration
- Erweiterte Spatendiagnose:
  - Gefügeansprache
  - Aggregatstabilität
  - Porenvolumen, Lagerungsdichte
  - Durchwurzelung
- Regenwürmer
- Mesofauna (Abundanzen, Fraßaktivität)
- Mikroflora (Bodenatmung, Dehydrogenase-, Saccharase-, Phosphatase-Aktivitäten)
- Beikrautentwicklung
- Ertragsmessungen (Kernbeerntungen)

Von Beginn an interessierten sich verschiedene Hochschulen für die Versuchsanstellung, so dass viele Untersuchungen durch Diplom- und Doktorarbeiten sowie kontinuierliche Zusammenarbeit mit einzelnen Instituten und Persönlichkeiten ermöglicht wurden.

Mit folgenden Institutionen besteht eine enge Zusammenarbeit:

- Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Mainz
- Universität Mainz, Institut für Zoologie
- Universität Mainz, Geographisches Institut
- Universität Trier, Institut für Bodenkunde
- Universität Heidelberg, Geographisches Institut
- Fachhochschule des Landes Rheinland-Pfalz, Abt. Bingen, Fb. Agrarwirtschaft
- Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt Bad Kreuznach
- SLVA Oppenheim
- Institut für Organischen Landbau, Bonn
- Professur für Organischen Landbau, Gießen

Anschrift des Autors:

Dr. Ulrich Hampl  
Gut Hohenberg, Seminarbauernhof der Stiftung Ökologie & Landbau  
Krämerstraße  
76855 Queichhambach

## **Projektüberblick, Wetter- und Ertragsdaten**

Ulrich Hampl

### **1. Methoden**

Die komplexen Zusammenhänge des Ökosystems Boden sind nach wie vor nur zu einem Bruchteil erforscht, erschweren Messungen und Interpretationen. Deshalb war die Entwicklung von Methoden zur komplexen Bodenbeurteilung von Anfang an eine der wichtigsten Projektaufgaben.

Zentral war die Modifizierung der Spatendiagnose nach GÖRBING zur wissenschaftlich auswertbaren Erweiterten Spatendiagnose durch Andrea Beste im Zuge ihrer Dissertation (BESTE 2002). Auch die methodische Fortentwicklung von Verfahren zur Mesofauna-Erfassung ist ein Beitrag des Projekts zur wissenschaftlichen Grundlagenforschung über Bodenleben in ökologisch bewirtschafteten Ackerböden. (KUSSEL in SOEL 1995-2000).

### **2. Niederschläge und Temperatur**

Im üblicherweise sommertrockenen Rheinhessen waren in den ersten sechs Jahren sehr große Klimaschwankungen zu verzeichnen: Das bisher feuchteste Jahr war 1995 mit 648 mm Niederschlag, während im bisher trockensten Jahr 1997 436 mm Niederschlag gemessen wurde. Im kältesten Jahr 1996 betrug die Temperatur 7,9°C im Mittel, während das wärmste Jahr 1999 die Durchschnittstemperatur von 10,7°C aufwies (vgl. Abbildungen).

### **3. Erträge**

Die Erträge waren zu Versuchsbeginn nach vorheriger intensiver konventioneller Bewirtschaftung noch sehr hoch (Winterweizen über 60dt/ha), sanken dann aber ohne jegliche Düngung (außer Gründüngung) sehr schnell auf mittlere Werte des ökologischen Anbaus (vgl. Abbildungen).

Die konsequent nichtwendende Grundbodenbearbeitung mit dem Schichtengrubber zeigt vor allem bei den Sommerkulturen eine Tendenz zu niedrigeren

Erträgen im Vergleich zu Schichtenpflug und Pflug. Die Ursache wird im höheren Samenunkrautdruck dieser konservierenden Bodenbearbeitung vermutet, wie es bei nichtwendender Bodenbearbeitung bekannt ist.

Der eigentliche Untersuchungs- und Demonstrationsgegenstand des Projektes ist jedoch nicht die Ertragsoptimierung, sondern die langfristige Sicherung der Bodengesundheit durch ökologische Anbauverfahren.

## **4. Auswirkungen auf den Boden**

### **4.1 Beikrautflora**

OESAU und EYSEL dokumentieren bis zu 20% höhere Deckungsgrade durch Beikräuter in den nichtwendenden Bearbeitungsverfahren.

Hierzu geben die bisherigen Ergebnisse verschiedener Untersuchungen Auskunft. OESAU dokumentiert die Erhöhung der Artenvielfalt der Beikrautflora durch eine Steigerung von 35 Arten bei Projektbeginn auf 80 Arten im Jahre 2000. Dies stellt eine für Rheinhessen ungewöhnlich hohe Anzahl dar, wo die typischen Werte bei sieben bis zehn Arten pro Ackerfläche liegen.

Die Art der Bodenbearbeitung beeinflusst die Anzahl der Arten von Beikräutern nicht signifikant.

### **4.2 Bodenchemie, Bodenbiologie und Bodenphysik**

Die bodenchemischen Parameter zeigen wie erwartet im bisherigen Versuchszeitraum keine großen Veränderungen. Mit Ausnahme des zunehmenden Kohlenstoffgehalts, der eine Humusvermehrung bei reduzierter Bodenbearbeitung anzeigt, verändern sich die pflanzenverfügbaren Phosphor- und Kaliumgehalte kaum. Eine vorsichtige Nährstoffbilanzrechnung von EMMERLING (2002 in diesem Band) ergibt eine ausgeglichene Stickstoffbilanz sowie eine P-Abfuhr unter 15 kg/ha/a sowie eine K-Abfuhr von ca. 20 kg/ha/a.

Deutlich wirkt sich jedoch die Variation der Grundbodenbearbeitung auf bodenbiologische Parameter aus: Bezogen auf die gesamte Krume ermittelt EMMERLING (2002, in diesem Band) nach sechs Versuchsjahren zwischen sieben und zehn Prozent höhere Gehalte an mikrobieller Biomasse sowie um

sechs bis acht Prozent erhöhte Aktivitäten der Bodenmikroorganismen. Auch LENZ (1999) ermittelt höhere mikrobielle Aktivitäten bei nichtwendender Bodenbearbeitung.

Interessanterweise lässt sich sogar eine Erhöhung des Humusgehalts in der Ackerkrume bei reduzierter Bodenbearbeitung signifikant nachweisen (EMMERLING 2002 in diesem Band).

Die größeren Bodenlebewesen reagieren ebenfalls deutlich mit einer höheren Individuenzahl auf flach- bzw. nichtwendende Bodenbearbeitung: Die Abundanzen der Regenwürmer und auch die Individuenanzahl der Mesofauna nehmen zu, je weniger der Boden gewendet wird. HEIBER (in Vorbereitung) konstatiert eine höhere Fraßaktivität der Mesofauna bei nichtwendender Bodenbearbeitung.

Die bodenphysikalischen Werte, die sich in der Erweiterten Spatendiagnose zu einem abgerundeten Bild des Bodenzustands formen, bestätigen ebenfalls die bodenschonende Wirkung von flach- bzw. nichtwendenden Bodenbearbeitungsverfahren: Die Schichtengrubbervarianten ergeben eine deutlich höhere Stabilität der Bodenaggregate (Krümelstabilität) im Schlämmtest mit Wasser, was vermutlich auf die Lebendverbauung durch Mikroorganismen zurückzuführen ist (HAMPL ET AL 2001). Ein gleichmäßigerer Anstieg der Abscherwiderstände in der Tiefe sowie höhere Infiltrationsraten von Wasser unterstreichen diese struktur-konservierende Wirkung von nichtwendender Bodenbearbeitung (VOIGT 1998).

#### **4.5 Spross- und Wurzelentwicklung**

Untersuchungen zu Spross- und Wurzelentwicklung der Kultur- und Gründüngungspflanzen sollen das Zusammenspiel Boden-Bodenleben-Pflanzen dokumentieren. PLÜMER (2002, in diesem Band) stellt tendenziell höhere Wurzelichten bei reduzierter Bodenbearbeitung fest.

### **5. Ausblick**

Die Untersuchungen der restlichen Projektphase sollen die Dokumentation der Bodenentwicklung komplettieren und Entscheidungshilfen für den Einsatz von Bodenbearbeitungsverfahren liefern.

## **6. Literatur**

Siehe die Liste der Projektveröffentlichungen am Schluss dieses Bandes.

Anschrift des Autors:

Dr. Ulrich Hampl  
Gut Hohenberg, Seminarbauernhof der Stiftung Ökologie & Landbau  
Krämerstraße  
76855 Queichhambach.

## **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 (Schlepperradsohle) 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 Bodenbearbeitung.

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 Probennahme 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<sub>mik</sub>) 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>R2</i>		<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 <sup>-1)</sup>	Ergost. <sup>-1)</sup>
	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

<sup>-1)</sup> 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):

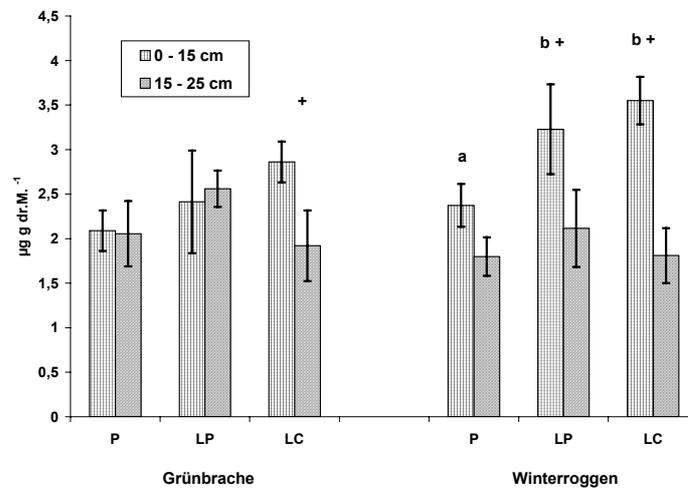
Parameter	Tiefe	Winterroggen		
		Pflug	Schichtenpflug	Sch.-Grubber
Corg (%)	0-15 cm	1,66 (±0,15) a	1,79 (±0,25) b+	1,83 (±0,17) c+
	15-25 cm	1,67 (±0,16)	1,62 (±0,23)	1,60 (±0,17)
	0-25 cm	1,66 (±0,16)	1,70 (±0,25)	1,72 (±0,21)
P2O5 (mg 100g-1)	0-15 cm	16,7 (±7,8)	19,1 (±7,6)	16,3 (±7,3)
	15-25 cm	15,9 (±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

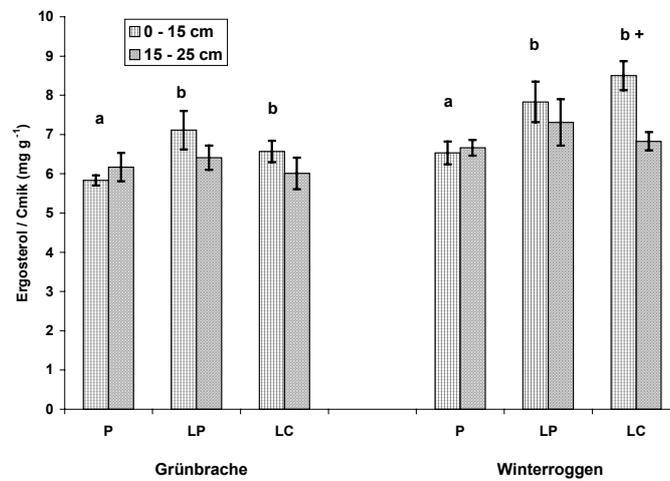
Alle ermittelten bodenbiologischen Eigenschaften wurden analog der Entwicklung der organischen Bodensubstanz in der Oberkrume durch die reduzierte Grundbodenbearbeitung gefördert, während die mikrobielle Biomasse und ihre Aktivität in der Unterkrume sukzessive abnahm. Somit wurden die Differenzen zwischen 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).

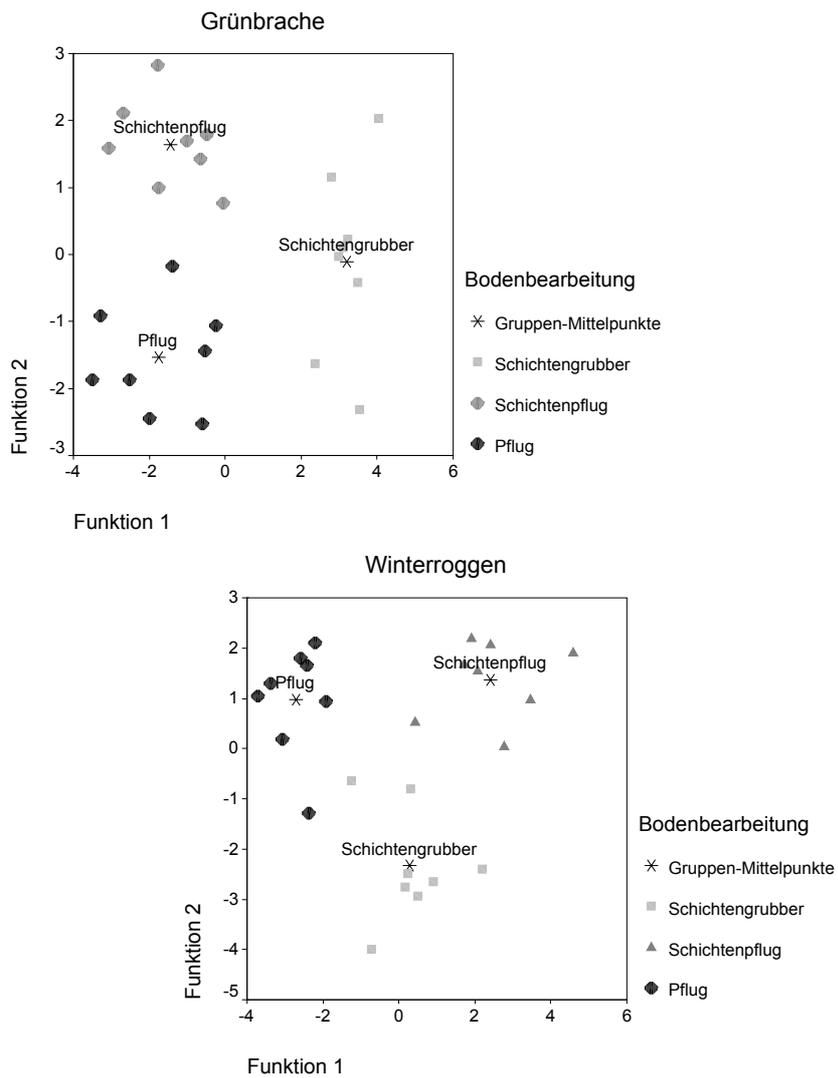
In der Schichtengrubber-Variante beider Kulturen und in der Schichtenpflug-Variante bei Winterroggen waren die Unterschiede im Ergosterolgehalt zwischen Ober- und Unterkrume signifikant. Um Veränderungen in der Zusammensetzung der mikrobiellen Gemeinschaft zu erkennen, muss der Ergosterolgehalt auf den 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 <sup>-2</sup> ; g m <sup>-2</sup>	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

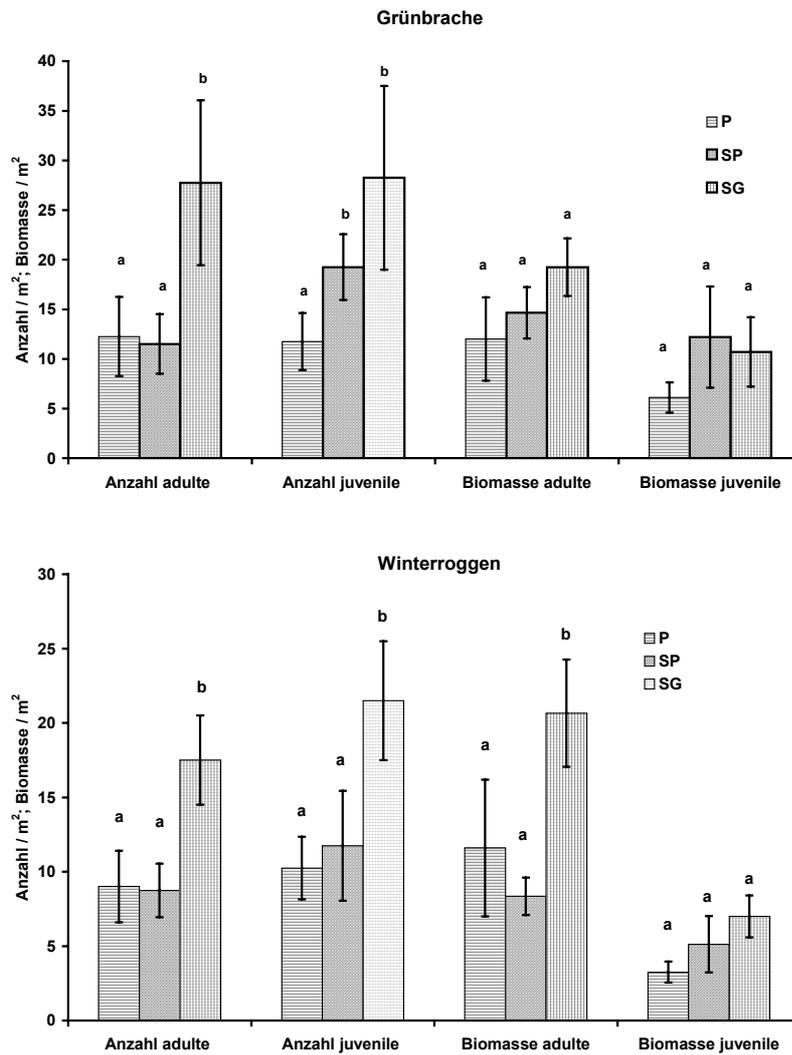
**Tab. 3** (für Winterroggen): Mittlere Abundanz und Biomasse von Regenwürmern in Abhängigkeit von der Grundbodenbearbeitung am Standort Rommersheim, Rheinhessen 1995 bis 1998.

