

Transfervorbereitende Evaluation und Kombination von Praxiserfahrungen und Forschungsergebnissen zu Konzepten reduzierter Bodenbearbeitung im Ökologischen Landbau

Evaluation and combination of practical experiences and research results on concepts of reduced tillage in organic farming in order to prepare knowledge transfer

FKZ: 06OE107

Projektnehmer:

Stiftung Ökologie & Landbau
Weinstraße Süd 51 , 67098 Bad Dürkheim
Tel.: +49 6322 98970-0
Fax: +49 6322 98970-1
E-Mail: info@soel.de
Internet: <http://www.soel.de>

Autoren:

Schmidt, Harald (Hrsg.)

Gefördert vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau (BÖL)

Schlussbericht

Forschungsprojekt Nr.: 06OE107

Transfervorbereitende Evaluation und Kombination von Praxiserfahrungen und Forschungsergebnissen zu Konzepten reduzierter Bodenbearbeitung im Ökologischen Landbau

Ausführung: Dr. Harald Schmidt,
Stiftung Ökologie und Landbau, Ahrweiler / Bad Dürkheim

Laufzeit: 01.06.2007 bis 31.05.2010

Berichtszeitraum: 01.06.2007 bis 31.05.2010

Zusammenarbeit mit anderen Stellen: Besonders wichtig bei der Durchführung des Projekts war die Kooperation mit den beteiligten Betriebsleitern und den jeweiligen Beratern. Auch im Bereich der Wissenschaft wurde mit einer Reihe von Experten zusammengearbeitet, besonders intensiv mit folgenden Kooperationspartnern:

Prof. Dr. Rainer Jörgensen und Dr. Christian Bruns vom Fachgebiet Bodenbiologie und Pflanzenernährung der Universität Kassel, Witzenhausen.

Prof. Dr. Oliver Hensel vom Fachgebiet Agrartechnik der Universität Kassel, Witzenhausen.

Prof. Dr. Detlev Möller und Dr. Katja Lange vom Fachgebiet Betriebswirtschaft der Universität Kassel, Witzenhausen.

Inhalt

	Seite
1. Ziele und Aufgabenstellung	1
<i>H. Schmidt</i>	
1.1. Planung und Ablauf des Projekts	3
1.2. Erkenntnisstand an den angeknüpft wurde	8
2. Durchführung und Ergebnisse	9
2.2. Einleitung	9
<i>H. Schmidt</i>	
2.3. Betriebsbeispiele	10
2.3.1. Einleitung.....	10
<i>H. Schmidt</i>	
2.3.2. – 2.3.16 Berichte über die Betriebe B1 bis B15	14
<i>H. Schmidt</i>	
2.3.17. Physikalische und chemische Eigenschaften von Böden....	156
<i>H. Schmidt</i>	
2.3.18. Mikrobiologische Eigenschaften von Böden....	162
<i>H. Schmidt, C. Bruns & R.G. Jörgensen</i>	
2.3.19. Entwicklung der Kulturpflanzen und der Unkräuter... ..	169
<i>H. Schmidt</i>	
2.3.20. Zugkraftbedarf und Dieserverbrauch... ..	176
<i>H. Schmidt & O. Hensel</i>	
2.3.21. Dieserverbrauch, Arbeitszeit und Kosten.....	183
<i>H. Schmidt, K. Lange & D. Möller</i>	
2.4. Literaturübersicht zu Auswirkungen reduzierter Bodenbearbeitung	189
<i>H. Schmidt & C. Christen</i>	
2.4.1. Einleitung.....	189
2.4.2. Bodenstruktur	190
2.4.3. Organische Substanz im Boden (Humus)	194
2.4.4. Bodenchemie	197
2.4.5. Bodenleben	199
2.4.6. Unkraut.....	203
2.4.7. Krankheiten und Schädlinge	205
2.4.8. Erträge der Nutzpflanzen	208
2.4.9. Energie und Ökonomie.....	210
2.5. Kommentar zur wissenschaftlichen Untersuchung von Bodenbearbeitungseffekten	213
<i>H. Schmidt</i>	
2.6. Resümee	215
<i>H. Schmidt</i>	

3. Gegenüberstellung ursprünglich geplanter und erreichter Ziele217

H. Schmidt

Verwendete Literatur218

Anhang I (Methoden)

Anhang II (Zusatzinformationen zu den Betriebe B1 bis B15)

Anhang III (Ergebnisse im Detail)

Danksagung

Anhang auf CD (Basisdaten Energie & Ökonomie zu den Betriebe B1 bis B15)

1. Ziele und Aufgabenstellung

H. Schmidt¹

Die klassische Bodenbearbeitung mit tiefem Pflügen wurde schon in den frühen Jahren des Ökolandbaus kritisch diskutiert. Rusch plädierte in den 1960er Jahren für eine Erhaltung der natürlichen Schichtung des Bodens (RUSCH, 1968). Aus seiner vor allem biologischen Sichtweise sollte ein Verzicht auf tiefes Wenden zu einer Bewahrung bzw. Steigerung der Bodenfruchtbarkeit führen. In vielen später veröffentlichten Anleitungen zum Ökolandbau wurde der Verzicht auf ein tiefes Pflügen gefordert (z.B. VOITL et al. 1980). Doch obwohl auf einzelnen Öko-Betrieben alternative Bodenbearbeitungsverfahren entwickelt wurden und diese auch beschrieben und publiziert wurden (HAMPL et al., 1995), wirtschaftet nach wie vor die große Mehrzahl der Ökobetriebe mit dem Pflug. Als wesentliche Hinderungsgründe für den Verzicht aufs Pflügen werden z.B. ein höherer Unkrautdruck und eine reduzierte Stickstoffmineralisation bei reduzierter Bodenbearbeitung genannt (PEIGNÉ 2007, PEKRUN & CLAUPEIN 1998).

In den letzten Jahren hat die Diskussion um den Energieverbrauch in der Landwirtschaft, verbunden mit der Klimarelevanz an Bedeutung gewonnen. Auch das Thema Bodenschutz rückt stärker in den Mittelpunkt, vor allem hinsichtlich der Erosion. So gelten ab 2010 schärfere Regelungen bezüglich der Erosionsvermeidung im Rahmen der Cross-Compliance-Bestimmungen. Diese neueren Entwicklungen tragen dazu bei, dass auch im Ökolandbau Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung wieder verstärkt diskutiert werden.

Ziel dieses Projektes war es Erfahrungen von PraktikerInnen mit Erkenntnissen und Einschätzungen aus der Beratung und dem wissenschaftlichen Erkenntnisstand zu kombinieren. Aufbereitet und thematisch zusammengefasst sollte daraus konkretes für die Praxis relevantes Informationsmaterial erarbeitet werden. Ziel dieses Projekts war nicht nur die Unterstützung des Transfers von der Forschung zur Praxis, sondern auch Praxiserfahrungen für die Forschung (und Praxis) verwendbar zu machen.

Konkrete Arbeitsziele

- Evaluierung von Betrieben mit interessanten Ansätzen reduzierter Bodenbearbeitung und strukturierte Aufarbeitung der Erfahrungen aus der Praxis.
- Eine umfassende Literaturrecherche zum Thema reduzierte Bodenbearbeitung im Ökolandbau und zu verwertbaren Ergebnissen aus konventionellen Systemen geplant. Integration nicht veröffentlichter Ergebnisse bzw. Erfahrungen aus laufenden Untersuchungen zur Bodenbearbeitung im Ökolandbau.
- Beschreibung des derzeitigen Erkenntnisstands durch Kombination und Diskussion der gesammelten Informationen aus den unterschiedlichen Bereichen.
- Aufbereitung der gesammelten Erkenntnisse zu konkreten, für die Praxis relevanten, Informationsmaterial.

Ziele der Erweiterungsmodule

Das Projekt wurde im Jahr 2008 um drei Module erweitert. Ziel der Ausweitung der Untersuchungen in den Bereichen *Zugkraftbedarf*, *Bodenbiologie* und *Betriebswirtschaft*

¹ Stiftung Ökologie & Landbau, schmidt@soel.de

durch kompetente Kooperationspartner war die Schließung wesentlicher Lücken im Erkenntnistand zum Thema reduzierte Bodenbearbeitung im Ökologischen Landbau.

Modul Zugkraftbedarf: Die Bodenbearbeitung hat einen wesentlichen Anteil am Dieserverbrauch im Ackerbau. Die Datengrundlage zum Energieverbrauch bei einzelnen Arbeitsgängen ist jedoch besonders bei bisher nur selten eingesetzten Geräten unzureichend. Ziel der Untersuchung war es durch die Ermittlung des Zugkraftbedarfs bei ausgewählten Bodenbearbeitungsmaßnahmen diese Datengrundlage zu erweitern. Dies ist sowohl für die energetische Bewertung von Bodenbearbeitungssystemen von Nutzen, als auch für Entscheidungskriterien, die der Praxis zur Verfügung gestellt werden können. Neben der Einschätzung des Energieverbrauchs können die Ergebnisse zu einer realistischen Abschätzung der jeweils notwendigen Schlepperleistung beitragen.

Modul Bodenbiologie: In der Praxis des ökologischen Landbaus werden den verwendeten Bodenbearbeitungssystemen oft deutliche Effekte auf das Bodenleben nachgesagt, wissenschaftliche Ergebnisse aus diesem Anbausystem liegen jedoch kaum vor. Mit den Untersuchungen sollte der Effekt reduzierter bzw. pflugloser Bodenbearbeitung auf die Qualität des mikrobiellen Bodenlebens in unterschiedlichen Bodenhorizonten auf ökologisch wirtschaftenden Betrieben beschrieben werden. Da bei der Untersuchung auf den Praxisbetrieben kein direkter Vergleich verschiedener Bearbeitungsverfahren möglich ist, war eine vergleichende Diskussion mit Hilfe von Ergebnissen aus anderen Studien geplant. Ziel der Untersuchung war es weiterhin, den Regenwurmbesatz auf ausgewählten Schlägen der Praxisbetriebe zu bestimmen und in gleicher Weise wie für die Untersuchung zum mikrobiellen Bodenleben erwähnt, anhand der Vielzahl von Ergebnissen zum Regenwurmbesatz in der Literatur zu diskutieren.

Modul Betriebswirtschaft: Konzepte zur reduzierten Bodenbearbeitung im Ökologischen Landbau bieten neben umweltrelevanten Vorteilen auch ein betriebswirtschaftliches Optimierungspotential durch Senkung der Arbeitserledigungskosten (v.a. Kapital, Zeit, Energie). Ziel war es die im Hauptprojekt definierten betrieblichen Konzepte zur Bodenbearbeitung aus betriebswirtschaftlicher Sicht bezüglich der Kosten sowie bezüglich des Energieverbrauchs zu bewerten. Es wird erwartet, dass die im Gesamtprojekt erarbeiteten Informationen wesentlich an Wert gewinnen, wenn sie durch entsprechende Kostenbetrachtungen ergänzt werden.

Beitrag zu den Zielen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau

- Nutzbarmachung von Praxiserfahrungen und Forschungsergebnissen zu verschiedenen Bodenbearbeitungssystemen im Ökolandbau.
- Förderung des Wissens- und Erkenntnistransfers zwischen Praxis, Beratung und Wissenschaft.
- Erstellung von Informationsmaterial für die Bereiche Praxis, Beratung und Forschung zum Thema reduzierte Bodenbearbeitung im ökologischen Ackerbau.

1.1. Planung und Ablauf des Projekts

Die Arbeitsschritte laut Antrag und die entsprechende Durchführung sind hier komprimiert wiedergegeben. Die Projektlaufzeit war vom 01.06.2007 bis 30.11.2009 geplant. Die Projektlaufzeit wurde auf Antrag nachträglich bis zum 31.05.2010 verlängert. In Tabelle 1 ist die Projektdurchführung als Balkenplan dargestellt.

Tab. 1: Balkenplan der Projektdurchführung
(grau: im Antrag geplant, schwarz: durchgeführt)

Projektteilbereich	2007					2008					2009					2010									
	06	07	08	09	10	11	12	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	01	02	03	04	05	
Betriebsliste	■	■	■	■	■																				
Betriebsauswahl	■	■	■	■	■																				
Evaluierung Betriebe	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
Beraterbefragung	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
Untersuchungen			■	■	■						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
Modul Bodenbiologie											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
Modul Zugkraft																■	■	■	■	■					
Modul Betriebswirts.																■	■	■	■	■					
Literaturstudien		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
Evaluierung wissenschaftl. Erfahrungen			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
Analyse & Diskussion											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
Veranstaltungen ¹ , Feldtage ¹											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
Berichte, Info-Materialien, Publikationen																					■	■	■	■	■

¹ Unterstützung bei der Durchführung bzw. Beiträge

1.1.1. Evaluierung der ausgewählten Betriebe

Auswahl der Betriebe

Geplant:

Erstellung einer Liste von Betrieben mit Systemen reduzierter Bodenbearbeitung und Auswahl von ca. 15-20 Betrieben.

Zeitraumen: 06.07 – 08.07

Durchgeführt:

Erstellung einer Liste von Betrieben mit Systemen reduzierter Bodenbearbeitung und Auswahl von 15 Betrieben.

Zeitraumen: 06.07 – 01.08

Evaluierung der Betriebe

Geplant:

Evaluierung der Betriebe bei persönlichen Besuchen mit Hilfe eines standardisierten Abfrageschemas. Überprüfung der Angaben anhand von Beobachtungen, Diskussion mit den Betriebsleitern; Erstellen von realitätsnahen Betriebberichten.

Zeitraumen: 07.07 – 05.09

Durchgeführt:

Mit allen fünfzehn Betriebsleitern wurde der erstellte Fragebogen bearbeitet und die detaillierte Bewirtschaftungsgeschichte von den jeweils zwei Untersuchungsschlägen evaluiert. Bei weiteren Besuchen und mit Hilfe von telefonischen bzw. schriftlichen Rückfragen wurden eine Vielzahl ergänzender Informationen zu den Betrieben und den entsprechenden Bodenbearbeitungsverfahren erfasst sowie Unstimmigkeiten in den Betriebsbeschreibungen geklärt.

Zeitraumen: 07.07 – 11.09

Untersuchung ausgewählter Schläge

Geplant:

Neben der Evaluierung werden beispielhaft Untersuchungen von Boden und Pflanze auf einzelnen Schlägen der Betriebe durchgeführt. Es werden dabei für den Betrieb und das Bearbeitungssystem charakteristische Schläge und Früchte ausgewählt.

Zeitraumen: 09.07 – 05.09

Durchgeführt:

Auf allen fünfzehn Betrieben wurden jeweils zwei charakteristische Schläge untersucht. Je Schlag erfolgte an zwei Messpunkten die Erstellung von Bodenprofilen (bis unterhalb des Bearbeitungshorizonts) und die Entnahme von ungestörten Bodenproben aus verschiedenen Schichten. Bei allen Bodenproben wurden die Trockenrohichte, die Korngrößenzusammensetzung sowie eine Reihe bodenchemischer Parameter bestimmt. Der Unkrautdruck im Frühjahr wurde fotografisch festgehalten. Auf Getreideschlägen wurde an den Messpunkten der Ertrag bestimmt. Im Herbst 2008 und Frühjahr 2009 wurden auf ausgewählten Betrieben zusätzlich Messungen mit dem Penetrologger durchgeführt.

Zeitraumen: 09.07 – 09.09

1.1.2. Erweiterungsmodule

Modul Bodenbiologie

Das Erweiterungsmodul Bodenbiologie wurde in Verantwortung von Prof. Dr. Rainer Georg Jörgensen, Universität Kassel, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften, Fachgebiet Bodenbiologie und Pflanzenernährung geplant und durchgeführt.

Geplant:

Entnahme von Bodenproben auf den ausgewählten Schlägen der fünfzehn Betriebe im Frühsommer 2008 und Bestimmung mikrobiologischer Parameter. Bestimmung des Regenwurmbesatzes. Interpretation der Ergebnisse.

Zeitraumen: 05.08 – 12.08

Durchgeführt:

Im Frühsommer 2008 wurden auf allen Untersuchungsschlägen Bodenproben für mikrobiologische Untersuchungen entnommen. Zusätzlich wurden im Frühjahr ausgewählte Schläge erneut beprobt und mikrobiologische Parameter untersucht. Die Analyseergebnisse wurden bis Ende November 2009 an die Projektleitung geliefert. Die Interpretation der Ergebnisse erfolgte in Kooperation von Fachgebiet Bodenbiologie und Pflanzenernährung und der SÖL. Die Bestimmung des Regenwurmbesatzes erfolgte auf den meisten Betrieben im Frühsommer, auf einzelnen Betrieben musste die Untersuchung aufgrund der Sommertrockenheit auf den Herbst verschoben werden. Obwohl die Boden- und Witterungsbedingungen berücksichtigt wurden ergab die Austreibung der Regenwürmer keine auswertbaren Ergebnisse.

Zeitraumen: 05.08 – 11.09

Modul Zugkraftbedarf

Das Erweiterungsmodul Zugkraftbedarf wurde in Verantwortung von Prof. Dr. Oliver Hensel, Universität Kassel, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften, Fachgebiet Agrartechnik geplant und durchgeführt.

Geplant:

Messung des Zugkraftbedarfs von mindestens sechs verschiedenen, auf den Praxisbetrieben im Einsatz befindlicher Bodenbearbeitungsgeräte auf einem Getreide- und einem Kleegrasschlag der Domäne Frankenhausen. Messung des Zugkraftbedarfs von sechs Geräten auf den entsprechenden Praxisbetrieben. Interpretation der Ergebnisse.

Zeitraumen: 08.08 – 12.08

Durchgeführt:

Im Sommer 2008 wurden alle Messungen planmäßig durchgeführt. Die Rohdaten wurden bis Ende Dezember 2008 an die Projektleitung geliefert. Die Abschätzung des Dieserverbrauchs aus den Zugkraftbedarfsdaten benötigte deutlich mehr Zeit als erwartet. Die Interpretation der Ergebnisse erfolgte in Kooperation mit dem Fachgebiet Agrartechnik und SÖL.

Zeitraumen: 08.08 – 08.09

Modul Betriebswirtschaft

Das Erweiterungsmodul Betriebswirtschaft wurde in Verantwortung von Prof. Dr. Detlev Möller, Universität Kassel, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften, Fachgebiet Betriebswirtschaft geplant und durchgeführt.

Geplant:

Die im Hauptprojekt definierten 15 betrieblichen Konzepte zur Bodenbearbeitung werden aus betriebswirtschaftlicher Sicht bezüglich der Kosten sowie bezüglich des Energieverbrauchs bewertet. Die Analyse der Kostenelemente erfolgt auf Basis einzelbetrieblicher, im Projektverbund erhobener Daten, die durch Standarddaten und Modellkalkulationen ergänzt werden.

Zeitraumen: 09.08 – 12.08

Durchgeführt:

Auf Basis der Betriebsevaluationen wurden ökonomisch rechenbare Modelfruchtfolgen mit standardisierten Arbeitsgängen sowie jeweils ein theoretisches Pflug-System erarbeitet (SÖL). Aus diesen Daten wurden mit Hilfe von KTBL-Werten Excel-Kalkulationstabellen entwickelt. Die Einarbeitung der Dieserverbrauchswerte aus den im Modul Zugkraftbedarf gemessenen Daten und die Abstimmung der Excel-Kalkulationstabellen mit den aktualisierten Betriebsberichten benötigte deutlich mehr Zeit als erwartet.

Zeitraumen: 08.08 – 11.09

1.1.3. Literaturrecherche, Evaluierung wissenschaftlicher Erfahrungen

Literaturrecherche

Geplant:

Während der gesamten Projektlaufzeit werden intensive Literaturrecherchen zu Systemen reduzierter Bodenbearbeitung im Ökolandbau aber auch zu übertragbaren Ergebnissen aus Untersuchungen konventioneller Systeme durchgeführt. Es werden relevante Informationen extrahiert und für die weitere Diskussion vorbereitet.

Zeitraumen: 12.07 – 08.09

Durchgeführt:

Die Ergebnisse der umfassenden Literaturrecherche zu reduzierter Bodenbearbeitung wurden zu einem strukturierten Artikel aufgearbeitet.

Zeitraumen: 08.07 – 12.09

Evaluierung wissenschaftlicher Erfahrungen

Geplant:

Neben der Analyse von Publikationen werden darüber hinaus gehende Erfahrungen von Versuchsanstellern, die ökologische Bodenbearbeitungssysteme bearbeiten bzw. bearbeitet haben, evaluiert. Diese Erfahrungen können z.T. weitere für die Praxis relevante Erkenntnisse enthalten.

Zeitraumen: 12.07 – 08.09

Durchgeführt:

Zu elf Versuchsanstellern im deutschsprachigen Raum die langfristige Feldversuche zu Bodenbearbeitung im Ökolandbau durchführen wurde Kontakt aufgenommen. Alle Versuchsansteller nahmen die Möglichkeit wahr einen Artikel für das abschließende Buch zum Projekts zu verfassen. Dies war besonders wichtig, da zu vielen Ergebnissen einzelner Versuche bisher keine Publikationen vorlagen. Die Informationen wurden auch bei der oben genannten Literaturrecherche berücksichtigt.

Die von einer Reihe von Versuchsanstellern im persönlichen Gespräche erhalten Informationen und Einschätzungen zur Bedeutung von langfristigen Feldversuchen zum Thema Bodenbearbeitung sind in das entsprechende Kapitel eingeflossen.

Zeitraumen: 10.07 – 01.10

1.1.4. Analyse und Diskussion**Geplant:**

Die praktischen Beispiele werden anhand wissenschaftlicher Ergebnisse diskutiert und hinsichtlich auftretender Probleme und Problemlösungsstrategien analysiert.

Zeitraumen: 11.08 – 11.09

Durchgeführt:

Über den gesamten Projektzeitraum wurden die einzelnen Bewirtschaftungssysteme analysiert und mit Betriebsleitern und Experten diskutiert. Die Ergebnisse sind sowohl in die Betriebsberichte als auch in die betriebsübergreifende Auswertung mit eingeflossen.

Zeitraumen: 05.08 – 01.10

1.1.5. Wissenstransfer**Veranstaltungen, Feldtage und Vorträge****Geplant:**

Schon während der Projektlaufzeit werden relevante Projektergebnisse veröffentlicht. Dies erfolgt unter anderem über Vortragsangebote und die Unterstützung der kooperierenden Betriebe bei Feldtagen.

Zeitraumen: 05.08 – 11.09

Durchgeführt:

Der Projektleiter war bis Ende der Projektlaufzeit an vier Feldtagen beteiligt. Weiterhin wurden bis dahin fünf Vorträge vor Beratern bzw. Landwirten gehalten sowie ein zweitägiger Workshop mit Landwirten, Beratern und Wissenschaftlern veranstaltet. Weitere Beteiligungen an Feldtagen und Vorträge nach Ablauf des Projekts sind geplant.

Zeitraumen: 05.08 – 05.10

Schriftliche Veröffentlichungen

Geplant:

Die Ergebnisse werden in schriftlicher Form und übers Internet Beratern, Praktikern, Wissenschaftlern und anderen Interessierten zur Verfügung gestellt.

Zeitraumen: 05.09 – 05.10

Durchgeführt:

Seit Mitte Mai 2010 liegen die Ergebnisse des Projekts in Form des Buches *Öko-Ackerbau ohne tiefes Pflügen – Praxisbeispiele & Forschungsergebnisse* vor. Durch die voran gestellte 22seitige Zusammenfassung mit vielen Verweisen können die vielfältigen Informationen zu den Betriebsbeispielen und zu den Forschungsergebnissen sowie das Bildmaterial und die Zusatzinformationen auf der beiliegenden CD gezielt nachgeschlagen werden. Auf diese Weise sind die Informationen sowohl für die Praxis als auch für die Forschung zugänglich. Der Abschlussbericht wird nach Freigabe im Internet veröffentlicht.

Ein Artikel für eine praxisorientierte Zeitschrift ist zur Zeit im Druck, weitere Artikel sind in Planung.

Zeitraumen: 05.09 – 05.10

1.2. Erkenntnisstand an den angeknüpft wurde

Da eine Aufgabe innerhalb des Projekts daraus bestand den derzeitigen Erkenntnisstand zum Thema reduzierte Bodenbearbeitung im Ökolandbau zu recherchieren, wird an dieser Stelle auf das Kapitel 2.4. (S. 189) verwiesen.

2. Durchführung und Ergebnisse

2.2. Einleitung

H. Schmidt²

Im Folgenden werden die Ergebnisse des Projekts detailliert beschrieben. Zu Beginn werden die fünfzehn untersuchten Betriebe, die seit mehreren Jahren mit Erfolg auf ein tiefes Pflügen verzichten, vorgestellt. Die beschriebenen Ackerbausysteme reichen vom Druschfruchtanbau mit nur flacher Lockerung des Bodens bis hin zu Betrieben mit Feldgemüsebau und intensiver, aber nicht wendender Bearbeitung. Die Betriebsstrukturen und Produktionsverfahren werden detailliert beschrieben. Beobachtungen und Untersuchungsergebnisse von ausgewählten Schlägen werden vorgestellt und Knackpunkte sowie positive Ergebnisse aufgezeigt.

Nachfolgend werden die betriebsübergreifenden Untersuchungsergebnisse vorgestellt. Darin sind auch die Ergebnisse der Erweiterungsmodule enthalten. Thematisch unterteilt liegen Kapitel über (1) physikalische und chemische Eigenschaften der Böden, (2) mikrobiologische Eigenschaften der Böden, (3) die Entwicklung der Kulturpflanzen und der Unkräuter, (4) den Zugkraftbedarf und den Dieserverbrauch sowie (5) zu Dieserverbrauch, Arbeitszeit und Kosten vor.

Die verwendete Untersuchungsmethodik wird kurz in den jeweiligen Kapiteln behandelt. Ausführliche Angaben finden sich im Anhang. Auch ergänzende Informationen zu den Betrieben und den betriebsübergreifenden Kapiteln sind im Anhang enthalten. Excel-Tabellen mit den betriebspezifischen Daten zur energetischen und ökonomischen Auswertung finden sich auf der beiliegenden CD.

Ein weiterer Schwerpunkt des Projekts war die Darstellung von Auswirkungen reduzierter Bodenbearbeitung im Ökolandbau. Hierfür wurde eine umfangreiche Literaturlauswertung vorgenommen. Unterschiedliche Bodenbearbeitungsverfahren wirken sich im Ökolandbau zum Teil anders aus als im konventionellen Landbau, da z.B. keine synthetischen Herbizide und Stickstoffdünger eingesetzt werden. Vor diesem Hintergrund war es besonders wichtig, Forschungsergebnisse einzubeziehen, die im Ökolandbau-System erarbeitet wurden. Die im Rahmen des Projekts für das Buch *Öko-Ackerbau ohne tiefes Pflügen* (Schmidt, 2010) eingeworbenen Originalartikel zu Versuchen zum Thema Bodenbearbeitung im Ökolandbau wurden bei dieser Literaturlauswertung mit berücksichtigt.

² Stiftung Ökologie & Landbau, schmidt@soel.de

2.3. Betriebsbeispiele

2.3.1. Einleitung

H. Schmidt³

Auswahl der Betriebe

Zu Projektbeginn wurden im Jahr 2007 in Zusammenarbeit mit Öko-Beratern bundesweit ökologisch wirtschaftende Betriebe mit Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung ermittelt. Aus dieser Betriebsliste wurden für das Projekt fünfzehn Betriebe ausgewählt, die folgende Kriterien erfüllen sollten:

- Deutlich reduzierte Bearbeitungstiefe und/oder nicht wendende Bodenbearbeitung
- Mindestens vier Jahre reduzierte Bodenbearbeitung
- Mindestens fünf Jahre ökologisch wirtschaftend

Es zeigte sich jedoch, dass die Anzahl von Öko-Betrieben mit Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung in Deutschland sehr begrenzt ist. Deshalb wurden auch einige Betriebe ausgewählt, die nicht alle Kriterien erfüllten.

Evaluation

Angaben zum Standort und zum Gesamtbetrieb sowie eine detaillierte Beschreibung der ackerbaulichen Produktionsverfahren wurde bei Betriebsbesuchen anhand eines standardisierten Abfrageschemas erfasst. Auch die Entscheidungsgründe für die reduzierte Bodenbearbeitung sowie die Bewertung des verwendeten Bodenbearbeitungssystems wurden abgefragt. Der aus diesen Angaben erstellte Betriebsbericht wurde über den Projektzeitraum hinweg mit dem Betriebsleiter diskutiert und gegebenenfalls ergänzt bzw. geändert. Dabei wurden sowohl die Beobachtungen auf den Untersuchungsschlägen als auch die Untersuchungsergebnisse mit einbezogen. Ziel war es, die Realität auf den ausgewählten Betrieben möglichst detailliert abzubilden.

Untersuchungen

Neben der Evaluierung der Betriebe wurden jeweils zwei ausgewählte Schläge genauer untersucht. Dabei erfolgte in den Jahren 2007 bis 2009 an zwei, zum Teil drei Messpunkten, je Schlag eine detaillierte Untersuchungen des Bodens (Tab. 1).

Tabelle 1: Erfasste Bodenparameter auf den Untersuchungsschlägen

Untersuchte Parameter	Methoden & Ergebnisse
Bodenphysik: Bodenbonitur, Porenvolumen, Korngrößen, Eindringwiderstand	Betriebsübergreifend (S. 156), Betriebsberichte (siehe S. 10), Anhang I & III
Bodenchemie: Organische Substanz, C/N-Verhältnis, pH-Wert, Verfügbare Makronährstoffe (P ₂ O ₅ , K ₂ O & Mg), Verfügbare Mikronährstoffe (B, Cu, Mn, Zn)	
Bodenbiologie ¹ : C & N in mikrobieller Biomasse, Ergosterolgehalt, Enzymaktivitäten (Protease, β-Glucosidase, Floureszein Diacetat)	Betriebsübergreifend (S. 162), Anhang I, II & III

¹ in Kooperation mit dem Fachgebiet Bodenbiologie & Pflanzenernährung der Universität Kassel

³ Stiftung Ökologie & Landbau, schmidt@soel.de

Weiterhin wurden auch der Unkrautbesatz und die Kulturpflanzen geprüft (Tab. 2). Die Bodenbonituren und die Begutachtung der Bestände wurden mit Fotos dokumentiert.

Tabelle 2: Erfasste Pflanzenparameter auf den Untersuchungsschlägen

Untersuchte Parameter	Ergebnisse
Unkraut: Deckungsgrad, Artenzusammensetzung Ertrag: z.T. Messung vom Getreideertrag	Betriebsübergreifend (S. 169), Betriebsberichte (siehe S. 10)

Neben den Untersuchungen wurde von ausgewählten, auf den Betrieben eingesetzten Geräten der Zugkraftbedarf bestimmt (Tab. 3). Dies erfolgte sowohl vergleichend auf einem Standort sowie zum Teil zusätzlich auf den Praxisbetrieben. Mit Hilfe dieser Daten und der Angaben über den Betrieb wurde eine Bewertung des Dieserverbrauchs und wirtschaftlicher Vergleichsgrößen durchgeführt (Tab. 3).

Tabelle 3: Geräte mit denen Zugkraftbedarfsmessungen durchgeführt wurden und bei der ökonomischen Bewertung untersuchte Parameter

Untersuchte Geräte / Parameter	Bedeutung
Zugkraftbedarf ¹ : Pflug, Zweischichtenpflug, Ecomat, Stoppelhobel, Grubber, WeCo-Dyn-Gerät, Turiel-Dammkulturgerät, Frost FB- Dammkulturgerät	Betriebsübergreifend (S. 176), Anhang I & III
Ökonomie ² : Dieselverbrauch, Arbeitszeit, Arbeiterledigungskosten, Vollkostenkalkulation (Teilbereiche)	Betriebsübergreifend (S. 183), Betriebsberichte (siehe S. 10) Anhang I, II & III

¹ in Kooperation mit dem Fachgebiet Agrartechnik der Universität Kassel

² in Kooperation mit dem Fachgebiet Betriebswirtschaft der Universität Kassel

Darstellung der Ergebnisse

Sowohl die Ergebnisse der Evaluation als auch der Untersuchungen sind detailliert in Betriebsberichten zusammengefasst (Übersicht Seite 12). Die Betriebsberichte sind wie folgt strukturiert:

- **Betriebsbeschreibung:** Standort, Betriebsstruktur, Betriebsgeschichte, Pflanzenbau, Bodenbearbeitung, Maschinen, Produktionsverfahren
- **Energie & Ökonomie:** Ergebnisse von Modellrechnungen
- **Untersuchte Schläge:** Anbaugeschichte, Bodenbonitur, Bodenanalysen, Pflanzenentwicklung

Ergänzende Informationen finden sich im Anhang III sowie auf der beiliegenden CD.

