

Interdisziplinäres Forschungsvorhaben „Optimierung des Managements der Bodenfruchtbarkeit“ - Arbeitspaket Bodenverdichtung und Bodenbearbeitung

Melanie Wild¹⁾, Markus Demmel¹⁾ und Robert Brandhuber²⁾

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

Institut für Landtechnik und Tierhaltung¹⁾

Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz²⁾

Zusammenfassung

Die nachhaltige Erhaltung und Steigerung der Bodenfruchtbarkeit ist für ökologisch wirtschaftende Betriebe von höchster Bedeutung. Im Öko-Landbau hängt das Niveau der Bodenfruchtbarkeit – abgesehen von den kaum zu beeinflussenden standörtlichen Gegebenheiten – sehr von der Leistungsfähigkeit der Leguminosen (N_2 -Fixierungsleistung, Durchwurzelungsvermögen) ab. Sie haben somit die Schlüsselstellung für die Verbesserung des Bodenfruchtbarkeitsmanagements im Öko-Landbau, speziell im Marktfruchtbau. Leguminosen werden allerdings stark durch bodenbürtige Pathogene beeinträchtigt. Auch die Art der Bodenbearbeitung, die im Öko-Anbau vergleichsweise intensiv ist, und das Befahren der Böden haben einen Einfluss auf die Bodenfruchtbarkeit, da bekannt ist, dass Leguminosen empfindlich auf Verdichtungen reagieren. Folglich haben Strategien zur Förderung der Bodengesundheit und Vermeidung von Bodenverdichtungen eine hohe Relevanz. Hauptziel des interdisziplinären Forschungsvorhabens ist es, Maßnahmen zur besseren Ausschöpfung standörtlicher Ertragspotenziale ökologisch wirtschaftender vieh- armer oder viehloser Marktfruchtbetriebe zu entwickeln.

Summary

The highest aim of organic agriculture is to sustainably maintain and increase soil fertility. Apart from non-influenceable site conditions, soil fertility largely relies on the performance of legumes (N_2 -fixation ability, rooting depth). Therefore legumes have a key position in the improvement of soil fertility management in organic agriculture - especially in farms without or little livestock. However, legumes are strongly affected by soil-born diseases and react sensitively to soil compaction. So the kind of soil cultivation, which in general is conducted in high intensity in organic agriculture, also has big impact on soil fertility. Thus strategies, which improve soil health and help to avoid soil compaction are very important. Hence the main aim of the interdisciplinary project is to develop strategies to make use of the site-specific potential of arable organic farms.

Ausgangssituation und Problemstellung

Die Produktivität in ökologischen Anbausystemen hängt in besonderem Maße vom einwandfreien Funktionieren des komplexen Systems „Boden“ mit seinen abiotischen und biotischen Eigenschaften und Prozessen ab. Zu nennen sind hier eine ausreichende Verfügbarkeit von Makro- und Mikronährstoffen, eine für den Bodenwasser- und -lufthaushalt und die Durchwurzelung optimale Bodenstruktur, eine hohe biologische Aktivität des Bodens sowie leistungsfähige Symbiosen der Kulturpflanze mit Bakterien (z. B. Rhizobien) oder Pilzen (z. B. Mykorrhiza). Störungen in diesem System äußern sich häufig durch hohen Unkrautbesatz und das Auftreten von Schaderregern. Folge ist eine verminderte Ertragsleistung. Handelt es sich nicht um klar eingrenzbare Ursachen sondern um einen Ursachenkomplex, häufig im Zusammenhang mit engen Fruchtfolgen, spricht man von „Bodenmüdigkeit“ oder mit Blick auf Probleme beim Anbau von Leguminosen von „Leguminosenmüdigkeit“, was deren herausragende Stellung im Öko-Landbau deutlich macht.