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

Arten	Winterroggen			
	Anz. m <sup>-2</sup> ; g m <sup>-2</sup>	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<sup>-1</sup> Jahr<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup>) von Stickstoff, Phosphor und Kalium bei ökologischer Bewirtschaftung (nur Pflugvariante) bezogen auf die erste Fruchtfolgeperiode am Standort Rommersheim (Bilanzgrößen aus Fritsch, 1998)

<b>Grünbrache</b>					
Jahr	Fruchtfolge	Ertrag (dt ha <sup>-1</sup> )	Zufuhr / Verlust (kg ha <sup>-1</sup> )		
			N	P	K
1995	Klee gras	n.b. <sup>2)</sup>	+250		
1996	WW (Korn <sup>1)</sup> )	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

<sup>1)</sup> 11 % Eiweiß

<sup>2)</sup> jeweils eingemulcht

**Tab. 4** (für Winterroggen): Bilanzen (Zufuhr/Verlust (kg ha<sup>-1</sup>) 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 <sup>-1</sup> )	Zufuhr / Verlust (kg ha <sup>-1</sup> )		
			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. <sup>2)</sup>	+250	+250	
1998	WW (Korn <sup>1)</sup> )	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

<sup>1)</sup> 11 % Eiweiß

<sup>2)</sup> 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  $\mu\text{g gTS}^{-1}$  an. Der entsprechende Anstieg unter Winterroggen war von 216 (P) auf 279 (SP) auf 315  $\mu\text{g gTS}^{-1}$  (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<sup>-1</sup> 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 (SACHELL 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 CO<sub>2</sub>-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  $qD$ ) 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. 7<sup>th</sup> 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

## **Vegetationskundliche Untersuchungen im Projekt<sup>1</sup>**

- Zwischenbericht 2000 -

Albert Oesau

### **1. Kurzfassung**

Im Projekt wurden vegetationskundliche Untersuchungen durchgeführt, von denen die Ergebnisse der ersten sechs Jahre vorgestellt werden. Die Artenzahlen auf der vorher konventionell bewirtschafteten Fläche nahmen im Laufe der Untersuchungsjahre kontinuierlich zu. Stellten sich im ersten Jahr 35 Ackerwildkrautarten ein, so erhöhte sich die Zahl der insgesamt beobachteten Arten durch Zuflug und Saatgutbeimischungen bis zum Jahre 2000 auf 80. Dieses stellt für das landwirtschaftlich intensiv bewirtschaftete Rheinhessen eine ungewöhnlich hohe Artenvielfalt dar.

Die Zunahme der Artenzahlen schlug sich bei weitgehend unterlassener oder wenig wirksamer mechanischer Unkrautbekämpfung (Striegeln) in zunehmenden Bedeckungsgraden der Ackerwildkräuter nieder, sie stiegen im Untersuchungszeitraum im Mittel von 10% auf 66% an. Hinsichtlich der Wirkung der Bodenbearbeitungsvarianten auf die Artenzusammensetzung zeigten sich keine Unterschiede, dagegen ergaben sich z.T. erhebliche Einflüsse auf die Bedeckungsgrade. Sie lagen bei den nicht oder nur flach wendenden Bodenbearbeitungsgeräten (Schichtengrubber, Zweischichtenpflug) im Mittel der Untersuchungsjahre um 20% über denen des tief wendenden Bodenbearbeitungsgerätes (Pflug). Bezüglich der Fruchtfolge förderte die Grünbrache die Verunkrautung im nachfolgenden Winterweizen und in den sich anschließenden Erbsen.

### **2. Einleitung**

Der Einfluss reduzierter Grundbodenbearbeitung auf die Verunkrautung in landwirtschaftlichen Kulturen wird bereits seit vielen Jahren von verschiedensten Seiten und mit unterschiedlichen Fragestellungen bearbeitet

---

<sup>1</sup> bibliographische Angaben siehe Ende des Beitrags

(vgl. z.B. AMANN 1991, HERZOG 1985, HEITFUSS 1986, KNAB 1988, KNAB & HURLE 1986, 1988, SCHULZE, KLOTZ & HAAG 1999, WAHL 1988, WALTHER 1986).

Über die Wirkung der Grundbodenbearbeitung im ökologischen Landbau auf Nährstoffhaushalt, Wurzeldynamik, Bodenphysik, Bodenmikrobiologie und andere Parameter, liegen bisher kaum Versuchsergebnisse vor. Aus diesem Grunde werden in einem Demonstrationsversuch bei Wörstadt-Rommersheim unter den Standortbedingungen Rheinhessens der Einfluss einer fünfgliedrigen Fruchtfolge mit drei Grundbodenbearbeitungsvarianten auf die Erhaltung und Förderung der Bodengesundheit untersucht. Einige aus diesen Untersuchungen resultierende Ergebnisse wurden bereits veröffentlicht (STIFTUNG ÖKOLOGIE & LANDBAU 1999, dort auch Hinweise auf weitere versuchsbezogene Publikationen).

In dem Demonstrationsversuch wird auch die Entwicklung der Ackerwildkrautbestände erfasst, über deren bisherige Ergebnisse aus den Jahren 1995 bis 2000 im folgenden berichtet wird.

### 3. Methoden

In dem 4 ha großen Versuch werden Fruchtfolge und Grundbodenbearbeitung variiert. Die Fruchtfolge besteht aus Grünbrache, Winterweizen (mit Untersaat/Zwischenfrucht), Hafer/Erbsen, Winterroggen (mit Untersaat/Zwischenfrucht) und Sommergerste. Die Früchte rotieren gemäß der Fruchtfolge über die Teilstücke, die Bodenbearbeitungsparzellen werden über die Versuchsdauer beibehalten. Zur Grundbodenbearbeitung werden wendende (Pflug) und nicht wendende (Schichtengrubber) bzw. teilwendende (Zweischichtenpflug) Geräte eingesetzt. In den Ergebnissen werden Schichtengrubber und Zweischichtenpflug als "nicht wendende" Bodenbearbeitungsgeräte zusammengefasst.

Die Unkrautbekämpfung erfolgt auf den Parzellen ausschließlich mechanisch mit einem Unkrautstriel. Der Versuch wurde mit zwei Wiederholungen angelegt, die Parzellengröße beträgt 12 x 100 m. Bei dem Bodentyp handelt es sich um eine aus Löß entwickelte Braunerde, die Bodenart ist ein schluffig-toniger Lehm. Die Projektdauer ist für 10 Jahre vorgesehen. Die Versuchsfläche wurde bis zum Versuchsbeginn konventionell bewirtschaftet. Einen detaillierten Einblick in das Versuchsvorhaben gibt HAMPL (1995).

Bei den vegetationskundlichen Erhebungen wurden sowohl Kulturpflanzen als auch Begrünungspflanzen und Ackerwildkräuter sowie ihre Bedeckungsgrade nach der in der Vegetationskunde üblichen Methode von BRAUN-BLANQUET (1964) erfaßt. Es wurde jeweils das gesamte Teilstück unter Heranziehung der Artenzahlen und der maximalen Bedeckungsgrade ausgewertet.

## 4. Ergebnisse

### 4.1 Zusammensetzung der Vegetation

Die Ackerwildkraut-Vegetation des ersten Untersuchungsjahres unterschied sich erheblich von der der folgenden Jahre. Während 1995 aufgrund der vorangegangenen konventionellen Bewirtschaftung nur ein geringer Besatz mit Ackerwildkräutern angetroffen wurde, erhöhte sich dieser 1996 erheblich und blieb bis 2000 auf einem hohen Niveau. Als Ursache wird der bei Versuchsbeginn vollzogene Übergang von intensiver zu extensiver Unkrautbekämpfung angenommen.

Wege des Artenzuwachses sind u.a. Zuflug von Diasporen, Eintrag mit Saatgut oder Einwachsen von Wegrändern. Zudem wird die Verunkrautung durch die nahezu wirkungslose mechanische Unkrautbekämpfung gefördert.

#### 4.1.1 Artenzahlen

Im ersten Untersuchungsjahr 1995 wurden insgesamt 35 Ackerwildkräuter notiert, bis zum Jahre 2000 stieg ihre Zahl auf 80 an. Die Mehrzahl der neu aufgefundenen Arten bestand zum überwiegenden Teil aus charakteristischen Ackerwildkräutern, während der Rest aus kurzlebigen Ruderalgesellschaften stammt.

Es ist anzunehmen, dass nur ein Teil des Saatgutes der im Laufe der Versuchszeit 1996-2000 neu beobachteten Arten bereits im Boden ruhte und in den folgenden Vegetationsperioden günstige Keimbedingungen vorfand. Außerdem ist an eine Einwanderung aus der Umgebung und an eine Einschleppung mit Saatgut zu denken.

Die Arten mit den höchsten Stetigkeiten auf der Versuchsfläche sind *Bromus sterilis*, *Chenopodium album*, *Cirsium arvense*, *Galium aparine*, *Lactuca*

*serriola*, *Matricaria inodora*, *Polygonum convolvulus*, *Sinapis arvensis* und *Stellaria media*. Sie weisen alle, zumindest in einem der Untersuchungsjahre, Stetigkeiten über 80% auf. Eine Zunahme der Stetigkeiten von ca. 10% bis 100%, bezogen auf die Teilstücke, ist bei *Bromus sterilis*, *Cirsium arvense*, *Matricaria inodora* und *Lactuca serriola* festzustellen. Ihre Bedeckungsgrade erhöhten *Chenopodium album*, *Cirsium arvense* und *Lactuca serriola*, während die Bedeckungsgrade der anderen Arten jahresbezogen stark variieren.

#### 4.1.2 Bemerkenswerte Arten

Bereits 1995 traten mit *Agrostemma githago* und *Gagea arvensis* zwei bemerkenswerte Arten auf, die in Rheinland-Pfalz selten geworden sind. Zu ihnen gesellten sich 1996 fünf weitere, nämlich *Centaurea cyanus*, *Consolida regalis*, *Galium spurium*, *Melandrium noctiflorum* und *Ranunculus arvensis*.

Eine besondere Erwähnung verdient auch die dekorative *Consolida hispanica*, die auf der Versuchfläche und im näheren Umkreis z.T. regelmäßig auftritt.

Die gefährdeten Arten *Agrostemma githago* und *Ranunculus arvensis* verdanken ihre Existenz jedoch nicht einem spontanen Auftreten, etwa dergestalt, dass im Boden noch Diasporenmaterial vorhanden war, sondern sie entstammen einem in der Nähe gelegenen ehemaligen Ackerrandstreifen, in den sie eingesät wurden.

*Gagea arvensis* und *Melandrium noctiflorum* sind sicher autochthon. *Consolida hispanica* war bereits bei Versuchsbeginn auf der Fläche vorhanden. Mit Saatgut eingeschleppt wurden *Cerastium dichotomum*, *Lepyrodiclis holosteoides* und *Silene conoidea*.

#### 4.1.3 Pflanzengesellschaften

Nach dem Fund von *Melandrium noctiflorum* im Jahre 1996 bestätigte sich die Vermutung, dass es sich bei der Ackerunkrautgesellschaft auf dem Versuchsgelände um die Acker-Nachtlichtnelkengesellschaft (Papaveri-Melandrietum noctiflori) handelt. Dieses ist die wichtigste Ackerunkrautgesellschaft des Getreides auf den Lössböden Rheinhessens. Aufgrund des nahezu flächendeckenden Herbizideinsatzes in dieser Region ist die Gesellschaft aber nur noch in Fragmenten erhalten (OESAU 1990). Die extensive

Bewirtschaftung auf der Versuchsfläche ermöglichte die Existenz von zwei weiteren wichtigen Gesellschaftskomponenten, nämlich *Consolida regalis* und *Galium spurium*.

In Blattfrüchten (Erbsen) ist mit *Mercurialis annua* die Gesellschaft des Bingelkrautes (*Mercurialetum annuae*) angedeutet. Sie ist allerdings nur schwach ausgeprägt.

## **4.2 Einfluss der Versuchsvarianten auf die Vegetation**

### **4.2.1 Fruchtfolgeglieder**

Die Artenzahlen in Abhängigkeit von den Kulturen streuten im Mittel der Untersuchungsjahre nur geringfügig. Eine unterschiedliche Konkurrenzkraft der Kulturarten gegenüber einzelnen Ackerwildkrautarten war nicht immer zu erkennen.

Die Artenzahl lag in der Grünbrache am höchsten (25). Da die Begrünungsmischung die Teilstücke nicht vollständig bedeckte, verblieb Lebensraum für eine Vielzahl von Ackerwildkräutern. Die meisten von ihnen konnten im nachfolgenden Winterweizen wiedergefunden werden (21). Aber auch Sommergerste (20) und Erbsen (20) vermochten wegen geringer Konkurrenzkraft die Artenzahlen nicht zu senken. Winterroggen (17) zeigte seine bekannte unkrautunterdrückende Wirkung.

Die mittleren Bedeckungsgrade der Ackerwildkräuter streuten nur geringfügig innerhalb der Fruchtfolgeglieder. Folgewirkungen vorangegangener Kulturen waren nicht zu erkennen.

### **4.2.2 Bodenbearbeitung**

Die Anzahl Ackerwildkrautarten streute im Mittel der Untersuchungsjahre nur geringfügig. So wurden in der Pflug-Variante 35, in der Schichtengrubber-Variante ebenfalls 34 und in der Zwei-Schichtenpflug-Variante 32 Arten festgestellt.