Betriebsübersicht

Betrieb	Gerät, Tiefe, Bearbeitung seit	Boden, Marktfrüchte, Ackerfläche, Tierbesatz	Seite
B1	Ecomat, 12-14 cm, 2003	Schluffig-tonig, Druschfrüchte & Mais, 227 ha, 0,6 GV/ha	14
B2	Stoppelhobel, 12 cm, 2004	Schwerer Lehm, Getreide, 27 ha, 0,9 GV/ha	24
B3	Stoppelhobel, 8 cm, 1979	Schwerer Lehm, Getreide, 18 ha, 0,6 GV/ha	32
B4	Grubber, 10 cm, 1983	Lehmiger Ton, Druschfrüchte, 153 ha, 0,2 GV/ha	41
B5	Grubber, 15 cm, 1990	Lehm, Druschfrüchte & Kartoffeln, 285 ha, viehlos	50
B6	Grubber, 10 cm, 2001	Lehmiger Sand, Druschfrüchte, 205 ha, viehlos	59
B7	WeCo-Dyn-Gerät, 8 cm, 1995	Lehmiger Sand, Druschfrüchte, 34 ha, viehlos	68
B8	Fräse & Stoppelhobel, 7 cm, 1994	Lehmiger Sand, Druschfrüchte, 37 ha, 0,9 GV/ha	77
B9	Grubber, 30cm, 1985	Lehm, Druschfrüchte, Kartoffeln & Feldgemüse, 109 ha, 0,9 GV/ha	85
B10	Turiel-Dammkulturg., 30 cm, 2001	Lehm, Druschfrüchte & Kartoffeln, 600 ha, viehlos	95
B11	Turiel-Dammkulturg., 15 cm, 2004	Sandiger Lehm, Druschfrüchte, Kartoffeln & Feldgemüse, 80 ha, 1 GV/ha	105
B12	Turiel- & FB-Dammkulturg., 25 cm, 2001	Sandiger Lehm, Drusch- & Hackfrüchte, 62 ha, viehlos	114
B13	FB-Dammkulturg., 15 cm, 1995	Schwerer Lehm, Druschfrüchte & Feldgemüse, 62 ha, 0,13 GV/ha	125
B14	Turiel-Dammkulturg. Schichtengrubber, 35 cm, 1976	Lehm, Druschfrüchte, 30 ha, 1,2 GV/ha	137
B15	Kemink-Dammkulturg., 25 cm, 1984	Lehmiger Sand, Druschfrüchte & Kartoffeln, 23 ha, 1 GV/ha	146

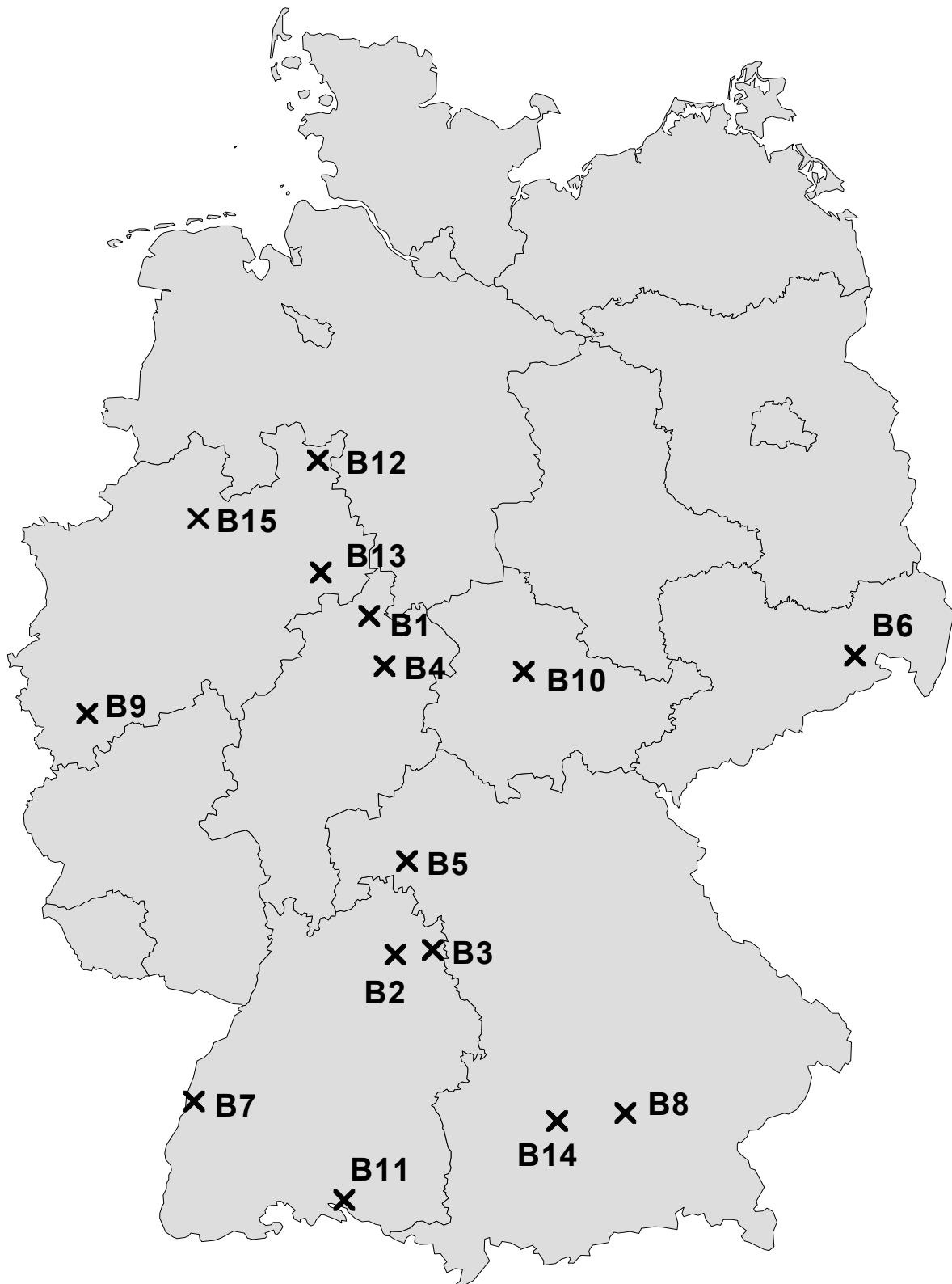


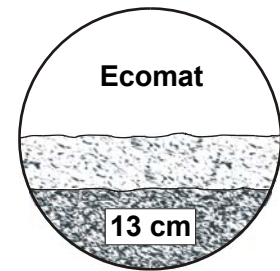
Abbildung 1: Geographische Lage der Betriebe B1 bis B15

2.3.2. Betriebsbeispiel 1 (B1)

Betriebsbeschreibung

Bodenbearbeitungssystem mit Ecomat nur auf Teilflächen

Mäßig warmer und mäßig feuchter Standort mit schluffigen bis schweren Böden. Gemischtbetrieb mit Druschfrucht und Feldfutterbau auf den Ecomat-Flächen. Dort seit 6 Jahren Grundbodenbearbeitung v.a. mit dem Ecomat-Schälpflug auf maximal 12 bis 14 cm Tiefe. Bei Maisanbau Pflugeinsatz auf maximal 24 cm. Erwartetes Ø-Ertragsniveau ca. 45 dt/ha Getreide.



➤ Standort (Hessen)

Höhe: um 160 – 250 m ü. NN

Niederschlag: Ø 650 mm/a

Temperatur: Ø 8,5°C

Bodenart: schluffiger Lehm, schluffiger Schluff, toniger Lehm

Bodentypen: Parabraunerden aus z.T. mächtigen Lößauflagen, z.T. flache Lößauflage auf Rötmergel, Auenböden

Ackerzahl: Ø 60 (52 – 82, Böden mit Ecomat: Ø 50)

Nährstoffe:	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	
	6,9	C	C-D	D	Ø Versorgungsstufe Betrieb

Gefälle: 75% eben bis leicht geneigt, 25% leicht hängig bis hängig

Bemerkungen Boden: schluffreiche Lößböden neigen zu Erosion und Verschlammung

Wichtige Wurzelunkräuter: Ackerkratzdistel

Wichtige einjährige Unkräuter: Weißer Gänsefuß, Kamille

➤ Betriebsstruktur

Fläche: 227 ha Ackerland (ca. 80 ha schwere Böden mit Ecomat), 43 ha Grünland

davon Pacht: 100%

Schlaggröße: Ø 10 ha

Schlagentfernung: arrondiert

Betriebszweige: Ackerbau, Milchvieh, Gänsemast

Ökonomische Bedeutung Ackerbau: ca. 70 %

Anzahl Tiere: 90 Milchkühe & Nachzucht, 350 Gänse (0,6 GV/ha)

Arbeitskräfte: 5,5 AK, davon Marktfrucht-Ackerbau ca. 2 AK

➤ Betriebsgeschichte

Umstellungsjahr: 1998, Bioland & Naturland

Vor Umstellung: bis 1972 Gemischtbetrieb, bis 1998 viehloser Ackerbau (Zuckerrüben & Getreidevermehrung)

➤ Pflanzenbau (nur für nicht hackfruchtfähige Flächen: Bewirtschaftung mit Ecomat)

Fruchtfolge (Ziel-Fruchtfolge für nicht hackfruchtfähige Flächen mit schweren Böden; Körnerfrüchte meist zur Saatgutproduktion):

Kleegras Futternutzung
Kleegras Futternutzung
Silomais
W.Weizen
W.Erbse mit Triticale-Stützfrucht ZF Auflauerbsen / Ackerbohnen ¹
Triticale

¹ Ackerbohne derzeit durch Wintererbse-Getreide-Gemenge ersetzt

Anbauumfang: Ø Flächenanteile und Erträge (Verkaufware, nur nicht hackfruchtfähige Flächen mit schweren Böden)

Frucht	Ø Erträge [dt/ha]	Flächenanteil [%]
Kleegras		32
W.Erbse & Triticale / Ackerbohnen	40	17
W.Weizen	40	17
Triticale	40	17
Silomais	450	17

Düngung: Mist und Gülle von 0,6 GV/ha; auf nicht hackfruchtfähiges Land: 20 m³ Gülle zu Getreide und 20 t Mist / Rotation; seit 2003 Stroh komplett abefahren & Strohkauf

Saat: Schleppscharfrillmaschine, 10,4 cm Reihenabstand

Ernte & Aufbereitung: Mähdrusch im Lohn, eigene Aufbereitung und Lagerung (Saatgutproduktion)

➤ Bodenbearbeitung

Geschichte: Grundbodenbearbeitung vor 2003 Pflug mit Packer auf ca. 24 – 28 cm Tiefe, seit 2003 meist Ecomat-Schälplflug (nur nicht hackfruchtfähige Flächen)

Gegenwärtige Bodenbearbeitung (nur für nicht hackfruchtfähige Flächen):

Grundbodenbearbeitung: Ecomat-Schälplflug auf ca. 12 – 14 cm Tiefe

Kleegrasumbruch: heiler Umbruch, bei günstigen Bodenbedingungen mit Ecomat-Schälplflug auf 12 bis 14 cm Tiefe, sonst Pflug auf ca. 24 cm Tiefe; zum Teil auch mit Stoppelhobel auf 6 cm Tiefe

Stoppelbearbeitung: Flügelschargrubber bis 8 cm Tiefe; nur bei Blanksaat von Klee gras nach Getreide ohne Stoppelbearbeitung Ecomat mit Packomat und anschließende Saat (möglichst frühe Saat)

Saatbettbereitung: Kreiselegge

Mech. Pflege: Striegel

Beweggründe: Geringerer Energieverbrauch; hohe Schlagkraft; Gerät ermöglicht flache Bearbeitung (bei Kulturen die flache Bodenbearbeitung erlauben)

Bewertung / Probleme: Der Ecomat wendet den Boden bei flacher bis mittlerer Tiefe (8-14 cm) um 180 Grad. Dabei wird der Boden im Vergleich zum Pflug relativ wenig gewunden und gebrochen und organisches Material wenig eingemischt → Gefahr der Mattenbildung z.B. bei Klee grasumbruch;
je flacher gearbeitet wird, desto eher bleibt man in der garen Bodenschicht und kann z.B. auf Lößboden ein gutes Saatbett für Klee erreichen;
bei ungünstigeren Bedingungen (Trockenheit, Bodenverdichtungen z.B. in Fahrspuren, höherer Tonanteil, etc.) zieht sich der Ecomat relativ leicht aus dem Boden, um eine gleichmäßige Tiefenführung zu gewährleisten, muss dann etwas tiefer (12-14 cm) gearbeitet werden, auf Tonboden arbeitet man dann nicht mehr im garen Bereich und vergräbt unter Umständen organisches Material.
Klee grasumbruch funktioniert nicht immer;
größere Mengen organischer Substanz lassen sich nicht gut einarbeiten – bzw. führen zu Verstopfungen;
Umbruch von Maisstoppel zur anschließenden Wintergetreidebestellung ist auf schwereren Böden kaum möglich;
die Arbeitsziele einer Stoppelbearbeitung werden nicht genügend erreicht, da der Ecomat dafür zu tief arbeitet und Ausfallgetreide und Unkrautsamen zu tief verschüttet werden und schlecht auflaufen.
Fazit: Der Ecomat hat seine Stärke in der Schlagkraft und in der Möglichkeit der flachen bis mittleren Bearbeitungstiefe; die mittlere Bearbeitungstiefe (ca.14 cm) lässt sich allerdings auch mit einem Variopflug einhalten; wie sich die Bearbeitung mit dem Ecomat auf Dauer auf die Bodenfruchtbarkeit auswirkt, muss weiter beobachtet werden; die oben genannten Schwächen begrenzen die Einsatzmöglichkeiten des Ecomat.

➤ Maschinen

Schlepper (Gesamtbetrieb): Case 240 PS (Zwillingsreifen, 1,2 bar), John Deere 160 PS (1-1,4 bar), Fast Trac 150 PS, Fendt 120 PS, MB-Trac 80 PS

Ackerbau (auf schweren Böden im Einsatz):

- Kverneland Ecomat-Schälpflug, 3 m (7 Schare, Packerkombination)
- Kverneland Pflug, 2 m (4 Schare)
- Stoppelhobel, 2,1 m (6 Schare)
- Rabe Kreiselegge, 5 m, in Kombination mit
- Drillmaschine, 5 m (Schleppschar)
- Lemken Smaragd Schwergrubber 4,8 m (2 Balken, Flügelschare)
- Lemken Kompaktor, 4,5 m (Gänsefußschare, Planierschiene, Krümelwalze)
- Federzinkengrubber, 4,5 m
- Hatzenbichler Striegel, 15 m
- Camebridgewalze, 9 m
- Weitere: Miststreuer (10t, Tellerbreitstreuwerk, geliehen), Güllefass (10 m³, Schleppschlauch), Front- & Heckmäherwerk (5 m), Wender, Schwader, Front- & Heckmulcher (5 m)

➤ Produktionsverfahren

Die Produktionsverfahren werden auf dem Betrieb jeweils den Boden- und Kulturansprüchen angepasst. Die nachfolgend beschriebenen Verfahren sind deshalb als Beispiele zu sehen.

	Zeitraum	Gerät (Schlepper-PS & Geschwindigkeit)	Tiefe
Kleegras			
Saat	direkt	Saatkombinator (240 PS, 8 km/h)	2 cm
Pflege	direkt	Walze (80 PS)	
Schnitt	Herbst	Mulcher (150 PS)	
1. Hauptnutzungsjahr			
Schnitte		3 – 4 Schnitte (Anweillsilage): Mähwerk (150 PS), Wender & Schwader (150 PS)	
2. Hauptnutzungsjahr			
Schnitte		3 – 4 Schnitte (Anweillsilage): Mähwerk (150 PS), Wender & Schwader (150 PS)	
vor Wintergetreide			
Bodenb.	A10	Ecomat (160 PS, 8,5 km/h)	12 cm
Bodenb.	direkt	z.T. Kreiselegge (240 PS, 6-8 km/h)	4 cm
vor Silomais			
Bodenb.	Winter	Pflug, 160 PS, 7,5 km/h	24 cm
Düngung	04	40 m ³ /ha Gülle (ca. 80 kg N)	
Bodenb.	04	Kreiselegge (240 PS, 6-8 km/h)	8 cm
Bodenb.	04	Säkompaktor (125 PS, 12 km/h)	4 cm

	Zeitraum	Gerät (Schlepper-PS & Geschwindigkeit)	Tiefe
W.Weizen o. Triticale			
Saat	M10	Saatkombination (240 PS, 6-8 km/h)	4 cm
Pflege	direkt	Walze (80 PS)	
Pflege	Frühjahr	1 – 3 x Striegel (150 PS)	
Düngung	05	10 – 20 m ³ /ha Gülle	
Ernte	E07 – A08	Mähdrescher	
vor Wintergetreide			
Bodenb.	A08 – M08	1 – 2 Grubber (240 PS, 8-12 km/h)	5 / 8 cm
Bodenb.	A08 – M08	Ecomat (160 PS, 8,5 km/h)	12 cm
Bodenb.	direkt	z.T. Kreiselegge (240 PS, 6-8 km/h) nur wenn Bodenstruktur es notwendig macht	4 cm
vor Ackerbohnen			
Bodenb.	A08 – M08	Ecomat (160 PS, 8,5 km/h)	12 cm
Saat	direkt	Zwischenfruchtsaat: Saatkombination (240 PS, 8 km/h)	3-4 cm
Pflege	direkt	Walze (80 PS)	
Bodenb.	03	Ecomat (160 PS, 8,5 km/h)	12 cm
vor Klee gras			
Bodenb.	A08 – M08	Ecomat (160 PS, 8,5 km/h)	12 cm
Ackerbohnen			
Saat	03	Saatkombination (240 PS, 6 km/h)	6-8 cm
Pflege	direkt	Walze (80 PS)	
Pflege	Frühjahr	1 – 2 x Striegel (160 PS)	
Ernte	M08 – A09	Mähdrescher	
Bodenb.	A08 – M08	1 – 2 Grubber (240 PS, 8-12 km/h)	5 / 8 cm
Düngung	direkt	20 t/ha Mist	
Bodenb.	A08 – M08	Ecomat (160 PS, 8,5 km/h)	12 cm
Silomais			
Saat	A05	Einzelkornsägerät (125 PS, 6-8km/h)	8 cm
Pflege	05 – 06	2 – 3 x Striegel (125 PS, 6-15 km/h)	1-2
Pflege	06	1 – 2 x Fingerhacke (90 PS, 6-8 km/h)	2 cm
Pflege	06	Anhäufeln mit Hohlscheiben (125 PS, 8km/h); Dammhöhe: 25-30 cm	15 cm
Ernte	10	im Lohn	
Bodenb.	10	Pflug (160 PS, 7,5 km/h)	22 cm

Energie & Ökonomie

Modellrechnung¹: Vergleich von einem Ecomat-System (in Anlehnung an die oben genannten Betriebsleiterangaben) und einem theoretischen Pflug-System (25 cm Arbeitstiefe, bis auf Bodenbearbeitung dem Ecomat-System möglichst ähnlich) in einer vereinfachten, für beide Systeme identischen Fruchtfolge. Datengrundlage: oben genannte Betriebsleiterangaben, eigene Zugkraftbedarfsmessungen (Anhang III), Schätzwerte, KTBL- und andere Literaturangaben. Details zu Ergebnissen sowie zu den zugrunde liegenden Werten und Kosten sind im CD-Anhang aufgeführt.

	Ecomat	Pflug	Einsparung
Dieselvebrauch [l/ha pro Jahr]	70	80	10
Arbeitszeitbedarf ¹ [Akh/ha pro Jahr]	3,4	3,9	0,5
Arbeiterledigungskosten ¹ [€/ha pro Jahr]	353	382	29

¹ unberücksichtigt: Transporte, Betriebsführung und allgem. Betriebsarbeiten

Bewertung: Im Vergleich zu den anderen Betrieben wurde hier ein unterdurchschnittliches Diesel-Einsparpotential berechnet. Das ist vor allem auf den relativ geringen Unterschied im Zugkraftbedarf von Pflug (25 cm) und Ecomat (12 cm) und dem sonst geringen Unterschied zwischen den beiden verglichenen Bodenbearbeitungssystemen zurückzuführen. Auch die errechnete Einsparung an Arbeitszeit und Arbeiterledigungskosten ist eher gering.

Untersuchte Schläge

➤Fazit

Boden: unter Berücksichtigung der z.T. hohen Tongehalte gute Struktur ohne Bearbeitungssohlen, intensive Durchwurzelung und hoher Regenwurmbesatz; mittlere bis geringe Gehalte an organischer Substanz und gute Versorgung an verfügbaren Nährstoffen; aufgrund des bisher kurzen Zeitraums der flach wendenden Bearbeitung noch keine messbare Anreicherung in der bearbeiteten Oberkrume.

Pflanze: nach Klee gras geringer Unkrautdruck, bei ungünstigeren Bedingungen im zweiten Jahr und ohne mechanische Regulierung → dichter Unkrautbestand; befriedigende bis unterdurchschnittliche Erträge.

¹ Berechnet von K. Lange, D. Möller (Fachgebiet Betriebswirtschaft, FB Ökologische Agrarwissenschaften der Universität Kassel) und H. Schmidt (Stiftung Ökologie & Landbau)

➤ Schlag 1

Vorgeschichte: wie Gesamtbetrieb

Hauptfrüchte & Bewirtschaftung (wenn vom beschriebenen Produktionsverfahren deutlich abweichend; in Klammern: geschätzter Ertrag in dt/ha):

2000 Klee gras	nur mulchen	2005 W.Weizen	(36)
2001 Klee gras	Futter; Grubber & Pflug	2006 Klee gras	
2002 W.Weizen	(38) Grubber & Pflug	2007 Klee gras	
2003 Triticale	(44)	2008 Triticale	(46)
2004 A.Bohne	(50)	2009 W.Erbse & Roggen	(37)

Bewirtschaftung 2007-2009 (Änderung zum Standard): 2007 vor Triticale 40m³ Gülle/ha & 20 t Mist/ha, keine Düngung zum Wintererbsen-Roggen-Gemenge, in beiden Jahren keine Unkrautbekämpfung (Details im Anhang II)

Standort der Messpunkte: sehr schwach geneigte Parabraunerde aus Lößauflage (Mächtigkeit stark wechselnd) auf tonigem Untergrund; Bodenart schluffiger Lehm (18% Ton, 55% Schluff, 27% Sand: Lu) nach unten abnehmender Sand und zunehmender Schluff- und Steingehalt, schwach steinig; 32 – 50 Bodenpunkte

Bodenbeurteilung (04. & 06.2008 Triticale, 05.2009 W.Erbse & W.Roggen):

0 – 14 cm: braun mit wenigen rötlichen Tonsteinchen; bröckelig- krümelig, bis 9 cm fest, 9 – 14 cm lockerer mit viel altem organischem Material, viele, v.a. kleine Regenwurmgänge, gut durchwurzelt, Bearbeitungsgrenze v.a. durch Schicht mit altem organischem Material sichtbar: **gute Struktur**

14 – 30 cm: braun mit vielen Tonsteinchen; Bröckel bis Polyeder; viele, v.a. kleine Regenwurmgänge; weniger als in 0 – 14 cm aber gut durchwurzelt: **gute – mäßige Struktur**

ab 30 cm (bis 37 cm beurteilt): heller als Oberboden, rötlich mit dunkelroten tonigen Steinchen und Steinen und wenigen kleinen Rostflecken; dicht, Polyeder und einige Bröckel; einige, v.a. kleine Regenwurmgänge; mäßig durchwurzelt: **mäßige Struktur**

Bodenuntersuchung (unterschiedliche Grautöne: deutliche Differenzen zwischen Schichten):

Bodenphysik & -chemie (Poren, OS & Nt in %, P, K & Mg in mg/100g, Mikronährstoffe in mg/kg)

Tiefe	Poren ¹	OS ²	Nt ³	C/N	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	B	Cu	Mn	Zn
0-14	48	2,6	0,13	11,6	6,6 C ⁴	15 C	18 C	11 C	1,0 E	1,7 A	132 E	3,3 E
14-30	47	2,5	0,15	10,0	6,7 C	18 C	24 D	10 C	1,1 E	1,7 A	135 E	3,4 E
30-37	43	1,3	0,07	10,8	6,9 C	12 C	16 C	10 C	0,8 E	1,2 A	67 E	1,6 C

¹ 04.2008; ² OS: Organische Substanz; ³ Nt: Gesamt-N, ⁴ Buchstaben: LUFA-Versorgungsstufen

Bodenbiologie: im Anhang II & III

Pflanzenentwicklung:

	2008 Triticale	2009 W.Erbesen & W.Roggen
Unkraut	29.04.: geringer Unkrautdruck (5-10% Deckungsgrad) 10.06.: geringer Unkrautdruck (10-20% Deckungsgrad) Kamille, Klettenlabkraut, Hirtentäschel, Ehrenpreis	04.05.: hoher Unkrautdruck (70-90% Deckungsgrad) Kamille, Taubnessel, Ehrenpreis, Klettenlabkraut, Hirtentäschel, Ackerhellerkraut
Bestand	Blüte: ungleichmäßiger Bestand mit niedrigen, weniger dichten Bereichen, lange Ähren, gesund, z.T. Trockenschäden ca. 350 Halme/m ² Ertrag 46 dt/ha (Betriebsschätzung)	Schossen: ungleichmäßiger, lockerer bis dünner, stark verunkrauteter Bestand ca. 150 Halme & 58 Erbsenpflanzen /m ² Ertrag 37 dt/ha (Betriebsschätzung)

Zusammenfassung: In beiden Jahren wurde eine gute Bodenstruktur in der Krume festgestellt, die mit steigendem Tongehalt nach unten schlechter wurde. Der gut mit Nährstoffen versorgte Boden war bis zum Unterboden gut durchwurzelt, eine scharfe Bearbeitungsgrenze zeigte sich nicht. Die Regenwurmdichte lag auf hohem Niveau. Die Gehalte an organischer Substanz (OS) in der Krume lagen in einem für Bodenart und Standort normalen Bereich. Wahrscheinlich aufgrund der erst seit relativ kurzer Zeit durchgeführten flachen Bearbeitung, ist die typische Anreicherung von organischer Substanz und Nährstoffen in der Oberkrume nicht zu erkennen. Das etwas weitere C/N-Verhältnis in der Oberkrume ist jedoch schon ein typisches Zeichen für das flachere Einarbeiten organischen Materials.

Nach Klee gras war der Unkrautdruck im ersten Jahr in Triticale auch ohne Unkrautbekämpfung gering. Bei früher Aussaat des Wintererbsen-Roggen-Gemenges und einer relativ geringen Bestandesdichte erreichte das Unkraut im zweiten Jahr einen hohen Deckungsgrad. Problematisch waren dabei v.a. Kamille und Klettenlabkraut. Bei mäßiger Saatbettqualität fand beim Roggen kaum eine Bestockung statt. Die Erträge lagen im Bereich der mittleren Erwartungen oder leicht darunter.

➤ Schlag 2

Vorgeschichte: wie Gesamtbetrieb

Hauptfrüchte & Bewirtschaftung (wenn vom beschriebenen Produktionsverfahren deutlich abweichend; in Klammern: geschätzter Ertrag in dt/ha):

2000 Hafer (36) Grubber & Pflug	2005 A.Bohne (29)
2001 S.Gerste Grubber & Pflug	2006 W.Weizen (39)
2002 Klee gras Grubber & Pflug	2007 Klee gras
2003 S.Weizen (43)	2008 Klee gras Stoppelhobel
2004 Triticale (39)	2009 Triticale (39)

Bewirtschaftung 2007-2009 (Änderung zum Standard): zu Triticale 2008 keine Düngung, nur 1 x Striegel (Details in Anhang II)

Standort der Messpunkte: sehr schwach geneigte Braunerde bis Pelosol-Braunerde; Bodenart schwach sandiger Lehm (21% Ton, 50% Schluff, 29% Sand: Ls2), schwach bis mittel steinig (nach unten zunehmend); Bodenpunkte Schlag 38 – 62

Bodenbeurteilung (04. & 06.2008 Klee gras, 05.2009 Triticale):

0 – 12 cm: rot-braun mit hellen, rötlichen & rostfarbenen Tonsteinchen; dicht bröckelig; viele Regenwurmgänge, gut durchwurzelt, Bearbeitungsgrenze v.a. durch dichte Schicht mit altem organischem Material bei 10 – 12 cm sichtbar: **mäßige Struktur**

12 – 30 cm: rot-braun mit vielen Tonsteinchen; Bröckel bis Polyeder; viele Regenwurmgänge; mäßig durchwurzelt, keine abknickenden Wurzeln: **mäßige Struktur**

ab 30 cm (bis 36 cm beurteilt): rot-braun nach unten starke Zunahme des Anteils von Tonsteinen; dicht, Polyeder und Bröckel; einige Regenwurmgänge; mäßig durchwurzelt: **mäßige Struktur**

Bodenuntersuchung (unterschiedliche Grautöne: deutliche Differenzen zwischen Schichten):

Bodenphysik & -chemie (Poren, OS & Nt in %, P, K & Mg in mg/100g, Mikronährstoffe in mg/kg)

Tiefe	Poren ¹	OS ²	Nt ³	C/N	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	B	Cu	Mn	Zn
0-14	42	2,4	0,14	10,3	6,8 C ⁴	17 C	26 D	12 D	0,9 E	1,7 C	163 E	3,3 E
14-30	45	2,5	0,14	10,7	6,9 C	24 D	29 D	12 D	1,1 E	1,9 C	147 E	3,9 E
30-37	44	1,9	0,10	10,8	7,1 C	16 C	22 C	14 D	0,8 E	1,9 C	105 E	2,2 C

¹ 04.2008; ² OS: Organische Substanz; ³ Nt: Gesamt-N, ⁴ Buchstaben: LUFA-Versorgungsstufen

Bodenbiologie: im Anhang II & III

Pflanzenentwicklung:

	2008 Klee gras	2009 Triticale
Unkraut	12.06.: ohne Unkrautdruck	04.05.: geringer Unkrautdruck (10-20% Deckungsgrad) Klettenlabkraut, Hirtentäschel, Kamille, Ehrenpreis, Ackerhellerkraut, Ackerstiefmütterchen, Taubnessel
Bestand	Bestand mit ca. 50% Klee aufgrund alter Mäuseschäden etwas lückig, im Juni stark durch Trockenheit geschädigt	Schossen: heller, lichter Bestand mit durch Mäuse geschädigten Bereichen, gesund 280 Halme/m ² Ertrag: 39 dt/ha (Betriebsschätzung)

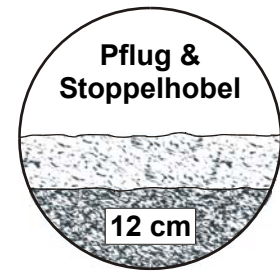
Zusammenfassung: Trotz der mäßigen Struktur – v.a. aufgrund des hohen Tongehaltes – war der Boden gut durchwurzelt und wies eine hohe Dichte an Regenwurmängen auf. Die Bearbeitungsgrenze zeigte sich durch eine gut durchwuzelte Schicht mit viel eingearbeitetem organischem Material. Das Niveau an verfügbaren Nährstoffen war hoch. Die Gehalte an organischer Substanz (OS) in der Krume lagen in einem für den hohen Tongehalt niedrigen Bereich. Wahrscheinlich aufgrund der erst seit relativ kurzer Zeit durchgeführten flachen Bearbeitung, ist die typische Anreicherung von organischer Substanz und Nährstoffen in der Oberkrume nicht zu erkennen.