Vor allem durch ihre Fähigkeit, in der Symbiose mit Rhizobien Luftstickstoff zu binden und diesen für ihr eigenes Wachstum sowie über ihre Ernterückstände für die Folgekulturen verfügbar zu machen, bilden Leguminosen die Grundlage der Bodenfruchtbarkeit im biologischen Landbau. Andererseits reagieren aber gerade Leguminosen besonders empfindlich auf Beeinträchtigungen, sei es durch geringe Verfügbarkeit von Nährstoffen wie Phosphor und Kali oder durch das Vorhandensein von Pathogenen oder Verdichtungen im Wurzelraum. In der Konsequenz bedeutet dies, dass Beeinträchtigungen der optimalen Leistungsfähigkeit der Leguminosen nicht nur deren eigenen Ertrag sondern die Leistungsfähigkeit der gesamten Fruchtfolge am Standort v.a. in vieharmen oder viehlosen Öko-Betrieben begrenzen.

Diese Zusammenhänge begründen die außerordentliche Bedeutung einer optimalen Leistungsfähigkeit der Leguminosen für die gesamte Fruchtfolge bzw. den gesamten Ackerbau am Standort. Sie zeigen aber auch, wie weitreichend die Folgen der Beeinträchtigung auf das Wachstum der Leguminosen im ökologischen Ackerbau sein können. Aus diesem Grund stellen wir die Optimierung der Leistungsfähigkeit der Leguminosen, insbesondere der Körnerleguminosen, und die darauf basierende Erhaltung und Steigerung der Bodenfruchtbarkeit im Öko-Ackerbau ins Zentrum unserer Forschungsziele.

Konzept des Forschungsvorhabens

Gesamtkonzept

Das im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau geförderte Forschungsprojekt „Steigerung der Wertschöpfung ökologisch angebaute Marktfrüchte durch Optimierung des Managements der Bodenfruchtbarkeit“¹ ist stark praxisorientiert. Die Fragestellungen werden sowohl auf Praxisbetrieben und in Praxisversuchen als auch auf Exaktfeldversuchen erforscht. Ziel ist es, wissenschaftlich belastbare, praxisrelevante Ergebnisse zu erhalten. Um für Deutschland zu repräsentativen Daten zur Bodenfruchtbarkeit in ökologisch geführten Marktfruchtbetrieben zu kommen, wurden je acht Praxisbetriebe in vier Regionen mit charakteristischen Klimabedingungen für eine eingehende Status-quo-Analyse samt detaillierten Untersuchungen von langjährig ökologisch bewirtschafteten Ackerschlägen

¹ Bundesprogramm Ökologischer Landbau (BÖL) des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz; Förderkennziffer 08OE004

ausgewählt. Die Betriebe liegen in folgenden Regionen: Norddeutschland, südliches Ostdeutschland, Mittelgebirgslagen und Süddeutschland .

Die über die gesamte Projektlaufzeit laufende Evaluierung der Praxisbetriebe auf ackerbaulicher, ökonomischer und energetischer Ebene in Verbindung mit bodenphysikalischen Untersuchungen auf ausgewählten Schlägen, soll es ermöglichen, kausale Zusammenhänge bezüglich der Leguminosenmüdigkeit auf Betriebsebene zu ermitteln. Auf den zeitgleich angelegten Exaktfeldversuchen soll der Einfluss der Faktoren Bodenbearbeitung, Bodenbelastung, Anbau von Erbsen in Rein- und Mischkultur mit Hafer, Zwischenfrüchte und organische Dünger auf die Ertragsleistung von Körnerleguminosen systematisch ermittelt werden. Ziel ist es, neue Verfahrensansätze und Maßnahmen zur Steuerung der Bodenfruchtbarkeit zu testen und zu entwickeln, um die Produktivität marktfruchtorientierter Ökobetriebe zu erhöhen.

Projektpartner

- Universität Kassel
- Forschungsinstitut für ökologischen Landbau (FiBL)
- Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI)
- Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (HTW)
- Naturland
- Stiftung für Ökologischen Landbau (SÖL)
- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL).

Organisationsstruktur

Abbildung 1 zeigt die Unterteilung des Projektes nach den inhaltlichen Schwerpunkten des Forschungsvorhabens.