Der Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Bedeckungsgrade der Ackerwildkräuter war dagegen deutlich ausgeprägt, allerdings mit abnehmen

der Tendenz. So lag der in den ersten Jahren noch um 29 bzw. 33% höhere Bedeckungsgrad bei den nicht wendenden Bodenbearbeitungsgeräten im fünften und sechsten Jahr nur noch um 11 bzw. 12% höher. Es ist anzunehmen, dass das stark zunehmende Samenpotential im Boden den Vorteil einer wendenden Bodenbearbeitung allmählich überdeckt. Die Zunahme der Verunkrautung bei nichtwendender Bodenbearbeitung ist seit langem bekannt (vgl. z.B. AMANN 1991, HEITFUSS 1986, KNAB 1988, KNAB & HURLE 1986, WAHL 1986, WALTHER 1986).

#### 4.2.3 Unkrautbekämpfung

Im Mittel der Versuchsglieder ergaben sich durch die mechanische Unkrautbekämpfung (Striegeln) nur in wenigen Situationen Unterschiede in den Bedeckungsgraden der Ackerwildkräuter.

Während 1995 ohnehin nur ein geringer Besatz mit Ackerwildkräutern vorhanden war, wurden in den Folgejahren bei einem hohen Unkrautbesatz Differenzen in den Wirkungsgraden erwartet. Diese ließen sich aber nur bei einigen häufig vorkommenden Arten nachweisen. So reduzierten sich z.B. die Bedeckungsgrade von *Polygonum convolvulus* in Winterweizen von 27% auf 1% und die Bedeckungsgrade von *Veronica hederifolia* von 13% auf ebenfalls 1%.

1997 wurde eine Unkrautbekämpfung in Winterroggen und Sommergerste erfolglos durchgeführt. Auch 1998 resultierten aus der mechanischen Unkrautbekämpfung nur geringe und kurzfristig anhaltende Wirkungsgrade.

Im Jahre 1999 reduzierte der Einsatz des Striegels in den Sommerfrüchten den Unkrautbesatz (*Chenopodium album*, *Polygonum convolvulus*, *Sinapis arvensis*) um 10%. Der Einsatz des Striegels im Jahre 2000 in Sommergerste und Erbsen zeitigte praktisch keine Wirkung.

### 5. Diskussion

Der Beginn des ökologisch ausgerichteten Bodenbearbeitungsversuchs war gleichzeitig der Start für eine grundlegende Änderung der Artenzusammensetzung auf der Versuchsfläche.

Mit dem Übergang von einer bislang intensiv ausgerichteten Bewirtschaftung zu einer extensiven Bestandesführung wurde die Grundlage für eine erhebliche Zunahme der Artenzahlen und der Bedeckungsgrade für Ackerwildkräuter geschaffen. Wurden im ersten Versuchsjahr 1995 insgesamt 35 Arten beobachtet, so waren es fünf Jahre später bereits 80. Der mittlere Bedeckungsgrad stieg in diesem Zeitraum von 10 auf 66%.

Die Konkurrenz der Unkräuter auf die Kulturpflanzen war sicher auch eine der Ursachen, weshalb die Höhe der Erträge im Laufe der Versuchsperiode erheblich sank. Lagen sie nach Aufzeichnungen des Landwirts vor Versuchsbeginn in Winterweizen durchschnittlich bei 72 dt/ha (andere vergleichbare Kulturen wurden nicht angebaut), so sanken sie nach Versuchsbeginn im Mittel der Jahre 1995/2000 in Winterweizen auf 48 dt/ha ab.

Unter den neu hinzugetretenen Arten befand sich mit *Melandrium noctiflorum* eine Art, die aus dem landwirtschaftlich intensiv genutzten Anbaubereich Rheinhessens in den letzten Jahrzehnten weitestgehend verdrängt wurde. Dieses weist darauf hin, dass immer noch Saatgut seltener Arten im Diasporenvorrat des Bodens vorhanden sein kann und sich vorhandene Arten in extensiv bewirtschafteten Beständen etablieren können. Einschränkend muss jedoch gesagt werden, dass die Acker-Lichtnelke in den bisher sechs Untersuchungsjahren nur in drei Jahren und mit einigen wenigen Individuen gesehen wurde.

Die 80 Ackerwildkrautarten im Rahmen der bisherigen Laufzeit des Versuchs stellen eine für Rheinhessen ungewöhnlich hohe Artenzahl dar, liegt doch in diesem intensiv bewirtschafteten Raum die typische Artenzahl bei 7-10 pro Ackerfläche. Ein Teil der neu auftretenden Arten scheint mit Saatgut eingebracht zu werden, worauf bislang unbekannte Adventivarten hinweisen (*Cerastium dichotomum*, *Lepyrodiclis holosteoides*, *Silene conoidea*). Dieses zeigt gleichzeitig, dass die Ackerflora einem steten Wandel unterworfen ist. So hat sich z.B. mit *Delphinium hispanica*, die auch auf der Versuchfläche regelmäßig vorkommt, bereits eine gebietsfremde Art im rheinhessischen Ackerbau fest eingebürgert.

Die Variation der Kulturarten in der Fruchtfolge erbrachte regelmäßig nur in Winterroggen geringere Artenzahlen und Bedeckungsgrade. In den anderen Feldfrüchten streuten sie derart stark, dass keine diesbezüglichen Aussagen möglich sind. Bezüglich der unterschiedlichen Bodenbearbeitungsvarianten war festzustellen, dass die Artenzahlen zwar nicht differierten, die nicht wen

denden Geräte aber im Mittel der sechs Untersuchungsjahre eine um 20% höhere Bedeckung mit Ackerwildkräutern aufwiesen. Die Streuung im Auftreten von Ackerwildkräutern war vor allem auf ihre ungleichmäßige Verteilung auf der Versuchsfläche zurückzuführen.

Die Unkrautbekämpfung wurde in der Regel in einem relativ späten Stadium der Ackerwildkräuter durchgeführt. So konnten durch das Striegeln nur noch wenige Arten und diese auch nur unvollständig erfasst werden. Ein Einfluss auf die Folgeverunkrautung oder den Ernteertrag dürfte nicht vorhanden gewesen sein.

## 6. Literatur

- AMANN, A. (1991): Einfluss von Saattermin und Grundbodenbearbeitung auf die Verunkrautung in verschiedenen Kulturen. - Dissertation Hohenheim, 148 S. Stuttgart-Hohenheim.
- BEURET, E. (1982): Auswirkungen der Bodenbearbeitung auf den Unkrautsamenvorrat im Boden. - Mitteilungen für die schweizerische Landwirtschaft 1/2: 5 - 11.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. - 865 S., Wien, New York.
- HAMPL, U. (1995): Demonstrationsvorhaben zur ökologischen Bodenbewirtschaftung angelaufen. - Ökologie und Landbau 23: 67-68. Bad Dürkheim.
- HEITFUSS, R. (1986): Pflügen oder nicht pflügen - Konsequenzen für den Pflanzenschutz. - Gesunde Pflanzen 38: 529-533. Frankfurt.
- HERZOG, R. (1985): Auswirkungen differenzierter Verfahren der Grundbodenbearbeitung auf den Unkraut- und Ausfallgetreidebesatz anlehmiger Sandböden. - Nachrichtenblatt für den Pflanzenschutz in der DDR 39 (1985): 142.145. Berlin.
- KNAB, W. & K. HURLE (1986): Einfluss der Grundbodenbearbeitung auf die Verunkrautung - Ein Beitrag zur Prognose der Verunkrautung. - Proc. EWRS Symposium 1986, Economic Weed Control: 309-316. Stuttgart.
- KNAB, W. (1988): Auswirkung wendender und nichtwendender Grundbodenbearbeitung auf die Verunkrautung in Abhängigkeit von Fruchtfolge und Unkrautbekämpfung. - Dissertation Hohenheim. Stuttgart-Hohenheim.
- KNAB, W. & K. HURLE (1988): Einfluss der Grundbodenbearbeitung auf Ackerfuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides* Huds.). - Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft XI: 97-108. Stuttgart.

- OBERDORFER, E. (1990): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. - 6. Aufl., 1050 S., Stuttgart.
- OESAU, A. (1990): Auswirkungen intensiver Bewirtschaftungsmaßnahmen auf die Zusammensetzung der Getreidewildkrautflora im Rheinhessischen Tafel- und Hügelland. - Fauna und Flora in Rheinland-Pfalz 6: 299 - 334. Landau.
- SCHULZE, R., F. KLOTZ. & U. HAAG, (1999): Ökologische Auswirkungen von verschiedenen Bodenbearbeitungsverfahren. - Landesanstalt für Pflanzenbau Forchheim (Hrsg.) Versuchsbericht 1998, 98 S. Rheinstetten.
- STIFTUNG ÖKOLOGIE & LANDBAU (1999): Projekt ökologische Bodenbewirtschaftung. Ergebnisbericht 1999 und Überblick Ergebnisse 1995-1999. - 76 S. Bad Dürkheim.
- WAHL, S.A. (1988): Einfluss langjähriger pflanzenbaulicher Maßnahmen auf die Verunkrautung - Ergebnisse aus dem Lautenbach-Projekt. - Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft XI: 109-119. Stuttgart.
- WALTHER, H. (1986): Einfluss verschiedener Bodenbearbeitungsverfahren auf den Pflanzenbestand und einige Bodeneigenschaften. - Dissertation Universität Gießen, 188 S. Gießen.

Anschrift des Autors:

Albert Oesau  
Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz  
Essenheimer Str. 144  
55128 Mainz

Orgprints Nr. 687  
Oesau, Albert (2002) Vegetationskundliche Untersuchungen im Projekt "Ökologische Bodenbewirtschaftung" in Wörrstadt-Rommersheim 1995-2004: Zwischenbericht 2000 (preprint), in *Bodenbearbeitung und Bodengesundheit: Zwischenergebnisse im Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung in Wörrstadt-Rommersheim (Rheinhessen, Rheinland-Pfalz)*, page 47-56. Schriftenreihe der Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Mainz 13 (2002). Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Essenheimer Str. 144, D-55128 Mainz und Stiftung Ökologie und Landbau, Weinstr. Süd 51, D-67098 Bad Dürkheim.

## **Biodiversität ökologischer und integrierter Landwirtschaft – Natur- und sozialwissenschaftliche Untersuchungen zur Optimierung des Öko-Landbaus im Projekt**

Georg Eysel

### **1. Einleitung**

Der vorliegende Bericht ist ein Auszug aus der Dissertation des Autors (EYSEL 2001). Im Mittelpunkt steht der Beitrag der Landwirtschaft zum Erhalt und zur Förderung der biologischen Vielfalt. Die Art und Weise, wie Landwirtschaft betrieben wird, ist dabei aus verschiedenen Gründen von zentraler Bedeutung:

Die Umsetzung der Konvention zur Biologischen Vielfalt (CBD) geht in Deutschland kaum voran. Es mangelt dabei einerseits an Konzepten, andererseits sind die Nutzungskonflikte in einem dicht besiedelten Land wie der BRD sehr groß. Änderungsvorschläge stoßen meist auf große Widerstände der betroffenen Bevölkerungsteile.

Landwirtschaftliche Tätigkeit prägt den größten Teil der Landesfläche in den meisten Staaten der Erde. Damit ist sie die raumwirksamste Nutzungsart. Auf der Suche nach Wegen zur Umsetzung der CBD kommt ihr damit eine entscheidende Rolle zu.

Landwirtschaft findet an der Schnittstelle Mensch-Natur-Technik statt. Die weitgehende Bindung der Produktion an natürliche Abläufe ist ein entscheidender Unterschied zur Produktion industrieller Güter. Beim heutigen Trend zum „High-Tech auf dem Acker“ gerät er zunehmend in Vergessenheit.

## **2. Beikrautvorkommen im Verhältnis zur Bodenbearbeitung – Ergebnisse -**

Einer der stärksten anthropogenen Eingriffe in das Agrarökosystem ist zusammen mit der Ernte die Grundbodenbearbeitung. Sie steht im ökologischen Landbau in Wissenschaft und Praxis seit vielen Jahren in kontroverser Diskussion. In den hier gezeigten Untersuchungen wird zunächst die vegetationsökologische Situation bei wendender, halb wendender und nicht wendender Bodenbearbeitung im ökologischen Landbau verglichen.

Bezogen auf die Größe der Untersuchungsfläche und die ausgeräumte Agrarlandschaft Rheinhessens wurde mit 63 Arten eine hohe Zahl an Ackerwildkräutern gefunden. Zusammen mit der kontinuierlichen Zunahme des Artenspektrums und dem Auftreten von drei gefährdeten Arten zeigt dies deutlich die positiven Auswirkungen der ökologischen Bewirtschaftung seit der Umstellung im Jahr 1994. Der Einfluss der Kulturarten auf die getesteten vegetationsökologischen Parameter ist jedoch meist größer als der Effekt der variierten Grundbodenbearbeitung mit Pflug, Zweischichtenpflug und Schichtengrubber.

Lediglich die Artenzahl nimmt in der Reihenfolge der eben aufgeführten Techniken kontinuierlich ab, wobei dieses Ergebnis nicht repräsentativ ist. Umgekehrt verhalten sich die Deckungsgrade: Hier wurden signifikante Unterschiede festgestellt. Somit findet sich die höchste Artenzahl und der niedrigste Deckungsgrad bei Pflug-Bewirtschaftung. Umgekehrte Verhältnisse konnten für den nicht wendenden Schichtengrubber nachgewiesen werden, während der halb wendende Schichtenpflug eine Mittelstellung einnimmt. Die Deckungsgrade aller drei Varianten liegen im Mittel in einem landwirtschaftlich tolerierbaren und ökologisch erwünschten Bereich.

Zu einer abschließenden, interdisziplinären Bewertung der Varianten nach der Hälfte der Projektlaufzeit wurden relevante Ergebnisse anderer Forschungsgruppen herangezogen, die ebenfalls Untersuchungen im PÖB durchführen (vgl. EYSEL et al. 2000):

Die Parameter  $C_{Org}$ -Gehalt, Aggregatstabilität, mikrobielle Biomasse, Arten-, Individuenzahl von Lumbriciden, Gewicht von Lumbriciden, Wildkrautarten und Wildkrautdeckungsgrad sowie der Ernteertrag wurden dabei zueinander in Beziehung gesetzt. Beim Versuch einer Bewertung wurde anschließend

deutlich, dass der zugrundeliegende Maßstab das Ergebnis entscheidend beeinflusst (vgl. Tab. 1).

Der Autor plädiert diesbezüglich dafür, das langfristige Ziel einer ökologischen Landwirtschaft - den Erhalt der natürlichen Lebens- und Produktionsgrundlagen - vor das ökonomische Ziel kurzfristiger Ertragsmaximierung zu stellen. Folgt man dieser Wertsetzung, so kommt der nicht wendenden Variante aufgrund ihrer günstigeren ökologischen Auswirkungen die größte Bedeutung zu (Schichtengrubber).

Tab. 1: Positiver Einfluss (\*) variierter Grundbodenbearbeitung auf ausgewählte agrarökologische und landwirtschaftliche Parameter

Parameter	Pflug	Schichtenpflug	Schichtengrubber
C <sub>org</sub> -Gehalt			*
Aggregatstabilität			*
Mikrobielle Biomasse			*
Lumbriciden <sup>1</sup>			*
Wildkrautarten	*	(*)	
Wildkrautdeckung		* (?)	
Ernteertrag	*		

<sup>1</sup> Artenzahl und Gewicht

### 3. Diversifizierung der Rotationsbrache

Es schließen beispielhafte Untersuchungen zur ökologischen Diversifizierung der Rotationsbrache im PÖB an. Rotationsbrachegemische sind im ökologischen Landbau häufig in die Fruchtfolge integriert, um die Bodenfruchtbarkeit zu verbessern. Meist handelt es sich hierbei jedoch um „Leguminosen-Monokulturen“. Um die Diversität dieser Brachen zu erhöhen, wurden den Gemischen sorgfältig ausgewählte Ackerwildkräuter in verschiedenen Kombinationen zugesetzt. Die Auswahlkriterien hierfür schließen landwirtschaftliche und ökologische Ziele ein. Damit stehen die Versuche stellvertretend für den üblichen Zwang, Kompromisse zu finden zwischen den konkurrierenden Nutzungsansprüchen von Landwirtschaft und Naturschutz.