Nach Klee gras war der Unkrautdruck in Triticale gering. Der Ertrag lag etwas unter den mittleren Erwartungen.

2.3.3. Betriebsbeispiel 2 (B2)

Betriebsbeschreibung

Feuchter und mäßig warmer Standort mit schweren Böden. Gemischtbetrieb mit Druschfruchtanbau und hohem Anteil an Feldfutterbau. Seit 5 Jahren Bodenbearbeitung mit einem Stoppelhobel oder z.T. Pflugeinsatz auf maximal 12 cm. Erwartetes Ø-Ertragsniveau ca. 40 dt/ha Getreide.



➤ Standort (Baden-Württemberg)

Höhe: um 400 m ü. NN

Niederschlag: Ø 800-900 mm/a

Temperatur: Ø 8,2°C

Bodenart: schwerer Lehm bis Ton (tL, stL, LT)

Bodentypen: Parabraunerden & Braunerden aus flacher Lößauflage über Lettenkeuper & Muschelkalk

Ackerzahl: Ø 42 (35 – 50)

Nährstoffe:	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	
	6,3	A (-C)	B	C	Ø Versorgungsstufe Betrieb

Gefälle: kaum ebene Flächen, oft starkhängig

Bemerkungen Boden: oft flachgründig; keine Erosionsprobleme

Wichtige Wurzelunkräuter: Ampfer (abnehmend)

Wichtige einjährige Unkräuter: Ackerfuchsschwanz

➤ Betriebsstruktur

Fläche: 27 ha Ackerland, 24 ha Grünland

davon Pacht: ca. 66%, **Pachtniveau:** Ø 250 €/ha (Ackerland)

Schlaggröße: 0,3 – 3 ha

Schlagentfernung: max. 0,5 km

Betriebszweige: Ackerbau, Schweinemast, Milchvieh (1/3 eigene Verarbeitung), Käserei, Fleischverarbeitung, Biogas, Hofladen & Marktstand

Ökonomische Bedeutung Ackerbau: ca. 25%

Anzahl Tiere: 20 Kühe (Boxenlaufstall) mit Nachzucht (Tretmiststall), 12 Schweine; 0,9 GV/ha

Arbeitskräfte: 2,5 AK, davon max. 0,4 AK im Ackerbau

➤ Betriebsgeschichte

Umstellungsjahr: 1963, Demeter

Vor Umstellung: Gemischtbetrieb

➤ Pflanzenbau

Fruchtfolge (Ziel-Fruchtfolge):

Luzerne (geringer Grasanteil) Futternutzung
Luzerne (geringer Grasanteil) Futternutzung
W.Weizen
z.T. W.Weizen
Dinkel Rotklee-Blanksaat
Rotklee
W.Weizen
Dinkel Luzerne-Blanksaat

Anbauumfang: Ø Flächenanteile und Erträge (Verkaufsware)

Frucht	Ø Erträge [dt/ha]	Flächenanteil [%]
Luzerne		27
Rotklee		13
W.Weizen (E-Sorten)	35	33
Dinkel	40 ¹	27

¹ im Spelz

Düngung: Biogasgülle-Injektion: 30 – 40 m³/ha (Ø 120 kg Nt) auf Weizen, 20 m³ (Ø 70 kg Nt) auf Dinkel; 2 t Gesteinsmehl (Muschelkalk) vor Luzerne; Stroh wird komplett abgefahren, biologisch-dynamische Präparate

Saat: Schleppschar Drillmaschine, Doppelreihen (8 cm) im Abstand von 19 cm

Ernte & Aufbereitung: eigener Mähdrescher, eigene Reinigung, Lagerung & Vermarktung

➤ Bodenbearbeitung

Geschichte: Grundbodenbearbeitung bis 2004 ausschließlich Pflug auf 12 cm Tiefe

Gegenwärtige Bodenbearbeitung:

Grundbodenbearbeitung: mehrmals Stoppelhobel (bis 10 cm) & Nachbearbeitung mit Kreiselegge o. Prismenwalze, in Ausnahmen Pflug (bis 12 cm)

Kleegrasumbruch & Stoppelbearbeitung: Stoppelhobel (auf 8 cm)

Saatbettbereitung: Kreiselegge

Mech. Pflege: Striegel & Hacke

Beweggründe: flache Bearbeitung aufgrund der häufig flachgründigen Böden; guter Eindruck von Ertrags- und Unkrautsituation bei Bewirtschaftung mit dem Stoppelhobel auf anderem Betrieb (Betrieb 3); Aufbau von Bodengare zwischen zwei Hauptfrüchten; Reduzierung von Wurzelunkräutern

Entwicklung nach Umstellung der Bodenbearbeitung: einzelne Flächen mit erhöhtem Unkrautdruck; nach Stoppelbearbeitung läuft Unkraut besser auf; Geräteeinsatz funktioniert, Einstellung ist unproblematisch

Anmerkungen: Nachbearbeitung mit Kreiselegge bewirkt besseres Auflaufen von Unkraut als bei Verwendung der Prismenwalze

➤ Maschinen

Schlepper: MF: 135 PS & 80 PS, 55 PS-Schlepper (Luftdruck ca. 2,0 bar)

Ackerbau: - Zobel Stoppelhobel, 2,45 m (7 Schare, Beet-Hobel)

- Kverneland Vollandpflug, 1,5-1,6 m (4 Schare)

- Kuhn Kreiselegge, 4 m, mit Prismenwalze in Kombination mit

- Nodet Drillmaschine, 4 m, Schleppschar

- Hacke, 4 m, Gänsefußschar

- Einböck Striegel, 12 m

- Weitere: Güllefass (6 m³) mit Eigenbau-Gülleinjektor (Frontanbau, 4 m, 13 Schare, 3-4 cm Tiefe) Mähdrescher (2,8 m), Front- & Heckmähwerk (je 2,7 m), Wender (7 m), Schwader (6,6 m), Ladewagen (32 m³), Feldhäcksler, Feldspritze (18 m)

➤ Produktionsverfahren

Die Produktionsverfahren werden auf dem Betrieb jeweils den Boden- und Unkrautbedingungen angepasst. Die nachfolgend beschriebenen Verfahren sind deshalb als Beispiele zu sehen. Das Ausbringen der biologisch-dynamischen Präparate wurde nicht mit einbezogen.

	Zeitraum	Gerät (Schlepper-PS & Geschwindigkeit)	Tiefe
Luzerne			
Saat	direkt	Saatkombination (135 PS, 8 km/h)	4 cm
Schnitt	Herbst	Schröpfschnitt o. Grünfutter: Mähwerk (135 PS), Wender & Schwader (55 PS), Ladewagen (135 PS)	
1. Hauptnutzungsjahr			
Schnitte	A05 – M10	4 Schnitte: Mähwerk (135 PS), Wender & Schwader (55 PS), Ladewagen (135 PS)	
2. Hauptnutzungsjahr			
Schnitte	A05 – E07/M09	3 – 4 Schnitte: Mähwerk (135 PS), Wender & Schwader (55 PS), Ladewagen (135 PS)	
Umbruchvariante Stoppelhobel			
Bodenb.	E07	Stoppelhobel (135 PS, 11 km/h)	4 cm
Bodenb.	direkt	Kreiselegge (135 PS, 8 km/h)	2 cm
Bodenb.	A10	Stoppelhobel (135 PS, 11 km/h)	10 cm
Umbruchvariante Pflug			
Bodenb.	M – E09	Pflug (135 PS, 6 km/h)	12 cm
W.Weizen			
Saat	A – M10	Saatkombination (135 PS, 8 km/h)	4 cm
Pflege	A – M04	Hacke (80 PS, 8 km/h)	3-4 cm
Pflege	A – M04	Striegel (80 PS, 12 km/h)	

	Zeitraum	Gerät (Schlepper-PS & Geschwindigkeit)	Tiefe
Düngung	A – M04	Injektor: 30 – 40 m ³ Gülle (80 PS, 6 km/h) zwischen Reihen	3-4 cm
Ernte	E07	Mähdrescher	
Bodenb.	E07	Stoppelhobel (135 PS, 11 km/h)	4 cm
Bodenb.	direkt	Kreiselegge (135 PS, 8 km/h)	2 cm
Bodenb.	n. > 20 T.	Stoppelhobel (135 PS, 11 km/h)	8 cm
Bodenb.	direkt	Kreiselegge (135 PS, 8 km/h)	2 cm
Bodenb.	A10	Striegel (80 PS, 12 km/h)	
Dinkel			
Saat	A – M10	Saatkombination (135 PS, 8 km/h)	4 cm
Pflege	A – M04	Hacke (80 PS, 8 km/h)	3-4 cm
Pflege	A – M04	Striegel (80 PS, 12 km/h)	
Düngung	A – M04	Injektor: 20 m ³ Gülle (80 PS, 6 km/h)	3-4 cm
Ernte	E07	Mähdrescher	
Düngung	E07	Kalkdüngung 2 t/ha	
Bodenb.	E07	Stoppelhobel (135 PS, 11 km/h)	8 cm
Rotklee			
wie Luzerne, nur Ansaat & 2. Hauptnutzungsjahr			

Energie & Ökonomie

Modellrechnung²: Vergleich von einem Stoppelhobel-System (in Anlehnung an die oben genannten Betriebsleiterangaben) und einem theoretischen Pflug-System (20 cm Arbeitstiefe, bis auf Bodenbearbeitung dem Grubber-System möglichst ähnlich) in einer vereinfachten, für beide Systeme identischen Fruchtfolge. Datengrundlage: oben genannte Betriebsleiterangaben, eigene Zugkraftbedarfsmessungen, Schätzwerte, KTBL- und andere Literaturangaben. Details zu Ergebnissen sowie zu den zugrunde liegenden Werten und Kosten sind im CD-Anhang aufgeführt.

	Stoppelhobel	Pflug	Einsparung
Dieserverbrauch [l/ha pro Jahr]	73 (71) ²	81	8 (10)
Arbeitszeitbedarf¹ [Akh/ha pro Jahr]	5,1 (7,3)	5,7	0,6 (-1,6)
Arbeiterledigungskosten¹ [€/ha pro Jahr]	425 (446)	447	22 (1)

¹ unberücksichtigt: Transporte, Betriebsführung und allgem. Betriebsarbeiten

² in Klammern: Verwendung von Betriebsschätzwerten für den Diesel- und Zeitbedarf

Bewertung: Für den Dieserverbrauch und den Arbeitszeitbedarf wurde für das Stoppelhobel-System ein mittleres Einsparungspotential berechnet. Der geringere Dieserverbrauch bei der flacheren Bearbeitung mit dem Stoppelhobel wurde durch die höhere Anzahl an Überfahrten

² Berechnet von K. Lange, D. Möller (Fachgebiet Betriebswirtschaft, FB Ökologische Agrarwissenschaften der Universität Kassel) und H. Schmidt (Stiftung Ökologie & Landbau)

z.T. kompensiert. Insgesamt ist deshalb auch die Differenz bei den Arbeitserledigungskosten zwischen den beiden Systemen gering (siehe CD-Anhang).

Untersuchte Schläge

➤Fazit

Boden: gute Bodenstruktur und intensive Durchwurzelung in der Oberkrume; z.T. geringere Qualität der Bodenstruktur in der Unterkrume; hoher Regenwurmbesatz; mittlere Gehalte an organischer Substanz und gute bis ausreichende Nährstoffversorgung; eine Anreicherung in der Oberkrume ist nur bei der organischen Substanz deutlich ausgeprägt.

Pflanze: im Untersuchungszeitraum gute Getreidebestände mit meist geringem Unkrautdruck und durchschnittlichen Erträgen.

➤Schlag 1

Vorgeschichte: wie Gesamtbetrieb

Hauptfrüchte & Bewirtschaftung (wenn vom beschriebenen Produktionsverfahren deutlich abweichend; in Klammern: geschätzter Ertrag in dt/ha):

2002 Getreide	Pflug	2006 Dinkel	Stoppelhobel (40)
2003 Erbse	Pflug	2007 Rotklee	
2004 W.Weizen	Pflug	2008 W.Weizen	(40)
2005 W.Weizen	Stoppelhobel (35-40)	2009 W.Weizen	(40)

Bewirtschaftung 2007-2009 (Änderung zum Standard): nach Klee 2007 Pflug (10 cm); zwischen Weizen 2008 und Weizensaat 2 x Stoppelhobel + Kreiselegge und 1 x Pflug (12 cm) (Details in Anhang II)

Standort der Messpunkte: ebene Parabraunerde aus Lößauflage über Lettenkeuper; Bodenart stark toniger Schluff (19% Ton, 72% Schluff, 9% Sand: Ut4) über tonigerem Unterboden (26%), sehr schwach steinig; Bodenpunkte Schlag 52 (an Messpunkten besser!)

Bodenbeurteilung (06.2008 W.Weizen, 05.2009 W.Weizen):

0 – (10-12) cm: homogen braun; krümelig-bröckelig, z.T. schwammartig, einige Regenwurmgänge, gut durchwurzelt, keine scharfe Bearbeitungsgrenze: **gute – sehr gut Struktur**

(10-12) – 27 cm: homogen braun, altes organisches Material bis 20 cm; dichter, grob bröckelig, viele Regenwurmgänge, gut durchwurzelt: **gute Struktur**

ab 27 cm (bis 40 cm beurteilt): hellbraun, stark rostfleckig; dicht, grob bröckelig bis horizontal plattig brechend; viele Regenwurmgänge; gut durchwurzelt, keine abknickenden Wurzeln: **mäßige Struktur**

Eindringwiderstand (12.2008 unter W.Weizen): leichter Verdichtungshorizont bei 20 bis 30 cm (Details in Anhang II)

Bodenuntersuchung (unterschiedliche Grautöne: deutliche Differenzen zwischen Schichten):

Bodenphysik & -chemie (Poren, OS & Nt in %, P, K & Mg in mg/100g, Mikronährstoffe in mg/kg)

Tiefe	Poren ¹	OS ²	Nt ³	C/N	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	B	Cu	Mn	Zn
0-15	54	2,8	0,17	9,4	6,3 C ⁴	2 A	8 B	11 D	0,5 C	2,9 C	253 E	3,8 E
18-24	46	2,2	0,13	9,8	6,6 C	2 A	10 B	9 C	0,6 C	2,9 C	240 E	3,3 E
28-34	44	0,9	0,05	10,4	6,4 C	1 A	4 A	12 D	0,2 A	1,5 A	118 E	1,0 A

¹ 06.2008; ² OS: Organische Substanz; ³ Nt: Gesamt-N, ⁴ Buchstaben: LUFA-Versorgungsstufen

Bodenbiologie: in Anhang II & III

Pflanzenentwicklung:

	2008 W.Weizen	2009 W.Weizen
Unkraut	15.04.: geringer Unkrautdruck (<5% Deckungsgrad) 18.06.: geringer Unkrautdruck (5-10% Deckungsgrad) Rauhaarige Wicke, Vogelwicke, Windknöterich, Ackerfuchsschwanz, Ehrenpreis; vereinzelt: Kornblume, Klatschmohn, Klettenlabkraut & Klee- & Luzernedurchwuchs	19.05.: mäßiger Unkrautdruck (30-40% Deckungsgrad, klein) Ackerfuchsschwanz, Klatschmohn, Windknöterich, rauhaarige Wicke, Taubnessel, Vogelmiere, Ackerstiefmütterchen, Kamille, Klettenlabkraut
Bestand	Blüte: homogener, dunkelgrüner, dichter Bestand mit gut ausgebildeten Ähren, gesund 312 Halme/m ² Ertrag 46 dt/ha (an Messpunkten) (Betriebsschätzung: 40 dt/ha)	Schossen: homogener, dunkelgrüner, dichter Bestand, gesund 414 Halme/m ² Ertrag 40 dt/ha (Betriebsschätzung)

Zusammenfassung: Ober- und Unterkrume wiesen in beiden Jahren eine gute Bodenstruktur und Durchwurzelung auf. Im gesamten untersuchten Profil wurde eine hohe Anzahl an Regenwürmern bzw. Gängen festgestellt. Eine Bearbeitungssohle war nicht erkennbar. Die Gehalte an organischer Substanz (OS) in der Krume lagen auf mittlerem Niveau. Die schon vor Einführung des Stoppelhobels relativ flache Bearbeitung zeigte sich bisher nur in einer Anreicherung der OS in der Oberkrume. Insgesamt war der Boden mit Nährstoffen gut bis ausreichend versorgt, eine Ausnahme sind die sehr niedrigen Phosphat-Werte. Sowohl 2008 als auch 2009 konnten bei geringem Unkrautdruck die durchschnittlichen Ertragserwartungen erreicht oder übertroffen werden.

➤ Schlag 2

Vorgeschichte: seit 1994

Hauptfrüchte & Bewirtschaftung (wenn vom beschriebenen Produktionsverfahren deutlich abweichend; in Klammern: geschätzter Ertrag in dt/ha):

2002 Getreide	Pflug	2006 W.Weizen	Stoppelhobel (40)
2003 Luzerne	Pflug	2007 Dinkel	(40) Stoppelhobel
2004 Luzerne	Pflug	2008 Rotklee	Pflug 10 cm
2005 W.Weizen	Stoppelhobel (40)	2009 W.Weizen	(45)

Bewirtschaftung 2007-2009 (Änderung zum Standard): nach Dinkel 2007 1 x Stoppelhobel + Kreiselegge; Kleeumbruch 2008 mit dem Pflug auf 10 cm (Details in Anhang II)

Standort der Messpunkte: aus Lößauflage über Lettenkeuper; Bodenart stark toniger Schluff (18% Ton, 72% Schluff, 10% Sand: Ut4) über tonigerem Unterboden (26%), sehr schwach steinig; Bodenpunkte Schlag 53

Bodenbeurteilung (06.2008 Rotklee, 05.2009 W.Weizen):

0 – 14 cm: homogen braun; dicht bröckelig-krümelig, viele Regenwürmer, dicht durchwurzelt, viele Knöllchen beim Klee, gerade Pfahlwurzeln bis in den Unterboden, keine deutliche Bearbeitungsgrenze: **gute Struktur**

14 – 26 cm: homogen braun; dicht, plattig bis bröckelig brechendes Einzelkorngefüge, viele Regenwurmgänge und Würmer, gut durchwurzelt: **mäßige – gute Struktur**

ab 26 cm (bis auf 40cm geprüft): hellbraun, stark rostfleckig; dicht, kantig, z.T. scharfkantig brechend; einige Regenwurmgänge; weniger durchwurzelt, z.T. in Regenwurmhängen, keine abknickenden Wurzeln, z.T. Knöllchen: **mäßige Struktur**

Eindringwiderstand (12.2008 unter W.Weizen): im Mittel leichter Verdichtungshorizont zwischen 20 und 30 cm (Details in Anhang II)

Bodenuntersuchung (unterschiedliche Grautöne: deutliche Differenzen zwischen Schichten):

Bodenphysik & -chemie (Poren, OS & Nt in %, P, K & Mg in mg/100g, Mikronährstoffe in mg/kg)

Tiefe	Poren ¹	OS ²	Nt ³	C/N	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	B	Cu	Mn	Zn
0-14	48	2,9	0,17	10,3	6,2 B ⁴	5 A	14 C	10 C	0,6 C	3,9 C	267 E	4,2 E
18-24	47	2,5	0,14	10,6	6,3 C	5 A	16 C	11 C	0,6 C	3,7 C	285 E	3,6 E
30-38	43	0,9	0,05	10,4	6,2 B	3 A	6 A	14 D	0,3 A	1,1 A	138 E	0,9 A

¹ 06.2008; ² OS: Organische Substanz; ³ Nt: Gesamt-N, ⁴ Buchstaben: LUFA-Versorgungsstufen

Bodenbiologie: im Anhang II & III

Pflanzenentwicklung:

	2008 Klee gras	2009 W.Weizen
Unkraut	10.07.: geringer Unkrautdruck etwas Ackerfuchsschwanz, einzelne Ampferpflanzen	05.05.: mäßiger - hoher Unkrautdruck (40-60% Deckungsgrad) Ackerfuchsschwanz, Kamille, Senf/Hederich, einzelne Ampferpflanzen
Bestand	kurz nach Schnitt: homogener Bestand mit über 50% Klee	Schossen: guter Bestand mit länglichen, dunkleren und niedrigeren Bereichen 340 Halme/m ² Ertrag: 45 dt/ha (Betriebsschätzung)

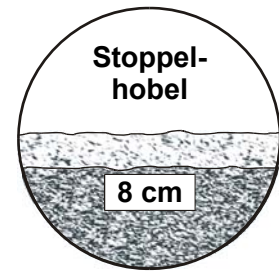
Zusammenfassung: Die Oberkrume wies in beiden Jahren eine gute Bodenstruktur und Durchwurzelung auf. In der Unterkrume war der Boden deutlich dichter gelagert, aber auch gut durchwurzelt. Im gesamten untersuchten Profil wurde eine hohe Anzahl an Regenwürmern bzw. Gängen festgestellt. Eine Bearbeitungssohle war nicht erkennbar. Die Gehalte an organischer Substanz (OS) in der Krume lagen auf mittlerem Niveau. Die schon vor Einführung des Stoppelhobels relativ flache Bearbeitung zeigte sich bisher nur in einer Anreicherung der OS in der Oberkrume. Insgesamt war der Boden mit Nährstoffen gut bis ausreichend versorgt, eine Ausnahme sind die niedrigen Phosphat-Werte.

Im Winterweizen 2008 nach Klee entwickelte sich ein z.T. hoher Unkrautdruck. Die wichtigsten Arten waren Ackerfuchsschwanz und Kamille. Der Ertrag erreichte die mittleren Ertragserwartungen.

2.3.4. Betriebsbeispiel 3 (B3)

Betriebsbeschreibung

Mäßig feuchter und mäßig warmer Standort mit schweren Böden. Gemischtbetrieb mit Druschfruchtanbau und geringem Anteil an Feldfutterbau. Seit 30 Jahren Bodenbearbeitung mit einem Stoppelhobel auf maximal 8 cm Tiefe. Erwartetes Ø-Ertragsniveau ca. 40 dt/ha Getreide.



➤ Standort (Baden-Württemberg)

Höhe: um 450 m ü. NN

Niederschlag: Ø 700 mm/a

Temperatur: Ø 8,5°C

Bemerkungen Klima: häufig Frühsommertrockenheit

Bodenart: 95% schwerer Lehm bis Ton, 5% sandiger Lehm

Bodentypen: Braunerde & Rendzina aus Kalkstein-Verwitterung, Braunerde & Parabraunerde aus Lößauflage

Ackerzahl: Ø 42 (28 – 52)

Nährstoffe:	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	
	6-7	C	C	C	Ø Versorgungsstufe Betrieb

Gefälle: kaum eben, meist wechselnd geneigt bis hängig

Bemerkungen Boden: 40% flachgründig

Wichtige Wurzelunkräuter: Ackerkratzdistel (wenig)

Wichtige einjährige Unkräuter: Ackerfuchsschwanz

➤ Betriebsstruktur

Fläche: 18 ha Ackerland, 12 ha Grünland

davon Pacht: 22%, **Pachtniveau:** Ø 500 €/ha (Ackerland)

Schlaggröße: Ø 2,5 - 3 ha (1,2 – 4)

Schlagentfernung: max. 1 km

Betriebszweige: Ackerbau; Tierhaltung, Hofladen, Stoppelhobel-Vorführung & Beratung

Ökonomische Bedeutung Ackerbau: Ackerbau wichtigster Betriebszweig

Anzahl Tiere: 10 Milchkühe mit Nachzucht, 4 Mutterkühe, 4 – 6 Mastschweine (0,6 GV/ha)

Arbeitskräfte: 1 AK (ohne Hofladen), davon ca. 0,3 – 0,4 AK Ackerbau

➤ Betriebsgeschichte

Umstellungsjahr: 1972, 1972 – 1989 Demeter, seit 1989 Bioland

Vor Umstellung: Gemischtbetrieb mit Feldgemüse (viele Familien-AK)

➤ Pflanzenbau

Fruchtfolge (Ziel-Fruchtfolge):

Rotklee (Futternutzung)
W.Weizen
W.Roggen ZF (Perserklee, Senf, Buchweizen)
Hafer ZF (Perserklee, Senf, Buchweizen)
Dinkel
W.Roggen ZF (Perserklee, Senf, Buchweizen)
S.Gerste Rotklee-US

Anbauumfang: Ø Flächenanteile und Erträge (bei guten Umweltbedingungen, bei Trockenheit bzw. ungünstiger Niederschlagsverteilung geringer)

Frucht	Ø Erträge [dt/ha]	Flächenanteil [%]
Rotklee		19
W.Weizen	50 ¹	17
Dinkel	30 ²	9
W.Roggen	35	17
Hafer	40	19
S.Gerste (Braugerste)	35	19
ZF		36

¹ selten weniger

² im Spelz

Düngung: Mist aufs Grünland, Jungviehmist aus Tieflaufstall auf Weizen nach Klee gras (max. 25 t/ha), Jauchedüngung zu Winterweizen, keine weiteren Düngemittel; 50% des Strohs wird abgefahren, der Rest gehäckselt)

Saat: Drillmaschine (16 cm Reihenabstand)

Ernte & Aufbereitung: eigener Mähdrescher, Erntegut direkt an Erzeugergemeinschaft (10 km Entfernung); Futterernte als Silage oder Heu und z.T. im Lohn für Klee-Cobs zur eigenen Verfütterung

➤ Maschinen

Schlepper: Ford: 110 PS & 42 PS (Normalbereifung, 1,8 – 2 bar Luftdruck)

Ackerbau: - Stoppelhobel, 2,1 m (6 Schare, Beet-Hobel)

- Rau Kreiselegge, 3 m

- Isaria Drillmaschine, 3 m, Schleppschare

- Weitere: Miststreuer (6 t, 4 m), Jauchefass (4 m³, 12 m),

Mähdrescher (3,7 m), Kreiselmähwerk (2,5 m), Wender (5,5 m),

Schwader (3,5 m), Ladewagen (32 m³), Mulcher (2,5 m)

➤ Bodenbearbeitung

Geschichte: Grundbodenbearbeitung bis 1979: Grubber & Beetpflug auf max. 25 cm Tiefe; Umstellung der Bodenbearbeitung von 1979 bis 1985

Gegenwärtige Bodenbearbeitung:

Grundbodenbearbeitung & Klee grasumbruch: Stoppelhobel, meist mehrere Arbeitsgänge (2) mit zunehmender Tiefe auf max. 8 cm, z.T. Kreiselegge nach jedem Arbeitsgang (Entscheidung nach Bodenstruktur)

Saatbettbereitung: Kreiselegge

Mech. Pflege: keine

Beweggründe: flache Bearbeitung aufgrund der häufig flachgründigen Böden (Steine ablesen war nicht mehr erforderlich), Stoppelhobel hat dafür unter den Standortbedingungen am besten funktioniert

Entwicklung nach Umstellung der Bodenbearbeitung: Bodenstruktur hat sich verbessert; Besatz mit Regenwürmern hat sich erheblich erhöht; Verbesserung der Regenverdaulichkeit; Verunkrautung mit Disteln ist deutlich zurückgegangen; stabile Erträge

Bewertung: Boden wird gut gekrümelt; hohe Getreideaufaufrate nach Stoppelbearbeitung; gute Unkrautbekämpfung; Stroh wird nicht komplett verschüttet → positiv für Regenwürmer; hoher Getreideanteil in der Fruchtfolge wird ermöglicht; keine Durchwuchsprobleme bei Klee; konsequenter Gareaufbau

Praktische Hinweise: die mit dem Stoppelhobel erarbeitete Gare darf auf keinen Fall durch tiefere Arbeit mit dem Pflug oder Grubber unter die Garegrenze versenkt werden, da sonst die Unkrautwüchsigkeit erhalten oder schlimmer wird und die Erträge nachlassen; bei sehr feuchten Verhältnissen kann es zu einem Schieben des Bodens kommen, Stoppelhobelbearbeitung im Winter deshalb nur bei flachem Frost

➤ Produktionsverfahren

Die Produktionsverfahren werden auf dem Betrieb jeweils den Boden- und Unkrautbedingungen angepasst. Die nachfolgend beschriebenen Verfahren sind deshalb als Beispiele zu sehen. Bis auf Wenden, Schwaden und Untersaat werden alle Ackerarbeiten mit dem 110 PS-Schlepper durchgeführt.

	Zeitraum	Gerät (Geschwindigkeit)	Tiefe
Rotklee (als Untersaat in Sommergerste)			
	Schnitt	10	Mulchen oder Grünfutter
Hauptnutzungsjahre			
	Schnitte	1 Schnitt: Mähwerk, Schwader & Klee-Cobs-Produktion (Lohn) 2 Schnitte: Mähwerk; 2 x Wender; 2 x Schwader; Ladewagen	
	Düngung	A09	25 t Mist/ha
	Bodenb.	A – M09	Stoppelhobel (10 km/h) 2-3 cm
	Bodenb.	direkt	in 80% der Fälle Kreiselegge (10 km/h) 2-3 cm
	Bodenb.	n. 14 T	z.T. (z.B. bei hohem Unkrautdruck) Stoppelhobel & Kreiseleg. 4-5 cm
	Bodenb.	n. 14 T	Stoppelhobel (10 km/h) 6 cm

	Zeitraum	Gerät (Geschwindigkeit)	Tiefe
Winterweizen & Dinkel			
Saat	E09	Kreiselegge & Drillmaschine (8 km/ha)	2-3 cm
Düngung		Jauchedüngung nach Bedarf & Möglichkeit	
Ernte	E 07 – 08	Mähdrescher, Stroh z.T. abfahren	
Bodenb.	direkt	Stoppelhobel (10 km/h)	2-3 cm
Bodenb.	direkt	in 80% der Fälle Kreiselegge (10 km/h)	2-3 cm
Bodenb.	n. 14 T	z.T. (z.B. bei hohem Unkrautdruck) Stoppelhobel & Kreiselegge	4-5 cm
Bodenb.	n. 14 T	Stoppelhobel (10 km/h)	6 cm
Roggen			
Saat	E09	Kreiselegge & Drillmaschine (8 km/ha)	2-3 cm
Ernte	E 07 – 08	Mähdrescher, Stroh z.T. abfahren	
Bodenb.	direkt	Stoppelhobel (10 km/h)	2-3 cm
Bodenb.	direkt	in 80% der Fälle Kreiselegge (10 km/h)	2-3 cm
Bodenb.	n. 14 T	Stoppelhobel (10 km/h)	6 cm
Saat	direkt	Zwischenfruchtsaat: Kreiselegge & Drillmaschine (7-10 km/ha)	2-3 cm
Bodenb.	bei Frost	Stoppelhobel (10 km/h)	8 cm
Hafer			
Saat	Frühjahr	Kreiselegge & Drillmaschine (7 km/ha)	2-3 cm
weiter wie Roggen			
Sommergerste			
Saat	Frühjahr	Kreiselegge & Drillmaschine (7 km/ha)	2-3 cm
Saat	Frühjahr	Untersaat: Drillmaschine (6-8 km/ha)	2-3 cm
Ernte	E 07 – 08	Mähdrescher, Stroh z.T. abfahren	

Energie & Ökonomie

Modellrechnung³: Vergleich von einem Stoppelhobel-System (in Anlehnung an die oben genannten Betriebsleiterangaben) und einem theoretischen Pflug-System (20 cm Arbeitstiefe, bis auf Bodenbearbeitung dem Stoppelhobel-System möglichst ähnlich) in einer vereinfachten, für beide Systeme identischen Fruchtfolge. Datengrundlage: oben genannte Betriebsleiterangaben, eigene Zugkraftbedarfsmessungen, Schätzwerte, KTBL- und andere Literaturangaben. Details zu Ergebnissen sowie zu den zugrunde liegenden Werten und Kosten sind im CD-Anhang aufgeführt.