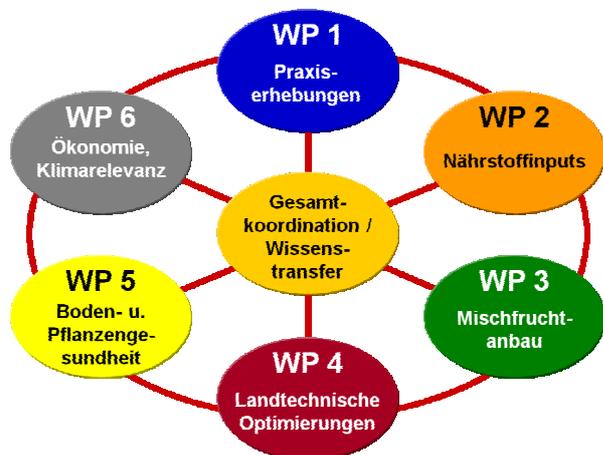


Abbildung 1: Unterteilung des Projektes in sechs eng miteinander verzahnte Arbeitspakete - sogenannte „Work Packages“ (WP)

Arbeitspaket 1 - „Praxiserhebungen“:

1. Gewinnung neuer Erkenntnisse zu Zusammenhängen von Standort, Umwelt, Bodenfruchtbarkeit und Ertragsniveau auf Öko-Betrieben
2. Identifizierung der wesentlichen Faktoren, die für die Probleme beim Anbau von Körnerleguminosen in der Praxis verantwortlich sind, und Ableitung von Optimierungsstrategien
3. Kriterien, die eine auf Standort und Bewirtschaftungssystem bezogene Bewertung und Optimierung marktfruchtorientierter Öko-Betriebe (mit relativ geringem Viehbesatz oder ohne Tierhaltung) hinsichtlich Ertrag und Bodenfruchtbarkeit ermöglichen. Es

wird angestrebt, dabei vor allem benachteiligte Standorte (Bodenqualität, Klima) zu berücksichtigen und innerhalb dieser Grenzen ein weites Spektrum an Standorten und Bewirtschaftungssystemen abzudecken

4. Nutzung von Praxisbetrieben als Basis der Untersuchungen sowohl durch Evaluation der Erfahrungen und Dokumentationen der Betriebsleiter und Berater als auch durch eigene detaillierte Untersuchungen langjährig ökologisch bewirtschafteter Flächen auf den Betrieben.

Arbeitspaket 2 - „Nährstoffinputs“

1. Erarbeitung einer pflanzenbaulichen Strategie zum Einsatz stickstoffarmer organischer Düngemittel in Fruchtfolgen mit hohem Marktfruchtanteil mit dem Ziel der Steigerung von Ertrag und symbiotischer N₂-Fixierleistung beim Leguminosenanbau und der Zufuhr von Grund- und Mikronährstoffen über organische Düngemittel
2. Förderung der Jugendentwicklung von Körnerleguminosen und der Regulierung bodenbürtiger Krankheiten mittels des Einsatzes von suppressiven Komposten mit einer spezifisch für den Körnerleguminosenanbau entwickelten Reihenapplikation für hochwertige Komposte
3. Erfassung der Vorfruchtwirkung gedüngter versus nicht gedüngter Körner- und Futterleguminosen auf das nachfolgende Getreide
4. Verknüpfungen zu Feld- und Praxisversuchen unter WP 3.

Arbeitspaket 3 - „Mischfruchtanbau“

1. Evaluierung von Ertragssteigerungen beim Anbau von Körnerleguminosen in Mischkultur mit Hafer
2. Reduzierung des Krankheitsbefalls durch den Anbau von bodengesundheitsfördernden Vorfrüchten als direkte Vorfrucht oder als Zwischenfrucht (Biofumigation)
3. Ausreichende Beikrautunterdrückung sowohl annueller als auch perennierender Beikräuter durch Mischfruchtanbau bei gleichzeitigem Einsatz reduzierter Bodenbearbeitung
4. Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit durch die Erhöhung der mikrobiologischen Aktivität und der Nährstoffdynamik im Boden
5. Energieeinsparung (Treibstoff) durch reduzierte Bodenbearbeitung
6. Evaluierung der Ergebnisse bei unterschiedlichen Anbaubedingungen (Klima, Boden) sowie unter Praxisbedingungen und Etablierung von Anbauverfahren in der Praxis.