Drei Viertel der Arten kamen in den beiden Untersuchungsjahren (mit je zweifacher Wiederholung) zur Blüte. Diese Quote wird aufgrund zahlreicher,

eher widriger Umstände als Erfolg gewertet. Anschließend wurde der Einfluss der Flächenkompostierung (Mulchen) auf die Entwicklung des gesamten Gemisches geprüft. Dabei fiel auf, dass dieser Eingriff entgegen der Erwartung nicht nur hemmend wirkt, sondern einige Pflanzen in ihrer Entwicklung sogar fördert, wenn konkurrenzstärkere Arten zurückgedrängt werden. Dies lässt an neue Möglichkeiten der Gemischkomposition denken (Stufenaufbau).

Eine entomologische Erfolgskontrolle konnte aus Kapazitätsgründen nicht durchgeführt werden, wäre aber in Zukunft bei ähnlichen Versuchen auf jeden Fall wünschenswert. Jedoch wurde bei den Kartierungen eine ausgesprochen hohe Zahl und Diversität an Arthropoden festgestellt. Die Weiterführung dieser Versuche und die Ausweitung der Kenntnis über die ökologisch und landwirtschaftlich sinnvolle Gemischzusammenstellung erscheint nicht nur sinnvoll, sondern im Rahmen der ökologischen Optimierung des Bio-Landbaus notwendig. Das Ziel sollte in der Erarbeitung einer Palette von Gemischen bestehen, die sich für die unterschiedlichen Naturräume Deutschlands und angrenzender Gebiete als geeignet erweisen. Diese stünden den Landwirten zur Anwendung bzw., bei Bedarf, als Grundlage für eigene weiterführende Experimente der Diversifizierung zur Verfügung.

#### **4. Befragung von Landwirten**

Da eine humanökologische und interdisziplinäre Vorgehensweise auch die jeweiligen Zielgruppen einschließt, besteht der dritte Block aus einer schriftlichen Befragung von Öko-Landwirten zur Rolle der Biodiversität im ökologischen Landbau. Die Einstellung der eigentlichen Träger dieser Bewirtschaftungsform ist von zentralem Interesse, wenn es um die Einführung von Verfahren geht, die für die Biodiversität als günstiger zu bewerten sind. Angaben zu Naturraum, Betriebsstruktur und zur Person des Betriebsleiters waren dabei ebenso von Interesse wie Einschätzungen aus dem allgemeinen Themenbereich Landwirtschaft und Umwelt sowie zum spezielleren Themenfeld der Kultur- und Wildpflanzenvielfalt auf dem eigenen Betrieb. Auch die Akzeptanz der ökologisch diversifizierten Brachegemische (s. o.) wurde geprüft.

Die Öko-Landwirte sind sich über die Wichtigkeit des Biodiversitätsschutzes und der -förderung bewusst. Es scheint so, als seien sie „reif“ für eine stärkere Ökologisierung des Bio-Landbaus auf dem Weg zu einer nachhaltigen Landwirtschaft. Hierfür spricht unter anderem das Ergebnis, dass fast alle Befrag

ten (über 90%) in der stärkeren Implementierung naturschützerischer Ziele in die Richtlinien und das Gesetz zum ökologischen Landbau einen Image-Gewinn für den eigenen Betrieb und den Öko-Landbau sehen.

Nur knapp ein Fünftel der Befragten hat bisher Erfahrung mit der Zumischung von Ackerwildkräutern zu Brachegemischen. Die Offenheit gegenüber dem Einsatz derart veränderter Saatgut-Kompositionen scheint jedoch unabhängig davon zu sein, ob eigene Erfahrungen vorliegen oder nicht. Ihr Wissen über die jeweilige Zusammensetzung beziehen die Landwirte überwiegend aus eigener Erfahrung. Dadurch wird deutlich, dass sowohl die Saatgutfirmen als auch die Agrarberatung und die landwirtschaftliche Ausbildung auf diesem Gebiet großen Nachholbedarf haben. Dies unterstreicht nochmals die Bedeutung, welche einer Ausdehnung der Versuche zur ökologischen Optimierung der Brachegemische zukommt.

## 5. Synthese

In der Synthese der Arbeit werden schließlich die Ergebnisse der oben beschriebenen Versuche zusammengeführt. Darüber hinaus werden auch Schlussfolgerungen aus den bereits erwähnten Besonderheiten landwirtschaftlicher Arbeit und Produktion für eine nachhaltige Entwicklung gezogen. Hierbei wird deutlich, dass die globale Umweltkrise, welche die schwierige Situation von Landwirtschaft und Naturschutz einschließt, primär eine Werte- und damit innerpsychische Krise des modernen Menschen im Zeitalter anonymisierender Globalisierung ist. Durch sein Tun verlagert sie sich zusätzlich nach außen und wirkt dort destruktiv. In diesem Rahmen kann auf dieses Phänomen leider nicht eingegangen werden (ausführliche Informationen bei EYSEL 2001).

Eine weitere Ursache der Krise wird in aktuellen gesellschaftlichen Strukturen gesehen, die sich in der Fehlgewichtung gesellschaftlicher Subsysteme äußert: Das Politische scheint dabei zunehmend in einen verflochtenen Komplex aus Ökonomie und Technik abzuleiten. Hier ist es jedoch nicht mehr demokratisch legitimiert. Für den landwirtschaftlichen Bereich liegt eine logische Folge dieser Entwicklung im „Modell der differenzierten Landnutzung“, dessen landschaftsökologische Auswirkungen diskutiert werden. Betrachtet man die oben angedeutete gesellschaftliche Entwicklung und die sich daraus ergebende agrarstrukturelle Entwicklung jedoch nicht als unabänderlich, so wird die Überlegenheit eines anderen Konzeptes deutlich: „Naturschutz auf 100 %

der Fläche“ strebt eine flächendeckende nachhaltige Landwirtschaft an, in deren Zentrum ein ökologisch weiter zu entwickelnder Bio-Landbau steht.

## 6. Literatur

- EYSEL, G. 2001: Biodiversität ökologischer und integrierter Landwirtschaft - Natur- und sozialwissenschaftliche Untersuchungen zur Optimierung des Öko-Landbaus im Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung (PÖB). BfN-Skripten 41.
- HARTMANN, D. 1999: Diversität der Begleitflora einer ausgewählten Feldkultur im Vergleich zwischen ökologischem und integriertem Landbau im nördlichen Kraichgau. Wissenschaftliche Arbeit im Fach Biologie im Rahmen der wissenschaftlichen Prüfung für das Lehramt Gymnasium; Fakultät für Biologie, Universität Heidelberg (unveröff.).
- EYSEL, G., HAMPL, U., EMMERLING, C., BESTE, A., OESAU, A. & N. KUSSEL 2000: The interdisciplinary "Project Ecological Soil Management" (PÖB). - ALFÖLDI, TH., LOCKERETZ, W. & U. NIGGLI (Hrsg.): IFOAM 2000 - The World Grows Organic. Proceedings of the 13<sup>th</sup> International IFOAM Scientific Conference: 403-406. Zürich.

Anschrift des Autors:

Dr. Georg Eysel  
Institut für Biologisch-Dynamische Landwirtschaft  
Brandschneise 5  
64295 Darmstadt

## **Collembolen und Bodenbearbeitung: Qualitative Aspekte**

Ursula K. Bassemir

Im Langzeitversuch „Ökologische Bodenbewirtschaftung“ der Stiftung Ökologie & Landbau wurden zu Beginn der Versuchsphase unterschiedlich bearbeitete Flächen hinsichtlich ihrer Besiedlung durch verschiedene Mesofaunagruppen, insbesondere Collembolen untersucht. Nach Ablauf etwa der Hälfte der Versuchszeit sollte geprüft werden, ob und in wieweit sich mögliche Veränderungen in der Besiedlungsstruktur ergeben haben. Ein erster qualitativer Aspekt der Ergebnisse dazu soll hier aufgezeigt werden.

### **1. Material und Methode,**

Im November 2000 wurden in zwei Fruchtfolgegliedern Roggen und Grünbrache, mit je drei Bodenbearbeitungsvarianten Schichtengrubber (SG), Pflug (P) und Schichtenpflug (SP), sowie in einer Nullparzelle (Np) insgesamt 134 Bodenproben (je 100cm<sup>3</sup>) gezogen.

Die Probennahmetiefe war 3-7cm (oben) und 20-24 cm (unten) Die Proben wurden 14 Tage in einer von KUSSEL (in SOEL 1995-2000) modifizierten Kempsonanlage (KEMPSON ET AL, 1963) extrahiert, die ausgetriebenen Tiere in 5% Natrium-Benzolat aufgefangen, in 70% Äthanol überführt und konserviert. Die Proben wurden unter dem Stereomikroskop nach Gruppen sortiert, und die Collembolen nach GISIN (1960) und FJELLBERG (1980) bis auf Artniveau bestimmt.

### **2. Ergebnisse**

Die vom November 2000 aus 127 Volumenproben ermittelten Collembolen traten insgesamt auf allen Flächen zusammen mit einer mittleren Abundanz von 1.897 Individuen/m<sup>2</sup> auf. Die Verteilung auf die beiden Fruchtfolgeglieder lag bei der Grünbrache bei 2583 Individuen/m<sup>2</sup>, beim Roggen bei 1348 Individuen/m<sup>2</sup> im Mittel, die Nullparzelle wies die geringste Abundanz mit 561 Individuen/m<sup>2</sup> auf. Die 1996 von DOHN-HOFMANN (1996) für Acker gepflügt 5-9.000 und Acker gegrubbert 7-14.000 Individuen/m<sup>2</sup> angegebenen

Zahlen waren zwar höher, wurden aber auf ein größeres Probenvolumen bezogen.

Die hier gefundenen Individuen konnten den fünf Collembolenfamilien und 41 Arten zugeordnet werden (Abb. 1). DOHN-HOFMANN (1996) gibt 39 Arten an. Am häufigsten waren in der Gesamtpopulation die Isotomiden und die Onychiuriden vertreten (Abb. 2). Von den Isotomiden traten *Isotoma notabilis*, *Folsomia spinosa* und *Folsomides parvulus*, von den Onychiuriden *T. macrochaeta*, *O. armatus* und *O. jubilarius* am häufigsten auf.

## 2.1. Grünbrache

Die erfassten Collembolen ließen sich den fünf Collembolenfamilien Poduridae, Onychiuridae, Isotomidae, Entomobryidae und Sminthuridae zuordnen. Dabei stellen die Onychiuriden und Isotomiden zusammen mit über 70-80% den größten Anteil in allen Bearbeitungsvarianten (Abb. 3a,b,c). Die hier für diese beiden Familien gefundenen Dominanzen sind für alle drei Bearbeitungen niedriger, als die von DOHN-HOFMANN (1996) ermittelten Werte von über 90%.

Die hier beobachteten Artenzahlen der Bearbeitungsvarianten SG und P sind mit 16 Arten gleich. In der SP-Variante dagegen wurden 24 Arten gefunden. Die Dominanzspektren zeigen deutlich, dass in allen drei Bearbeitungsvarianten die Onychiuriden und Isotomiden vorherrschten, wobei der Onychiuridenanteil in der SG-Variante am höchsten war.

Die Dominanzstrukturen (Abb.6) der beiden Varianten SG und P zeigten jedoch, dass unterschiedliche Arten die hohen Dominanzränge (Eudominanz) besetzten. Während diese in SG und SP überwiegend von Onychiuriden (*O.armatus*, *T.macrochaeta*, bzw. *O. jubilarius*) eingenommen wurden, gefolgt von *F.parvulus* bzw. *I.notabilis*, rückt in P (Abb. 6) die Isotomide *I.notabilis* an erste Stelle.

Beim Vergleich der Siedlungsdichten in der oberen (3-7cm) und der unteren beprobten Schicht (20-24 cm) lagen die mittleren Werte in der oberen Schicht niedriger, während in den tieferen Schichten die Besiedlung stets höher auftraten, dies galt für alle drei Bearbeitungsvarianten (Abb. 9, 10, 11). Zudem wiesen die obere und untere beprobte Schicht unterschiedliche Artendominanzen auf.

## 2.2. Roggen

Für die Zuordnung der Collembolen zu den Familien galt gleiches wie in der Grünbrache. Auch hier stellten Onychiuriden und Isotomiden zusammen den Hauptanteil (Abb. 4a, b, c). In Variante P und SP traten beide Familien zusammen mit über 90% auf, in der SG-Variante dagegen mit nur etwa 50%.

Auch im Roggen waren die beobachteten Artenzahlen der beiden Bearbeitungsvarianten SG und P gleich, es wurden jedoch nur 13 Arten festgestellt. Die Artenzahl in der Variante SP lag (wie im Fruchtfolgeglied Grünbrache) höher und betrug 17. Auch hier nahmen unterschiedliche Arten insbesondere die hohen Dominanzränge ein, wie in den Artenspektren zu erkennen war (Abb. 7).

Der Vergleich der mittleren Siedlungsdichten in den Bodenschichten zeigte in der P- und SP-Variante eine geringere Besiedlung der Oberkrume durch Collembolen, mit Ausnahme der SG-Variante, bei der eine geringfügig niedrigere Besiedlung im tieferen Bereich auftrat. Im Vergleich zur Grünbrache waren die im Roggen beobachteten Dichten jedoch deutlich niedriger (Abb. 9, 10, 11). Auch hier waren bzgl. der Bearbeitungsvarianten Unterschiede in der Arten-Dominanzstruktur der beiden Schichten zu erkennen.

## 2.3. Nullparzelle

In der Nullparzelle konnten nur Collembolen der Familien Onychiuriden, Isotomiden, Entomobryiden und Sminthuriden nachgewiesen werden. Auch hier dominierten die beiden erstgenannten Familien mit etwas über 70% (Abb. 5). Anders verhielten sich die dort ermittelten Artenzahlen. Mit nur 7 Arten lag die Nullparzelle deutlich weit unter denen der Fruchtfolgeglieder Grünbrache bzw. Roggen. In der Dominanzstruktur lagen die Isotomiden mit 33% Dominanz von *I. notabilis* an erster Stelle, gefolgt von *T. macrochaeta* mit 16% (Abb. 8)

Hinsichtlich der Besiedlung mit Collembolen unterschied sich die Nullparzelle deutlich von den beiden Bearbeitungsvarianten insofern, als die oberen Bodenschichten deutlich höhere Besiedlungsdichten aufwiesen als die tiefer liegende Schicht (Abb. 9, 10, 11). Dabei wurde die obere Bodenschicht überwiegend von *Isotoma notabilis*, die tiefere Schicht hingegen überwiegend von *T. macrochaeta* besiedelt.

#### **2.4. Einfacher Vergleich der Arteninventare (Soerenenquotient)**

Wurden innerhalb eines Fruchtfolgeglieds die Collembolengemeinschaften hinsichtlich ihrer gemeinsamen Arten verglichen, so stimmten in der Grünbrache die Bearbeitungsvarianten SG/SP und P/SP zu 60%, SG/P zu 62% ihrer Arteninventare überein. Im Roggen stimmten die Varianten SG/P in nur 46%, die Varianten SG/SP zu 58% und schließlich die Varianten P/SP zu 51% überein.

### **3. Zusammenfassung und Ausblick**

Die vorliegende Bestandsaufnahme lässt zum derzeitigen Stand der Auswertung folgende Aussagen zu:

Die Artenzahlen der Gesamtpopulation haben sich in vier Jahren nur unwesentlich geändert. Im November 1996 wurden 39 Arten, im November 2000 wurden 41 Arten gefunden. Der Hauptanteil der Collembolen wird, wie 1996, von den hemiedaphisch lebenden Isotomiden und den euedaphischen Onychiuriden gebildet.