	Stoppelhobel	Pflug	Einsparung
Dieserverbrauch [l/ha pro Jahr]	56	78	22
Arbeitszeitbedarf¹ [Akh/ha pro Jahr]	5,2 (5,6) ²	6,5	1,3 (0,9)
Arbeiterledigungskosten¹ [€/ha pro Jahr]	335 (339)	386	51 (47)

¹ unberücksichtigt: Transporte, Betriebsführung und allgem. Betriebsarbeiten

² in Klammern: Verwendung von Betriebsschätzwerten für den Zeitbedarf

Bewertung: Für das Stoppelhobel-System wurde für den Dieserverbrauch ein hohes und für den Arbeitszeitbedarf ein mittleres Einsparungspotential berechnet. Der geringere Dieserverbrauch ist auf den deutlich geringeren Zugkraftbedarf bei der flacheren Bearbeitung mit dem Stoppelhobel zurückzuführen. Bei der Einsparung von Arbeiterledigungskosten spielten die geringeren Dieserkosten die größte Rolle.

Untersuchte Schläge

➤Fazit

Boden: aufgrund der hohen Tongehalte nur gute bis mäßige Bodenstruktur in der Oberkrume, aber eine intensive Durchwurzelung; nach unten abnehmende Wurzeldichte und Qualität der Bodenstruktur; hoher Regenwurmbesatz; mittlere Gehalte an organischer Substanz und gute bis ausreichende Nährstoffversorgung; obwohl schon seit mehreren Jahrzehnten eine flache Bodenbearbeitung erfolgt, ist die Anreicherung von organischer Substanz und Nährstoffen relativ gering ausgeprägt.

Pflanze: im Untersuchungszeitraum sehr unterschiedliche Getreidebestände mit meist mäßigem bis hohem Unkrautdruck und im Durchschnitt mittleren Erträgen.

³ Berechnet von K. Lange, D. Möller (Fachgebiet Betriebswirtschaft, FB Ökologische Agrarwissenschaften der Universität Kassel) und H. Schmidt (Stiftung Ökologie & Landbau)

➤ Schlag 1

Vorgeschichte: wie Gesamtbetrieb

Hauptfrüchte & Bewirtschaftung (wenn vom beschriebenen Produktionsverfahren deutlich abweichend; in Klammern: geschätzter Ertrag in dt/ha):

1998 Roggen	2004 Roggen (35-38)
1999 Hafer/Erbse	2005 Hafer
2000 Dinkel	2006 Hafer 12-15 cm Pflug im Winter
2001 S.Gerste	2007 S.Gerste Rotklee-Untersaat
2002 Rotklee 2 x Cobs, 1 x Grünfutter	2008 Rotklee
2003 W.Weizen	2009 W.Weizen (54)

Bewirtschaftung 2007-2009 (Änderung zum Standard): nach Rotklee 2008 2 x Stoppelhobel + Kreiselegge (Details in Anhang II)

Standort der Messpunkte: mittel geneigte ebene Braunerde-Rendzina (über Kalkstein); Bodenart mittel toniger Lehm (43% Ton, 47% Schluff, 10% Sand: Lt3), sehr schwach steinig über tonigerem (54%) und stark steinigem Unterboden; 38 Bodenpunkte

Bodenbeurteilung (10.2007 & 06.2008 Rotklee, 05.2009 W.Weizen):

2008, 0 – 6 cm: homogen braun; dicht aber porös, in raue Brocken zerbrechend, krümelige Bereiche, viele kleine Regenwurmgänge, keine deutliche Bearbeitungsgrenze, gut durchwurzelt: **gute – mäßige Struktur**

2009, 0 – 11 cm: homogen braun, bröckelig, etwas krümelig, sonst wie 2008: **gute – mäßige Struktur**

2008, 6 – 20 cm, 2009, 11 – 28: homogen braun; zunehmend scharfkantige 2-3 cm große Polyeder, viele Regenwurmgänge und -höhlen, Wurzeln oft in Gängen und Klüften: **mäßige Struktur**

2008, ab 20 cm, 2009, ab 27 cm: helleres braun, z.T. rostfleckig mit großen Kalksteinen, grob polyedrisch, mäßig durchwurzelt: **mäßige – schlechte Struktur**

Eindringwiderstand (12.2008 unter W.Weizen): keine Verdichtungshorizonte erkennbar (Details in Anhang II)

Bodenuntersuchung (unterschiedliche Grautöne: deutliche Differenzen zwischen Schichten):

Bodenphysik & -chemie (Poren, OS & Nt in %, P, K & Mg in mg/100g, Mikronährstoffe in mg/kg)												
Tiefe	Poren ¹	OS ²	Nt ³	C/N	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	B	Cu	Mn	Zn
0-5	49	4,4	0,26	9,9	7,3 E ⁴	19 C	41 E	33 E	0,6 D	3,9 E	59 D	3,8 E
15-20	44	3,9	0,24	9,5	7,3 E	13 C	26 D	35 E	0,7 D	3,8 E	61 D	3,5 D
20-25	43	1,7	0,10	9,7	7,6 E	1 A	15 C	38 E	0,3 C	2,1 C	25 C	0,6 A

¹ 10.2007; ² OS: Organische Substanz; ³ Nt: Gesamt-N, ⁴ Buchstaben: LUFA-Versorgungsstufen

Bodenbiologie: im Anhang II & III

Pflanzenentwicklung:

	2008 Rotklee	2009 W.Weizen
Unkraut	19.06.: geringer Unkrautdruck Gräser, Löwenzahn	05.05.: mäßiger bis hoher Unkrautdruck (30-80% Deckungsgrad) Ackerfuchsschwanz, Klettenlabkraut, rauhaarige Wicke, Taubnessel, Ehrenpreis, Ackerwinde, Ackerstiefmütterchen, Ackerschachtelhalm, eine Ampferpflanze
Bestand	nach Schnitt (10 cm hoch): bis auf Mäusenester homogener Bestand mit > 80% Klee	Schossen: Bestand mit großen Unterschieden in Farbe & Höhe, z.T. kleine Nekrosen auf Blättern (wenig) 297 Halme/m ² Ertrag 39 dt/ha (an den Messpunkten) (Betriebsschätzung: 54 dt/ha)

Zusammenfassung: Von der Oberkrume über die Unterkrume zum Unterboden nahm die Qualität der vom hohen Tonanteil geprägten Bodenstruktur und die Durchwurzelung ab. Im gesamten untersuchten Profil wurde eine hohe Anzahl an Regenwürmern bzw. Gängen festgestellt. Eine Bearbeitungssohle war nicht erkennbar. Die Gehalte an organischer Substanz (OS) in der Krume lagen für den tonigen Boden auf mittlerem Niveau. Aufgrund der seit 30 Jahren flachen Bearbeitung zeigte sich sowohl bei der OS als auch bei Phosphat und Kali eine ausgeprägte Anreicherung in der Oberkrume. Insgesamt war der Boden sehr gut mit Nährstoffen versorgt.

Nach Rotklee entwickelte sich im Winterweizen ein hoher Unkrautdruck. Die wichtigsten Arten waren dabei Ackerfuchsschwanz, Klettenlabkraut und Rauhaarige Wicke. Der Weizenertrag erreichte die mittleren Ertragserwartungen.

➤ Schlag 2

Vorgeschichte: wie Gesamtbetrieb

Hauptfrüchte & Bewirtschaftung (wenn vom beschriebenen Produktionsverfahren deutlich abweichend; in Klammern: geschätzter Ertrag in dt/ha):

1998 Dinkel	2004 S.Gerste
1999 S.Gerste	2005 Rotklee
2000 Rotklee	2006 W.Weizen
2001 W.Weizen (40-50)	2007 Roggen (23)
2002 Roggen (40)	2008 Hafer (15-20)
2003 Hafer/Erbse	2009 Dinkel (37)

Bewirtschaftung 2007-2009 (Änderung zum Standard): vor Hafer 2008 Stoppelhobel Ende Januar, nach Saat im Februar Verschlämmung durch Starkniederschlag; vor Dinkelsaat 2 x Stoppelhobel + Kreiselegge, zu Dinkel 17 m³ Jauche im April (Details in Anhang II)

Standort der Messpunkte: mittel geneigte Parabraunerde (aus Löß über Kalkstein); Bodenart mittel schluffiger Ton (34% Ton, 59% Schluff, 7% Sand: Tu3), schwach steinig über stark steinigem Unterboden; 40 Bodenpunkte

Bodenbeurteilung (06.2008 Hafer, 05.2009 Dinkel):

0 – 12 cm: homogen braun mit einzelnen Steinen; bröckelig-krümelig, ab 5 cm größere dichte Brocken, viele Regenwurmgänge, Bearbeitungshorizont bei 10-12 cm mit altem, schlecht verrottetem Stroh, gut durchwurzelt, oft in Gängen & Klüften: **gute – mäßige Struktur**

12 – 23 cm: braun mit schwarzen Punkten; dicht, grob brockig, scharfkantig brechend, viele Regenwurmgänge, gut durchwurzelt, oft in Gängen & Klüften: **mäßige Struktur**

ab 23 cm: ocker mit großen Kalksteinen, grob brockig, wenig durchwurzelt: **mäßige – schlechte Struktur**

Eindringwiderstand (12.2008 unter Dinkel): keine Verdichtungshorizonte erkennbar

(Details in Anhang II)

Bodenuntersuchung (unterschiedliche Grautöne: deutliche Differenzen zwischen Schichten):

Bodenphysik & -chemie (Poren, OS & Nt in %, P, K & Mg in mg/100g, Mikronährstoffe in mg/kg)

Tiefe	Poren ¹	OS ²	Nt ³	C/N	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	B	Cu	Mn	Zn
0-5	51	4,1	0,24	9,9	6,6 C ⁴	5 A	29 D	11 D	0,6 C	2,8 C	621 E	3,8 E
15-20	41	3,4	0,22	9,0	6,7 C	4 A	23 D	9 C	0,6 C	2,9 C	621 E	3,9 E
20-25	40	2,0	0,14	8,3	6,8 C	3 A	22 D	9 C	0,5 C	2,2 C	530 E	1,6 C

¹ 10.2007; ² OS: Organische Substanz; ³ Nt: Gesamt-N, ⁴ Buchstaben: LUFA-Versorgungsstufen

Bodenbiologie: im Anhang II & III

Pflanzenentwicklung:

	2008 Hafer	2009 Dinkel
Unkraut	30.05.: mäßiger Unkrautdruck (30% Deckungsgrad) 19.06.: hoher Unkrautdruck (60-70% Deckungsgrad) Ackerfuchsschwanz, Ackerwinde, rauhaarige Wicke, Kamille, Kornblume, Ackervergissmeinnicht, Hederich, Taubnessel, Ehrenpreis, Klatschmohn	05.05.: mäßiger Unkrautdruck (30-50% Deckungsgrad) Ackerfuchsschwanz, Ehrenpreis, Kamille, Taubnessel, Ackerwinde, Kornblume, Ackerstiefmütterchen, zwei Ampferpflanzen
Bestand	Blüte: sehr dünner, niedriger, verunkrauteter und lückiger Bestand, gesund 167 Halme/m ² Ertrag: 15-20 dt/ha (Betriebsschätzung) (an Messpunkt deutlich weniger)	Schossen: dünner, heller und fleckiger Bestand, gesund 157 Halme/m ² Ertrag: 34 dt/ha (an den Messpunkten) (Betriebsschätzung: 37 dt/ha)

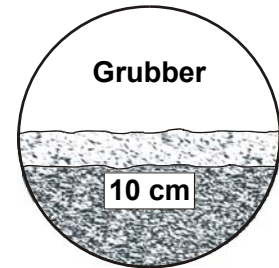
Zusammenfassung: Von der Oberkrume über die Unterkrume zum Unterboden nahm die Qualität der vom hohen Tonanteil geprägten Bodenstruktur und die Durchwurzelung ab. Im gesamten untersuchten Profil wurde eine hohe Anzahl an Regenwürmern bzw. Gängen festgestellt. Eine Bearbeitungssohle mit vergrabenem organischem Material war z.T. bei 10 bis 12 cm Tiefe erkennbar. Die Gehalte an organischer Substanz (OS) in der Krume lagen für den tonigen Boden auf mittlerem Niveau. Obwohl der Boden seit 30 Jahren flach bearbeitet wurde, zeigte sich nur bei der OS und bei Kali eine Anreicherung in der Oberkrume. Insgesamt war der Boden gut mit Nährstoffen versorgt, nur die Phosphatwerte lagen auf niedrigem Niveau.

In beiden Jahren entwickelte sich in den lockeren Getreidebeständen ein mäßiger Unkrautdruck. Die wichtigsten Arten waren dabei Ackerfuchsschwanz, Ackerwinde, Kamille und Rauhaarige Wicke. Aufgrund der schlechten Wachstumsbedingungen (Verschlämmung durch Starkniederschlag & Frühsommertrockenheit) lag der Haferertrag deutlich unter den mittleren Ertragserwartungen. Der Dinkel im folgenden Jahr erreichte ein überdurchschnittliches Niveau.

2.3.5. Betriebsbeispiel 4 (B4)

Betriebsbeschreibung

Kühler und mäßig feuchter Standort mit lehmigen bis schweren Böden. Vieharmer Betrieb mit Druschfruchtanbau und geringem Anteil feinsamiger Leguminosen. Seit 26 Jahren Grundbodenbearbeitung mit einem Gänsefußschargrubber auf maximal 8 bis 10 cm. Erwartetes \emptyset -Ertragsniveau ca. 45 dt/ha Getreide.



➤ Standort (Hessen)

Höhe: ca. 260 - 340 m ü. NN

Niederschlag: \emptyset 600-700 mm/a

Temperatur: \emptyset 8,2°C

Bodenart: 30% sandiger Lehm, 70% lehmiger Ton

Bodentypen: 30% Braunerden auf Bundsandstein, 70% Muschelkalkverwitterung, dünne Lößauflage

Ackerzahl: 20 - 60

Nährstoffe:	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	
	5,8-7,2	B-C	B-C	B-C	\emptyset Versorgungsstufe Betrieb

Gefälle: 15% eben, 40% hängig, 45% stark hängig

Bemerkungen Boden: Fast komplett flachgründig (20-40 cm), Boden erosionsanfällig, wenige Bereiche mit Staunässe, schwere Böden: Minutenböden

Wichtige Wurzelunkräuter: Ackerwinde (nimmt zu), Ackerhundskamille (nicht mehr problematisch), Ackerkratzdistel (heute unproblematisch, vor 10 Jahren problematisch)

Wichtige einjährige Unkräuter: Ackerfuchsschwanz, Trespe (Gräser nehmen auf schweren Böden zu, besonders Trespe: deshalb Wechsel Sommerung / Winterung; auf leichten Böden keine Probleme)

➤ Betriebsstruktur

Fläche: 153 ha Ackerland; 27 ha Grünland

davon Pacht: komplett (Staatsdomäne); **Pachtniveau:** 150 €/ha (jetzt eher höher)

Schlaggröße: \emptyset 6,4 ha (1,15 - 24)

Schlagentfernung: \emptyset 3 km (0 - 28 km)

Betriebszweige: Ackerbau (v.a. Saatgutvermehrung); etwas Lohndrusch; Legehennen;
Grünland: Verkauf als Futter / an Biogasanlage (bis zum Jahr 2000 Mutterkühe)

Ökonomische Bedeutung Ackerbau: 50%

Anzahl Tiere: 9000 Legehennen (0,2 GV/ha)

Arbeitskräfte: 2,5 AK davon 1 AK Ackerbau

➤ Betriebsgeschichte

Umstellungsjahr: 1988, Bioland

Vor Umstellung: reiner Ackerbau (Getreide, Raps, Zuckerrüben, keine Saatgutvermehrung)

➤ Pflanzenbau

Fruchtfolge: Die beiden Fruchtfolgen können auf einer Fläche wechseln (Gründe für Fruchtfolge 2: Sauerampferbesatz verhindert Kleevermehrung, Flächenstruktur – zusammenhängende Flächen einer Kultur)

Fruchtfolge 1	Fruchtfolge 2
Rotklee-Vermehrung	Ackerbohnen
W.Weizen ZF ¹	W.Weizen ZF ¹
S.Gerste ZF ¹	W.Triticale ZF ¹
Körnererbsen (z.T. mit S.Gerste) ZF ²	Hafer
W.Triticale ZF ¹	W.Gerste ZF ¹
Grassamen / Hafer	
W.Roggen Rotkleesaat	

¹ Senf o. Ölettich; funktioniert in 80% der Fälle

² Auflaferbsen

Anbauumfang: Durchschnittliche Flächenanteile (keine Angaben zum Flächenanteil einzelner Marktfruchtarten, da stark variierend) und Erträge der einzelnen Fruchtarten

Frucht	Ø Erträge [dt/ha]	Flächenanteil [%]
Rotkleevermehrung	1,5 - 7,0	ca. 16
S.Ackerbohnen	38	
S.Erbesen	15-52	ca. 84
W.Weizen	46	
W.Roggen	36	
W.Triticale	49	
S.Gerste	49	
Hafer	45	

Düngung: zu Wintergerste, Winterweizen und Triticale; Ø 50 dt/ha Hühnermist (mit Stroh, durch Lagerung gerottet); 5% Stroh von Weizen & Roggen werden gerettet, Rest bleibt auf der Fläche

Saat: 12 cm Reihenweite

Ernte & Aufbereitung: eigener Mähdrescher, eigene Aufbereitung, Lagerung, Trocknung & Auslieferung

➤ Bodenbearbeitung

Geschichte: Grundbodenbearbeitung bis 1983: Pflug auf ca. 20 cm Tiefe; Umstellung der Bodenbearbeitung 1983, schon vor Umstellung auf Ökolandbau

Gegenwärtige Bodenbearbeitung:

Grundbodenbearbeitung: Grubber (Gänsefußschare) auf 8 bis 10 cm Tiefe

Kleegrasumbruch: Dyna-Drive & Grubber

Saatbettbereitung: Rotoregge

Mech. Pflege: Striegel

Beweggründe: Hoher Tonanteil auf vielen Flächen (Minutenböden), starke Hanglagen (Bodenerosion), Steinköpfe (Maschinenverschleiß); Ziel: Senken von Maschinenkosten, Kraftstoffeinsatz und AKh-Bedarf/ha, Schlagkraft erhöhen.

Entwicklung nach Umstellung der Bodenbearbeitung: Oberboden hat sich stark verändert → schwammartig; Böden lassen sich trotz hohem Tonanteil leichtzügig bearbeiten; kein Bearbeitungshorizont; Zunahme von Regenwürmern; langsames Abtrocknen durch höhere Wasserhaltefähigkeit; Ungräser haben zeitweise stark zugenommen (Trespe, Ackerfuchsschwanz); Ertragsniveau bleibt stabil.

Bewertung / Probleme: Ackerwinde findet im derzeitigen System optimale Bedingungen, es wird versucht sie durch einen konsequenten Wechsel von Sommerung und Winterung zurück zu drängen (es scheint zu funktionieren).

Praktische Hinweise: Für Bearbeitungsentscheidungen ist Spatendiagnose notwendig, da auch bei abgetrocknetem Oberboden der Unterboden noch zu nass sein kann.

➤ Relevante Maschinenangaben

Schlepper: Fendt 195 PS; Fendt 150 PS; Fendt 95 PS; normal bereift, Luftdruck 1,2 bar

Ackerbau:

- Bomford Dyna Drive, 3 m, 1,5 t;
- Rabe Schwergrubber, 4,5 m, Gänsefußschare, Verteiler, Stabwalze
- Rau Rotosem, 3 m, Zinkenrotor, Zahnpackerwalze
- aufgesattelt Kverneland Pneumatik-Drillmaschine, 3m, Doppelscheibenschare 12 cm Reihenweite, Striegel
- Hatzenbichler Hackstriegel, 9 m
- Cambrige Walze, 6 m
- Weitere: Schneckenkornstreuer, Mulcher, Claas Mähdrescher (4,5 m), Miststreuen durch Maschinenring

➤Produktionsverfahren

Die Produktionsverfahren werden auf dem Betrieb jeweils den Boden- und Unkrautbedingungen angepasst. Die nachfolgend beschriebenen Verfahren sind deshalb als Beispiele zu sehen.

	Zeitraum	Gerät (Schlepper-PS & Geschwindigkeit)	Tiefe
Rotklee-Vermehrung nach Roggen			
Bodenb.	08	1 x Grubber (195 PS, 8 km/h)	6 cm
Saat	09	Rotosem-Kombination (150 PS, 6-8 km/h)	1 cm
Pflege	09	1 x Walze (95 PS)	
1 Schnitt		Mulcher oder Mähwerk (+Ladewagen, Sillage)	
Ernte	08/09	Mähdrescher, Trocknung	
1 Schnitt	bis 15.05	Mähwerk (+Ladewagen, Sillage)	
Bodenb.	M 09	2 x Dyna Drive (150 PS, 12 km/h)	5-8 cm
Bodenb.	n. 6 Tagen	Grubber (195 PS, 8 km/h)	8-10 cm
Bodenb.	A - M 10	über Kreuz: Grubber (PS 195, 10 km/h)	5-10 cm
Winterweizen (Wintergetreide)			
Saat	M 10	Rotosem-Kombination (150 PS, 6-8 km/h)	2-3 cm
Pflege	Herbst	Blind-Striegel (95 PS), wenn es geht	
Düngung	Frühjahr	50 dt/ha Hühnermist, Maschinenring (15 t, 24m Arbeitsbreite); keine Düngung bei Vorfrucht Rotklee	
Pflege	Frühjahr	2 x Striegel (95 PS), gleicher Tag	
Ernte	M 08	Mähdrescher, Stroh gehäckselt (geringer Teil geerntet)	
Bodenb.	n. Ernte	Grubber (PS 195, 8 km/h)	6 cm
Bodenb.	n. 9-10 T.	über Kreuz: Grubber (PS 195, 10 km/h)	6 cm
vor Sommerfrucht			
Bodenb.	zum Teil	über Kreuz: Grubber (PS 195, 10 km/h)	6 cm
Saat	direkt	Senf o. Ölrettich, Schneckenkronstreuer & Striegel (95 PS)	
Bodenb.	04	1 x Grubber (195 PS, 8 km/h)	6-8 cm
vor Winterfrucht			
Bodenb.	10	Grubber (PS 195, 10 km/h)	8 cm
Körnererbsen (Ackerbohnen ähnlich)			
Saat	04	Rotosem-Kombination (150 PS, 6-8 km/h)	4 cm
Pflege	04-05	3-4 x Striegel (95 PS)	
Ernte	08	Mähdrescher	
Bodenb.	08	Grubber (PS 195, 8 km/h)	6 cm
vor Winterfrucht			
Bodenb.	M 09	Dyna Drive (150 PS, 12 km/h)	5-8 cm
Bodenb.	n. 6 T.	Grubber (195 PS, 8 km/h)	6-8 cm
Bodenb.	n. 14 T.	über Kreuz: Grubber (PS 195, 10 km/h)	5-10 cm

Zeitraum	Gerät (Schlepper-PS & Geschwindigkeit)	Tiefe
vor Sommerfrucht		
Bodenb. Frost o. 04	Grubber (195 PS, 8 km/h)	6-8 cm
Hafer (Sommergetreide)		
Saat 04	Rotosem-Kombination (150 PS, 6-8 km/h)	2-3 cm
Pflege 04-05	ca. 4 x Striegel (95 PS)	
Ernte 08	Mähdrescher, Stroh häckseln	
Bodenb. 08	Dyna Drive (150 PS, 12 km/h)	1-3 cm
Bodenb. 08	Grubber (195 PS, 8 km/h)	6-8 cm
Bodenb. 09	1 – 2 x Grubber über Kreuz (195 PS, 10 km/h)	6-8 cm

Energie & Ökonomie

Modellrechnung⁴: Vergleich von einem Grubber-System (in Anlehnung an die oben genannten Betriebsleiterangaben) und einem theoretischen Pflug-System (20 cm Arbeitstiefe, bis auf Bodenbearbeitung dem Grubber-System möglichst ähnlich) in einer vereinfachten, für beide Systeme identischen Fruchtfolge. Datengrundlage: oben genannte Betriebsleiterangaben, eigene Zugkraftbedarfsmessungen, Schätzwerte, KTBL- und andere Literaturangaben. Details zu Ergebnissen sowie zu den zugrunde liegenden Werten und Kosten sind in Anhang II und im CD-Anhang aufgeführt.

	Grubber	Pflug	Einsparung
Dieserverbrauch [l/ha pro Jahr]	67	97	30
Arbeitszeitbedarf ¹ [Akh/ha pro Jahr]	5,0 (4,9) ²	6,6	1,6 (1,7)
Arbeiterledigungskosten ¹ [€/ha pro Jahr]	361 (360)	457	96 (97)

¹ unberücksichtigt: Transporte, Betriebsführung und allgem. Betriebsarbeiten

² in Klammern: Verwendung von Betriebsschätzwerten für Diesel- & Zeitbedarf

Bewertung: Im Vergleich zu den anderen Betrieben wurde hier ein hohes Diesel-Einsparpotential berechnet. Das ist vor allem auf den großen Unterschied im Zugkraftbedarf von Pflug (20 cm) und Grubber (10 cm) zurückzuführen. Weiterhin werden im Grubber-System im Durchschnitt der Fruchtfolge etwas weniger Überfahrten benötigt. Auch die errechnete Einsparung an Arbeitszeit und Arbeiterledigungskosten liegt mit 25 bzw. 20% relativ hoch. Den größten Einfluss auf Differenz der Arbeiterledigungskosten haben die Treibstoffkosten und die Abschreibung.

⁴ Berechnet von K. Lange, D. Möller (Fachgebiet Betriebswirtschaft, FB Ökologische Agrarwissenschaften der Universität Kassel) und H. Schmidt (Stiftung Ökologie & Landbau)

Untersuchte Schläge

➤Fazit

Boden: gute bis sehr gute Bodenstruktur in der Oberkrume ohne Bearbeitungssohlen sowie intensive Durchwurzelung, Unterkrume deutlich fester mit geringerer Wurzeldichte; hoher Regenwurmbesatz; hohe Gehalte an organischer Substanz und gute Versorgung an verfügbaren Nährstoffen; aufgrund von über 20 Jahren flacher Bearbeitung deutliche Anreicherung von organischer Substanz und Nährstoffen in der bearbeiteten Oberkrume.

Pflanze: im Untersuchungszeitraum mäßige Getreidebestände mit meist hohem Unkrautdruck und unterdurchschnittlichen Erträgen.

➤Schlag 1

Vorgeschichte: 1995 umgestellt; gleichmäßige Erträge bei allen Früchten; Roggen war z.T. bei nassem Herbst problematisch

Hauptfrüchte & Bewirtschaftung (wenn vom beschriebenen Produktionsverfahren deutlich abweichend; in Klammern: geschätzter Ertrag in dt/ha):

2000 Erbse	(34)	2005 Triticale	(46)
2001 Hafer	(67) Rekordernte	2006 Rotklee	(3,4)
2002 W.Weizen	(40)	2007 W.Weizen	(51)
2003 S.Gerste	(34)	2008 S.Gerste	(38)
2004 Ölerrettich	(14)	2009 Roggen	(34)

Bewirtschaftung (Änderung zum Standard): nach Weizen 2007 1 x Dyna Drive & 4 x Grubber; nach Gerste 2008 1 x Dyna Drive & 2 x Grubber (Details in Anhang II)

Standort der Messpunkte: unterer, mittel geneigter Bereich eines Nordhangs; Braunerde auf Übergang Sandstein / Kalkstein mit geringer Lößauflage; schwach bis mittel toniger Lehm (34% Ton, 49% Schluff, 17% Sand: Lt2-Lt3); schwach steinig; 50 Bodenpunkte (an Messpunkten, oberer Schlagbereich 28)

Bodenbeurteilung (Beurteilung: 07. 2008 S.Gerste & 05.2009 W.Roggen):

0 – 8 cm (bearbeitet): homogen braun, steinig, krümelig-bröckelig, locker, dicht durchwurzelt, gut verrottetes Stroh: **günstige Struktur**

8 – 20 cm (unbearbeitet, Pflugtiefe bis 1983): homogen braun, steinig, sehr fest, keine Bearbeitungssohle, bröckelig-polyedrisch, viele Wurmgänge, gut durchwurzelt (wenig abknickende Wurzeln, wenig auf Wurmgänge ausweichend): **mäßige Struktur**

ab 20 cm (Unterboden, bis 30 cm geprüft): keine Unterschiede zur Schicht 8 – 20 cm, keine alten Bearbeitungssohlen: **mäßige Struktur**

Bodenuntersuchung (unterschiedliche Grautöne: deutliche Differenzen zwischen Schichten):

Bodenphysik & -chemie (Poren, OS & Nt in %, P, K & Mg in mg/100g, Mikronährstoffe in mg/kg)

Tiefe	Poren ¹	OS ²	Nt ³	C/N	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	B	Cu	Mn	Zn
0 – 8	51	4,9	0,28	10,3	6,7 C ⁴	8 B	44 E	12 C	0,42 C	2,4 C	328 E	4,1 E
8 – 20	44	4,0	0,21	11,2	6,7 C	5 A	18 C	14 C	0,49 C	2,5 C	334 E	3,6 D
20-30	42	2,4	0,15	9,3	6,8 C	2 A	8 B	13 C	0,43 C	2,5 C	257 E	1,9 B

¹ 07.2008; ² OS: Organische Substanz; ³ Nt: Gesamt-N, ⁴ Buchstaben: LUFA-Versorgungsstufen

Bodenbiologie: im Anhang II & III

Pflanzenentwicklung:

	2008 Sommergerste	2009 Roggen
Unkraut	02.07.: hoher Unkrautdruck (80-100% Deckungsgrad) Ackerwinde (große Nester), Ackerhellerkraut, Fuchsschwanz, rauhaarige Wicke, Rainkohl, Ackerhohlzahn, Windhalm, Tresse, Ampfer, Ehrenpreis, Klettenlabkraut, Kamille, Distel (kleine Einzelpflanzen)	05.05.: mäßiger-hoher Unkrautdruck (60-90% Deckungsgrad) Rauhaarige Wicke, Klettenlabkraut, Ackerwinde, Ehrenpreis, Taubnessel, Ackerstiefmütterchen, Disteln & Ampfer (Einzelpflanzen) zur Ernte: z.T. Lager durch Ackerwinde
Bestand	Ährenschieben: heller, lockerer Bestand; gesund 380 Ähren/m ² Ertrag an Messpunkten: 27 dt/ha (Betriebsschätzung: 38 dt/ha)	Ährenschieben: heller, ungleichmäßiger, lockerer Bestand; gesund 280 Ähren/m ² Ertrag an Messpunkten: 27 dt/ha (Betriebsschätzung: 34 dt/ha)

Zusammenfassung: In beiden Jahren wurde in der bearbeiteten Oberkrume eine gute bis sehr gute Bodenstruktur, verbunden mit einer dichten Durchwurzelung festgestellt. Aber auch die deutlich dichter gelagerte, unbearbeitete Unterkrume wurde gut durchwurzelt. Eine Bearbeitungssohle war nicht erkennbar. Im gesamten untersuchten Bodenprofil war die Regenwurmdichte hoch. Die Gehalte an organischer Substanz (OS) in der Krume lagen in einem für Bodenart und Standort hohen Niveau. Nach über 20 Jahren flacher Bodenbearbeitung zeigte sich sowohl bei der OS als auch bei einer Reihe von Nährstoffen eine deutliche Anreicherung in der Oberkrume. Besonders ausgeprägt war dies bei Kali, Phosphat und Zink. Insgesamt war der Boden bis auf die geringen Phosphatwerte gut mit Nährstoffen versorgt.

Sowohl in der Sommergerste 2008, als auch im Roggen 2009 entwickelte sich in den relativ schwachen Getreidebeständen ein hoher Unkrautdruck. Problematisch waren dabei v.a. Ackerwinde, Fuchsschwanz, rauhaarige Wicke und Klettenlabkraut. Die Erträge lagen in beiden Jahren unter den mittleren Erwartungen.