Arbeitspaket 4 - „Bodenverdichtung und Bodenbearbeitung - Landtechnische Optimierungen“

Der Schwerpunkt von WP4 ist die Erarbeitung von Empfehlungen zur standort- und betriebsspezifisch optimalen Intensität der Bodenbearbeitung und zur Minimierung der mechanischen Bodenbelastung. Hieran sind maßgeblich die LfL Institute für ‘Landtechnik und Tierhaltung’ und für ‘Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz’ beteiligt. Weitere Projektpartner im WP 4 sind: Institut für Ökologischen Landbau (vTI), Fachgebiet Ökologischer Landbau (HTW), Fachgebiet Ökologischer Pflanzenschutz und Fachgebiet Ökologischer Land- und Pflanzenbau (Uni Kassel).

Um die Situation auf den Praxisbetrieben zu charakterisieren und Zusammenhänge zwischen dem Einsatz von Technik, der Bodenstruktur und der jeweiligen Ertragsstärke zu erfassen, wird das Bodengefüge über mehrere Jahre auf ausgewählten Schlägen der Praxisbetriebe durch bodenphysikalische Untersuchungen analysiert. Zusätzlich werden die Betriebsleiter

über ihren jeweiligen Technikeinsatz auf diesen Schlägen befragt. In Exaktfeldversuchen werden die Auswirkungen von Bodenverdichtungen auf die Pflanzengesundheit, die N₂-Fixierleistung und den Ertrag von Erbsen, und auf die Erosionsanfälligkeit des Bodens systematisch untersucht. Mit einem Spezialgerät, mit dem man gezielt Belastungen mit 2 und 4t Radlast in Parzellenversuchen setzen kann, wird der Boden vor der Erbsen-Aussaat befahren und somit verdichtet. Dies simuliert die mechanische Bodenbeanspruchung, die bei der Grundbodenbearbeitung oder der Saat zustande kommen kann.

Die Ziele im Überblick:

1. Bestimmung des Status quo auf repräsentativen Betrieben des ökologischen Landbaus in Deutschland:
 - Analyse der Bodengefügefunktionalität im Hauptwurzelraum (inkl. Unterboden)
 - Ermittlung wesentlicher Einflussgrößen auf die Bodengefügefunktionalität
 - Arbeitsverfahren zur Bodenbearbeitung
 - zur Bodenbewirtschaftung eingesetzte Landmaschinen, Geräte und deren Ausstattung
 - Einsatzbedingungen der Geräte und Maschinen (Auslastung, Schlagkraft).
2. Analyse der Zusammenhänge zwischen Bodengefügeeigenschaften und Landtechnik-Einsatz in Abhängigkeit von Standort und Bewirtschaftung
3. Zielgerichtetes Setzen von Bodenverdichtungen in Exaktfeldversuchen zur Analyse der Auswirkungen von Bodenverdichtungen auf Ertrag und N₂-Fixierungsleistung der Leguminosen, den Bodenwasserhaushalt und das Auftreten von Pflanzenkrankheiten (insbesondere Wurzelkrankheiten bei Erbsen)
4. Analyse der Auswirkungen des Ist-Zustands und der zu empfehlenden Optimierungsstrategien im Bereich Bodenbearbeitung und Bodenbelastung auf den Energieverbrauch, CO₂-Emissionen und Umweltgüter, die von der landwirtschaftlichen Produktion beeinflusst werden (Landschaftswasserhaushalt, Erosionsanfälligkeit der Böden).
5. Ableitung von Handlungsempfehlungen aus dem erarbeiteten Wissen
 - zu den Vorteilen und ggf. Risiken reduzierter Eingriffsintensität zur Grundbodenbearbeitung (Pflug gegenüber Stoppelhobel)
 - zur Minimierung der mechanischen Bodenbelastung mit Nennung von geeigneten Techniken und Verfahren.

Arbeitspaket 5 - „Boden- und Pflanzengesundheit“

1. Analyse von bodenbiologischen Parametern auf den Praxisbetrieben und den Exakt-Feldversuchen, und Bereitstellung der Ergebnisse für die WP 1 bis 4
2. Ermittlung des Stellenwerts und der Häufigkeit des Auftretens von Leguminosenkrankheiten, sowie Identifizierung von kulturabhängigen Dominanzstrukturen der Erreger (Erbsen, Ackerbohnen)
3. Phytomedizinische Diagnostik
4. Identifikation von biotischen und abiotischen Faktoren der Bodenmüdigkeit auf Betriebs-ebene.