Für das Fruchtfolgeglied Grünbrache 2000 bestehen hinsichtlich der ermittelten Arten- und Dominanzspektren Unterschiede zu den 1996 vorgefundenen. Bezüglich der Auswirkungen der Bodenbearbeitungsvarianten konnten 1996 für ausgewählte Collembolengruppen signifikante Abhängigkeiten nachgewiesen werden. Die hier gefundenen Besiedlungsunterschiede zwischen oberer und tiefer liegender Bodenschicht deuten auf ähnliche Beziehungen hin.

Das Fruchtfolgeglied Roggen 2000 findet keine Entsprechung zu früheren Untersuchungen, und wird deshalb nur in Bezug zur Grünbrache 2000 gesetzt. Auch hier sind Unterschiede in Arten- und Dominanzspektren auffällig. Hinsichtlich der unterschiedlichen Abundanzen in den zwei beprobten Bodentiefen für Schichtengrubber, Pflug und Schichtenpflug, entsprechen die Roggen-2000-Werte denen der Grünbrache 2000 : Die Oberkrume ist stets geringer besiedelt als die Unterkrume. Dennoch liegen die Roggenabundanzen sowohl in Ober- als auch Unterkrume teilweise bis zu 50% unter denen der Grünbrache.

Wegen der hohen zu bearbeitenden Datenfülle und um Fehlinterpretationen zu vermeiden, sind an dieser Stelle nur Tendenzen aufgezeigt. Detaillierte quantitative Aspekte hinsichtlich des Verhaltens der Collembolen in den verschiedenen Fruchtfolgegliedern und deren Bodenbearbeitungsvarianten werden demnächst (BASSEMIR, in Vorbereitung) vorgestellt.

#### 4. Literatur

- DOHN-HOFMANN, M. (1996): Untersuchungen zum Einfluss der ökologischen Bodenbewirtschaftung auf die Collembolen des Versuchsfeldes „Eichenhof“. Diplomarbeit, Zoologisches Institut, Joh. Gutenberg Universität Mainz.
- FJELLBERG, A. (1980): Identification keys to Norwegian Collembola. – Norsk Entomologisk Forening.
- GISIN, H. (1960): Collembolenfauna Europas. Musee D'Histoire Naturell, Genf : 312 pp.
- KEMPSON, D. & LLOYD, M. & GHELARDI, R. (1963), A new extractor for woodland litter, PEDOBIOLOGIA 3, S. 1-21.
- SOEL 1995-2000: Jahresberichte zum Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung. Stiftung Ökologie & Landbau, Bad Dürkheim.

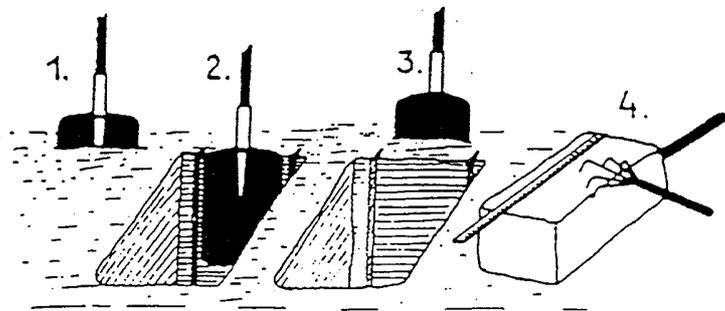
Anschrift der Autorin:

Dr. Ursula K. Bassemir  
Raiffeisenstr. 39  
67071 Ludwigshafen/Rh

## Weiterentwicklung und Erprobung der Spatendiagnose als Feldmethode zur wissenschaftlichen Beurteilung ökologisch wichtiger Funktionsparameter landwirtschaftlich genutzter Böden

Andrea Beste

In seinem Jahrgutachten 1994 „Die Welt im Wandel - die Gefährdung der Böden“ bezeichnete der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) das Ausmaß der weltweiten Bodenzerstörung als eine ernste Bedrohung unserer Ressourcen zur Nahrungsmittelproduktion.



Auf der neunten Tagung der Internationalen Gesellschaft für Bodenschutz (ISCO) „Towards Sustainable Landuse“ 1996 in Bonn wurde die Dringlichkeit der Bekämpfung der weltweit fortschreitenden Bodendegradation nochmals international betont. In den Zusammenfassungen und Empfehlungen (ISCO 1996) dieser internationalen Tagung wird zur Bekämpfung der Bodenzerstörung der Bedarf an einfachen, auch für Nichtwissenschaftler anwendbaren Methoden der Bodenbeurteilung formuliert. Geeignete Indikatoren und aussagekräftige Methoden zur Erfassung und Beurteilung der Auswirkungen der Bodennutzung auf die ökologische Funktionsfähigkeit der Böden seien zu ermitteln beziehungsweise zu entwickeln. Die Beurteilungsmethoden sollten

bäuerliches Wissen und Erfahrung mit einbeziehen, kurzfristig und in verständlicher Form vermittelbar sowie international verbreitbar sein. Die Aussagekraft qualitativer Daten wird in diesem Zusammenhang hervorgehoben (ISCO 1996).

Die landwirtschaftliche Bodennutzung, die den flächenmäßig größten Anteil an der weltweiten Bodennutzung stellt, führt weltweit bei einem Drittel der genutzten Flächen zu Bodendegradation. Es besteht daher besonderer Bedarf an einfachen, kostengünstig anwendbaren Bodenuntersuchungsmethoden geringen technischen Aufwands, um die Auswirkungen unterschiedlicher Bewirtschaftungssysteme und -praktiken auf die drei ökologischen Bodenfunktionen Lebensraumfunktion, Regelungsfunktion und Produktionsfunktion dokumentieren und beurteilen zu können.

### **1. Sinn und Zweck der „Erweiterten Spatendiagnose“ (ESD)**

Auch aufgrund der Erfahrungen im vorliegenden Projekt wird vorgeschlagen, das Bodengefüge aufgrund seiner nach aktuellem Forschungsstand bekannten vielfältigen Verknüpfung mit der Lebensraum-, Regelungs-, und Produktionsfunktion als geeigneten Indikator für die ökologische Funktionsfähigkeit des Bodens heranzuziehen. Mit der „Erweiterten Spatendiagnose“ (im folgenden „ESD“ abgekürzt) nach HAMPL & KUSSEL (1994) wird eine aus der GÖRBING-Spatendiagnose (GÖRBING & SEKERA 1947) entwickelte, einfache, wissenschaftlich besser auswertbare Version der Gefügezustandsbeurteilung mit dem Spaten vorgestellt, die den Empfehlungen der ISCO gerade in Bezug auf leichte Vermittelbarkeit und geringen technischen Aufwand sehr nahe kommt. Forschungsziel der Arbeit ist es, die Aussagekraft der dabei zur Anwendung kommenden Methoden hinsichtlich bewirtschaftungsbedingter Auswirkungen auf den Bodenzustand zu überprüfen.

### **2. Inhalt der ESD**

Die ESD umfaßt eine Gefügebönnitur, einen einfachen Aggregatstabilitätstest, die Zählung der Wurzelöichte im Unterboden mittels Schablone oder mittels einer Wurzelbönnitur, die Ermittlung von Bodenfeuchte, Porenvolumen bzw. Lagerungsdichte mit Hilfe von Stechzylindern sowie die Messung des Abscherwiderstands. Bönniturmethöden, denen nach aktuellem Forschungsstand

wünschenswerte Gefügestände als Maßstab zugrunde liegen, werden auf diese Weise (qualitativ, aber quantifizierbar) mit der Messung bodenphysikalischer Kennwerte (quantitativ) kombiniert.

Aktuell angewandte Methoden der Messung der Aggregatstabilität können nicht zwischen biologischer und verdichtungsbedingter Stabilität von Aggregaten unterscheiden. Dies kann zu fehlerhaften Schlußfolgerungen über die Funktionsfähigkeit der Böden führen.

Mit der zusätzlichen Durchführung von Bonituren der Aggregatmorphologie der Mesostruktur sollte in der vorliegenden Arbeit der Zusammenhang zwischen biologisch bedingter oder verdichtungsbedingter Aggregatstabilität, der Bildung ackerbaulich wertvoller Aggregatformen (schwammartig, porös - Krümel) und dem Gefügestand differenziert herausgearbeitet werden.

### **3. Zwei Versuchsansätze**

Anhand zweier Versuchsansätze wurde die Empfindlichkeit der angewandten Parameter bezüglich der Beeinflussung durch Standortfaktoren und Bewirtschaftungssysteme bzw. -praktiken sowie ihre Aussagekraft hinsichtlich der Beeinflussung der ökologischen Funktionsfähigkeit des Bodens durch die Bewirtschaftungsfaktoren überprüft:

Versuchsansatz 1 beinhaltete die Dokumentation der Gefügedynamik in einer typischen Fruchtfolge bei ökologischer Bewirtschaftung (Sommergerste, Grünbrache, Winterweizen; mit Zwischenfrüchten auf den Bodenzustand mit Hilfe der Gefügebönetur, der Bönetur der Aggregatmorphologie, dem Aggregatstabilitätstest und der Bodenfeuchte (Probenahmen im März, Mai, Juli und September).

Im zweiten Versuchsansatz wurde ein Vergleich der Auswirkungen von Grünbrache und Marktfrucht (Roggen) bei ökologischer Bewirtschaftung auf den Bodenzustand (Probenahme jeweils im Mai) mittels einer umfassend durchgeführten „Erweiterten Spatendiagnose“ und der zusätzlichen Bönetur der Aggregatmorphologie vorgenommen. Beide Versuchsansätze umfassen die Untersuchung der drei Grundbodenbearbeitungsvarianten Schichtengrubber (nicht wendend), Schichtenpflug (bis 15 cm flach wendend) und Pflug (bis 30 cm tief wendend) und wurden drei Jahre lang (1996-1998) beprobt.

## **4. Ergebnisse**

Die Untersuchung der Beeinflussung der angewandten Parameter durch die Standortfaktoren Bodentiefe, Ausgangssubstrat und Bodenfeuchte kommt zu folgenden Ergebnissen:

### **4.1. Bodentiefe**

Der Maßstab der Gefügenote ist für unterschiedliche Bodentiefen in der Bonitur unterschiedlich, das heißt, den bioökologischen Bodenhorizonten entsprechend gewählt. Die Ergebnisse der Gefügebeurteilung liefern eine direkte Bewertung des jeweiligen Bodenzustands (Noten 1-5) in Entfernung zum Optimalzustand (Note 5). Der bodenkundlich dokumentierte gute Gefügestand des Unterbodens auf den Versuchsflächen wird mit Noten deutlich über drei treffend erfaßt. Die Oberkrume wird als noch entwicklungsfähig eingestuft und bei der Unterkrume werden leichte Mängel im Gefügestand dokumentiert. Diese wurden bei der Umstellung auf nicht wendende Grundbodenbearbeitung (hier zu zwei Dritteln der Versuchsfläche) schon häufig beobachtet.

Die Ergebnisse der Parameter Aggregatstabilität und Aggregatmorphologie bestätigen den aktuellen Forschungsstand über die typische Differenzierung der biologischen Aktivität in unterschiedlicher Bodentiefe. Aggregatstabilität und Häufigkeit von Krümeln nehmen mit zunehmender Bodentiefe ab.

Lagerungsdichte und Abscherwiderstand bestätigen entsprechende bodenphysikalische Erfahrungen mit der Ackerkrume. Beide nehmen mit der Bodentiefe zu.

### **4.2. Ausgangssubstrat**

Die Beeinflussung der Parameter durch die unterschiedlichen Ausgangssubstrate „Löß und Löß ü. Mergel“ und „Kalk- und Tonmergel“ zeigen eine Beeinflussung der Gefügebeurteilung in Richtung höherer Noten bei höherem Skelettanteil des Bodens (Kalk- und Tonmergel), was funktionsökologisch nachvollziehbar ist.

Die bekannte Erhöhung der Aggregatstabilität durch höhere Kalk- und Tongehalte wird bestätigt. Der Krümelanteil wird von keinem der hier vorliegenden Ausgangssubstrate eindeutig nachweisbar beeinflusst. Lagerungsdichte und Abscherwiderstand zeigen keine Unterschiede bei den Ausgangssubstraten.

#### 4.3. Bodenfeuchte

Die Bodenfeuchte zeigt vor allem in Versuchsansatz 1 (mit Jahresdynamik und stark unterschiedlichen Feuchtespektren je nach Jahreszeit) eine Beeinflussung der Parameter. Diese wird in Versuchsansatz 2 (ohne Jahresdynamik) tendenziell bestätigt. Bei Bodenfeuchtwerten über 20% werden höhere Gefügenoten gegeben. Die Aggregatstabilität ist niedriger, die Krümelanteile höher.

Die deutliche Beeinflussung der Gefügenote, des Krümelanteils und der Aggregatstabilität über 20% Bodenfeuchte werden auf die Bildung von „Pseudokrümeln“ (KULLMANN 1958) zurückgeführt, die - vor allem im Frühjahr bei niedriger biologischer Aktivität und Stabilisierung - zur Ausprägung einer guten, aber gegenüber Wassereinwirkung sehr instabilen Bodenstruktur führt. Darüber hinaus werden detaillierte Beobachtungen über das Verhalten von dichten (Polyedern), wenig porösen (Subpolyedern) und krümelig-porösen Aggregaten (Krümeln) bei unterschiedlichen Feuchtezuständen und in den Jahregängen einer dreijährigen Fruchtfolge beschrieben.

Lagerungsdichte und Abscherwiderstand zeigen keinen Einfluß der Bodenfeuchte. Die aus der Literatur bekannte Beeinflussung des Abscherwiderstands bei Bodenfeuchtwerten um Feldkapazität (bei dem hier vorliegenden Boden wären dies um 30% Bodenfeuchte) konnte aufgrund zu niedriger Bodenfeuchtwerte nicht dokumentiert werden.

Beim Parameter Wurzeldichte wird ein umgekehrt proportionales Verhältnis zur Bodenfeuchte bei gleichen Probenahmeterminen beobachtet, was mit der Suche der Wurzeln nach Wasser im Boden erklärt wird (KÖNEKAMP & ZIMMER 1954).

#### **4.4 Auswirkungen der Grünbrache innerhalb der Fruchtfolge sowie im Vergleich zu Roggen**

Die empfindliche Erfassung der Auswirkungen der Grünbrache innerhalb der Fruchtfolge und im Vergleich zu Roggen mit Hilfe der angewandten Parameter wird durch folgende Ergebnisse dokumentiert:

- Erhöhung der Gefügenote
- Erhöhung der Aggregatstabilität bis unter die Folgefrucht
- Verstärkte Krümelbildung und -stabilisierung
- Die bodenphysikalischen Kennwerte zeigen eine Tendenz zu geringeren Abscherwiderständen und Lagerungsdichten unter Grünbrache

#### **4.5. Vergleich der Grundbodenbearbeitungsvarianten**

- Keine statistisch absicherbare Unterschiede in der Gefügenote
- Deutlich höhere Aggregatstabilität in Ober- und Unterkrume bei nicht wendender Bearbeitung (Schichtengrubber)
- Keine statistisch absicherbaren Unterschiede im Krümelanteil
- Höhere Stabilität der Krümel in der Oberkrume bei nicht wendender Bearbeitung (Schichtengrubber)
- Keine Unterschiede in der Lagerungsdichte, gleichmäßigerer Anstieg des Abscherwiderstands im Bodenprofil bei nicht wendender Bearbeitung (Schichtengrubber)
- Keine Unterschiede in der Wurzeldichte

#### **4.6. Aussagekraft der Methoden**

Die Aussagekraft der im Vergleich zur Bonitur nach HAMPL & KUSSEL (1994) verbesserten Gefügebönitur wird durch die vorgelegten Ergebnisse in Übereinstimmung mit der Literatur bestätigt. Die Gefügenote zeigt, wie stark der Gefügezustand des Bodens vom Optimalzustand oder Negativzustand abweicht.