➤ Schlag 2

Vorgeschichte: 1995 umgestellt

Hauptfrüchte & Bewirtschaftung (wenn vom beschriebenen Produktionsverfahren deutlich abweichend; in Klammern: geschätzter Ertrag in dt/ha):

2000 Senf (14)	2005 W.Weizen (46)
2001 S.Gerste (35)	2006 Erbse (24)
2002 Roggen (36)	2007 Triticale (49)
2003 Rotklee (7) Trockenjahr: hoher Ertrag	2008 Hafer (31)
2004 Grassamen (6) Hagelschaden	2009 W.Gerste (34)

Bewirtschaftung (Änderung zum Standard): nach Triticale 2007 1 x Dyna Drive, 2 x Grubber, Zwischenfrucht & 2 x Grubber; nach Hafer 2008 1 x Dyna Drive, 2 x Grubber & 40 kg N/ha als Hühnermist (Details in Anhang II)

Standort der Messpunkte: unterer, schwach geneigter Bereich eines Südwesthangs; Braunerde auf Sandstein mit geringer Lößauflage; schluffiger Lehm (17% Ton, 53% Schluff, 30% Sand: Lu-Uls); mittel steinig; im Vergleich zum Gesamtbetrieb leichter, schnell abtrocknender Boden
40 Bodenpunkte (Ø Schlagmittel, an Messpunkten eher höher)

Bodenbeurteilung (Beurteilung: 07. 2008 Hafer & 05.2009 W.Gerste)

0 – 8 cm (bearbeitet): homogen braun, steinig, bröckelig- krümelig, locker, dicht durchwurzelt, wenig verrottete, alte, tote Grasbüschel: **günstige Struktur**

8 – 20 cm (unbearbeitet, Pflugtiefe bis 1983): braun mit hellen & rostfarbenen Flecken, sehr steinig, sehr fest, keine Bearbeitungssole, bröckelig (leicht zerfallend, mehlig-sandig), Wurmgänge wegen Steinen kaum zu erkennen, mäßig durchwurzelt (z.T. auf Wurmgänge ausweichend): **mäßige Struktur**

ab 20 cm (Unterboden, bis 27-33 cm geprüft): zunehmend steiniger, sonst keine Unterschiede zur Schicht 8 – 20 cm, keine alten Bearbeitungssohlen: **mäßige Struktur**

Bodenuntersuchung (unterschiedliche Grautöne: deutliche Differenzen zwischen Schichten):

Bodenphysik & -chemie (Poren, OS & Nt in %, P, K & Mg in mg/100g, Mikronährstoffe in mg/kg)											
Tiefe	OS ¹	Nt ²	C/N	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	B	Cu	Mn	Zn
0 – 8	5,0	0,22	13,5	6,9 D ³	21 C	37 E	11 D	0,23 B	0,9 A	47 E	3,6 D
8 – 20	3,1	0,16	11,1	6,9 D	11 B	15 C	12 D	0,39 B	1,0 A	85 E	2,6 D
20-30	1,1	0,07	8,6	6,4 C	4 A	6 A	6 C	0,20 B	0,8 A	114 E	0,9 A

¹ OS: Organische Substanz; ² Nt: Gesamt-N, ³ Buchstaben: LUFA-Versorgungsstufen

Bodenbiologie: im Anhang II & III

Pflanzenentwicklung:

	2008 Hafer	2009 Wintergerste
Unkraut	02.07.: mäßiger-hoher Unkrautdruck (60% Deckungsgrad) Weidelgras, Windhalm, Kamille, Ackerhellerkraut, Erdrauch, Ehrenpreis, Storchnabel, Kornblume, Mohn, Ackerhohlzahn, Weißer Gänsefuß, Wolfsmilch, Distel, Quecke	05.05.: hoher Unkrautdruck (90% Deckungsgrad) Weidelgras, Fuchsschwanz, rauhaarige Wicke, Storchnabel, Kamille, Kornblume, Taubnessel, Erdrauch, Wolfsmilch, Ehrenpreis, Distel
Bestand	Blüte: heller, lockerer & lückiger Bestand, Fahnenblatt z.T. abgestorben 270 Ähren/m ² (Bereich ohne Lücken) Ertrag an Messpunkten: 22 dt/ha (Betriebsschätzung: 31 dt/ha)	Ende Schossen: heller, ungleichmäßiger, lockerer & gesunder Bestand 230 Ähren/m ² Ertrag (Betriebsschätzung): 34 dt/ha

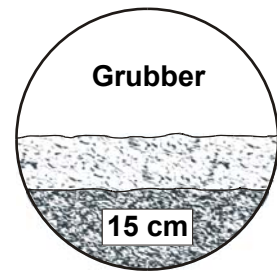
Zusammenfassung: In beiden Jahren wurde in der bearbeiteten Oberkrume eine gute Bodenstruktur, verbunden mit einer guten Durchwurzelung festgestellt. In der dichteren und schlechter strukturierten unbearbeiteten Unterkrume nahm die Wurzeldichte deutlich ab. Eine Bearbeitungssohle war nicht erkennbar. Aufgrund des hohen Steinanteils konnte die Besiedelung mit Regenwürmern nicht beurteilt werden. Die Gehalte an organischer Substanz (OS) in der Krume lagen in einem für Bodenart und Standort hohen Niveau. Das weitere C/N-Verhältnis in der Oberkrume ist ein typisches Zeichen für das flachere Einarbeiten organischen Materials. Nach über 20 Jahren flacher Bodenbearbeitung zeigte sich sowohl bei der OS als auch bei einer Reihe von Nährstoffen eine deutliche Anreicherung in der Oberkrume. Besonders ausgeprägt war dies bei OS, Kali, Phosphat und Zink. Insgesamt war der Boden gut mit Nährstoffen versorgt.

Sowohl im Hafer 2008 als auch in der Wintergerste 2009, entwickelte sich in den relativ schwachen Getreidebeständen ein hoher Unkrautdruck. Problematisch waren dabei v.a. Weidelgras, Windhalm, Fuchsschwanz, Kamille und rauhaarige Wicke. Die Erträge lagen in beiden Jahren unter den mittleren Erwartungen. Ein Grund dafür wird in beiden Jahren im hohen Anteil an Weidelgrasdurchwuchs (aus Vermehrung 2004) gesehen.

2.3.6. Betriebsbeispiel 5 (B5)

Betriebsbeschreibung

Warmer und mäßig trockener Standort mit lehmigen Böden. Viehloser Betriebe mit Druschfrucht- und Kartoffelanbau sowie mäßigem Anteil an Feldfutterbau. Seit 19 Jahren Bodenbearbeitung mit einem Flügelschargrubber auf maximal 15 bis 20 cm, seit 5 Jahren ökologisch. Erwartetes Ø-Ertragsniveau ca. 45 dt/ha Getreide.



➤ Standort (Bayern)

Höhe: 290 - 340 m ü. NN

Niederschlag: Ø 640 mm/a

Temperatur: Ø 9,1°C

Bodenart: Löß-Lehm, unterschiedlich tiefgründig

Bodentypen: Parabraunerden aus Löß

Ackerzahl: 45 – 85 (Mehrzahl > 65)

Nährstoffe: hohe Nährstoffversorgung

Gefälle: leicht bis mittel hängig

Bemerkungen Boden: einzelne Flächen neigen zur Verschlammung; Boden trocknet im Frühjahr gut ab, Bearbeitung geht auch in feuchtem Zustand gut

Wichtige Wurzelunkräuter: Quecke, Ackerkratzdistel, Ackerwinde, Ampfer (abnehmend)

Wichtige einjährige Unkräuter: Ackerfuchsschwanz (höchste Ertragsrelevanz, standorttypisch), Klettenlabkraut, Kamille, Flughafer (Gräser können problematisch sein, werden evtl. mehr)

➤ Betriebsstruktur

Fläche: 285 ha Ackerland, 15 ha Grünland

davon Pacht: 93%, **Pachtniveau:** Ø 250 – 300 €/ha (Ackerland)

Schlaggröße: Ø 2 ha (0,1 – 6,5)

Schlagentfernung: Ø 2 km (0,1 – 5 km)

Betriebszweige: Ackerbau (Schwerpunkt); Reinigung & Lagerung im Lohn, Verpachtung von Zuckerrübenkontingent, Mutterkühe als Hobby

Ökonomische Bedeutung Ackerbau: vorrangig Ackerbau

Anzahl Tiere: 25 Kühe mit Nachzucht (ganzjährig auf der Weide)

Arbeitskräfte: 1,8 AK im Ackerbau

➤ Betriebsgeschichte

Umstellungsjahr: 2004, Bioland

Vor Umstellung: Ackerbau mit Getreide, Raps & Zuckerrüben

➤ Pflanzenbau

Fruchtfolge (Ziel-Fruchtfolge):

Luzerne und/oder Weißklee (Rotklee nachsaat bei Ausfall) Gründüngung
W.Weizen ZF ¹ (Erbse, Ackerbohne & Wicke) / Kartoffeln
S.Gerste ZF (Erbse, Ackerbohne & Wicke)
Dinkel ZF (Erbse, Ackerbohne & Wicke)
W.Roggen Luzerne / Klee-US (15%) o. Luzerne / Klee-Blanksaat (85%)

¹ nach Getreide zu 90% Zwischenfrucht

Anbauumfang: Ø Flächenanteile und Erträge (Verkaufsware)

Frucht	Ø Erträge [dt/ha]	Flächenanteil [%]
Luzerne / Klee		27
W.Weizen	50	18
S.Gerste (Braugerste)	40	18
Dinkel	35 ¹	18
W.Roggen	40	15
Kartoffeln	230	4
ZF		36

² im Spelz

Düngung: etwas Mist von Mutterkühen (Unterstände, Menge nicht relevant); Stroh bei Untersaat abgefahren, sonst gehäckselt auf der Fläche

Saat: Scheibenschar-Drillmaschine, Reihenabstand 15 cm, ab 2009 meist Weite Reihe (30 cm)

Ernte & Aufbereitung: eigener Mähdrescher, eigene Reinigung, Trocknung & Lagerung

➤ Bodenbearbeitung

Geschichte: Grundbodenbearbeitung bis 1990 Pflug auf 25 cm Tiefe

Gegenwärtige Bodenbearbeitung:

Grundbodenbearbeitung & Klee grasumbruch: Grubber mit überlappenden Flügelscharen (max. 15-20 cm)

Saatbettbereitung: Saatkombination

Mech. Pflege: Striegel, seit 2009 auch Hacke

Beweggründe: Förderung des Bodenlebens; Verbesserung der Befahrbarkeit, Erosionsschutz; Arbeitserleichterung

Entwicklung nach Umstellung der Bodenbearbeitung: seit der Umstellung auf Ökolandbau keine großen Effekte

Bewertung / Probleme: System funktioniert gut; etwas Zunahme von Disteln (meist nicht problematisch) und Flughäfer; aufgrund des steigenden Unkrautdrucks ab 2009 Anbau des Getreides mit weitem Reihenabstand und Hacken

Praktische Hinweise für das Bodenbearbeitungssystem: wichtig ist, den Boden nur zu bearbeiten wenn der Zustand es zulässt, der Grubber hat gegenüber dem Pflug einen engeren Bodenfeuchtebereich, in dem er gut funktioniert; Ungräser dürfen nicht bis zum Bestocken kommen, sonst sind sie schwer zu bekämpfen, v.a. bei feuchter Witterung sind dann 1-2 Arbeitsgänge zusätzlich notwendig

➤ Maschinen

Schlepper: Fendt: 310 PS; John Deere: 160 PS & 65 PS (alle 1,4 bar, auf Acker 0,8-1,2 bar)

Ackerbau:

- Horsch Grubber (Terrano FX), 5 m, Flügelschare (dreibalkig), Walze
- Köckerling Feingrubber (Allrounder), 7 m, Gänsefuß-Feder-Schare, Krümelwalze, Striegel
- Horsch Saatkombination (Pronto DC), 8 m, Kurzscheibenegge, Reifenpacker, Scheibenschar-Drillmaschine (15 cm Reihe), Nachlauf-Striegel
- Hatzenbichler Striegel, 8 m
- Schmotzer Hacke, 8 m
- Saphir Ackerschleppe, 8 m
- Weitere: Mähdrescher (4,5 m) Mähwerk mit Walzenaufbereiter (3,05 m), Schwader, Wender

➤ Produktionsverfahren

Die Produktionsverfahren werden auf dem Betrieb jeweils den Boden- und Unkrautbedingungen angepasst. Die nachfolgend beschriebenen Verfahren sind deshalb als Beispiele zu sehen.

	Zeitraum	Gerät (Schlepper-PS & Geschwindigkeit)	Tiefe
Luzerne / Weißklee (Gründüngung)			
Saat	direkt	Saatkombination (310 PS, 12 km/h)	5 cm
Pflege	Frühjahr	Ackerschleppe	
Schnitte		1. & 2. Schnitt: geerntet / verschenkt (möglichst jung) 3. Schnitt: Mulcher (155 PS)	
vor Winterweizen			
Bodenb.	E09	Grubber (310 PS, 15 km/h)	5 cm
Bodenb.	A10	z.T. Grubber (310 PS, 12 km/h)	10 cm
Bodenb.	A10	Grubber (310 PS, 10 km/h)	15 cm

	Zeitraum	Gerät (Schlepper-PS & Geschwindigkeit)	Tiefe
vor Kartoffeln			
Bodenb.	E10	Grubber (310 PS, 13 km/h)	8 cm
Bodenb.	Frost	Grubber Schare ohne Flügel (310 PS, 10 km/h)	15-20 cm
Bodenb.	Frühjahr	Kreiselegge, 3 m, im Lohn (120 PS, 6 km/h)	10-15 cm
W.Weizen & Dinkel			
Saat	M10	Saatkombination (310 PS, 15 km/h)	8 cm
Pflege	Herbst	Striegel vor Auflauf (160 PS, 15 km/h)	1 cm
Pflege	Frühjahr	Striegel (160 PS, 13 km/h)	1 cm
Ernte	07 – 08	Mähdrescher	
Bodenb.	direkt	nur wenn zu trocken: Grubber (310 PS, 15 km/h)	5 cm
Saat	direkt	Zwischenfruchtsaat: Saatkombination (310 PS, 15 km/h)	8 cm
Bodenb.	E10	Grubber (310 PS, 10 km/h)	15 cm
weiter vor S.Gerste			
Bodenb.	Frost	Grubber Schare ohne Flügel (310 PS, 12 km/h) gegen Unkraut & grob für schnelles Abtrocknen oder	15 cm
	03 – 04	Feingrubber (310 PS, 17 km/h)	5 cm
Kartoffeln			
Pflanzen	03 – 05	4-reihig im Lohn (100 PS)	
Pflege	05	1 x Dammfräse im Lohn (120 PS)	
Ernte	09 – 10	1-reihiger Vollernter im Lohn (120 PS)	
Bodenb.	10	Grubber (310 PS, 12 km/h)	10 cm
S.Gerste (Braugerste)			
Saat	M10	Saatkombination (310 PS, 18 km/h)	8 cm
Pflege	Frühjahr	Striegel vor Auflauf (160 PS, 12 km/h)	1 cm
Ernte	07 – 08	Mähdrescher	
Bodenb.	direkt	nur wenn zu trocken: Grubber (310 PS, 15 km/h)	5 cm
Saat	direkt	Zwischenfruchtsaat: Saatkombination (310 PS, 15 km/h)	8 cm
Bodenb.	E10	Grubber (310 PS, 10 km/h)	15 cm
W.Roggen			
wie W.Weizen +			
Saat	Frühjahr	Untersaat: Striegel mit Säeinrichtung oder Saatkombination ohne Scheibenegge (160 PS, 13 km/h)	
Bodenb.	nach Ernte	wenn keine Untersaat: Grubber (310 PS, 12 km/h)	8 cm

Energie & Ökonomie

Modellrechnung⁵: Vergleich von einem Grubber-System (in Anlehnung an die oben genannten Betriebsleiterangaben) und einem theoretischen Pflug-System (25 cm Arbeitstiefe, bis auf Bodenbearbeitung dem Grubber-System möglichst ähnlich) in einer vereinfachten, für beide Systeme identischen Fruchtfolge. Datengrundlage: oben genannte Betriebsleiterangaben, Schätzwerte, KTBL- und andere Literaturangaben. Details zu Ergebnissen sowie zu den zugrunde liegenden Werten und Kosten sind in Anhang II und im CD-Anhang aufgeführt.

	Grubber	Pflug	Einsparung
Dieserverbrauch [l/ha pro Jahr]	64	81	17
Arbeitszeitbedarf ¹ [Akh/ha pro Jahr]	3,7 (2,4) ²	5,1	1,4 (2,7)
Arbeiterledigungskosten ¹ [€/ha pro Jahr]	323 (310)	411	88 (101)

¹ unberücksichtigt: Transporte, Betriebsführung und allgem. Betriebsarbeiten

² in Klammern: Verwendung von Betriebsschätzwerten für den Zeitbedarf

Bewertung: Für das Grubber-System wurde ein, im Vergleich zu den anderen Betrieben, überdurchschnittliches Einsparungspotential an Diesel und Arbeitszeit berechnet. Die Differenz bei den Arbeiterledigungskosten wird zu einem Großteil durch die Unterschiede in den Kosten für Maschinenunterhaltung, Treibstoff und Abschreibung verursacht.

Untersuchte Schläge

➤Fazit

Boden: gute Bodenstruktur und intensive Durchwurzelung in der Oberkrume; nach unten abnehmende Qualität der Bodenstruktur und Wurzeldichte; hoher Regenwurmbesatz; mittlere Gehalte an organischer Substanz und gute bis ausreichende Nährstoffversorgung; nach fast 20 Jahren flacher Bearbeitung ist die Anreicherung in der Oberkrume bei der organischen Substanz stärker ausgeprägt als bei den verfügbaren Nährstoffen.

Pflanze: im Untersuchungszeitraum gute Getreidebestände mit mäßigem bis hohem Unkrautdruck und durchschnittlichen Erträgen.

⁵ Berechnet von K. Lange, D. Möller (Fachgebiet Betriebswirtschaft, FB Ökologische Agrarwissenschaften der Universität Kassel) und H. Schmidt (Stiftung Ökologie & Landbau)

➤ Schlag 1

Vorgeschichte: wie Gesamtbetrieb

Hauptfrüchte & Bewirtschaftung (wenn vom beschriebenen Produktionsverfahren deutlich abweichend; in Klammern: geschätzter Ertrag in dt/ha):

2000 W.Raps	konventionell	2005 W.Weizen	(45)
2001 W.Weizen	konventionell	2006 S.Gerste	(35)
2002 S.Gerste	konventionell, Braugerste	2007 Luzerne	Vermehrung, wegen starker Mäuseschäden umgebrochen
2003 S.Gerste	konventionell, Braugerste	2008 W.Weizen	(48)
2004 W.Raps	konventionell	2009 Dinkel	30 cm Reihe, 1 x Hacke (35)

Bewirtschaftung 2007-2009 (Änderung zum Standard): nach Weizen 2008 Erbsen-Ackerbohnen-Zwischenfrucht; nachfolgender Dinkel mit 30 cm-Reihenabstand und 1 x Hacken (Details in Anhang II)

Standort der Messpunkte: schwach geneigter Nordwest-Hang, Parabraunerde aus Lößauflage vermischt mit Kalk & Sandstein-Verwitterungsmaterial; Bodenart stark schluffiger Ton (30% Ton, 65% Schluff, 5% Sand: Lu), schwach steinig; Bodenpunkte Schlag 48 – 76 (Ø 73), an Messpunkten ca. 60 – 70

Bodenbeurteilung (04. & 06.2008 W.Weizen, 05.2009 Dinkel):

0 – (13-15) cm: homogen braun mit einzelnen Steinen; bröckelig-krümelig, viele Regenwurmgänge, gut durchwurzelt, in 13-15 cm z.T. altes Stroh, dann intensiv durchwurzelt; keine scharfe Bearbeitungsgrenze: **gute Struktur**

(13-15) – 30 cm: homogen braun mit einzelnen Steinen; dicht, bröckelig bis scharfkantige Polyeder (wenn trocken), viele Regenwurmgänge, mäßig durchwurzelt, kaum nicht durchwurzelte Aggregate: **mäßige Struktur**

ab 30 cm (bis 40 cm beurteilt): leicht marmoriert braun mit einzelnen Steinen, einige Regenwurmgänge; dicht, Polyeder, wenig durchwurzelt: **mäßige – schlechte Struktur**

Eindringwiderstand (12.2008 unter W.Weizen): kein deutlicher Verdichtungshorizont (Details in Anhang II)

Bodenuntersuchung (unterschiedliche Grautöne: deutliche Differenzen zwischen Schichten):

Bodenphysik & -chemie (Poren, OS & Nt in %, P, K & Mg in mg/100g, Mikronährstoffe in mg/kg)

Tiefe	Poren ¹	OS ²	Nt ³	C/N	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	B	Cu	Mn	Zn
0-14	55	3,2	0,20	9,5	7,1 D ⁴	14 C	28 D	5 B	0,5 C	1,2 C	22 A	1,3 A
14-25	44	2,6	0,17	9,0	7,4 D	12 C	12 C	5 B	0,5 C	1,4 C	19 A	1,3 A
30-35	42	1,7	0,12	8,6	7,4 D	8 B	9 B	5 B	0,4 C	1,4 C	15 A	0,9 A

¹ 06.2008; ² OS: Organische Substanz; ³ Nt: Gesamt-N, ⁴ Buchstaben: LUFA-Versorgungsstufen

Bodenbiologie: im Anhang II & III

Pflanzenentwicklung:

	2008 W.Weizen	2009 Dinkel (30 cm Reihenabstand)
Unkraut	29.04.: mäßiger – hoher Unkrautdruck (15-30% Deckungsgrad) 11.06.: mäßiger-hoher Unkrautdruck (40-50% Deckungsgrad) Klettenlabkraut (5-15 Pfl./m ²), Ackerkratzdistel, etwas Ampfer & Luzernedurchwuchs	05.05.: mäßiger Unkrautdruck (10-30% Deckungsgrad) Klettenlabkraut (>10 Pfl./m ²), Ackerkratzdistel (ca. 5 Pfl./m ² , gleichmäßig verteilt)
Bestand	Blüte: homogener, dunkelgrüner Bestand mit gut ausgebildeten Ähren, gesund 282 Halme/m ² Ertrag 48 dt/ha (Betriebsschätzung)	Beginn Schossen: homogener, dichter Bestand, gesund 394 Halme/m ² Ertrag 35 dt/ha (Betriebsschätzung)

Zusammenfassung: Die Qualität der Bodenstruktur nahm von der gut bewerteten Oberkrume bis zum Unterboden kontinuierlich ab. Auch die Durchwurzelung erreichte nur im bearbeiteten Horizont eine hohe Dichte. Im gesamten untersuchten Profil wurde eine hohe Anzahl an Regenwürmern bzw. Gängen festgestellt. Eine Bearbeitungssohle war nicht erkennbar. Die Gehalte an organischer Substanz (OS) in der Krume lagen für die umsatzfördernden Standortbedingungen auf hohem Niveau. Nach fast 20 Jahren flacher Bearbeitung zeigte sich sowohl bei der OS als auch bei einigen Nährstoffen eine deutliche Anreicherung in der Oberkrume. Besonders ausgeprägt war dies bei OS, Phosphat und Kali. Insgesamt war der Boden mit Nährstoffen gut bis ausreichend versorgt. Sowohl 2008 als auch 2009 konnten bei mäßigem bis hohem Unkrautdruck die durchschnittlichen Ertragserwartungen erreicht werden. Wichtige Unkräuter waren Ackerkratzdistel und Klettenlabkraut.

➤ Schlag 2

Vorgeschichte: wie Gesamtbetrieb

Hauptfrüchte & Bewirtschaftung (wenn vom beschriebenen Produktionsverfahren deutlich abweichend; in Klammern: geschätzter Ertrag in dt/ha):

2000 S.Gerste	konventionell, Braugerste	2005 Erbse	(35-40)
2001 S.Gerste	konventionell, Braugerste	2006 W.Weizen	(50)
2002 W.Raps	konventionell	2007 W.Roggen	(30)
2003 W.Weizen	konventionell	2008 Klee gras	Wildschweinschäden
2004 S.Gerste	konventionell, Braugerste	2009 W.Weizen	30 cm-Reihe, 1 x Hacke (44)

Bewirtschaftung 2007-2009 (Änderung zum Standard): Anbau Weizen 2009 in weitem Reihenabstand und maschinell Hacken (Details in Anhang II)

Standort der Messpunkte: kaum geneigte Parabraunerde aus Lößauflage vermischt mit Kalk & Sandstein-Verwitterungsmaterial; Bodenart stark toniger Schluff (23% Ton, 73% Schluff, 4% Sand: Ut4), vereinzelt Steinchen; Bodenpunkte Schlag 42 – 78 (Ø 71), an Messpunkten ca. 70

Bodenbeurteilung (04. & 06.2008 Klee gras, 05.2009 W.Weizen):

0 – 10 cm: homogen braun mit hellen Steinchen; bröckelig-krümelig, viele Regenwurmgänge, dichter Wurzelfilz, keine deutliche Bearbeitungsgrenze: **gute – mäßige Struktur**

10 – 28 cm: homogen braun mit hellen Steinchen (nach unten zunehmend), dicht, bröckelig bis scharfkantige Polyeder (wenn trocken), viele Regenwurmgänge, gut durchwurzelt, durch alle Aggregate, keine eindeutige Grenze zum Unterboden: **mäßige Struktur**

ab 28 cm (bis auf 38cm geprüft): braun mit hellen Steinchen, nach unten leicht heller werdend, z.T. Rostflecken; Struktur wie 10 – 28 cm, viele Regenwurmgänge, Durchwurzlung wird nach unten langsam geringer: **mäßige Struktur**

Eindringwiderstand (12.2008 unter W.Weizen): z.T. stark ausgeprägter Verdichtungshorizont zwischen 20 und 35 cm (Details in Anhang II)

Bodenuntersuchung (unterschiedliche Grautöne: deutliche Differenzen zwischen Schichten):

Bodenphysik & -chemie (Poren, OS & Nt in %, P, K & Mg in mg/100g, Mikronährstoffe in mg/kg)

Tiefe	Poren ¹	OS ²	Nt ³	C/N	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	B	Cu	Mn	Zn
0-10	45	2,6	0,15	10,1	6,9 C ⁴	6 B	14 C	4 B	0,4 B	1,5 C	160 E	1,7 C
15-20	40	1,9	0,12	8,9	7,2 D	6 B	9 B	4 B	0,6 D	1,7 C	180 E	2,0 E
28-34	41	1,1	0,08	8,6	7,1 D	3 A	6 A	4 B	0,4 B	1,7 C	191 E	1,0 A

¹ 06.2008; ² OS: Organische Substanz; ³ Nt: Gesamt-N, ⁴ Buchstaben: LUFA-Versorgungsstufen

Bodenbiologie: im Anhang II & III

Pflanzenentwicklung:

	2008 Klee gras	2009 W.Weizen
Unkraut	10.07.: mäßiger Unkrautdruck Ackerkratzdistel, Kamille, Klatschmohn, einzelne Ampferpflanzen (alle v.a. in von Wildschweinen geschädigten Bereichen)	05.05.: mäßiger Unkrautdruck (20-40% Deckungsgrad) Klettenlabkraut, Kamille, Ehrenpreis, Löwenzahn, Ackerkratzdistel (v.a. in Nestern) & Kleedurchwuchs
Bestand	Weißkleeblüte: dichter Weißkleebestand, kaum Gräser, Kahl- / Unkrautstellen durch Wildschwein- schäden	Beginn Schossen: dichter, dunkelgrüner & homogener Bestand, gesund, z.T. Wildschweinschäden 414 Halme/m ² Ertrag: 44 dt/ha (Betriebsschätzung)

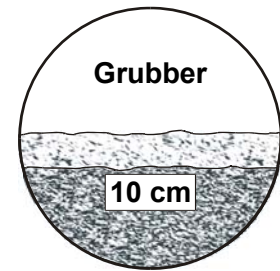
Zusammenfassung: Auch bei Schlag 2 nahm die Qualität der Bodenstruktur von der gut bewerteten Oberkrume bis zum Unterboden kontinuierlich ab. Die Durchwurzelung erreichte jedoch in der gesamten Krume eine hohe Dichte und nahm erst zum Unterboden deutlich ab. Im gesamten untersuchten Profil wurde eine hohe Anzahl an Regenwürmern bzw. Gängen festgestellt. Eine Bearbeitungssohle war nicht erkennbar. Die Gehalte an organischer Substanz (OS) in der Krume lagen für die umsatzfördernden Standortbedingungen auf mittlerem Niveau. Obwohl seit fast 20 Jahren flach bearbeitet wurde, zeigte sich nur bei der OS und bei Kali eine deutliche Anreicherung in der Oberkrume. Insgesamt war der Boden mit Nährstoffen gut versorgt, Ausnahmen waren die niedrigen Phosphat- und Magnesiumwerte.

Nach Klee gras konnte bei mäßigem Unkrautdruck ein dichter und wüchsiger Weizenbestand etabliert werden. Der Ertrag erreichte die mittleren Ertrags Erwartungen.

2.3.7. Betriebsbeispiel 6 (B6)

Betriebsbeschreibung

Kühler und mäßig feuchter Standort mit leichten bis lehmigen Böden. Viehloser Betrieb mit Druschfruchtanbau und mäßigem Anteil an Feldfutterbau. Seit 8 Jahren Bodenbearbeitung mit einem Gänsefußschargrubber auf maximal 10 cm. Erwartetes Ø-Ertragsniveau ca. 27 dt/ha Getreide.