Arbeitspaket 6 - „Ökonomie und Klimarelevanz“

1. Bestimmung des Status quo der Arbeitserledigungskosten (Bodenbearbeitung) in Abhängigkeit von Mechanisierungsvarianten, Standort und Fruchtfolge auf ausgewählten Praxisbetrieben des ökologischen Landbaus (→ WP 1 & WP 4)

2. Systemanalytische Identifizierung und Quantifizierung von Wirkungszusammenhängen zwischen Bodenbearbeitung, Rolle von Körnerleguminosen in der Fruchtfolge und Wirtschaftlichkeit der Arbeitserledigung (→ WP 1 & WP 4)
3. Modellierung und Implementierung eines Kosten-Leistungs-Rechnungsansatzes zur Entscheidungsunterstützung im Spannungsfeld landtechnischer Optionen in Abhängigkeit von Standort, Fruchtfolge und Bewirtschaftung (→ WP 1 & WP 4)
4. Durchführung von modellgestützten Szenariorechnungen zur Generierung von a) fallbezogenen Detailbetrachtungen und b) generalisierenden Bewertungen von Mechanisierungsalternativen in unterschiedlichen Anbausystemen
5. Ableitung von technisch-biologisch-ökonomisch begründeten Handlungsempfehlungen unter Berücksichtigung von betrieblicher Wertschöpfung
6. Abschätzung der im Vorhaben bearbeiteten Verfahren und Maßnahmen zum Bodenfruchtbarkeitsmanagement in einem halbquantitativen Technology Impact Assessment im Hinblick auf Energiebilanz, Klimarelevanz, Auswirkungen auf Nährstoffkreisläufe, Boden-erosion und Wasserhaushalt
7. Bewertung der im Vorhaben als prinzipiell geeignet eingestuften Sekundärrohstoffe in Bezug auf die Prinzipien des ökologischen Landbaus.

Wissenstransfer

„In der Praxis – mit der Praxis – für die Praxis forschen“, lautet die Maxime des vorliegenden Forschungsvorhabens. Dem stark praxisorientierten Ansatz des Projekts entsprechend wurde der Wissenstransfer bereits bei der Konzipierung und Anlage der Versuche berücksichtigt und wird als integrativer Bestandteil aller Erhebungen verstanden. Ziel ist nicht allein die Weitergabe der Erkenntnisse und Ergebnisse des Projekts an verschiedene Zielgruppen, sondern vielmehr der möglichst direkte Austausch von Wissen und Erkenntnissen mit Landwirten, Beratern und Wissenschaftlerkollegen. Der Wissenstransfer findet also nicht nur in eine Richtung („vom Projekt nach draußen“) statt, sondern ist ein Austausch von Wissen auf Gegenseitigkeit.

Die Ziele des Wissenstransfers sind:

1. Umsetzung: Anwendung von Forschungsergebnissen in der Praxis
2. Praxisnähe: Feedback aus der Praxis für die weitere Forschung
3. Synergien: Austausch mit Wissenschaftlern und Praktikern, die sich mit ähnlichen Themen auseinandersetzen.

Zeitplan des Forschungsvorhabens

Die Förderung des Gesamtprojektes wurde 2008 bewilligt, der Projektbeginn war im Herbst 2008. 2009 werden die Exaktfeldversuche zum ersten Mal angelegt und die Praxisbetriebe beprobt. Das Untersuchungsprogramm wird über die kommenden drei Jahre wiederholt werden, um zu aussagekräftigen Ergebnissen zu kommen.

Informationen zum Projektverlauf und zu geplanten Feldtagen sind auf der Projekt-Homepage www.bodenfruchtbarkeit.org zu finden.

Förderhinweis

Das Projekt wird im Rahmen des Bundesprogramms für Ökologischen Landbau (BÖL) gefördert (BÖL-Förderkennzeichen: 08OE004).

Zitiervorschlag: Wild M, Demmel M & Brandhuber R (2009): Interdisziplinäres Forschungsvorhaben „Optimierung des Managements der Bodenfruchtbarkeit“ - Arbeitspaket Bodenverdichtung und Bodenbearbeitung. In: Wiesinger K & Cais K (Hrsg.): Angewandte Forschung und Beratung für den ökologischen Landbau in Bayern. Ökolandbautag 2009, Tagungsband. –Schriftenreihe der LfL 7, 125-131