Qualitativ unterschiedliche Zustände, die sich über Methoden der Einzelparameter-Messung oft nicht erfassen und ausreichend bewerten lassen, gehen in ihrer Gesamtkomplexität direkt in eine Beurteilung ein. Das Ergebnis ist eine einfache Note (Zahl), die sich statistisch einfach verrechnen lässt. Mit

Hilfe dieser Zahl (oder des Mittelwerts) wird der komplexe Zustand sehr übersichtlich repräsentiert und lässt sich schnell mit anderen Parametern vergleichen.

Der hier angewandte Aggregatstabilitätstest mit feldfeuchten Aggregaten zwischen 3 und 5 mm (für die Krümenhorizonte) und Zerfallsbonitur entspricht in seiner Aussagekraft den in der Literatur aktuell vorliegenden Kenntnissen über die an der Aggregatstabilisierung beteiligten Faktoren. Darüber hinaus ist er wenig aufwendig und durch die Neuentwicklung eines Boniturschemas für die Verschlammungsbonitur im Vergleich zur Methode nach HAMPL & KUSSEL (1994) weniger abhängig von der subjektiven Einschätzung des Betrachters. Der Test führte zu klaren Unterschieden der untersuchten Varianten.

Die Aussagekraft der Wurzelichte als „Bioindikator“ für den Gefügestand bleibt bei niedriger Stichprobenanzahl wackelig. Es wird daher empfohlen, im Falle geringer Stichprobenanzahl bei Durchführung der kompletten ESD die quantitative Methode der Wurzelzählung durch eine qualitative Wurzelbonitur zu ersetzen und im Falle von Teiluntersuchungen mit der ESD mit erhöhter Stichprobenanzahl auf die Wurzelzählung mit Schablone zurückzugreifen.

Die Aussagekraft der bodenphysikalischen Kennwerte Lagerungsdichte und Abscherwiderstand wurde in Übereinstimmung mit der Literatur bestätigt.

Die in der ESD verwendeten Parameter und Methoden zeigen, wie die überwiegende Anzahl an Bodenbeurteilungsmethoden, Beeinflussung durch unterschiedliche Bodensubstrate und unterschiedliche Bodenfeuchten. Dieser Erkenntnis wurde, soweit möglich, in Empfehlungen zum Einsatz der aktuellen Version der ESD Rechnung getragen.

Darüber hinaus wurden Vorschläge für die Berücksichtigung unterschiedlicher Böden (Lehm-, Sand- und Tonböden) bei Gefügeböden und Aggregatstabilitätstest entwickelt und präsentiert, die aber bisher nicht getestet sind. Hier besteht weiterhin Forschungsbedarf.

Die ESD kann in ihrer weiterentwickelten und erstmals erprobten Version gemäß den Anforderungen der ISCO einen Beitrag dazu leisten, wissenschaftlich und dennoch praxisnah Entscheidungsfindungen bezüglich ressourcenschonender Bewirtschaftungssysteme und -maßnahmen zu erleichtern. Sie bietet besondere Vorteile in Regionen und Projekten, wo Untersuchungen mit

hohem technologischem Aufwand nicht finanzierbar oder nicht durchführbar sind. Daher ist ihre Anwendung auch in sogenannten Entwicklungsländern zu empfehlen.

## 5. Literatur

- BESTE ET AL. (2001): Bodenschutz in der Landwirtschaft. Einfache Bodenbeurteilung für Praxis, Beratung und Forschung. Ökologische Konzepte 101, Stiftung Ökologie und Landbau, Bad Dürkheim
- BESTE, A. (2002): Weiterentwicklung und Erprobung der Spatendiagnose als Feldmethode zur Bestimmung ökologisch wichtiger Gefügeeigenschaften landwirtschaftlich genutzter Böden. Dissertation Universität Gießen, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
- GÖRBING, J. & SEKERA, F. (1947): Die Spatendiagnose - Ziel und Grundlage der zweckmäßigen Bodenbearbeitung. Hannover
- HAMPL, U. & KUSSEL, N. (1994): Die Erweiterte Spatendiagnose. Unveröffentlicht
- ISCO (Hg.) (1996): Conclusions and recommendations of ISCO'96. Bonn

Anschrift der Autorin:

Andrea Beste  
Beratungsbüro Ökologischer Landbau und Bodenschutz – Beratung und Fortbildung  
Osteinstr. 14  
55118 Mainz  
[www.gesunde-erde.net](http://www.gesunde-erde.net)

**Untersuchungen zur Wurzelndynamik in einer fünfgliedrigen Ackerfruchtfolge bei wendender und nichtwendender Bodenbearbeitung im ökologischen Landbau**  
- Erste Ergebnisse - <sup>1</sup>

Tanja Plümer

## **1. Einleitung**

Seit der Vegetationsperiode 1998/1999 werden Untersuchungen zur Durchwurzelung des Bodens und des Bodengefüges auf den Versuchsflächen des „Projektes Ökologische Bodenbewirtschaftung“ durchgeführt. Dabei sind eventuelle Unterschiede durch die drei Bearbeitungsvarianten Pflug, Schichtenpflug und Schichtengrubber von zentralem Interesse. Es stellt sich weiterhin die Frage, inwieweit die Grünbrache und Zwischenfrüchte, die nach Ernte der Hauptkulturfrüchte folgen, durch ihre Wurzeleistung den Boden regenerieren und vermehrt mit Energie versorgen.

## **2. Material und Methoden**

Es werden im Laufe des Untersuchungszeitraumes (1999 bis 2002) alle Parzellen mit allen angebauten Früchten des Blockes A der Versuchsflächen auf dem Eichenhof beprobt. Die Parzellen 4 bis 6 sowie 13 bis 15 werden kontinuierlich zur Beprobung herangezogen.

Als Zeitpunkte wurden vier Termine ausgewählt: kurz nach der Aussaat im Oktober/November, gegen Ende des Winters im Februar/März, im Frühjahr im Mai/Juni und im August/September kurz vor dem Umbrechen der Grünbrache. An den jeweiligen Terminen werden nicht alle, sondern nur ausgewählte Früchte beprobt.

In der Vegetationsperiode 1998/1999 wurden Bodenproben unter Sommerroggen (wetterbedingter Ersatz für den sonst verwendeten Winterroggen) und Grünbrache genommen. In der darauffolgenden Periode wurde der Boden

---

<sup>1</sup> E-Print Nr. 688; bibliographische Angaben am Ende des Dokuments

unter der Zwischenfrucht, der Grünbrache, dem Winterweizen und -roggen und der Braugerste untersucht.

Dabei kommen die Erweiterte Spatendiagnose nach HAMPL & KUSSEL (1994) und die Bohrkernbruchmethode nach HELLRIEGEL zum Einsatz. Bei der Erweiterten Spatendiagnose (ESD) nach HAMPL & KUSSEL (1994) wird ein Bodenriegel von 40 cm Länge durch einen speziellen Mulden- und Flachspaten aus dem Boden präpariert. Anhand dieses Bodenblockes werden Bodengefüge und Wurzelverteilung beobachtet.

Eine zusätzliche Wurzelbonitur (Abb. 1) wurde auf Grundlage der Arbeiten von A. BESTE (1996) und G. BÖCK (1997) weiterentwickelt. Die von A. Beste in ihrer Promotion weitergeführte und auf den Versuchsflächen des Eichenhofes erprobte Gefügeböschung (Abb. 2) wurde übernommen. Desweiteren werden Stechzylinder-Proben entnommen, um Porenvolumen, Wassergehalt und Lagerungsdichte zu bestimmen. Die Parameter des Abscherwiderstandes sowie die Bestimmung der Aggregatstabilität (Bestandteile der ESD) werden nicht berücksichtigt.

Bei der Bohrkernbruchmethode nach HELLRIEGEL wird eine Bodensäule (15 cm lang, 8 cm Durchmesser) mittels eines speziell gefertigten Wurzelbohrers aus dem Boden entnommen und diese auf halber Länge parallel zur Bodenoberfläche gebrochen, so dass alle austretenden Wurzeln auf beiden Bruchflächen gezählt sowie deren Durchmesser ermittelt werden kann.

### **3. Ergebnisse**

#### **3.1 Grünbrache November 1999 bis August 2000**

Mitte November, bei der ersten Beprobung nach Aussaat, zeigen sich bei den Wurzelzahlen in der Pflugvariante (Abb. 3.1) in der Oberkrume leicht erhöhte Werte gegenüber Schichtenpflug und Schichtengrubber. Bei der Wurzelbonitur in der ESD (Abb. 4) sind diese Werte nicht erkennbar. Die Gefügebewertung in allen drei Bearbeitungsvarianten ist gut und zeigt keine erkennbaren Unterschiede.

Die Beprobung Anfang März (Abb. 3.1) zeigt bei den Wurzelzahlen in der Ober- und Unterkrume einen leichten Rückgang beim Pflug (von 52 auf 41 in der Oberkrume; von 25 auf 21 in der Unterkrume), während Schichtenpflug

und Schichtengrubber erhöhte Werte gegenüber November aufweisen und jetzt höhere Wurzelzahlen pro Bohrkern haben als der Pflug. Die Wurzelbeurteilung durch die ESD (Abb. 5) bestätigt diese Ergebnisse mit höherer Boniturnote in Ober- und Unterkrume bei Schichtenpflug und Schichtengrubber.

Die Werte der Gefügebeurteilung sind denen der letzten Beprobung ähnlich mit Ausnahme des Wertes in der Oberkrume im Schichtengrubber, der von Note 4 auf 2,5 gesunken ist. Die nachfolgenden Termine im Mai (Abb. 6) und August (Abb. 7) zeigen aber erneut einen Wert von 4, so dass sich dieser Wert relativiert.

Die Wurzelzahlen steigen von März bis Juni (Abb. 3.1 und 3.2) weiter an bis auf Werte von über 200 Wurzeln pro Bohrkern. Lediglich der Schichtenpflug zeigt bereits im Juni gegenüber dem Vormonat geringere Werte; die anderen Bearbeitungsvarianten folgen etwas später nach, wahrscheinlich bedingt durch trockene Bodenverhältnisse. Der letzte Termin Ende August (Abb. 3.2) zeigt ein nochmaliges Ansteigen der Wurzelzahlen, was auf eine hohe Niederschlagsmenge im Juli (gesamt 171 mm) zurückgeführt werden kann.

Die Werte der Gefügebeurteilung unterliegen nur geringen Schwankungen während des Vegetationsverlaufs.

### **3.2 Zwischenfrucht Oktober 1999**

Die Probenahme in der Zwischenfrucht erfolgte ca. zwei Wochen vor Beprobung der Grünbrache bei gleichem Aussaattermin. Es bestätigt sich ein schnelleres Auflaufen gegenüber der Grünbrache. Die Wurzelbonitur (Abb. 8) ist trotz gering erhöhter Wurzelzahlen (Abb. 9) deutlich besser eingeschätzt worden. Die Gefügebonitur mit hohen Werten weist auf die strukturverbessernde Leistung der Zwischenfrucht hin.

### **3.3 Winterroggen April bis Juli 2000**

Ende April liegen die Wurzelzahlen in der Oberkrume in der Schichtengrubbervariante (Abb. 10) deutlich vor denen im Pflug und Schichtenpflug. In der Unterkrume sind die Wurzelzahlen unter Pflug höher. In der ESD (Abb. 11) bestätigt sich, daß die Schichtenpflugvariante im Wurzelwachstum zurück

liegt. Der Pflug zeigt sehr gute Werte; Schichtenpflug und Schichtengrubber folgen mit guten Werten.

Ende Juli kurz vor Ernte haben sich die Wurzelzahlen unter Pflug und Schichtengrubber in der Oberkrume (Abb. 10) gegenüber April verringert; unter Schichtenpflug ist eine Zunahme der Wurzelzahlen zu verzeichnen, sowohl in Ober- als auch Unterkrume. Die Wurzelbonitur (Abb. 12) zeigt in Ober- und Unterkrume ähnliche Werte. Die Gefügeböntonitur zeigt im Pflug geringere Werte, während sich die Werte unter Schichtenpflug und Schichtengrubber verbessert haben. Die Werte im Unterboden sind sehr gut beurteilt worden.

#### **4. Ausblick**

Die Wurzeleistung der Grüngemenge innerhalb der Fruchtfolge mit ihrer Auswirkung auf die Bodenstruktur kann durch die angewandten Methoden dokumentiert werden. Eine Verbesserung der Wurzeleistung durch konservierende Bodenbearbeitungsmethoden (Schichtenpflug, Schichtengrubber) scheint sich anzudeuten. Eine differenzierte Interpretation der Auswirkungen der Bodenbearbeitungsmethoden auf die Wurzeldynamik wird nach Auswertung aller Ergebnisse möglich sein.

Abb. 1: **Wurzelbonitur** (verändert nach Böck und Beste)

Horizont	Erscheinungsbild	Wurzelnote
Oberkrume 0-15 cm	sehr viele Wurzeln mit sehr vielen Verzweigungen und hohem Feinwurzelanteil, gleichmäßige Verteilung, weitgehend Wurzeln mit Erdkrümeln verklebt, Wurzelknöllchen vorhanden	5
	Übergangsbereich	4
	viele Wurzeln mit Verzweigungen und Feinwurzeln, größtenteils gleichmäßig verteilt, z.T. jedoch in Nestern wachsend, großer Teil der Wurzeln mit Erdanhang, vereinzelt Wurzelknöllchen	3
	Übergangsbereich	2
	wenige Wurzeln mit wenigen Verzweigungen, sehr ungleichmäßig verteilt, z.T. horizontal wachsend	1
Unterkrume 15-30 cm	viele Wurzeln mit vielen Verzweigungen und Feinwurzeln, größtenteils gleichmäßig verteilt, großer Teil der Wurzeln mit Erdanhang, Wurzelknöllchen vorhanden	5
	Übergangsbereich	4
	mäßig viele Wurzeln mit Verzweigungen und Feinwurzeln, weitgehend gleichmäßig verteilt, jedoch auch deutliche Wurzelnerster erkennbar, großer Teil der Wurzeln ohne Erdanhang, Wurzeln z.T. in Röhren wachsend, wenig Wurzelknöllchen	3
	Übergangsbereich	2
	wenige Wurzeln, kaum Verzweigungen und Feinwurzeln erkennbar, ungleichmäßig verteilt, z.T. horizontal wachsend und stark geknickte Wurzelabschnitte vorhanden, z.T. Wurzeln in Röhren wachsend	1
Unterboden 30-40 cm	einige Wurzeln mit Verzweigungen und Feinwurzeln, gleichmäßig verteilt, Wurzeln mit Erdkrümeln verklebt	5
	Übergangsbereich	4
	wenige Wurzeln mit wenigen oder ohne Verzweigungen, z.T. horizontal oder in Röhren wachsend, Wurzeln mit wenig oder ohne Erdanhang	3
	Übergangsbereich	2
	sehr wenige oder keine Wurzeln, diese sehr ungleichmäßig verteilt, Wurzeln in Röhren wachsend	1

Abb. 2: **Gefügebönetur** (nach Beste 1996)