➤ Standort (Sachsen)

Höhe: 210 – 370 m ü. NN

Niederschlag: Ø 700 – 800 mm/a

Temperatur: Ø 7,8 – 8,4°C

Bodenart: 10% Sand, 80% lehmiger Sand, 10% sandiger Lehm

Bodentypen: Parabraunerden bis Braunerden aus Löß oder z.T. lößvermischten Verwitterungsprodukten über Sandstein und Granit

Ackerzahl: Ø 49 (35 – 68)

Nährstoffe:	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	
	B	B	B	B	Ø Versorgungsstufe Betrieb

Gefälle: 20% eben, 80% leicht hängig

Bemerkungen Boden: ca. 10-15% flachgründig (10-15 cm Oberboden); Wassererosion problematisch

Wichtige Wurzelunkräuter: Quecke, Ackerkratzdistel, Ackerwinde, Ampfer (abnehmend)

Wichtige einjährige Unkräuter: Bingelkraut, Kamille (konstant), Windhalm

➤ Betriebsstruktur

Fläche: 205 ha Ackerland, 24 ha Grünland

davon Pacht: 82%, **Pachtniveau:** Ø 120 – 150 €/ha (Ackerland)

Schlaggröße: Ø 13 ha (0,4 – 24)

Schlagentfernung: Ø 7 km (0,1 – 15 km)

Betriebszweige: Ackerbau; Grünlandnutzung durch Nachbar, z.T. Heuverkauf

Ökonomische Bedeutung Ackerbau: 100%

Anzahl Tiere: keine Tiere

Arbeitskräfte: 1,5 AK

➤ Betriebsgeschichte

Umstellungsjahr: 1993, Gäa (seit 1996 vom derzeitigen Betriebsleiter bewirtschaftet & Zupacht)

Vor Umstellung: Ackerbau mit Getreide, Raps & Futterpflanzen

➤ Pflanzenbau

Fruchtfolge (Ziel-Fruchtfolge, in der Vergangenheit auch 5% Silomais):

Rotklee (Verkauf für Pellets)
W.Weizen ZF (Gelbsenf)
Körnererbsen & Leindotter / Wicken ZF Wicken & Erbsen
W.Weizen ZF (Gelbsenf)
<i>in Zukunft geplante Verlängerung:</i>
S.Gerste & Körnererbsen ZF Wicke
S.Weizen

Anbauumfang: Ø Flächenanteile und Erträge (häufige Änderungen im Anbau)

Frucht	Ø Erträge [dt/ha]	Flächenanteil [%]
Klee	350	27
W.Weizen	27	43
Erbsen	10-25	27
Wicken (für ZF-Saatgut)	25	3
ZF		73%

Düngung: ca. 10-20 t/ha Rinderdung & 3 t/ha Putenmist zu Weizen, Vergangenheit: ca. 30 t Rinderdung zu Mais (Rindermist aus konv. Betrieben, Putenmist von Ökobetrieb); Kalkung nach Bedarf zu Klee; Stroh wird zum Großteil abgefahren (Abgabe an Betriebe die Mist liefern und Verkauf an Ökobetriebe)

Saat: Scheibenschar-Drillmaschine, Reihenabstand 14 cm oder Weite Reihe (40 cm)

Ernte & Aufbereitung: gemieteter Mähdrescher

➤ Bodenbearbeitung

Geschichte: Grundbodenbearbeitung bis 2000 Pflug auf 25 cm Tiefe

Gegenwärtige Bodenbearbeitung:

Grundbodenbearbeitung: Grubber mit überlappenden Gänsefußscharen (max. 10 cm)

Kleegrasumbruch & Stoppelbearbeitung (1. Arbeitsgang): Scheibenegge

Saatbettbereitung: Saatbettkombination

Mech. Pflege: Striegel & Hacke

Beweggründe: Verringerung der Erosionsgefahr, Verbesserung des

Wasserhaltevermögens, des Bodenzustands und der Humusbilanz (Pflugverzicht bietet mehr Möglichkeiten Zwischenfrüchte anzubauen); Einsparung von Kosten; Erhöhung der Schlagkraft; durch schnellere Bearbeitung bessere Ausnutzung von günstigem Bodenzustand bzw. günstigen Bewirtschaftungszeitpunkten

Entwicklung nach Umstellung der Bodenbearbeitung: die Oberkrume entwickelt eine schwammartige Struktur; nach drei Jahren mit hohem Unkrautdruck folgte eine Reduzierung v.a. der Wurzelunkräuter; keine gravierenden Ertragsveränderungen; bessere Wasserhaltefähigkeit

Bewertung / Probleme: Bodenbearbeitung funktioniert gut; Fruchtfolge wird optimiert; System wirtschaftlich erfolgreich; Beibehaltung des Grubbersystems bei weiterer Optimierung;
problematisch: schwankende Erträge und Unkrautproblematik in Erbsen (v.a. Kamille); pflugloser Klee grasumbruch in nassen Jahren (viel Kleedurchwuchs in Folgekultur); durch bessere Wasserhaltefähigkeit langsames Abtrocknen im Frühjahr → Bodenbearbeitung erst später möglich

Praktische Hinweise für das Bodenbearbeitungssystem: Beachtung des richtigen Bearbeitungszeitpunkts (Bodenzustand); Ausnutzung aller Möglichkeiten die Bodenbelastung zu senken (besonders im Frühjahr); bei Klee Sortenwahl beachten (keine langlebigen Sorten)

➤ Maschinen

Schlepper: John Deere: 210 PS (0,7 bar auf Acker); Belarus: 75 PS (1,2 bar)

Ackerbau: - Frost Schwergrubber, 5,4 m, Gänsefußschare;
- Kverneland Scheibenegge, 5,4 m, gezackte & glatte Scheiben
- Tigges Saatbettkombination (SBK 4506HY), 4,5 m, kompakt mit Planierschiene, Feingrubber & Crosskillwalze
- Accord Drillmaschine (DL), 4,5 m, Scheibenschare
- STS Cambridge-Walze, 6 m
- STS Hackstriegel, 10 m
- Becker Hackrahmen, 4,5 m, Gänsefußschare
- Weitere: Scheibenmäherwerk (2,4 m), Schwader (3,2 m), gemietet: Mähdrescher (6,7 m), Front-Universalstreuer, Miststreuer (12 m, Strautmann, stehende Walzen, Prallteller, gute Verteilung)

➤ Produktionsverfahren

Die Produktionsverfahren werden auf dem Betrieb jeweils den Boden- und Unkrautbedingungen angepasst. Die nachfolgend beschriebenen Verfahren sind deshalb als Beispiele zu sehen.

	Zeitraum	Gerät (Schlepper-PS & Geschwindigkeit)	Tiefe
Rotklee (Verkauf für Pelletproduktion)			
Saat	A08	Drillmaschine (90 PS)	0,5 cm
Pflege	direkt	Cambridge-Walze (90 PS)	
Pflege	A04	Cambridge-Walze (90 PS)	
Schnitte		3 Schnitte: Scheibenmäherwerk (90 PS), Schwader (90 PS)	
Bodenb.	E08	Scheibenegge (210 PS, 12 km/h)	5 cm

	Zeitraum	Gerät (Schlepper-PS & Geschwindigkeit)	Tiefe
Düngung	Herbst	Miststreuer 10-20 t/ha Rindermist (150 PS, 8 km/h)	
Bodenb.	M09	Grubber (210 PS, 12 km/h) über Kreuz	8 cm
Bodenb.	E09	Grubber (210 PS, 12 km/h) über Kreuz	10 cm
W.Weizen			
Saat	A10	Saatbettkombination & Drillmaschine (210 PS, 8 km/h)	2 cm
Pflege	n. 8 – 10 T.	Striegel vor Auflauf (90 PS, 12-15 km/h)	0,5 cm
Pflege	E03	Cambridge-Walze (90 PS) o. Striegel (90 PS, 7 km/h)	
Düngung	Frühjahr	Miststreuer 3 t/ha Putenmist (150 PS, 8 km/h)	
Pflege	M - E04	Hacke (90 PS, 3-5 km/h)	2 cm
Ernte	E07	Mähdrescher	
vor Erbsen			
Bodenb.	A08	Scheibenegge (210 PS, 12 km/h)	5 cm
Bodenb.	M08	Grubber (210 PS, 12 km/h) über Kreuz	8 cm
Saat	direkt	Zwischenfruchtsaat: Drillmaschine (90 PS, 8 km/h), Gelbsenf	2 cm
Bodenb.	M – E03	2 x Grubber in 10-14 T. Abstand (210 PS, 12 km/h) über Kreuz	8/10 cm
vor Rotklee			
Bodenb.	A08	Scheibenegge (210 PS, 12 km/h)	6 cm
Erbsen (Leindotter-Beisat)			
Saat	E03	Erbsensaat: Saatbettkombination & Drillmaschine (210 PS, 8 km/h)	4-5 cm
Saat	direkt	Leindottersaat: Universalstreuer (front) & Cambridge-Walze (90 PS, 7 km/h)	4-5 cm
Ernte	E07 – A08	Mähdrescher	
Bodenb.	direkt	Scheibenegge (210 PS, 12 km/h)	5 cm
Saat	direkt	Zwischenfruchtsaat: Drillmaschine (90 PS, 8 km/h), Wicken	
Bodenb.	E09	1 – 2 x Grubber in 10-14 T. Abstand (210 PS, 12 km/h) über Kreuz	8/10 cm

Energie & Ökonomie

Modellrechnung⁶: Vergleich von einem Grubber-System (in Anlehnung an die oben genannten Betriebsleiterangaben) und einem theoretischen Pflug-System (25 cm Arbeitstiefe, bis auf Bodenbearbeitung dem Grubber-System möglichst ähnlich) in einer vereinfachten, für beide Systeme identischen Fruchtfolge. Datengrundlage: oben genannte Betriebsleiterangaben, Schätzwerte, KTBL- und andere Literaturangaben. Details zu Ergebnissen sowie zu den zugrunde liegenden Werten und Kosten sind in Anhang II und im CD-Anhang aufgeführt.

	Grubber	Pflug	Einsparung
Dieserverbrauch [l/ha pro Jahr]	54 (52) ²	69	15 (17)
Arbeitszeitbedarf ¹ [Akh/ha pro Jahr]	3,4 (3,6)	4,3	0,9 (0,7)
Arbeiterledigungskosten ¹ [€/ha pro Jahr]	298 (297)	349	51 (52)

¹ unberücksichtigt: Transporte, Betriebsführung und allgem. Betriebsarbeiten

² in Klammern: Verwendung von Betriebsschätzwerten für den Zeitbedarf

Bewertung: Für das Grubber-System wurde ein, im Vergleich zu den anderen Betrieben, leicht überdurchschnittliches Einsparungspotential an Diesel und Arbeitszeit berechnet. Die Differenz bei den Arbeiterledigungskosten wird zu etwa gleichen Teilen durch die Unterschiede in den Kosten für Treibstoff, Lohn, Maschinenunterhaltung, und Abschreibung verursacht.

Untersuchte Schläge

➤Fazit

Boden: Oberkrume mit guter Bodenstruktur und Durchwurzelung; Unterkrume erheblich fester, z.T. verdichtet mit geringerer Wurzeldichte; mäßiger bis hoher Regenwurmbesatz; mittlere Gehalte an organischer Substanz und gute bis ausreichende Versorgung mit verfügbaren Nährstoffen; aufgrund des bisher relativ kurzen Zeitraums der flachen Bearbeitung, nur bei der organischen Substanz und bei einzelnen Nährstoffen eine mäßige Anreicherung in der bearbeiteten Oberkrume.

Pflanze: im Untersuchungszeitraum oft ungünstige Saatbedingungen → schwache Marktfruchtbestände mit hohem Unkrautdruck oder Kleedurchwuchs; unterdurchschnittliche Erträge.

⁶ Berechnet von K. Lange, D. Möller (Fachgebiet Betriebswirtschaft, FB Ökologische Agrarwissenschaften der Universität Kassel) und H. Schmidt (Stiftung Ökologie & Landbau)

➤ Schlag 1

Vorgeschichte: seit 1993 ökologisch bewirtschaftet

Hauptfrüchte & Bewirtschaftung (wenn vom beschriebenen Produktionsverfahren deutlich abweichend; in Klammern: geschätzter Ertrag in dt/ha): keine Mistdüngung

2000 Perserklee	ab A05, +Phacelia, Gründüngung	2005 W.Weizen	40 cm Reihe, 3xHacke (1.Hacke hat verschüttet)(12) Pflug 18 cm wegen Ampfer
2001 W.Weizen	Weiß-& Gelbklee-US (35)	2006 Erbse	+Leindotter (18)
2002 Hafer	(13)	2007 W.Weizen	(16) Kleedirektsaat
2003 Klee gras	Gründüngung	2008 Rotklee	1xScheibenegge, 1xGrubber
2004 Klee gras	Gründüngung	2009 W.Weizen	40 cm Reihe, starker Kleedurchwuchs (12)

Bewirtschaftung 2007-2009 (Änderung zum Standard): Unkrautbekämpfung im W.Weizen 2009 2 x Striegel und 1 x Hacke (Details in Anhang II)

Standort der Messpunkte: ebene Parabraunerde über Sandstein & Granit; Bodenart mittel toniger Schluff (16% Ton, 71% Schluff, 13% Sand: Ut3), sehr schwach steinig; 40 Bodenpunkte (nasser Standort)

Bodenbeurteilung (05 & 07.2008 Klee gras, 05.2009 Dinkel):

0 – 12 cm: homogen braun bis 10 cm; bröckelig; viele kleine & große Regenwurmgänge, sehr gut durchwurzelt; in 10-12 cm z.T. altes schwärzliches organisches Material:
gute Struktur

12 – (20-27) cm: homogen braun; dicht, grobe Bröckel, keine scharfe Bearbeitungsgrenze; viele Regenwurmgänge; nach unten etwas nachlassende gute Durchwurzlung: **gute – mäßige Struktur**

ab (20-27) cm (bis 38 cm beurteilt): scharfe Farbgränze, marmoriertes, z.T. stark rostfleckiges helles braun, Regenwurmgänge mit dunklerem Oberboden; dichtes Einzelkorngefüge; viele Regenwurmgänge; mäßig durchwurzelt, z.T. in Gängen:
mäßige Struktur

Eindringwiderstand (03.2009 unter W.Weizen): deutlicher dichter Boden ab ca. 18 cm, kein Verdichtungshorizont (Details in Anhang II)

Bodenuntersuchung (unterschiedliche Grautöne: deutliche Differenzen zwischen Schichten):

Bodenphysik & -chemie (Poren, OS & Nt in %, P, K & Mg in mg/100g, Mikronährstoffe in mg/kg)

Tiefe	Poren ¹	OS	Nt	C/N	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	B	Cu	Mn	Zn
0-12	47	2,7	0,15	10,5	6,1 C	16 C	10 B	7 C	0,5 C	4,4 E	232 E	4,7 E
12-25	49	2,5	0,15	9,9	6,0 B	16 C	7 B	6 C	0,4 C	4,5 E	247 E	4,4 E
25-35	42	0,7	0,04	9,9	5,9 B	11 B	4 A	6 C	0,1 A	1,2 A	30 B	0,7 A

¹ 05.2008; ² OS: Organische Substanz; ³ Nt: Gesamt-N, ⁴ Buchstaben: LUFA-Versorgungsstufen

Bodenbiologie: im Anhang II & III

Pflanzenentwicklung:

	2008 Rotklee	2009 W.Weizen
Unkraut	10.07.: mäiger Unkrautdruck 1 Ampferpflanze / 5-10 m ² Ampfer, Löwenzahl, wenig Ackerkratzdistel	06.07.: hoher Unkrautdruck (80-100% Deckungsgrad) Kleedurchwuchs, rauhaarige Wicke, Windhalm, Ampfer, Kamille, Ackervergissmeinnicht, Löwenzahn
Bestand	10.07.: dichter Rotkleebestand, einzelne Lücken Weißklee und/oder Gräsern	Abreife: sehr ungleichmäßiger, lückiger, dünner Bestand 150 Halme/m ² Ertrag 12 dt/ha (Betriebsschätzung)

Zusammenfassung: In beiden Jahren wurde eine gute Bodenstruktur und intensive Durchwurzelung in der Oberkrume festgestellt, die nach unten über die Unterkrume zum Unterboden hin abnahmen. Im gesamten untersuchten Profil wurde eine hohe Anzahl an Regenwürmern bzw. Gängen festgestellt. Eine scharfe Bearbeitungsgrenze war nicht erkennbar. Die Gehalte an organischer Substanz (OS) in der Krume lagen für die Bodenart und Standort auf mittlerem Niveau. Nach bisher 8 Jahren flacher Bearbeitung zeigte sich nur bei der OS und bei Kali eine leichte Anreicherung in der Oberkrume. Insgesamt war der Boden mit Nährstoffen gut bis ausreichend versorgt.

Nach Kleegrasumbruch und schwierigen Saatbedingungen entwickelte sich 2009 nur ein schwacher Weizenbestand, der vor allem durch den starken Kleedurchwuchs beeinträchtigt wurde. Der Ertrag lag deutlich unter den mittleren Ertragserwartungen.

➤ Schlag 2

Vorgeschichte: seit 2000 ökologisch bewirtschaftet

Hauptfrüchte & Bewirtschaftung (wenn vom beschriebenen Produktionsverfahren deutlich abweichend; in Klammern: geschätzter Ertrag in dt/ha): Mistdüngung nur 2002 (25 t/ha)

2000 Öllein	Kleegras-Untersaat, komplett gemulcht, Pflug	2005 Öllein	3xGrubber im Frühjahr (9)
2001 Kleegras	geerntet	2006 Perserklee	2 Schnitte, geerntet
2002 W.Weizen	(30)	2007 W.Weizen	verschiedene Sorten (31)
2003 Erbse	(15) keine ZF	2008 Erbse + Leindotter	nasses Saatbett, schlechter Aufgang (3 E, 2,6 L)
2004 W.Weizen	(31)	2009 W.Weizen	40 cm-Reihe (20)

Bewirtschaftung 2007-2009 (Änderung zum Standard): Unkrautbekämpfung im W.Weizen
2009 2 x Striegel und 1 x Hacke (Details in Anhang II)

Standort der Messpunkte: schwach geneigter Südhang; Parabraunerde aus Löß über Sandstein; Bodenart mittel toniger Schluff (15% Ton, 72% Schluff, 13% Sand: Ut3), vereinzelt Steinchen; 57 Bodenpunkte

Bodenbeurteilung (05. & 07.2008 Erbse, 05.2009 W.Weizen):

0 – (14-18) cm: homogen braun, altes Stroh bei 8 – 13 cm; bis 5 cm sehr locker, dann fester werdend, krümelig-bröckelig (labil), einige Regenwurmgänge, bis 5 cm gut durchwurzelt darunter etwas weniger, deutliche Bruchkante bei 15 – 18 cm, keine abknickenden Wurzeln: **gute Struktur**

(14-18) – (30-35) cm: homogen braun, dicht bröckelig bis Einzelkorngefüge, z.T. horizontal plattig brechend, einige Regenwurmgänge, mäßig durchwurzelt, v.a. in Gängen, z.T. nicht durchwurzelte Bereiche: **mäßige – schlechte Struktur**

ab (30-35) cm (bis auf 45cm geprüft): hellbraun, rostfleckig; Einzelkorngefüge bis bröckelig, wenige Regenwurmgänge, wenig durchwurzelt: **mäßige Struktur**

Eindringwiderstand (03.2009 unter W.Weizen): kontinuierlicher Anstieg der Bodendichte bis 30 cm, Verdichtungshorizont zwischen 28 und 38 cm (Details in Anhang II)

Bodenuntersuchung: (Poren, OS & Nt in %, P, K & Mg in mg/100g, Mikronährstoffe in mg/kg)

Tiefe	Poren ¹	OS	Nt	C/N	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	B	Cu	Mn	Zn
0-15	53	2,8	0,17	9,4	5,9 B	9 B	15 C	9 C	0,5 E	2,6 C	150 E	4,8 E
15-30	45	2,2	0,14	9,0	6,1 B	9 B	3 A	7 C	0,6 E	2,9 C	147 E	4,3 E
35-42	45	1,0	0,05	10,9	6,2 B	4 A	6 B	7 C	0,3 A	1,4 A	45 B	0,9 A

OS: Organische Substanz; Nt: Gesamt-N, Buchstaben: LUFA-Versorgungsstufen

¹ 06.2008

Bodenbiologie: im Anhang II & III

Pflanzenentwicklung:

	2008 Erbsen mit Leindotter	2009 W.Weizen
Unkraut	10.07.: hoher Unkrautdruck (80-100% Deckungsgrad) Weißer Gänsefuß, Kamille, Windhalm, Ackerkratzdistel, Vogelmiere, Ackerwinde, Ehrenpreis, Ackerhellerkraut, rauhaarige Wicke, Kornblume, Klettenlabkraut	17.03.: mäßiger Unkrautdruck (20-30% Deckungsgrad) 10.07.: mäßiger bis hoher Unkrautdruck (40-100% Deckungsgrad) Windhalm, Kamille, Kornblume, rauhaarige Wicke (Nester), Ackerkratzdistel, Quecke, Ackervergissmeinnicht, Vogelmiere
Bestand	Beginn Abreife: sehr dünner & ungleichmäßiger niedriger Erbsenbestand mit wenigen kurzen Hülsen, wenig kaum verzweigte Wurzeln ohne deutliche Verfärbung, Leindotter etwas besser als Erbsen Ertrag: 3 dt/ha Erbsen, 2.6 dt/ha Leindotter (Betriebsschätzung)	Abreife: sehr dünner, ungleichmäßiger & lückiger Bestand, kurze Ähren, N-Mangel 156 Halme/m ² Ertrag: 20 dt/ha (Betriebsschätzung)

Zusammenfassung: Unter der gut durchwurzelten Oberkrume mit positiv bewerteter Bodenstruktur war die Unterkrume sehr dicht gelagert und nur mäßig durchwurzelt. Im gesamten untersuchten Profil wurde eine mäßige Anzahl an Regenwürmern bzw. Gängen festgestellt. Die Gehalte an organischer Substanz (OS) in der Krume lagen für die Bodenart und Standort auf mittlerem Niveau. Nach bisher 8 Jahren flacher Bearbeitung zeigte sich nur

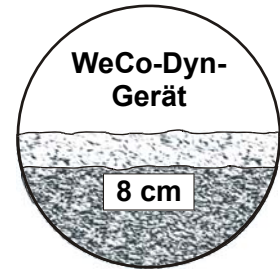
bei der OS sowie bei Kali und Zink eine Anreicherung in der Oberkrume. Der pH-Wert nahm mit zunehmender Tiefe zu. Insgesamt war der Boden mit Nährstoffen gut bis ausreichend versorgt.

Sowohl die Erbsen 2008 als auch das gehackte Getreide 2009 bildeten relativ schwache Bestände mit hohem Unkrautdruck. Wichtige Unkräuter waren Windhalm, Ackerkratzdistel, Kamille, Rauhaarige Wicke und Weißer Gänsefuß. Die Erträge lagen deutlich unter den mittleren Ertragserwartungen. Bei den Erbsen waren u.a. die zu nassen Saatbedingungen und der damit verbundene geringe Feldaufgang ein Grund für die schlechte Entwicklung.

2.3.8. Betriebsbeispiel 7 (B7)

Betriebsbeschreibung

Mäßig feuchter und warmer Standort mit leichten Böden. Viehloser Betrieb mit Druschfruchtanbau undmäßigem Anteil an Hauptfrucht-Klee. Seit fast 30 Jahren nicht wendende Bodenbearbeitung, seit 14 Jahren mit dem WeCo-Dyn-Gerät auf max. 8 cm Tiefe. Erwartetes \emptyset -Ertragsniveau ca. 30 dt/ha Getreide.



➤ Standort (Baden-Württemberg)

Höhe: um 150 m ü. NN

Niederschlag: \emptyset 750 mm/a (häufig ausgeprägte Frühsommertrockenheit)

Temperatur: \emptyset 10,5°C

Bodenart: Sande bis sandige Lehme

Bodentypen: Auenböden

Ackerzahl: \emptyset 40 – 50 (35 – 80)

Nährstoffe:	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	
	B-E	A-B	C	C-D	\emptyset Versorgungsstufe Betrieb

Gefälle: eben

Bemerkungen Boden: Grundwasser in 1-2 m, Kies ab 20 – 60 cm (deshalb kommen Wurzeln nicht bis ans Grundwasser); 1/3 der Flächen Überschwemmungsgebiet (Grundwasser drückt hoch)

Wichtige Wurzelunkräuter: Ackerkratzdistel, Ackerwinde

Wichtige einjährige Unkräuter: Ackerfuchsschwanz, Weißer Gänsefuß, Amaranth, Windenknöterich, Hirse

➤ Betriebsstruktur

Fläche: 34 ha Ackerland

davon Pacht: 95%, **Pachtniveau:** \emptyset 200 €/ha (Ackerland)

Schlaggröße: 0,2 – 4 ha

Schlagentfernung: \emptyset 2 km (0,2 – 3,0 km)

Betriebszweige: Ackerbau; Beratung, Landtechnik (WeCo-Dyn-System, Spritz- und Rührtechnik für biologisch-dynamischen Landbau)

Ökonomische Bedeutung Ackerbau: 50%

Anzahl Tiere: keine Tiere

Arbeitskräfte: 1 AK (ca. 300 – 400 Feldstunden, Rest für Neuentwicklungen)

➤ Betriebsgeschichte

Umstellungsjahr: 1970, Bioland; seit 1997 Demeter

Vor Umstellung: reiner Ackerbau

➤ Pflanzenbau (wird kontinuierlich weiter entwickelt & verändert)

Fruchtfolge (Ziel-Fruchtfolge, variabel und in Veränderung; kein Sommergetreide wegen Fröhsommertrockenheit):

Weißklee ¹
Weißklee (Direktsaat Dinkel)
Dinkel mit Klee
W.Weizen & Leindotter ZF (Hafer, Sommererbse / Wicke / Buchweizen / Phacelia) ²
W.Roggen / W.Ackerbohnen / Erbse
Dinkel / W.Roggen / Sonnenblumen

¹ in Zukunft z.T. auch Rotklee vermehrung

² Zwischenfrucht vor Wintergetreide eher nicht; Ziel: viel leicht abfrierende Biomasse ohne zähe Stängel

Anbauumfang: Ø Flächenanteile und Erträge (häufige Änderungen im Anbau)

Frucht	Ø Erträge [dt/ha]	Flächenanteil [%]
Klee		20
W.Weizen	30	20
Dinkel	25 ¹	20
W.Roggen	28	23
W.Ackerbohnen	35	10
diverse Kulturen ²		7
ZF		ca. 70

¹ im Spelz

² z.B.: Sonnenblumen, Sojabohnen, Saflor

Düngung: biologisch-dynamische Präparate (2 – 3 x 80 g/ha pro Jahr); Stroh bleibt komplett auf der Fläche; z.T. geringe Mengen Mist aus Futter-Mist-Kooperation

Saat: WeCo-Dyn-Gerät (aufgebaute Sämaschine mit variablem Abstand der Saadbänder; Saatschläuche hinter Schar)

Ernte & Aufbereitung: Mähdrusch im Lohn

➤ Bodenbearbeitung

Geschichte: Grundbodenbearbeitung bis 1980 Pflug (ca. 25 cm Tiefe) und Frässaat; bis 1995 Kemink-Gerät, auf max. 15 – 20 cm

Gegenwärtige Bodenbearbeitung:

Grundbodenbearbeitung, Kleegrasumbruch & Saatschläuche:

WeCo-Dyn-Gerät mit überlappenden 36 cm Gänsefußscharen auf max. 5 bis 6 cm

(Saat von W.Ackerbohnen mit schmalen Scharen auf 8 cm)

Mech. Pflege: keine

Beweggründe: nicht wendende Bearbeitung zur Verbesserung der Bodenqualität; Entwicklung des WeCo-Dyn-Gerätes (in Zusammenarbeit mit Ulrich Schreier) weil Keminkgerät an Spurweite gebunden, viele Überfahrten notwendig, insgesamt aufwendig; Gerät sollte vielseitig sein und auch Direktsaaten ermöglichen (von brasilianischem Vorbild abgeleitet); Realisierung von Flächenkompostierung ohne Dämme; höhere Schlagkraft, damit System auch für größere Flächen angewendet werden kann.

Entwicklung nach Umstellung der Bodenbearbeitung: Boden tragfähiger, Unterboden kompakter, aber Wurzeln und Wurmgänge durchgängig; N-Defizit im Frühjahr (April), starke Mineralisation im Mai → einzelne Kulturen deshalb weniger geeignet (z.B. Raps); weitere Ziele sind Reduzierung des Schleppergewichts & Entwicklung eines Aufsattel-Gerätes; durch Etablierung der Zwischenfrüchte unmittelbar nach Ernte ist in großen Teilen der Fruchtfolge ein nahezu ganzjähriger Bewuchs möglich, die Vegetationszeiten werden maximal ausgenutzt.

Bewertung / Probleme: mit WeCo-Dyn-Gerät tiefe Saat von Winterackerbohnen (8-10 cm) möglich → keine Probleme mit Auswinterung auch bei Kahlfrösten; durch Direktsaatschare Einsaaten von Erbsen und Soja in Grasbestände sowie Saaten in Lebendmulch möglich.

Praktische Hinweise für das Bodenbearbeitungssystem: Mit der flachen, präzisen und ganzflächigen Bearbeitung mit dem WeCo-Dyn System muss der Anwender nach und nach vertraut werden. Es erfordert ein komplettes Umdenken im Umgang mit dem Boden und auch in Bezug auf die Genauigkeit bei der Einstellung der Technik. Wenn man mit dem System vertraut ist, dann zeigt sich ein großes Einsparpotential und der Boden kann sich in einer natürlichen Art und Weise aufbauen

➤ Maschinen

Schlepper: John Deere: 100 PS (Niederdruckreifen, 1,2 bar); Mercedes MB Trac: 75 PS (Reifenbreite 36 cm, Reifendruck 1,2 bar)

Ackerbau: - Weco-Dyn-Gerät (Firma Wenz), 3 m (vierbalkiger Rahmen);
 Werkzeuge: 36 cm Gänsefußschar (überlappend), 6, 10 & 15 cm Schar, Mischblech, Sägerät (3 getrennte Saatkästen + Schläuche zu Scharen bzw. Säbalken), Nachlaufstriegel, Sechswalze, Schleppschiene, Krümelwalze
 - Hatzenbichler Striegel, 4,5
 - Kulturegge, 3 m
 - Weitere: Scheibenmäherwerk (2,65 m)

➤Produktionsverfahren

Die Produktionsverfahren werden auf dem Betrieb jeweils den Boden- und Unkrautbedingungen angepasst. Die nachfolgend beschriebenen Verfahren sind deshalb als Beispiele zu sehen. Bis auf Mähwerk, Kulturegge & Striegel werden alle Ackerarbeiten mit dem 100 PS-Schlepper durchgeführt. Ausbringung der biologisch-dynamischen Präparate erfolgt mit Spritzgerät auf PKW (hier nicht aufgeführt).

	Zeitraum	Gerät (Geschwindigkeit)	Tiefe
Weißklee (v.a. Gründüngung)			
Saat	04 – 05	WeCo-Dyn-Gerät m. 36 cm Schar (überlappend), Mischblech, Sämaschine & Walze (15 cm Reihenabstand) (12 km/h)	2-3 cm
1. & 2. Jahr:			
Schnitte	M 06	alle 6 – 8 Wochen Schnitt: Mähwerk z.T. im 2. Jahr Samendrusch + 1 Schnitt	
Dinkel			
Saat	M010 – A11	WeCo-Dyn-Gerät m. 10 cm Schar, Mischblech, Sämaschine & Striegel (12 cm Dinkelband, 180 kg/ha, 15-20 cm erhaltener Kleestreifen) (12 km/h)	3-4 cm
Pflege	Frühjahr	wenn befahrbar: Kulturegge o. Striegel zum einebnen	
Ernte	A07 – M07	Mähdrescher	
Pflege	direkt	Mähwerk	
Bodenb.	08	WeCo-Dyn-Gerät m. 36 cm Schar, Mischblech, Striegel (10 km/h)	4-5 cm
Bodenb.	08	2 – 3 x WeCo-Dyn-Gerät m. 36 cm Schar, Mischblech, Striegel (12 km/h), je nach Unkrautdruck	4-5 cm
W.Weizen (mit Leindotterbeisat)			
Saat	M10 – A11	WeCo-Dyn-Gerät m. 36 cm Schar, Mischblech, Sämaschine, Walze & Striegel (10 cm Saatband, 30 cm Abstand) (12 km/h)	3-4 cm
Ernte	A07 – M07	Mähdrescher	
Pflege	direkt	Mähwerk (75 PS)	
Saat	E07	Zwischenfruchtsaat: WeCo-Dyn-Gerät m. 10 cm Schar, Mischblech, Sämaschine, Walze & Striegel (10 cm Saatband für grobkörniges Saatgut, 30 cm Abstand; Breitsaat für Feinsämereien - Feinsaatkasten) (12 km/h)	4-5 cm
W.Ackerbohne			
Saat	E09 – M12	WeCo-Dyn-Gerät m. Scheibensech, 6 cm Schar, Schleppschiene, Krümelwalze & Striegel (6 cm Saatband, 30 cm Abstand) (6 km/h)	8-10 cm
Ernte	A07 – M07	Mähdrescher	
Pflege	direkt	z.T. Mähwerk	
Bodenb.	08	WeCo-Dyn-Gerät m. 36 cm Schar, Mischblech, Striegel (12 km/h)	4-5 cm
Bodenb.	08	1 – 2 x WeCo-Dyn-Gerät m. 36 cm Schar, Mischblech, Striegel (12 km/h), je nach Unkrautdruck	4-5 cm

	Zeitraum	Gerät (Geschwindigkeit)	Tiefe
W.Roggen			
Saat	M09 – A10	WeCo-Dyn-Gerät m. 36 cm Schar, Mischblech, Sämaschine, Walze & Striegel (10 cm Saatband, 30 cm Abstand) (12 km/h)	4-5 cm
Ernte	A07 – M07	Mähdrescher	
Pflege	direkt	Mähwerk (75 PS)	
Saat	E07	Zwischenfruchtsaat: WeCo-Dyn-Gerät m. 10 cm Schar, Mischblech, Sämaschine, Walze & Striegel (10 cm Saatband für grobkörniges Saatgut, 30 cm Abstand; Breitsaat für Feinsämereien - Feinsaatkasten) (12 km/h)	4-5 cm
Bodenb.	Winter – Frühjahr	1 – 2 x WeCo-Dyn-Gerät m. 36 cm Schar, Mischblech, Walze & Striegel (10-12 km/h), je nach Unkrautdruck	3-4 cm

Geplante Änderungen (z.T. schon versucht): in Zukunft mehr Zwischenfrüchte geplant, bei Trockenheit dann 10 statt 36 cm-Schare (fassen besser), Saat von ZF-Gemenge hinter Schar (alle 30 cm) & Buchweizen breitwürfig auf Oberfläche; Direktsaat von Sommerfrüchten (z.B. Sojabohnen & Hirse) in umgeknickten Winterackerbohnen- oder Roggenbestand; Frühsaat von Wintergetreide; z.T. Rotklee vermehrung statt Weißklee

Energie & Ökonomie

Modellrechnung⁷: Vergleich von einem WeCo-Dyn-System (in Anlehnung an die oben genannten Betriebsleiterangaben) und einem theoretischen Pflug-System (25 cm Arbeitstiefe, bis auf Bodenbearbeitung dem WeCo-Dyn-System möglichst ähnlich) in einer vereinfachten, für beide Systeme identischen Fruchtfolge. Datengrundlage: oben genannte Betriebsleiterangaben, eigene Zugkraftbedarfsmessungen, Schätzwerte, Schätzwerte, KTBL- und andere Literaturangaben. Details zu Ergebnissen sowie zu den zugrunde liegenden Werten und Kosten sind in Anhang II und im CD-Anhang aufgeführt.

	WeCo-Dyn	Pflug	Einsparung
Dieserverbrauch [l/ha pro Jahr]	40 (47) ²	53	13 (6)
Arbeitszeitbedarf ¹ [Akh/ha pro Jahr]	3,5 (3,2)	6,1	2,6 (2,9)
Arbeiterledigungskosten ¹ [€/ha pro Jahr]	281 (286)	335	54 (49)

¹ unberücksichtigt: Transporte, Betriebsführung und allgem. Betriebsarbeiten

² in Klammern: Verwendung von Betriebsschätzwerten für den Dieserverbrauch und Zeitbedarf

Bewertung: Für den Dieserverbrauch wurde für das WeCo-Dyn-System ein mittleres Einsparungspotential berechnet. Insgesamt liegt der Dieserverbrauch des extensiven Anbausystems jedoch auf einem sehr niedrigen Niveau. Deutlich überdurchschnittliche Einsparungen ergaben die Kalkulationen beim Arbeitszeitbedarf aufgrund der größeren Arbeitsbreite und der erheblich höheren Arbeitsgeschwindigkeit beim WeCo-Dyn-Gerät. An

⁷ Berechnet von K. Lange, D. Möller (Fachgebiet Betriebswirtschaft, FB Ökologische Agrarwissenschaften der Universität Kassel) und H. Schmidt (Stiftung Ökologie & Landbau)

der Einsparung von Arbeitserledigungskosten haben die reduzierten Kosten für Arbeitszeit und Maschinenunterhaltung einen größeren Anteil als die geringeren Dieseldkosten.

Untersuchte Schläge

➤Fazit

Boden: gute bis sehr gute Bodenstruktur in der Oberkrume; Unterkrume und Unterboden deutlich dichter gelagert, aber meist gut durchwurzelt; hoher Regenwurmbesatz; gute bis ausreichende Nährstoffversorgung; aufgrund der seit mehreren Jahrzehnten nicht wendenden Bodenbearbeitung erhebliche Anreicherung von organischer Substanz und Nährstoffen in der Oberkrume.

Pflanze: im Untersuchungszeitraum waren die relativ schwachen Getreidebestände meist stark verunkrautet; die mittleren Ertragsersparungen konnten nicht erreicht werden.

➤Schlag 1

Vorgeschichte: Umstellung 1970, Bewirtschaftung wie Gesamtbetrieb

Hauptfrüchte & Bewirtschaftung (wenn vom beschriebenen Produktionsverfahren deutlich abweichend; in Klammern: geschätzter Ertrag in dt/ha):

1998 W.Weizen	nach Kleeerasumbruch (35)	2004 W.Ackerbohne	(25+5 Leindotter) Auflauf-ZF + Leindotter
1999 Sojabohne	(20-25) keine Zwischenfrucht	2005 Weißklee	sauberer Bestand
2000 Sojabohne	Unkraut nimmt zu (15)	2006 W.Weizen	Streifensaat in Klee (20)
2001 Sojabohne	Unkraut-Katastrophe (5)	2007 W.Weizen	Streifensaat in Klee/Stoppel (15)
2002 W.Weizen	(20) keine Zwischenfrucht	2008 W.Weizen	(20)
2003 Sojabohne	viel Unkraut (10)	2009 Dinkel	(20)

Bewirtschaftung 2007-2009 (Änderung zum Standard): nach W.Weizen 2008 Ende Juli Zwischenfruchtgemenge, ab Mitte September aus betrieblichen Gründen Dinkelsaat statt geplantem Klee, inkl. Dinkelsaat 3 x WeCo-Dyn-Gerät (Details in Anhang II)

Standort der Messpunkte: ebener Aueboden über Kies; Bodenart stark lehmiger Sand (19% Ton, 35% Schluff, 46% Sand: SI4), schwach kiesig; 55 Bodenpunkte

Bodenbeurteilung (06.2008 W.Weizen, 05.2009 Dinkel):

0 – 8 cm: homogen braun; krümelig, viele Regenwurmgänge, sehr gut durchwurzelt, keine scharfe Bearbeitungsgrenze: **sehr gute Struktur**

8 – 20 cm: homogen braun, nach unten z.T. heller marmoriert und kiesiger werdend; kompakt bis dichtes Bröckelgefüge, z.T. horizontal leicht plattig, leicht zerfallend, viele Regenwurmgänge, gut durchwurzelt: **gute – mäßige Struktur**

ab 20 cm (bis 26 cm beurteilt): helles braun, kiesiger als Oberboden, sonst wie 8 – 20 cm: **gute – mäßige Struktur**

Bodenuntersuchung (unterschiedliche Grautöne: deutliche Differenzen zwischen Schichten):

Bodenphysik & -chemie (Poren, OS & Nt in %, P, K & Mg in mg/100g, Mikronährstoffe in mg/kg)

Tiefe	Poren ¹	OS ²	Nt ³	C/N	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	B	Cu	Mn	Zn
0-8	50	3,4	0,19	10,7	6,1 B ⁴	9 B	22 C	16 D	0,5 C	2,6 C	190 E	3,3 E
10-20	38	2,3	0,15	9,2	5,7 B	6 B	7 B	13 D	0,4 C	3,1 C	167 E	2,9 C
20-26	38	1,1	0,07	9,3	6,4 C	5 A	5 A	12 D	0,7 C	2,9 C	241 E	2,7 C

¹ 06.2008; ² OS: Organische Substanz; ³ Nt: Gesamt-N, ⁴ Buchstaben: LUFA-Versorgungsstufen

Bodenbiologie: im Anhang II & III

Pflanzenentwicklung:

	2008 W.Weizen	2009 Dinkel
Unkraut	14.04.: hoher Unkrautdruck (60-70% Deckungsgrad) 16.06.: hoher Unkrautdruck (70-80% Deckungsgrad) Klettenlabkraut (z.T. über Bestand), Ackerwinde, rauhaarige & Vogelwicke, Windhalm, Ehrenpreis	18.05.: hoher Unkrautdruck (80% Deckungsgrad) Ackerfuchsschwanz, Windhalm, rauhaarige Wicke, Klettenlabkraut, Klatschmohn, Ackerstiefmütterchen, Ackervergissmeinnicht, wenig Ackerwinde
Bestand	Kornfüllung: homogener, von Farbe & Ährenausbildung mittlerer Bestand, nur noch Fahnenblatt komplett grün, bildet mit Unkraut dichten Pflanzenfilz 240 Halme/m ² Ertrag 25 dt/ha (an den Messpunkten) (Betriebsschätzung: 20 dt/ha)	Schossen: heller, z.T. lückiger dünner Bestand, stark vergrast, gesund 140 Halme/m ² Ertrag 16 dt/ha (an den Messpunkten) (Betriebsschätzung: 20 dt/ha)

Zusammenfassung: Die Oberkrume wies eine sehr gute Bodenstruktur und Durchwurzelung auf, Unterkrume und Unterboden waren deutlich kompakter, aber noch gut durchwurzelt. Im gesamten untersuchten Profil wurde eine hohe Anzahl an Regenwürmern bzw. Gängen festgestellt. Eine Bearbeitungssohle war nicht erkennbar. Aufgrund der seit fast 30 Jahren nicht wendenden Bearbeitung zeigte sich sowohl bei der OS als auch bei einer Reihe von Nährstoffen eine ausgeprägte Anreicherung in der Oberkrume. Insgesamt war der Boden gut bis ausreichend mit Nährstoffen versorgt.

In beiden Jahren entwickelte sich in den Getreidebeständen ein hoher Unkrautdruck. Mögliche Ursachen sind u.a. die unbefriedigende Saatbettbereitung in 2008 und die ungünstige Fruchtfolgestellung des Dinkels 2009. Die wichtigsten Unkrautarten waren Ackerfuchsschwanz, Klettenlabkraut und Rauhaarige Wicke. Die mittleren Ertragserwartungen konnten in beiden Jahren nicht erreicht werden.

➤ Schlag 2

Vorgeschichte: Umstellung 1970, Bewirtschaftung wie Gesamtbetrieb

Hauptfrüchte & Bewirtschaftung (wenn vom beschriebenen Produktionsverfahren deutlich abweichend; in Klammern: geschätzter Ertrag in dt/ha):

1998 Klee gras	Futterverkauf, Überschwemmung	2004 Dinkel	(25) Auflauf-ZF, Bodenbearbeitung im Herbst
1999 Klee gras	Futterverkauf	2005 Sojabohne	mit Klee-US (15), Umbruch im Herbst
2000 Weißklee	Gründüngung	2006 Saflor	Weiß & Gelbkleebeisat (7)
2001 W.Weizen	Streifensaat in Klee (15)	2007 Klee	3-4 Schröpfschnitte
2002 W.Weizen	nach Umbruch (45)	2008 Dinkel	Streifensaat in Klee (15)
2003 W.Roggen	(20)	2009 W.Roggen	(6E, 2R) +Erbsen

Bewirtschaftung 2007-2009 (Änderung zum Standard): 2007 Streifensaat von Dinkel in den Klee; nach Dinkel 2008 inkl. Saat 4 x WeCo-Dyn-Gerät; schlechte Roggenentwicklung
→ Anfang Mai Walzen des Roggens & Direktsaat von Erbsen (Details in Anhang II)

Standort der Messpunkte: ebener Auenboden über Kies; Bodenart schluffiger Lehm (26% Ton, 62% Schluff, 12% Sand: Lu), ohne Steine; 40 – 60 Bodenpunkte

Bodenbeurteilung (06.2008 Dinkel in Klee, 05.2009 Erbsen in Roggen):

0 – 8 cm: homogen braun; krümelig-bröckelig, viele Regenwurmgänge & besetzte Höhlen, sehr gut durchwurzelt, keine scharfe Bearbeitungsgrenze: **gute Struktur**

8 – 20 cm: braun, ab 16 cm marmoriert heller werdend (braun-grau), dicht, bröckelig, viele Regenwurmgänge & besetzte Höhlen, gut durchwurzelt: **gute – mäßige Struktur**

ab 20 cm (bis 30 cm beurteilt): helles braun, marmoriert; sonst wie 8 – 20 cm: **gute – mäßige Struktur**

Bodenuntersuchung (unterschiedliche Grautöne: deutliche Differenzen zwischen Schichten):

Bodenphysik & -chemie (Poren, OS & Nt in %, P, K & Mg in mg/100g, Mikronährstoffe in mg/kg)

Tiefe	Poren ¹	OS ²	Nt ³	C/N	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	B	Cu	Mn	Zn
0-8	54	4,5	0,30	8,6	7,3 E ⁴	4 A	20 C	13 D	0,4 C	2,1 C	15 A	2,6 C
8-15	45	3,2	0,23	8,3	7,4 E	1 A	8 B	11 C	0,4 C	2,1 C	12 A	1,7 C
20-25	44	2,2	0,17	7,7	7,5 E	1 A	7 B	10 C	0,4 C	2,5 C	11 A	1,3 A

¹ 06.2008; ² OS: Organische Substanz; ³ Nt: Gesamt-N, ⁴ Buchstaben: LUFA-Versorgungsstufen

Bodenbiologie: im Anhang II & III

Pflanzenentwicklung:

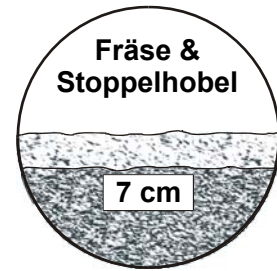
	2008 Dinkel in Klee	2009 Roggen mit Erbsendirektsaat
Unkraut	16.06.: hoher Unkrautdruck (Ø 50 A.Winden / m ²) Ackerwinde, Löwenzahn, Hahnenfuß; Kleestreifen mit z.T. wenig Klee	18.05.: hoher Unkrautdruck (80% Deckungsgrad) Ackerfuchsschwanz, Ackerwinde, Ackersenf/Hederich, Ackerstiefmütterchen, Klatschmohn, Löwenzahn, Ehrenpreis
Bestand	Kornfüllung: dünner, z.T. niedriger, unruhiger Bestand, gesund, viele Schnecken 224 Halme/m ² Ertrag: 15 dt/ha (an Messpunkten & Betriebsschätzung)	Schossen: sehr dünner, heller & lückiger Bestand, gesunder Spross, schwache Wurzel 145 Halme/m ² Ertrag: 2 dt/ha Roggen & 6 dt/ha Erbsen (Betriebsschätzung)

Zusammenfassung: Die Oberkrume wies eine gute Bodenstruktur und Durchwurzelung auf, Unterkrume und Unterboden waren deutlich kompakter, aber noch gut durchwurzelt. Im gesamten untersuchten Profil wurde eine hohe Anzahl an Regenwürmern bzw. Gängen festgestellt. Eine Bearbeitungssole war nicht erkennbar. Aufgrund der seit fast 30 Jahren nicht wendenden Bearbeitung zeigte sich sowohl bei der OS als auch bei einer Reihe von Nährstoffen eine ausgeprägte Anreicherung in der Oberkrume. Insgesamt war der Boden gut mit Nährstoffen versorgt, nur die Phosphatwerte lagen auf einem sehr niedrigen Niveau. In beiden Jahren entwickelte sich in den Getreidebeständen ein hoher Unkrautdruck. Die wichtigsten Arten waren Ackerfuchsschwanz und Ackerwinde, im nur streifenweise bearbeiteten Dinkel nach Klee waren auch mehrjährige Unkräuter wie Löwenzahn und Hahnenfuß vertreten. Der Ertrag vom Dinkel im Klee 2008 erreichte den Betriebsdurchschnitt solcher Klee-Getreidebestände. Der 2008 gesäte Roggen entwickelte sich aus bisher ungeklärter Ursache schlecht und auch die daraufhin im Frühjahr eingesäten Erbsen konnten keinen befriedigenden Ertrag erbringen. Der untersuchte Schlag fiel auch in der Vergangenheit durch eine häufig problematische Bestandsentwicklung auf, die Ursachen sind noch nicht geklärt.

2.3.9. Betriebsbeispiel 8 (B8)

Betriebsbeschreibung

Kühler und feuchter Standort mit Auenböden. Gemischtbetrieb mit Druschfruchtanbau und hohem Anteil an Feldfutterbau. Seit 25 Jahren nicht wendende Bodenbearbeitung, seit 15 Jahren ohne tiefe Lockerung mit einer maximalen Eingriffstiefe von 7 cm. Erwartetes \emptyset -Ertragsniveau ca. 40 dt/ha Getreide.



➤ Standort (Bayern)

Höhe: um 450 m ü. NN

Niederschlag: \emptyset 790 mm/a

Temperatur: \emptyset 7,5°C

Bodenart: lehmiger Sand bis anmooriger lehmiger Ton

Bodentypen: Schwemmlandböden, pseudovergleyte Parabraunerde, Moor

Ackerzahl: \emptyset 26 – 59

Nährstoffe:	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	
	D	B	C	D	\emptyset Versorgungsstufe Betrieb

Gefälle: ebene Flächen

Bemerkungen Boden: bei Hochwasser hoch gedrücktes Grundwasser (selten)

Wichtige Wurzelunkräuter: Ampfer, Quecke

Wichtige einjährige Unkräuter: Vogelmiere, Ehrenpreis, Ackerhohlzahn, Kornblume (nimmt zu)

➤ Betriebsstruktur

Fläche: 37 ha Ackerland, 17 ha Grünland

davon Pacht: 30%, **Pachtniveau:** \emptyset 250 €/ha (Ackerland)

Schlaggröße: 0,6 – 6,8 ha

Schlagentfernung: max. 1,5 km

Betriebszweige: Ackerbau, Saatgutvermehrung von Getreide und Sonderkulturen, Milchvieh, Milchverarbeitung

Ökonomische Bedeutung Ackerbau: Ackerbau & Saatgutvermehrung ca. 60% (v.a. Saatgutvermehrung von Sonderkulturen)

Anzahl Tiere: 22 Milchkühe, 1 Zuchtbulle & Nachzucht (Tretmiststall mit Hackschnitzeleinstreu), 2 Schweine; 0,9 GV/ha

Arbeitskräfte: 1,5 AK + 1 AK (Angestellte, Milchverarbeitung), davon 1 AK im Ackerbau mit Saatgutvermehrung

➤ Betriebsgeschichte

Umstellungsjahr: 1988, Bioland

Vor Umstellung: Gemischtbetrieb mit Milchvieh und Ackerbau (Getreide & Raps)

➤ Pflanzenbau

Fruchtfolge (Ziel-Fruchtfolge seit 1994; bei hohem Distelbesatz Verlängerung des Klee-Kräuter-Anbaus; Vermehrung von Sonderkulturen auf extra Flächen mit gesonderter Fruchtfolge):

Klee-Kräuter-Gras-Gemenge Futternutzung
Klee-Kräuter-Gras-Gemenge Futternutzung
Hafer & Leindotter Klee-US
W.Weizen Klee-Kräuter-Beisat
Klee-Kräuter-Gras-Gemenge Futternutzung
Hafer & Leindotter Klee-US
W.Roggen Klee-Kräuter-Beisat

Anbauumfang: Ø Flächenanteile und Erträge (Verkaufsware)

Frucht	Ø Erträge [dt/ha]	Flächenanteil [%]
Klee-Kräuter-Gras-Gemenge	120 (TM)	43
Hafer	40-45	29
W.Weizen	40	14
W.Roggen	35-40	14

Düngung: Basaltmehl im Stall (Ø 200 kg/ha*a); Ø 10 t/ha Mistkompost auf Grünland, Klee gras (jedes Kleejahr) und nach Hafer; Stroh wird komplett abgefahren; Import von 200 m³/a Hackschnitzel zur Einstreu (60 m³ eigener Wald; Rest Entbuschung oder Käferholz)

Saat: Stempelpackersämaschine, 6 cm Reihenabstand (ab 2005; erwartete Effekte: bessere Unkrautunterdrückung durch bessere Standraumverteilung)

Ernte & Aufbereitung: eigener Mähdrescher, eigene Aufbereitung und Lagerung; Futter als Heu, Großballentrocknung

➤ Bodenbearbeitung

Geschichte: Grundbodenbearbeitung von 1984 bis 1994 Weichel-Schichtengrubber mit Zinkenrotor auf 15 – 30 cm Tiefe)

Gegenwärtige Bodenbearbeitung:

Grundbodenbearbeitung, Klee grasumbruch & Stoppelbearbeitung: Fräse oder Stoppelhobel (bis 7 cm) (Stoppelhobel nach Ernte: besseres Auflaufen von Unkraut), nachfolgend Kreiselgrubber

Saatbettbereitung: Kreiselgrubber

Mech. Pflege: Mulchen von Roggenfrühsaat im Herbst

Beweggründe: nicht wendende Bearbeitung zur Steigerung der natürlichen Bodenfruchtbarkeit; u.a wegen steigenden Disteldrucks Entwicklung des gegenwärtigen Mischkultursystems mit nur flacher Bodenbearbeitung zur Steigerung der Durchwurzelung; Reduzierung des Bodendrucks durch Einsatz möglichst leichter Maschinen

Entwicklung nach Umstellung der Bodenbearbeitung: Reduzierung des Auftretens von Disteln; Anstieg des Humusgehaltes im Oberboden; Effekte der Bodenbearbeitung nicht vom Anbausystem mit Mischkulturen und hohem Feldfutteranteil zu trennen; fester, tragfähiger Boden; hoher Regenwurmbesatz; gute Wasser-Infiltration, schnelle Befahrbarkeit der Böden

Bewertung / Probleme: Stoppelhobel kann aufgrund der hohen Humusgehalte im Oberboden nicht exakt auf 7 cm geführt werden

Praktische Hinweise für das Bodenbearbeitungssystem: Klee gras muss vollständig umgebrochen werden, d.h. ganzflächiges Abschneiden und gutes Verrotten; Bearbeitung mit der Fräse (Klee grasumbruch) bei leichtem Frost um Frässohle zu vermeiden

➤ Maschinen

Schlepper: New Holland: 72 PS; Same 50 PS (0,8 bar Reifendruck)

Ackerbau: - Howard Fräse, 2,3 m

- Zobel Stoppelhobel, 1,75 m (5 Schare Beethobel)
- Amazone Kreiselgrubber, 2,5 m (schräg nach vorn stehende Zinken: Boden nach oben werfend, Boden wird gebrochen, Erntereste oben, feine Bodenteile eher unten)
- Doppelscheibensämaschine, 2,5 m, 13 cm Reihenabstand, (Prismenwalzenring vor Säschar)
- Heko Stempelpackersämaschine (Extraanfertigung), 2,5 m, 6 cm Reihenabstand
- Weitere: Miststreuer (7,5t, 0,8 bar), Schlägelmulcher (2,5 m), Doppelmessermähwerk mit Walzenaufbereiter (2,7 m), Kreiselheuer, Mittelschwader, Rundballenpresse, Mähdrescher (2,7 m)

➤ Produktionsverfahren

Die Produktionsverfahren werden auf dem Betrieb jeweils den Boden- und Unkrautbedingungen angepasst. Die nachfolgend beschriebenen Verfahren sind deshalb als Beispiele zu sehen.

	Zeitraum	Gerät (Schlepper-PS & Geschwindigkeit)	Tiefe
Klee-Kräuter-Gemenge¹			
Saat	direkt	nur wenn Beisaat nicht zufrieden stellend: Sämaschine (72 PS, 10 km/h)	
Schnitt	Herbst	1 Schnitt: Mähwerk (72 PS), Wender & Schwader (50 PS)	
Hauptnutzungsjahr ohne Umbruch			
Düngung	Winter	10 t Mistkompost	

	Zeitraum	Gerät (Schlepper-PS & Geschwindigkeit)	Tiefe
Pflege	Frühjahr	Schlepe & Walze (50 PS)	
Schnitte		4 Schnitte: Mähwerk (72 PS), Wender & Schwader (50 PS)	
letztes Hauptnutzungsjahr			
Düngung	Winter	10 t Mistkompost	
Pflege	Frühjahr	Schlepe & Walze (50 PS)	
Schnitte		4 Schnitte: Mähwerk (72 PS), Wender & Schwader (50 PS)	
Düngung	Winter	10 t Mistkompost	
Bodenb.	ab 01 Frost	Fräse (72 PS, 3 km/h)	7 cm
Bodenb.	nach Tauen bei Frost	Kreiselgrubber (72 PS, 4 km/h) (Bewuchs abtöten)	4 cm
Bodenb.	bis A03	1 – 2 x Kreiselgrubber (72 PS, 5 km/h)	4 cm
Hafer mit Leindotter & Kleebeisat²			
Saat	n. 4 – 5 T.	Sämaschine (72 PS, 10 km/h)	2-2,5 cm
Ernte	A08	Mähdrescher	
Düngung	direkt	10 t Mistkompost	
Bodenb.	E07	Stoppelhobel (72 PS, 12 km/h) oder Fräse (72 PS, 4 km/h)	6 cm
Bodenb.	n. ca. 7 T.	Kreiselgrubber (72 PS, 4 km/h)	4 cm
Bodenb.	E 08	Kreiselgrubber (72 PS, 5 km/h)	4 cm
W.Weizen o. W. Roggen mit Beisat¹			
Saat	E08 – A09	Sämaschine (72 PS, 10 km/h)	2-2,5 cm
Pflege	E09 – A10	bei 30 cm Wuchshöhe: Mulcher auf 8 cm (72 PS)	
Ernte	A08	Mähdrescher	
wenn Beisat nicht gelungen (z.B. Mäuseschäden):			
Bodenb.	E07	Stoppelhobel (72 PS, 12 km/h) oder Fräse (72 PS, 4 km/h)	6 cm
Bodenb.	n. ca. 7 T.	Kreiselgrubber (72 PS, 4 km/h)	4 cm

¹ Beisat-Beispiel 1: 20 kg Luzerne, 30 kg Esparsette, 5 kg Rohrschwengel, 0,5 kg Kümmel, 4 kg Hornklee, 2 kg Gelbklee, 1 kg Weißklee, 3 kg Wiesenrispe, 2 kg Bibernelle
 Beisat-Beispiel 2: 10 kg jährige Luzerne, 5 kg Kresse, 4 kg Gelbklee, 4 kg Hornklee, 2 kg Weißklee, 20 kg Luzelle (Weide-Luzerne), 0,3 kg Schafgarbe, 0,2 kg Spitzwegerich
 Blanksaat-Beispiel: 20 kg Luzerne, 30 kg Esparsette, 2 kg Gelbklee, 4 kg Hornklee, 1 kg Weißklee, 5 kg Rohrschwengel, 3 kg Bibernelle, 25 kg Sommerwicke, 7 kg Luzerne, 5 kg Erdklee, 10 kg Buchweizen, 2 kg Perserklee, 10 kg Kresse

² z.B.: 5 kg Leindotter, 3 kg Gelbklee, 3 kg Boxhornklee, 5 kg sommerjährige Luzerne

Energie & Ökonomie

Modellrechnung⁸: Vergleich von einem Fräse-System (in Anlehnung an die oben genannten Betriebsleiterangaben) und einem theoretischen Pflug-System (20 cm Arbeitstiefe, bis auf Bodenbearbeitung dem Fräse-System möglichst ähnlich) in einer vereinfachten für beide Systeme

⁸ Berechnet von K. Lange, D. Möller (Fachgebiet Betriebswirtschaft, FB Ökologische Agrarwissenschaften der Universität Kassel) und H. Schmidt (Stiftung Ökologie & Landbau)

identischen Fruchtfolge. Datengrundlage: oben genannte Betriebsleiterangaben, Schätzwerte, KTBL- und andere Literaturangaben. Details zu Ergebnissen sowie zu den zugrunde liegenden Werten und Kosten sind in Anhang II und im CD-Anhang aufgeführt.

	Fräse	Pflug	Einsparung
Dieserverbrauch [l/ha pro Jahr]	48 (43) ²	54	6 (17)
Arbeitszeitbedarf ¹ [Akh/ha pro Jahr]	7,5 (6,5)	8,0	0,5 (0,7)
Arbeiterledigungskosten ¹ [€/ha pro Jahr]	321 (303)	362	41 (59)

¹ unberücksichtigt: Transporte, Betriebsführung und allgem. Betriebsarbeiten

² in Klammern: Verwendung von Betriebsschätzwerten für den Diesel- und Zeitbedarf

Bewertung: Für den Dieserverbrauch wurde auf insgesamt niedrigem Niveau für das Fräse-System ein relativ geringes Einsparungspotential berechnet. Auch die Differenz bei den Arbeiterledigungskosten liegt unter dem Durchschnitt. Die Einsparung an Arbeiterledigungskosten beim Fräse-System ist vor allem auf geringere Kosten für Abschreibungen, Treibstoff und Maschinenunterhaltung zurück zu führen.

Untersuchte Schläge

➤Fazit

Boden: gute Bodenstruktur und intensive Durchwurzelung in der Oberkrume; nach unten deutlich abnehmende Qualität der Bodenstruktur und z.T. der Wurzeldichte; hoher Regenwurmbesatz; gute bis ausreichende Nährstoffversorgung; nach 15 Jahren flacher Bearbeitung bei einzelnen Nährstoffen eine Anreicherung in der bearbeiteten Bodenschicht.

Pflanze: im Untersuchungszeitraum meist gute Getreidebestände mit mäßigem Unkrautdruck und geringen bis durchschnittlichen Erträgen.

➤Schlag 1

Vorgeschichte: wie Gesamtbetrieb

Hauptfrüchte & Bewirtschaftung (wenn vom beschriebenen Produktionsverfahren deutlich abweichend; in Klammern: geschätzter Ertrag in dt/ha):

2000 Hafer	nach Klee-Kräuter-Gras (42) Fräse	2005 W.Weizen (30)
2001 W.Roggen (52)		2006 Klee & Co. (90 Heu) Stoppelhobel
2002 Klee & Co. 20 m ² Jauche (110 Heu)		2007 Hafer (35) Fräse & Stoppelhobel
2003 Klee & Co. 20 m ² Jauche		2008 W.Roggen (20)
2004 Hafer (54) Fräse		2009 Klee & Co. (110 Heu)

Bewirtschaftung 2007-2009 (Änderung zum Standard): Anfang 2008 Anlage von Pappel-Streifen (Agroforst-System) (Details in Anhang II)

Standort der Messpunkte: ebene Auenpararendzina aus kalkhaltigen, sandig-lehmigen Hochflut- und Auenablagerungen; Bodenart stark toniger Schluff (19% Ton, 71% Schluff, 10% Sand: Ut4) über kiesigem Untergrund, sehr schwach steinig; Grundwasser bei ca. 3 m Tiefe; 54 Bodenpunkte

Bodenbeurteilung (10.2007, 04.2008 & 06.2008 W.Roggen):

0 – (10-13) cm: homogen hellgrau-braun; krümelig-bröckelig, Bröckel nach unten zunehmend, viele Regenwürmer und Gänge, sehr gut durchwurzelt, keine scharfe Bearbeitungsgrenze: **gute – sehr gut Struktur**

13 – 23 cm: homogen hellgrau-braun, altes Stroh bis 18 cm (Regenwürmer?); dicht, Bröckel bis Polyeder; sehr viele Regenwurmgänge und Würmer; deutlich weniger, aber gut durchwurzelt, keine nicht durchwurzelt Aggregate: **mäßige – gute Struktur**

ab 23 cm (bis 40 cm beurteilt): etwas heller als Oberboden mit kleinen Steinchen, leicht rostfleckig; dichter, Bröckel bis Polyeder; viele Regenwurmgänge; gut bis mäßig durchwurzelt, keine nicht durchwurzelt Aggregate: **mäßige Struktur**

Benachbartes Bodenprofil (30 m entfernt): bis ca. 60 cm humos; 60 – 85 cm helle, sandige Schicht, ab 85 grober Kies; Schichtdicken variieren kleinräumig stark

Eindringwiderstand (12.2008 unter Klee gras): leichter Verdichtungshorizont in 25 bis 35 cm Tiefe → wahrscheinlich alte Pflugsohle (Details in Anhang II)

Bodenuntersuchung (unterschiedliche Grautöne: deutliche Differenzen zwischen Schichten):

Bodenphysik & -chemie (Poren, OS & Nt in %, P, K & Mg in mg/100g, Mikronährstoffe in mg/kg)

Tiefe	Poren ¹	OS ²	Nt ³	C/N	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	B	Cu	Mn	Zn
0-8	57	5,0	0,31	9,4	7,3 D ⁴	10 C	20 C	17 D	0,3 A	1,1 A	13 A	2,6 C
12-17	49	5,0	0,31	9,2	7,3 D	8 B	16 C	14 D	0,2 A	1,2 A	11 A	2,3 C
18-23	48	3,4	0,23	8,7	7,4 D	6 B	11 C	15 D	0,4 C	1,2 A	10 A	2,0 C
28-34	45	2,4	0,16	8,7	7,4 D	4 A	6 B	12 C	0,5 C	1,4 C	9 A	1,4 A

¹ 06.2008; ² OS: Organische Substanz; ³ Nt: Gesamt-N, ⁴ Buchstaben: LUFA-Versorgungsstufen

Bodenbiologie: im Anhang II & III

Pflanzenentwicklung:

	2008 Roggen	2009 Klee-Kräuter-Gras (mit Pappeln)
Unkraut	28.04.: 70-90% Beisat & Unkraut 10.06.: hoher Unkrautdruck (60-90% Deckungsgrad) Windhalm, Kornblume, Ackerhohlzahn, Klatschmohn, Ackervergissmeinnicht & Beisat	03.04.: unklar was angesät, relativ grasreich
Bestand	Kornfüllung: ungleichmäßiger, dünner heller Bestand mit eher kurzen Ähren, Blätter grossteil abgestorben (undefiniert, evtl. Ascochyta & Schwärzepilze) 300 Halme/m ² Ertrag 20 dt/ha (Betriebsschätzung)	Wachstumsbeginn: relativ grasreicher lückiger Bestand mit ca. 20-30% Klee- Deckungsgrad

Zusammenfassung: Die Qualität der Bodenstruktur nahm von der gut bewerteten Oberkrume zur Unterkrume deutlich ab. Die Durchwurzelung war jedoch auch in den unteren Bodenschichten gut. Im gesamten untersuchten Profil wurde eine hohe Anzahl an Regenwürmern bzw. Gängen festgestellt. Eine Bearbeitungssohle war nicht erkennbar. Nach fast 25 Jahren nicht wendender Bearbeitung zeigte sich sowohl bei der organischen Substanz als auch bei vielen Nährstoffen eine deutliche Anreicherung in der Schicht bis 17 cm Tiefe. Eine Anreicherung in der 7 cm starken Schicht, auf die sich die Bearbeitung seit 15 Jahren beschränkt, ist bisher kaum zu erkennen. Insgesamt war der Boden mit Nährstoffen gut bis ausreichend versorgt.