Horizont	Erscheinungsbild	Wurzelnote
Oberfläche 0-5 mm	rauh, Einzelaggregate erkennbar, Wurmkot, keine Verschlämmung, keine Krusten	5
	Übergangsbereich	4
	Aggregate verschlämmt, kaum Wurmkot, beginnende Krustenbildung (Risse)	3
	Übergangsbereich	2
	Krusten, Risse, Verschlämmung, Versiegelung	1
Oberkrume 0-15 cm	über 80% Krümelgefüge, bei hohem Tongehalt auch kleine Polyeder, locker, wenig Bröckel	5
	Übergangsbereich	4
	Mischgefüge aus oder nach leichtem Druck Zerfall in Krümel (kleine Polyeder) und Bröckel	3
	Übergangsbereich	2
	Bröckel und scharfkantige Fragmente/Klumpen mit glatter Oberfläche oder ungegliedertes Gefüge, kaum Krümel	1
Unterkrume 15-30 cm	Mischgefüge aus oder nach leichtem Druck Zerfall in Krümel (kleine Polyeder) und Bröckel	5
	Übergangsbereich	4
	Bröckel und dichte, größere Fragmente/Klumpen mit teilweise glatten Oberflächen, unter leichtem Druck noch Zerfall	3
	Übergangsbereich	2
	über 80% scharfkantige Fragmente/Klumpen, größere deutlich glatte Oberflächen, Kohärentgefüge	1
Unterboden 30-40 cm	gut durchportetes Gefüge (auch Kohärent- bzw. ungestörtes Lößgefüge) mit rauen Oberflächen, mittelgroße Fragmente, Zerfall in Subpolyeder	5
	Übergangsbereich	4
	wenig durchportetes Gefüge, Fragmente mit größeren, deutlich glatten Flächen oder scharfkantige große Klumpen, erst bei starkem Druck Zerfall	3
	Übergangsbereich	2
	große, dichte Klumpen, Plattengefüge oder kaum durchportetes Kohärentgefüge	1

**Bibliographische Angaben:**

Pluemer, Tanja (2002) FG Untersuchungen zur Wurzelndynamik in einer fünfgliedrigen Ackerfruchtfolge bei wendender und nichtwendender Bodenbearbeitung im ökologischen Landbau - Erste Ergebnisse, in *Bodenbearbeitung und Bodengesundheit. Zwischenergebnisse im Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung in Wörrstadt-Rommersheim (Rheinhessen, Rheinland-Pfalz)*, page 84-104. Schriftenreihe der Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Mainz 13 (2002). Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Essenheimer Str. 144, D-55128 Mainz und Stiftung Ökologie und Landbau, Weinstr. Süd 51, D-67098 Bad Dürkheim

E-Print Nr. 688

## 5. Literatur

- BESTE, A. (1996): Auswirkungen unterschiedlicher Bodenbearbeitungsverfahren im ökologischen Landbau auf Bodenstruktur und Wasserhaushalt. Diplomarbeit, Geographisches Institut der Johannes Gutenberg-Universität Mainz.
- HAMPL, U. & KUSSEL, N. (1994): Die Erweiterte Spatendiagnose. Unveröffentlicht
- BESTE, A. & HAMPL, U. & KUSSEL, N. (2001): Bodenschutz in der Landwirtschaft. Ökologische Konzepte, Bad Dürkheim.
- BÖCK, G. (1997): Strukturuntersuchungen am Bodenbearbeitungs-Systemversuch Triesdorf. Diplomarbeit, Fachhochschule Weihenstephan/Triesdorf.
- BÖHM, W. (1979): Methods of Studying Root Systems. Springer-Verlag, Berlin und Heidelberg.
- HAMPL, U. (1996): Gründung Grundlage der Bodenfruchtbarkeit, Graz.
- NEUDECKER, E. (1997): Untersuchungen zur Frage der Durchwurzelung bei wendender und nichtwendender Bodenbearbeitung im ökologischen Landbau. Diplomarbeit, Fachhochschule Osnabrück.

Anschrift der Autorin:

Tanja Plümer  
Friedrichstr. 113  
69221 Dossenheim

## **Ein Versuch für die Praxis: Angewandte Forschung und praxisnahe Untersuchungsmethoden im Projekt – Anmerkungen des Versuchsbetreuers**

Norbert Kussel

Unser Boden ist ein äußerst komplexes System. Der bekannte Bodenkundler Prof. Diedrich SCHROEDER (1969) bezeichnete den Boden als vierdimensional, weil bei seiner Erforschung neben den drei Raumdimensionen die Zeit eine so gewichtige Rolle spielt:

Ständige physikalische Veränderungen durch äußere Einflüsse (Niederschlag, Temperatur u.a.) im Zusammenspiel mit den internen biologischen und chemischen Vorgängen erschweren die Erforschung dieser lebenswichtigen Ressource. Hinzu kommen die mannigfachen Einflüsse durch die Landwirtschaft.

Umfangreichste und zugleich schwierigste Fragestellung im Projekt war, welche Untersuchungsmethoden sich eignen, unterschiedliche Auswirkungen der nichtwendenden, der teilweise wendenden und der ganz wendenden Variante der Bodenbearbeitung signifikant aufzuzeigen.

Aus dieser Situation heraus gab es gleich zu Beginn einen Innovationsschub bei der Beurteilung der Bodenkrümelstabilität und bei der Entwicklung der „Erweiterten Spatendiagnose“:

### **1. Modifizierte Bewertung der Bodenkrümelstabilität**

Modifiziert wurde die Untersuchung der Krümelstabilität mit der Schälchen-Methode nach SEKERA (SEKERA & BRUNNER 1943). Die ursprüngliche Form der Beurteilung einer bestimmten Menge Bodenkrümel nach dem mehr oder weniger intensiven Verschlammungsbild war wegen schlechter Reproduzierbarkeit und Übernahme der Ergebnisse in die EDV nicht empfehlenswert. Die Präzisierung durch die Beurteilung jedes einzelnen Krümel, bei 40 Krümel je Probe, brachte hier den entscheidenden Wandel und damit die Verwendbarkeit in der Versuchsanstellung.

## 2. „Erweiterte Spatendiagnose“

Ein weiterer Schritt in Richtung praxisnahe Bodenuntersuchungsmethoden wurde mit der Entwicklung der „Erweiterten Spatendiagnose“ (ESD) vollzogen. Die von PREUSCHEN (PREUSCHEN 1990) wiederentdeckte Spatendiagnose nach GÖRBING (GÖRBING 1947) wurde durch begleitende Exaktuntersuchungen zur Ermittlung physikalischer und biologischer Parameter wissenschaftlich aufgewertet. Sie kann Informationen liefern über:

- Bodenstruktur bzw. das Bodengefüge (Schichten- bzw. Horizontbildung)
- Zersetzung der Bestandsabfälle (Mattenbildung)
- Regenwurmaktivitäten
- Wurzelentwicklung und die Durchwurzelung des Bodens
- Entwicklung der Knöllchenbakterien bei Leguminosen
- Aktueller Wassergehalt in Prozent
- Aktuelles Porenvolumen in Prozent

Die ESD kann aber vor allem zur visuellen und individuellen Ergänzung von anderen Bodenuntersuchungsmethoden, wie z.B. Infiltrationsmessungen, herangezogen werden. Sie avancierte aufgrund EDV-verwendbarer Ergebnisse in Verbindung mit einer hohen visuellen, fühlbaren und sogar riechbaren Beurteilung des Bodens zu der Bodenuntersuchungsmethode im Projekt schlechthin. Aus meiner Sicht als Bauer und Bodenkundler ist sie überhaupt die praxisnahste Bodenuntersuchungs- und Bodenkennenlern-Methode.

Die ESD wurde von Projektmitarbeiterin Andrea Beste im Zuge ihrer Dissertation für die breite Praxis dargestellt (BESTE 2002 in dieser Publikation). Bereits zuvor hatte sich Andrea Beste unermüdlich für die Verbreitung der ESD im In- und Ausland, insbesondere auch in den „Entwicklungsländern“ engagiert.

## 3. Bodenfeuchtemessung

Die Bodenfeuchtemessung hat in Rheinhessen einen ganz besonderen Stellenwert, wenn Versuchsergebnisse interpretiert werden sollen. Denn in Jahren mit Hitzeperioden vor der Getreideernte fehlt oft das Wasser um das Korn ausreifen zu lassen. Die einsetzende Notreife verursacht einen Ertragsein

bruch, der leicht anderen kritischen Parametern angelastet wird, aber in Wirklichkeit von diesen nicht verursacht wurde.

Von daher ist eine Kontrolle des Bodenwasserhaushaltes in Jahren mit Trockenperioden unentbehrlich. Bei ausreichend gesättigtem Boden kann sie ausgesetzt werden. Besonders die tiefgründigen Böden Rheinhessens haben ein gutes Speichervermögen für das Niederschlagswasser. Im Zweifelsfalle jedoch ist die Bodenfeuchtemessung, d.h. die Bestimmung des Wassergehaltes in Prozent bezogen auf das Trockengewicht, aus den o.g. Gründen unbedingt durchzuführen.

#### **4. Regenwurm-Zählung**

Die sehr arbeitsaufwendige Untersuchung, von Professor Christoph EMMERLING (Universität Trier, siehe EMMERLING 2002 in diesem Band) und seinen Mitarbeitern durchgeführt, lässt Vergleiche auf breiter Ebene zu. Der Regenwurm zählt zu den am intensivsten untersuchten Bodentieren. Ein Vergleich des eigenen Versuchsprojektes zu anderen Forschungsarbeiten kann zur besseren Interpretation der Ergebnisse beitragen.

#### **5. Mikroflorauntersuchungen**

Die Mikroflorauntersuchungen, die ebenfalls von der Universität Trier – Fachbereich Bodenkunde, Prof. Dietmar Schröder - durchgeführt werden, ergeben einen weiteren Mosaikstein im Bild „Bodenfruchtbarkeit“. Sind es doch gerade diese winzigen Organismen, die den größten Stoff- bzw. Energieumsatz bei der Umwandlung der Bestandsabfälle zu bewältigen haben.

#### **6. Mesofauna-Untersuchung**

Die Mesofauna-Untersuchung befasst sich mit Tieren, die in ihrer Größe zwischen dem Regenwurm und den Mikroorganismen liegen. Der Betrachter über dem Stereomikroskop sieht die vielfältigen Erscheinungsformen der edaphischen Tierwelt. Diese Vielfalt und damit auch die vielfältigen Untersuchungsergebnisse erfordern eine anspruchsvolle und komplexe Interpretation.

Eine wesentliche Intensivierung der Methode stellt die parallel verlaufende Ermittlung des Porenvolumens und des Wassergehaltes des Bodens – genauer

gesagt, des Lebensraumes - dar, in dem die extrahierten Tiere gelebt haben. Mit der Bestimmung des Frisch- und des Trockengewichts der Probe können diese abiotischen, physikalischen Parameter leicht errechnet werden. Voraussetzung ist ein genau eingehaltenes Volumen der Probe. Dies ist durch die Verwendung des 100 ml Stechzylinders gegeben.

Die Mesofauna wurde besonders intensiv untersucht. Mit projekteigenen Extraktionsgeräten werden die wenige Meter vom Bodenlabor entfernt genommenen Proben ohne Transport- und Zwischenlagerungseinflüsse sofort bearbeitet.

Die durch Temperatur- und Feuchtegradienten ausgetriebenen Tiere werden vor allem von der Bodenbiologin Monika DOHN-HOFMANN (1996) ausgezählt und bestimmt. Mit ihrer Diplomarbeit über Collembolen im Projekt ermittelte sie zu Beginn die Ausgangssituation dieser dominanten Bodentierart. Diese Kontinuität in der Bearbeitung über den gesamten seitherigen Projektzeitraum kann als Stabilitätsfaktor bezüglich subjektiv-methodischer Fehler angesehen werden.

## **7. Beikrautentwicklung**

Die Beikrautentwicklung unter den fünf Fruchtfolgegliedern und auf den drei Bodenbearbeitungsvarianten wird von dem Pflanzenspezialisten Albert OESAU (OESAU 2002 in diesem Band) dokumentiert und ausgewertet. Als langjähriger Mitarbeiter der Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Mainz, ist er mit der regionalen Flora bestens vertraut. Der besonders für die Ertragsentwicklung der verschiedenen Varianten hochrelevante Besatz an Beikräutern wird also mit großer Sachkenntnis untersucht.

## **8. Ertragsermittlung**

Die Ertragsermittlungen werden durch Kernbeerntungen jeder Parzelle in fünffacher Wiederholung durchgeführt. Dieses recht arbeitsaufwendige Verfahren erfordert viele Helfer. Sie sind Dank der Unterstützung durch die SLVA Oppenheim und anderer Mitarbeiter bisher immer zur Stelle gewesen. Weitere Untersuchungen in den verschiedensten Teilbereichen wurden in Verbindung mit Diplom- und Doktorarbeiten durchgeführt. Sie sind an anderer Stelle dieser Publikation dargestellt.

## **9. Abschließende Beurteilung**

Das Versuchskonzept insgesamt ist, nach sieben Jahren betrachtet, eindeutig positiv zu beurteilen. Aus der Sicht des Bauern mit bodenkundlichen Kenntnissen sind die gewählten Untersuchungsmethoden der Fragestellung in hohem Maße angepasst.

### **9.1. Bodenfruchtbarkeit**

Der Begriff „Bodenfruchtbarkeit“ lässt sich wissenschaftlich nur annähernd klar definieren. Die mehr oder weniger dynamischen Veränderungen der Bodenfruchtbarkeit bei einem mehrjährigen Versuchsprojekt zu ermitteln, stellt an das Versuchskonzept, an die Ausführenden, und nicht zuletzt an die Auswahl der durchzuführenden Untersuchungen hohe Anforderungen.

### **9.2. Praxisnähe mit Abstrichen**

Aus bodenkundlicher Perspektive muss eine gewisse Praxisfremdheit, die wohl jedem Forschungsprojekt eigen ist, toleriert werden.

Als Beispiel sei der Zeitpunkt der Grundbodenbearbeitung angeführt:

In der primär auf Ertragsmaximierung ausgerichteten Landwirtschaft würde man bei unpassenden Bodenverhältnissen (z.B. zu trocken, zu feucht) die hier vom Versuchskonzept her zwingend erforderliche Bearbeitungsmaßnahme nicht durchführen. Sie verursacht, zum falschen Zeitpunkt durchgeführt, gewisse Ertragseinbußen. Andererseits lässt es sich aus wissenschaftlichen Gründen kaum rechtfertigen, diesen zentralen Faktor des Versuchskonzeptes zu variieren.

Dieses Beispiel soll aufzeigen, dass es der Versuchssituation nicht angepasst wäre und auch dem Versuchsziel nicht gerecht sein würde, die Beurteilung und den Erfolg der verschiedenen Maßnahmen einzig und allein vom Ertrag abzuleiten.

### **9.3. Die Ausführenden**

Die Ausführenden der umfangreichen Untersuchungen setzen sich z.T. aus Wissenschaftlern der in das Projekt eingebundenen Universitäten und sonstiger Institutionen sowie deren Mitarbeitern zusammen. Aus diesem Bereich kam auch die Gruppe der Diplomanden und Doktoranden. Gerade ihnen mit ihrer jugendlichen Energie ist es zu verdanken, dass im Projekt bisher so viele arbeits- und zeitaufwendige Untersuchungen durchgeführt wurden.

Ein ganz wesentlicher Faktor in der Probenahme- und Untersuchungspraxis sind saisonal einsetzbare, qualifizierte, zuverlässige Hilfskräfte. Dank der Federführung durch die Stiftung Ökologie und Landbau, Bad Dürkheim, konnten kontinuierlich Zivildienstleistende, Praktikanten und sonstige Hilfskräfte der SÖL eingesetzt werden.

Last but not least muss die hohe Qualifikation des Projektleiters Dr. Ulrich Hampl angesprochen werden. Mit seinen hervorragenden Kenntnissen im Pflanzenbau, seinen vielfältigen Erfahrungen in der landwirtschaftlichen Praxis und nicht zuletzt seinen kommunikativen und pädagogischen Fähigkeiten füllt er die tragende Rolle auf glücklichste Weise.

### **9.4. Finanz- und weiterer Untersuchungsbedarf**

Etwas weniger erfreulich wirkte sich der gestraffte Personalrahmen aus. Es ist bedauerlich, dass ein Forschungsprojekt mit so optimalen Voraussetzungen in Bezug auf Parzellengröße, Kontinuität (zehn Jahre Laufzeit) und hochrangiger Begleitung durch zahlreiche Universitäten und sonstige Institutionen nicht weit intensiver betreut wird. Die finanzielle Unterstützung weiterer Dissertationen zur Auswertung bereits vorliegender Ergebnisse würde sich hier anbieten. Mit nur relativ geringen Mitteln ließe sich so die Aussagekraft des Gesamtergebnisses noch wesentlich erhöhen.

Im Hinblick auf die besonders in den letzten Jahren erfolgte finanzielle Kürzung des Projektetats wurde mit einer gezielten Auswahl an Basisuntersuchungen die Forschungsarbeit gestrafft.

An ergänzenden Untersuchungen könnte z.B. die Ermittlung der Porengrößenverteilung in Verbindung mit Permeabilitätsmessungen (Infiltrimeter) zu weiteren Erkenntnissen führen. Diese Ergebnisse könnten u.U. die For

schungsarbeiten in Bezug auf Regenverdaulichkeit der Böden (Hochwasser!) wesentlich unterstützen. Die Voraussetzungen aufgrund des Versuchskonzeptes wären gut. Da diese Untersuchungen jedoch relativ aufwendig sind, können sie in der derzeitigen, ausgeschöpften Finanzsituation nicht durchgeführt werden.

Außerdem bieten sich auf dem Sektor Beikrautregulierung mutmaßlich aufschlussreiche, ertragsrelevante Untersuchungsvarianten an. Der Anfang wurde bereits mit Striegelfenstern gemacht, mit denen die Wirkung der mechanischen Beikrautregulierung untersucht wird.

Ein weiterer Forschungsansatz ist mit der Erfassung der Distelhorste und ihrer Veränderung auf den Weg gebracht worden. Auch hier wäre eine hohe Effizienz zusätzlicher Mittel mit großer Wahrscheinlichkeit gegeben. Die Intensivierung der Forschungsarbeit in diese Richtung wäre von hoher Relevanz für den biologischen Landbau. Da die Flächen des Projekts an den zehn Jahre älteren biologischen Landbauversuch des Verfassers angrenzen, könnte in vielen Bereichen sogar auf eine Versuchszeit von 17 Jahren zurückgegriffen werden.

Insgesamt wurde mit den für ein solch umfangreiches Projekt eher begrenzten finanziellen Mitteln beachtliche Leistungen erbracht. Für die restliche Projektlaufzeit wünschen wir uns, dass weitere Untersuchungen durch gezielte Aufstockung der Projektmittel (Diplom- und Doktorarbeiten) gefördert werden. Außerdem wünschen wir uns, dass die Ergebnisse noch größere Beachtung bei den landwirtschaftlichen Beratern finden.

## 10. Literatur

- BESTE, A. (2002), Weiterentwicklung und Erprobung der Spatendiagnose als Feldmethode zur wissenschaftlichen Beurteilung ökologisch wichtiger Funktionsparameter landwirtschaftlich genutzter Böden, in der vorliegenden Publikation.
- DOHN-HOFMANN, M. (1996): Mehr Springschwänze bei nichtwendender Bodenbearbeitung. Ökologie & Landbau Nr. 100, S. 36, SÖL, Bad Dürkheim
- GÖRBING, J. (1947): Die Grundlagen der Gare im praktischen Ackerbau. Landbuch-Verlag, Hannover.

- PREUSCHEN, G. (1990): Die Kontrolle der Bodenfruchtbarkeit - Eine Anleitung zur Spatendiagnose. SÖL-Sonderausgabe Nr. 2, Stiftung Ökologie und Landbau, D-67098 Bad Dürkheim (1. Auflage 1985).
- SCHROEDER, D. (1969), Bodenkunde in Stichworten, Kiel.
- SEKERA, F. & BRUNNER, A. (1943): Beiträge zur Methodik der Gareforschung. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 29, S. 196-212

Anschrift des Autors:

Norbert Kussel  
Eichenhof  
55286 Rommersheim

## **Zusammenfassung und Ausblick**

Ulrich Hampl

Im Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung wurden erstmals Varianten der Grundbodenbearbeitung im ökologischen Ackerbau speziell im Hinblick auf einen möglichen Pflugverzicht angelegt.

Nach den bisherigen Ergebnissen steigt die Bodengesundheit, gemessen an Humusgehalt, Krümelstabilität und biologischen Bodenaktivitäten, deutlich erkennbar an.

Freilich sind bei konsequent nichtwendender Bearbeitung vor allem infolge der Zunahme von Beikräutern keine Höchstserträge zu erzielen.

Außerdem zeigte sich dank konsequenter Gründüngung mit Rotationsbrache und Zwischenfruchtanbau, dass ökologischer Ackerbau relativ zügig eine Bodenbelebung und -stabilisierung mit intensiver Durchwurzelung im ökologischen Ackerbau bewirken kann.

Regelmäßige Führungen, Fachtage, Tagungen und Veröffentlichungen begleiteten die Projektarbeit und trugen so dazu bei, einer großen Zahl von Praktikern, Beratern und Wissenschaftlern neue Erkenntnisse über die Möglichkeiten der Bodengesundung durch Ökolandbau zu vermitteln.

Die Frage „Pflügen oder nicht Pflügen?“ ist bisher und wohl auch künftig nicht eindeutig zu beantworten. Auf die Frage „Wann Pflügen und wann nicht Pflügen?“ bieten die Projekterfahrungen dagegen schon heute eine Reihe Antworten, die der Praxis nützlich sein können.

In diesem Sinn könnten die bisherigen Projektergebnisse dazu anregen, die bodenfördernden Eigenschaften nichtwendender Bearbeitungsverfahren so häufig wie möglich zu nutzen und den Pflug reduziert und gezielt zur Regulierung der Beikräuter einzusetzen. Detailliertere Hinweise zu einer effektiven Kombination der verschiedenen Bodenbearbeitungsverfahren sind von laufenden und weiteren Untersuchungen des Projektes zu erwarten.

## Publikationen zum Projekt

### 1. Allgemein (chronologisch)

- HAMPL, U. (1995): Demonstration ökologischer Bodenbewirtschaftungsverfahren zur Erhaltung und Förderung der Bodengesundheit. Beiträge zur 3. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Kiel, SS. 285-288, Wissenschaftlicher Fachverlag, Gießen.
- HAMPL, U. (1996): Das Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung. Ökologie & Landbau Nr. 100, S. 34, SÖL, Bad Dürkheim.
- DOHN-HOFMANN, M., (1996): Mehr Springschwänze bei nichtwendender Bodenbearbeitung. Ökologie & Landbau Nr. 100, S. 36, SÖL, Bad Dürkheim.
- LENZ, R. & EISENBEIS, G. (1996): Die Auswirkungen unterschiedlicher Bodenbewirtschaftung im ökologischen Landbau auf Nematodenfauna und Mikroflora. Mitteilungen der Bodenkundlichen Gesellschaft, Bd. 81, SS. 125-128, Oldenburg.
- HAMPL, U. (1996): Soil tillage systems in Eco-Farming. Organic Agriculture, 11th IFOAM scientific conference in Copenhagen August 1996, S. 65, Abstracts.
- HAMPL, U. (1997): Das Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung - wissenschaftliche Ergebnisse 1996. Ökologie & Landbau Nr. 103, S. 38, SÖL, Bad Dürkheim.
- BESTE, A. (1997): Entwicklung und Erprobung der Spatendiagnose zur Beurteilung der ökologischen Funktionsfähigkeit landwirtschaftlich genutzter Böden im Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung. Beiträge zur 4. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Bonn, SS. 43-48, Verlag Dr. Köster, Berlin.
- EMMERLING, C. & SEITZ, L. & SCHRÖDER, D. (1997): Einfluß reduzierter Bodenbearbeitung im Ökologischen Landbau auf Nährstoffhaushalt und mikrobiologische Eigenschaften von Böden sowie Besiedlung durch Regenwürmer. Beiträge zur 4. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Bonn, SS. 49-55, Verlag Dr. Köster, Berlin.
- BESTE, A. (1998): An applicable field method for the evaluation of ecological soil vitality in science and agricultural consulting practice. SATHLA-Conference Rio de Janeiro, Instituto Nacional de Tecnologia, Rio de Janeiro (Tagungsband in Vorbereitung).

- LENZ, R. & EISENBEIS, G. (1998): An extraction method for nematodes in decomposition studies using the minicontainer method. *Plant and soil* 198, SS. 109-116, Kluwer academic Publishers, Netherland.
- EISENBEIS, G. (1998): Die Untersuchung der biologischen Aktivität von Böden I. Der Köderstreifen-Test. *Praxis der Naturwissenschaften* Bd. 4/74, S. 15-21.
- EISENBEIS, G. (1998): Die Untersuchung der biologischen Aktivität von Böden II. Der Minicontainer-Test. *Praxis der Naturwissenschaften* Bd. 4/74, S. 22-29.
- BESTE, A. (1999): Bodenbeurteilung mit dem Spaten in Praxis, Beratung und Wissenschaft. In: *Berater-Rundbrief* 1/), SÖL, Bad Dürkheim und in: *Mitteilungen Beratungsdienst ökologischer Obstbau* 3/98, Weinsberg, S. 14-16.
- HAMPL, U. (1999): Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung – Überblick über die Ergebnisse nach vier Erntejahren. SS.186-189 in: HOFFMANN & MÜLLER (Hrsg.), *Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum ökologischen Landbau*, Köster, Berlin.
- LENZ, R. (1999): Der Einfluss der Bodenbearbeitung auf die biologische Aktivität des Bodens und auf bodenlebende Nematoden. Dissertation. vaö – Verlag Agrarökologie – Bern Hannover.
- BESTE, A. (1999): Weiterentwicklung und Erprobung der Spatendiagnose als Feldmethode zur wissenschaftlichen Beurteilung ökologisch wichtiger Funktionsparameter landwirtschaftlich genutzter Böden. Aus dem Exposé der Dissertation. In: *Boden und Bodenschutz. Bildungsseminar für die Agrarverwaltung Rheinland-Pfalz*. Emmelshausen.
- HAMPL, U. & EYSEL, G. & BESTE, A. & VAKALI, C. (2001): Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung, bisherige Ergebnisse, SS. 215-228 in: *Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau*, Köster, Berlin.
- EYSEL, G. (2001): Biodiversität ökologischer und integrierter Landwirtschaft. Natur- und sozialwissenschaftliche Untersuchungen zur Optimierung des Öko-Landbaus im Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung“. Bundesamt f. Naturschutz, Bonn.
- Beste, A. & Hampl, U & Kussel, N. (2001): Bodenschutz in der Landwirtschaft. Einfache Bodenbeurteilung für Praxis, Beratung und Forschung. Ökologische Konzepte 101, Buchreihe der SÖL, Bad Dürkheim.
- SOEL 1995-2000: Jahresberichte zum Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung. Stiftung Ökologie & Landbau, Bad Dürkheim.

## 2. Diplomarbeiten (chronologisch)

- HÜLSMANN, A. (1995): Untersuchungen zum Einfluß der ökologischen Bodenbewirtschaftung auf die bodenbewohnenden Milben des Versuchsfeldes „Eichenhof“. Zoologisches Institut der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz.
- DOHN-HOFMANN, M. (1996): Untersuchungen zum Einfluß der ökologischen Bodenbewirtschaftung auf die Collembolen des Versuchsfeldes „Eichenhof“. Zoologisches Institut der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz.
- BESTE, A. (1996): Auswirkungen unterschiedlicher Bodenbearbeitungsverfahren im ökologischen Landbau auf Bodenstruktur und Wasserhaushalt. Geographisches Institut der Johannes Gutenberg-Universität Mainz.
- PODEWILS, K. (1996): Bodenphysikalische Untersuchungen in einem ökologischen Bodenbewirtschaftungsversuch unter Grünbrache. Fachgebiet Bodenkunde, Fachbereich Landwirtschaft, Internationale Agrarwirtschaft und Ökologische Umweltsicherung, Gesamthochschule Kassel-Witzenhausen.
- NEUDECKER, E. (1997): Untersuchungen zur Frage der Durchwurzelung bei wendender und nichtwendender Bodenbearbeitung im ökologischen Landbau. Fachgebiet Bodenkunde, Fachbereich Gartenbau, Fachhochschule Osnabrück.
- SEITZ, L. (1997): Einfluß reduzierter Bodenbearbeitung im Ökologischen Landbau auf Nährstoffhaushalt und mikrobiologische Eigenschaften von Böden sowie Besiedlung durch Regenwürmer. Abteilung Bodenkunde, Fachbereich Angewandte Geographie / Geowissenschaften, Universität Trier.
- BÖCK, G. (1997): Strukturuntersuchungen am Bodenbearbeitungs-Systemversuch Triesdorf. Fachgebiet Pflanzliche Erzeugung, Fachbereich Landwirtschaft und Umweltsicherung, Fachhochschule Weihenstephan /Triesdorf.
- VOIGT, S. (1998): Bodenstruktur und Bodenwasserhaushalt bei unterschiedlicher Bodenbewirtschaftung und -bearbeitung im Verlauf einer Vegetationsperiode. Geographisches Institut der Johannes Gutenberg-Universität Mainz.
- HARTMANN, D. (1999): Diversität der Begleitflora einer ausgewählten Feldkultur im Vergleich zwischen ökologischem und integriertem Landbau im nördlichen Kraichgau. Wissenschaftliche Arbeit im Fach Biologie im Rahmen der wissenschaftlichen Prüfung für das Lehramt Gymnasium.
- LINDNER, TH. (1999): Bodengefüge und Bodenfeuchtedynamik bei unterschiedlicher Grundbodenbearbeitung in einer ausgewählten ökologischen

Fruchtfolge. Geographisches Institut der Johannes Gutenberg Universität Mainz.

KOLB, A. (1999): Einfluß von Bewirtschaftungsmaßnahmen auf Parameter des Stickstoff- und Humushaushaltes von viehlos-ökologisch bewirtschafteten Ackerböden. Abteilung Bodenkunde, Fachbereich Angewandte Geographie / Geowissenschaften, Universität Trier.

LAIS, D. (2000): Akzeptanzstudie bei Landwirten über Biodiversität im Ökolandbau. Diplomarbeit, Geographisches Institut, Universität Heidelberg.

### **3. Laufende Arbeiten**

#### **3.1 Dissertationen**

HEIBER, T.: Effekte differenzierter Bodenbearbeitung auf die Aktivität der Bodenfauna. Zoologisches Institut der Johannes Gutenberg-Universität Mainz.

PLÜMER, T.: Untersuchungen zur Wurzeldynamik in einer fünfgliedrigen Ackerfruchtfolge bei wendender und nichtwendender Bodenbearbeitung im ökologischen Landbau. Geographie, Universität Heidelberg.

VAKALI, CH.: Einfluß reduzierter Intensität der Grundbodenbearbeitung auf Sproß- und Wurzelentwicklung von Getreide im Ökologischen Landbau. Institut für Organischen Landbau, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn.

#### **3.2. Diplomarbeiten**

ROJAS, B.: Chemische Bodenuntersuchungen unter besonderer Berücksichtigung der Methode Dr. Balzer. Fachbereich Pflanzenbau, Fachhochschule Bingen.

## **Bibliographische Angaben zu diesem Dokument:**

(2002) *Bodenbearbeitung und Bodengesundheit. Zwischenergebnisse im Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung in Wörrstadt-Rommersheim (Rheinhessen, Rheinland-Pfalz)*. Schriftenreihe der Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Mainz 13 (2002). Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Essenheimer Str. 144, D-55128 Mainz und Stiftung Ökologie und Landbau, Weinstr. Süd 51, D-67098 Bad Dürkheim.

Das Dokument ist in der Datenbank „Organic Eprints“ archiviert und kann im Internet unter <http://orgprints.org/00000678/> abgerufen werden.