Im Roggen 2008 mit Klee-Kräuter-Untersaat trat ein hoher Unkrautdruck auf. Wesentlich waren dabei Windhalm, Kornblume und Ackerhohlzahn. Der Ertrag lag deutlich unter den mittleren Ertragserwartungen.

➤ Schlag 2

Vorgeschichte: seit 1979 Ackerland (vorher Grünland), durch Grundwasserabsenkung wurde Nutzung als Acker möglich

Hauptfrüchte & Bewirtschaftung (wenn vom beschriebenen Produktionsverfahren deutlich abweichend; in Klammern: geschätzter Ertrag in dt/ha):

2000 Klee & Co. (95 Heu) Fräse M08	2005 Klee & Co. (90 Heu)
2001 W.Weizen (35)	2006 Klee & Co. (70 Heu) Fräse, Klee & Co.-Saat
2002 Klee & Co. (115 Heu) Fräse	2007 Klee & Co. (75 Heu) Fräse
2003 Hafer (43) Fräse	2008 Hafer (42) Fräse
2004 W.Roggen (30) hoher Unkrautdruck: Fräse, Klee & Co.-Saat	2009 W.Roggen (38)

Bewirtschaftung 2007-2009 (Änderung zum Standard): vor Hafer 2008 1 x Fräse & 1 x Kreiselgrubber; nach Hafer 1 x Fräse & 2 x Kreiselgrubber (Details in Anhang II)

Standort der Messpunkte: ebener anmooriger Boden; Bodenart mittel schluffiger Ton (37% Ton, 58% Schluff, 5% Sand: Tu3) über schluffigerem Unterboden (76%), sehr schwach steinig; Grundwasser bei ca. 3 m Tiefe; 43 Bodenpunkte (Schlag)

Bodenbeurteilung (10.2007 & 06.2008 Hafer, 05.2009 W.Roggen):

0 – 10 cm: homogen schwarz-braun; krümelig, ab 6 cm krümelig-bröckelig, viele Regenwürmer, dicht durchwurzelt, keine deutliche Bearbeitungsgrenze: **sehr gute Struktur**

10 – 21 cm: schwarz-braun mit hellen Einsprengseln (Unterboden, z.T. in Regenwurm- und ehem. Mäusegängen); bröckelig, nach unten dichter werdend mit steigender Aggregatgröße; viele Regenwürmer; mäßig durchwurzelt, nach unten abnehmend, horizontale Bruchkanten bei 15 und bei 20 cm: **gute – mäßige Struktur**

ab 21 cm (bis auf 40cm geprüft): grau-weiß mit eingetragem Oberboden (Unterboden, z.T. in Regenwurm- und ehem. Mäusegängen); dicht, Bröckel- bis Polyederstruktur, einige Wurmgänge, wenige Wurzeln: **mäßige Struktur**

Eindringwiderstand (12.2008 unter Klee gras): kein Verdichtungshorizont zu erkennen
(Details in Anhang II)

Bodenuntersuchung (unterschiedliche Grautöne: deutliche Differenzen zwischen Schichten):

Bodenphysik & -chemie (Poren, OS & Nt in %, P, K & Mg in mg/100g, Mikronährstoffe in mg/kg)

Tiefe	Poren ¹	OS ²	Nt ³	C/N	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	B	Cu	Mn	Zn
0-8	68	10,5	0,66	9,2	7,3 D ⁴	6 B	9 B	27 E	0,5 C	1,5 C	14 A	1,6 C
12-18	61	10,2	0,60	9,9	7,3 D	4 A	4 A	23 E	0,5 C	1,9 C	14 A	1,1 A
23-30	43	2,5	0,13	11,1	7,4 D	4 A	3 A	14 D	0,2 A	1,0 A	8 A	1,0 A

OS: Organische Substanz; Nt: Gesamt-N, Buchstaben: LUFA-Versorgungsstufen

¹ 06.2008

Bodenbiologie: im Anhang II & III

Pflanzenentwicklung:

	2008 Hafer & Beisat	2009 W.Roggen & Beisat
Unkraut	10.06.: mäßiger Unkrautdruck (10-50% Deckungsgrad) Windenköterich (<5% der Halme), Ackerhohlzahn, Ackerkratzdistel, Ampfer, Gänsedistel, Windhalm, Ehrenpreis + Beisat	05.05.: geringer - mäßiger Unkrautdruck (10-50% Deckungsgrad, inkl. Beisat) Löwenzahn, Hirtentäschel, Ackerkratzdistel, Ehrenpreis + Beisat
Bestand	kurz v. Rispschieben: homogener, dichter, dunkelgrüner Bestand mit einzelnen dünnen Stellen, gesund 332 Halme/m ² Ertrag: 42 dt/ha (Betriebsschätzung)	Beginn Ährenschieben: dunkelgrüner, in Dichte und Höhe ungleichmäßiger Bestand, gesund 400 Halme/m ² Ertrag: 38 dt/ha (Betriebsschätzung)

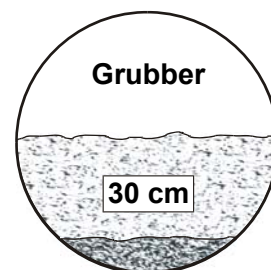
Zusammenfassung: Die Qualität der Bodenstruktur und die Durchwurzelung nahm von der gut bewerteten, bearbeiteten Oberkrume zur Unterkrume deutlich ab. Im gesamten untersuchten Profil wurde eine hohe Anzahl an Regenwürmern bzw. Gängen festgestellt. Eine Bearbeitungssohle war nicht erkennbar. Nach fast 25 Jahren nicht wendender Bearbeitung zeigte sich bei vielen Nährstoffen eine deutliche Anreicherung in der bearbeiteten Oberkrume. Aufgrund des Bodentyps lag der Gehalt an organischer Substanz auf sehr hohem Niveau, eine Anreicherung in der Oberkrume war nicht erkennbar. Insgesamt war der Boden mit Nährstoffen z.T. nur ausreichend versorgt.

Sowohl im Hafer 2008 als auch im Roggen 2009 entwickelte sich nur ein mäßiger Unkrautdruck. Die wüchsigen, gut versorgten Getreidebestände erreichten in beiden Jahren die mittleren Ertragserwartungen.

2.3.10. Betriebsbeispiel 9 (B9)

Betriebsbeschreibung

Warmer und trockener Standort mit lehmigen Böden. Gemischtbetrieb mit Druschfrucht- und Hackfruchtanbau sowie hohem Anteil an Feldfutterbau. Seit 24 Jahren nicht wendende Bodenbearbeitung mit verschiedenen Grubbern auf maximal 30 bis 35 cm. Erwartetes \emptyset -Ertragsniveau ca. 40 dt/ha Getreide.



➤ Standort (Nordrhein-Westfalen)

Höhe: 145 – 160 m ü. NN

Niederschlag: \emptyset 580 mm/a

Temperatur: \emptyset 9,6°C

Bemerkungen Klima: Niederschlagsverteilung bei Druschfrüchten und Futterbau (nicht bewässert) oft für den Ertrag der begrenzende Faktor

Bodenart: lehmige bis tonige Böden

Bodentypen: Parabraunerden aus Löß oder Lößlehm & Auenböden

Ackerzahl: \emptyset 60 (43 – 80)

Nährstoffe:	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	
	B - C	A - B	C - D	C - D	\emptyset Versorgungsstufe Betrieb

Gefälle: 80% eben, 20% leicht hängig

Bemerkungen Boden: durch tonige Böden & niedrige Niederschläge z.T. geringer Wasservorrat bei Vegetationsbeginn; heterogene Böden oft quer zu den Schlaggrenzen, Staunässe v.a. am Rand von Kiesköpfen (Tonschichten); Grundwasser bei ca. 12 m → Beregnung vom Gemüse möglich; Boden neigt zur Verdichtung, hohe Eisen- und Mangangehalte

Wichtige Wurzelunkräuter: Ampfer (nimmt zu)

Wichtige einjährige Unkräuter: Vogelmiere, Luzerne- & Knautgrasdurchwuchs

➤ Betriebsstruktur

Fläche: 109 ha Ackerland (+ 30 ha ab 2007), 14 ha Grünland

davon Pacht: 100% von gemeinnütziger Gesellschaft gepachtet,

Pachtniveau: \emptyset 400-500 €/ha (derzeit in der Region für Ackerland)

Schlaggröße: \emptyset 11 ha (4 - 13)

Schlagentfernung: arrondiert, max. 1 km

Betriebszweige: Ackerbau, Gemüsebau, Legehennen, Milchvieh mit Aufzucht, Milchverarbeitung (eigene Milch komplett), Schülerbereich (Saal, Küche & Unterkunft, ca. 40 Schüler 10 Wochen/Jahr), Hofladen (extra Gewerbe), selbständige Bäckerei (kooperierend)

Ökonomische Bedeutung Ackerbau: Ackerbau am rentabelsten (wenig AK, viel Leistung)

Anzahl Tiere: 55 Milchkühe + 45 Tiere Nachzucht, 25 Mastrinder, 450 Legehennen
(ca.100 GV: 0,9 GV/ha)

Arbeitskräfte: Ø 3-4 AK + 1 Azubi für Ackerbau, Feldgemüse, Futterwerbung,
Grünlandpflege & Maschinenwartung

➤ Betriebsgeschichte

Umstellungsjahr: 1984, Demeter

Vor Umstellung: reiner Ackerbau (Rüben, Weizen, Gerste)

➤ Pflanzenbau

Fruchtfolgen (angestrebt):

Fruchtfolge 1 ¹	Fruchtfolge 2 (schlechte Böden)
Luzernegras (v.a. Heu)	Kleegras
Luzernegras (v.a. Heu) z.T. ZF (Senf)	Kleegras
Luzernegras (v.a. Heu) / Gemüse ² / Kartoffeln / W.Getreide	Kleegras
Getreide US (Weidenutzung) / Kartoffeln (nach Getreide)	Kleegras
Kleegras (z.T. Weide)	W.Roggen
Kleegras (z.T. Weide) / Gemüse / Kartoffeln	Hafer / Gerste US (Kleegrasansaat)
W.Weizen	
W.Roggen US (Luzernegrasansaat)	

¹ Bei einzelnen Schlägen aufgrund der Bodeneigenschaften nur Teilbereiche für Hackfrüchte geeignet

² Feldgemüse (z.B. Möhren & Rote Beete) z.T. Feingemüse (z.B. Feldsalat, Kohl)

Anbauumfang: Ø Flächenanteile und Erträge

Frucht	Ø Erträge [dt/ha]	Ø Flächenanteil [%]
Luzerne- & Kleegras		53
W.Weizen	40-45	11
W.Roggen	30-35	14
Dinkel	30 ¹	4
Hafer & Gerste	35	5
Einkorn & Emmer	20 / 25	3
Kartoffeln	200 ²	2
Gemüse (Ertrag: Möhren)	(300-500)	6
Futterrüben	600-800	2

¹ im Spelz

² Verkaufsware

Düngung: Tiefstallmist, jeweils ca. 120 – 220 dt/ha Ausbringung im August, Rest
Mietenkompostierung mit biol. dynamischen Präparaten & 1-2% Algenkalk (1-2 t/Jahr)
und Abdeckung aus Stroh oder Heu; Mistkompost auf Klee- & Luzernegras und am

Ende der Fruchtfolge; im Stall Ausbringung von Effektiven Mikroorganismen (EM), u.a. zur Reduzierung des Ammoniakgehalts; Stroh wird komplett abgefahren

Saat: Getreide: aufgesattelte Drillmaschine (Scheibenschare); Gemüse & Kartoffeln: Pflanzmaschinen

Ernte & Aufbereitung: eigene Erntetechnik & Aufbereitung

➤ **Bodenbearbeitung**

Geschichte: Grundbodenbearbeitung bis 1985: Pflug auf 25 – 40 cm

Gegenwärtige Bodenbearbeitung:

Grundbodenbearbeitung: Kurzgrubber auf 30 – 35 cm (25 cm bei zu feuchten & kalten Bodenbedingungen) & Sichelmesserrotor auf 12 – 18 cm, Grubber auf 14 cm

Kleegrasumbruch: Grubber (2 x Meißelschare, 2 x Gänsefußschare; bis auf 14 cm); seit 2009 auch Dyna Drive (bei Trockenheit einziges Gerät das funktioniert)

Saatbettbereitung: Sichelmesserrotor

Mech. Pflege: Striegel bei Druschfrüchten; Hacke, Handhacke, Hackbürste, Abflammgerät, Häufelgerät und/oder Striegel bei Hackfrüchten

Beweggründe: Erhalt der Bodenschichten; bessere Wasserführung; bessere Belebung des Bodens

Entwicklung nach Umstellung der Bodenbearbeitung: Boden: locker, z.T. so locker, dass Walzen nach der Saat sinnvoll wäre (Walze an der Sämaschine ist jedoch zu schwer und eine extra Überfahrt nicht gewollt); Unkraut: durch Fehlbearbeitung ist der Ampferbesatz angestiegen; Erträge: anfangs geringer, inzwischen stabil

Probleme: der Umbruch von Luzerne- und Kleegras ist zu aufwendig und noch nicht optimal: Knautgras-Butten sterben nicht komplett ab → Durchwuchsprobleme; Kleegrasumbruch besonders bei Trockenheit sehr schwierig, da es kaum möglich ist in den Boden einzudringen, deshalb Anschaffung eines Dyna Drive → funktioniert auch bei Trockenheit

Bewertung: nach vielen Jahren Erfahrung sammeln, ist es jetzt möglich eine zufriedenstellende Bodenbearbeitung durchzuführen; besonders aufgrund des Trockenstandorts hat das Bodenbearbeitungssystem durch die bessere Wasserführung Vorteile (Verdaulichkeit, Speicherung)

Kommentar: mit der Kombination von Kurzgrubber, Sichelmesserrotor, Walze und Sä- bzw. Pflanzmaschine kann in einem Arbeitsgang Saatbettbereitung sowie Säen oder Pflanzen erfolgen, Voraussetzung dafür ist eine gute Stoppelbearbeitung; Nachteil ist das große Gewicht der Kombination; bei der Getreidesaat ist der Sichelmesserrotor nicht unbedingt notwendig

➤ **Maschinen**

Schlepper: Fendt, 140 PS; 2 x Fendt, 86 PS; Fendt Geräteträger, 80 PS; Fendt Geräteträger, 75 PS, MF Pflegeschlepper, 68 PS
(Druckschnellventil: Acker hinten 0,8 – 1 bar, vorn 0,5 – 0,8 bar)

- Ackerbau:** - Rabe Grubber, 3 m (4 Balken, 15 Schare), Gänsefußschare (30 cm) & Meißelschare (5 cm)
- Rabe Scheibenegge, 3 m
 - Weichel Kurzgrubber, 3 m, einbalkig, mit Rabe Sichelmesserrotor & Zahnpackerwalze (Kombination), Anbaumöglichkeit: Hohlscheiben-Häufel-Gerät
 - Rabe Drillmaschine, 3 m, mit Scheibenschare (auf Kombination aufgesattelt)
 - Accord Kartoffelpflanzgerät, 4 x 0,75 m (Anbau an Kurzgrubber-Kombination)
 - Gemüse-Pflanzmaschine, 5 x 0,60 m (Anbau an Kurzgrubber-Kombination)
 - Gespardo Einzelkornsämaschine (pneumatisch) 1,8 m
 - Hatzenbichler Striegel, 6 m, inkl. pneumatischer Unterraumeinrichtung
 - Bertschi Hackbürste, 1,8 m
 - Schmotzer Hacke, 1,8 & 3 m, schmale Gänsefußschare
 - Häufelgerät, 4 x 0,75 m, 3 Federzinken/Tal, Häufelkörper, Formbleche
 - Reinert Abflammgerät, 1,8 m (5 kleine Gasflaschen)
 - Cambridge-Walze, 3 m & Crosskill-Walze, 1,8 m
 - Simons Beetbereiter, 1,8 m (langsam laufende Fräse & gegenläufige Noppenwalze)
 - Weitere: Miststreuer (8 t, 6 m), Kartoffelroder (gezogen, 1-reihig), Asalift-Klemmbandroder (gezogen, 1-reihig), 2 x Scheibenmäherwerk (2,7 m), Wender (10,5 m), Schwader (4,5 m), Trommelschlauch-Beregnung, Heubelüftung

➤Produktionsverfahren

Die Produktionsverfahren werden jeweils den Boden- und Unkrautbedingungen angepasst. Die nachfolgend beschriebenen Verfahren sind deshalb als Beispiele zu sehen.

	Zeitraum	Gerät (Schlepper-PS & Geschwindigkeit)	Tiefe¹
Luzernegras oder Klee gras			
Normal Untersaat in Vorfrucht, sonst Blanksaat:			
Saat	A08	Kombination mit Drillmaschine (140 PS, 5 km/h), 35 kg Luzernegras / Klee gras + Getreide-Deckfrucht	25-35/ 12 cm
Schnitt	Herbst	Luzernegras z.T. Herbstschnitt: Front- & Heckmäherwerk (140 PS); Wender (86 PS); Schwader (86 PS); Ziel: Heu Klee gras: meist Beweidung	
Hauptnutzungsjahre			
Nutzung		2 – 4 Schnitte: Front- & Heckmäherwerk (140 PS); Wender (86 PS); Schwader (86 PS); Ziel: Heu / z.T. Beweidung & Nachmähen (86 PS)	
letztes Hauptnutzungsjahr			
Düngung	Winter – Frühjahr	12 – 22 t/ha Mistkompost (140 PS)	
Nutzung		2 – 3 Schnitte: Front- & Heckmäherwerk (140 PS); Wender (86 PS); Schwader (86 PS); Ziel: Heu / z.T. Beweidung & Nachmähen (86 PS)	

Zeitraum		Gerät (Schlepper-PS & Geschwindigkeit)	Tiefe ¹
vor Kartoffeln ab E08 – 09, vor Getreide & Gemüse ab E09 – 10			
Bodenb.		2 x Grubber m. Meißelscharen über Kreuz (140 PS, 12 km/h) min. 4 Tage Abstand	4-6 cm
Bodenb.	n. > 4 T.	2 x Grubber m. Gänsefußscharen oder Scheibenegge (140 PS, 12 km/h)	8-14 cm
vor Kartoffeln			
Saat	09	Zwischenfruchtsaat: Kombination mit Drillmaschine (140 PS, 5 km/h), Senf	25-35/ 12 cm
Bodenb.	Frühjahr	Scheibenegge (140 PS, 12 km/h)	8 cm
Bodenb.	n. > 4 T.	2 x Grubber m. Gänsefußscharen (140 PS, 12 km/h)	10-14 cm
vor Gemüse			
Bodenb.	Frühjahr	2 x Grubber m. Gänsefußscharen (140 PS, 12 km/h)	10-14 cm
Pflege	Frühjahr	Netzegge (gegen Grasdurchwuchs) (86 PS, 12 km/h)	
Bodenb.	n. > 4 T.	1-2 x Kombination (140 PS, 5 km/h), 1. Arbeitsgang flacher	25-35/ 12-18 cm
Bodenb.	n. > 4 T.	Beetbereiter (68 PS, 5 km/h)	10 cm
Kartoffeln (4 x 75 cm Dämme)			
Pflanzen	Frühjahr	Kombination mit Pflanzmaschine (140 PS, 5 km/h)	25 cm
Pflege	nach Bedarf	2 – 3 x Häufeln & Striegeln (86 PS)	
Ernte	09	Kartoffelroder (1-reihig) (86 PS)	
Bodenb.	direkt	Scheibenegge (140 PS, 12 km/h)	8 cm
Bodenb.	n. > 4 T.	2 x Grubber m. Gänsefußscharen (140 PS, 12 km/h)	10-14 cm
Möhren (4-reihig auf 1,8 m Beete)			
Saat	Frühjahr	Einzelkornsägerät (68 PS)	
Pflege	Vorauflauf	Abflammgerät (68 PS, 7 km/h)	
Pflege	nach Bedarf	2 – 4 x Hacke (75 PS, 5 km/h)	
Pflege	nach Bedarf	Hackbürste (75 PS, 4 km/h)	
Pflege	nach Bedarf	Jäten von Hand ∅ Stunden	
Ernte	E09 – A10	Klemmbandroder (1-reihig) (68 PS)	
Bodenb.	direkt	Scheibenegge (140 PS, 12 km/h)	8 cm
Bodenb.	n. > 4 T.	2 x Grubber m. Gänsefußscharen (140 PS, 12 km/h)	10-14 cm
Wintergetreide (Winterroggen ab E10 – 11, Winterweizen 10 – 01)			
Saat	E10 – 01	Kombination mit Drillmaschine (140 PS, 5 km/h)	25-35/ 12 cm
Pflege	Frühjahr	Striegel & Untersaat (86 PS), 25 kg Klee- / Luzernegras	
Ernte	E07 – A08	Mähdrescher, Stroh abfahren	
Düngung	direkt	12 – 22 t/ha Mistkompost (140 PS)	
Pflege	direkt	Walze (86 PS)	

Zeitraum	Gerät (Schlepper-PS & Geschwindigkeit)	Tiefe ¹
wenn keine Untersaat oder Untersaat nicht gelungen		
Bodenb.	2 x Grubber m. Meißelscharen (sehr trocken) oder Gänsefußscharen, über Kreuz (140 PS, 12 km/h)min. 4 Tage Abstand	max. 14 cm
Sommergetreide		
Saat	E02 – 01 Kombination mit Drillmaschine (140 PS, 5 km/h)	25-35/ 12 cm

weiter wie bei Wintergetreide

¹ Wenn zwei Angaben: 1. Schichtengrubber, 2. Sichelmesserrotor

Energie & Ökonomie

Modellrechnung⁹: Vergleich von einem Grubber-System (in Anlehnung an die oben genannten Betriebsleiterangaben) und einem theoretischen Pflug-System (30 cm Arbeitstiefe, bis auf Bodenbearbeitung dem Grubber-System möglichst ähnlich) in einer vereinfachten, für beide Systeme identischen Fruchtfolge. Datengrundlage: oben genannte Betriebsleiterangaben, Schätzwerte, KTBL- und andere Literaturangaben. Details zu Ergebnissen sowie zu den zugrunde liegenden Werten und Kosten sind in Anhang II und im CD-Anhang aufgeführt.

	Grubber	Pflug	Einsparung
Dieselvebrauch [l/ha pro Jahr]	61 (55) ²	60	-1 (5)
Arbeitszeitbedarf¹ [Akh/ha pro Jahr]	8,7	9,7	1,0
Arbeitserledigungskosten¹ [€/ha pro Jahr]	392 (385)	418	26 (33)

¹ unberücksichtigt: Transporte, Betriebsführung und allgem. Betriebsarbeiten

² in Klammern: Verwendung von Betriebschätzwerten für den Dieselbedarf

Bewertung: Für das Grubber-System wurde gegenüber dem Pflug-System keine Deseleinsparung berechnet. Der Arbeitszeitbedarf lag beim Grubber-System etwas niedriger. Die im Vergleich zu den anderen Betrieben unterdurchschnittliche Einsparung an Arbeitserledigungskosten wird zu einem Großteil durch die Unterschiede in den Kosten für Arbeitszeit und Maschinenunterhaltung verursacht.

Untersuchte Schläge

➤Fazit

Boden: durchgängig gute Bodenstruktur und intensive Durchwurzelung nur in der intensiv bearbeiteten Oberkrume; nach unten oft abnehmende Qualität der Bodenstruktur und Wurzeldichte; hoher Regenwurmbesatz; mittlere Gehalte an organischer Substanz und gute bis ausreichende Nährstoffversorgung – Phosphat gering; nach über 20 Jahren flacher Bearbeitung erhebliche Anreicherung v.a. von organischer Substanz, Kali und Magnesium in der Oberkrume.

⁹ Berechnet von K. Lange, D. Möller (Fachgebiet Betriebswirtschaft, FB Ökologische Agrarwissenschaften der Universität Kassel) und H. Schmidt (Stiftung Ökologie & Landbau)

Pflanze: im Untersuchungszeitraum gute Getreidebestände mit mäßigem Unkrautdruck und mittleren bis hohen Erträgen.

➤ Schlag 1

Vorgeschichte: wie Gesamtbetrieb

Hauptfrüchte & Bewirtschaftung (wenn vom beschriebenen Produktionsverfahren deutlich abweichend; in Klammern: geschätzter Ertrag in dt/ha):

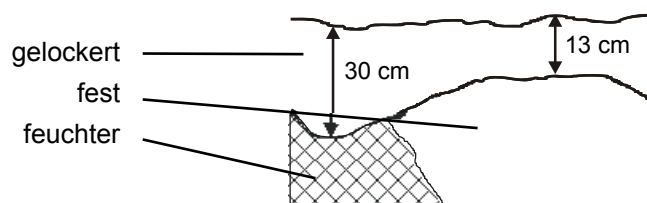
2000 Klee gras	2005 Luzernegras
2001 Kartoffeln	2006 Gemüse
2002 W.Weizen (47)	2007 W.Weizen (45)
2003 W.Roggen (23)	2008 W.Roggen Lager (32), Blanksaat Klee gras
2004 Luzernegras	2009 Klee gras

Bewirtschaftung 2007-2009 (Änderung zum Standard): Klee grasansaat 2008 erst Mitte September (Details in Anhang II)

Standort der Messpunkte: ebene Fläche, Parabraunerde (aus Löß); Bodenart sandig lehmiger Schluff (16% Ton, 63% Schluff, 21% Sand: Uls) über tonigerem Unterboden (19%); sehr schwach steinig / kiesig; 60-64 Bodenpunkte

Bodenbeurteilung (06.2008 W.Roggen; 05.2009 Klee gras; untere Bearbeitungsgrenze wellenförmig: siehe Beispiel):

Beispiel:



2008 in 0 – 13 cm: homogen braun, locker bröckelig-krümelig, viele Regenwurmgänge, gut durchwurzelt, altes Stroh in ganzer Schicht verteilt & gut verrottet, keine deutliche Bearbeitungsgrenze: **gute Struktur**

2009 in 0 – 8 cm: braun mit viel schwarzem organischem Material, dichter, krümelig bröckelig, sehr gut durchwurzelt: **gute Struktur**

13 – 25 cm: braun mit dunkleren Flecken (altes organisches Material), bröckelig, sehr porös, viele Wurmgänge, sehr gut durchwurzelt, bei 25 cm rauer Bruchhorizont (evtl. Bearbeitungsgrenze): **gute Struktur**

2009 in 8 – 30 cm: braun, dichtes Einzelkorngefüge, wenige Regenwurmgänge, mäßig durchwurzelt: **gute - mäßige Struktur**

ab 25 cm (bis 36 cm geprüft): braun, ab 35 cm heller, bröckelig, leicht in grobe Bröckel zu zerbrechen, viele Wurmgänge, keine abknickenden Wurzeln oder nicht durchwurzelte Bereiche: **gute Struktur**

Eindringwiderstand (12.2008 unter Luzernegras): nur schwach ausgeprägte verdichtete Bereiche zwischen 15 und 25 cm und bei ca. 30 cm (Details in Anhang II)

Bodenuntersuchung (unterschiedliche Grautöne: deutliche Differenzen zwischen Schichten):

Bodenphysik & -chemie (Poren, OS & Nt in %, P, K & Mg in mg/100g, Mikronährstoffe in mg/kg)

Tiefe	OS ¹	Nt ²	C/N	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	B	Cu	Mn	Zn
0-12	2,7	0,15	10,4	6,2 C ³	5 A	11 B	11 D	0,8 E	3,5 C	310 E	9,4 E
16-30	1,5	0,09	9,7	6,4 C	4 A	4 A	6 C	0,7 E	3,6 C	280 E	7,7 E
36-43	0,9	0,06	9,7	6,6 C	2 A	3 A	5 B	0,4 C	2,3 C	155 E	1,3 C

¹ OS: Organische Substanz; ² Nt: Gesamt-N, ³ Buchstaben: LUFA-Versorgungsstufen

Bodenbiologie: im Anhang II & III

Pflanzenentwicklung:

	2008 W.Roggen	2009 Luzernegras
Unkraut	11.04.: geringer Unkrautdruck (5-10% Deckungsgrad) 26.06.: mäßiger - hoher Unkrautdruck (30-50% Deckungsgrad) Rauhaarige Wicke (nesterweise) Ehrenpreis, Vogelmiere, Klettenlabkraut, Klatschmohn, Ackerfrauenmantel, Kamille, Ackervergissmeinnicht, Ampfer	20.05.: mäßiger Unkrautdruck (20% Deckungsgrad) Ackerfrauenmantel, Ehrenpreis, Vogelmiere, Ackervergissmeinnicht, Klettenlabkraut, Klatschmohn, Kamille (alle meist klein)
Bestand	Teigreife: meist liegender, dichter Bestand, gesund, dicke relativ kurze Ähren Ertrag 32 dt/ha (Betriebsschätzung)	nach 1. Mulchen: dünner Bestand mit ca. 50% Leguminosen, gesund

Zusammenfassung: Während die Bodenstruktur bei relativ hohem Gehalt an organischer Substanz (OS) in der häufig bearbeiteten Oberkrume positiv bewertet wurde, war der Boden in der Unterkrume bei niedrigeren OS-Gehalten und geringerer Bearbeitungshäufigkeit z.T. dicht gelagert. Die Durchwurzelung erreichte in der Oberkrume eine hohe Dichte und war auch in den unteren Bodenschichten meist ohne Störungen. Im gesamten untersuchten Profil wurde eine hohe Anzahl an Regenwürmern bzw. Gängen festgestellt. Eine scharfe Bearbeitungsgrenze war nicht erkennbar. Die Gehalte an organischer Substanz (OS) in der Oberkrume lagen auf mittlerem Niveau. Nach über 20 Jahren nicht wendender Bearbeitung zeigte sich sowohl bei der OS als auch bei den meisten der untersuchten Nährstoffe eine Anreicherung in der Oberkrume. Besonders ausgeprägt war dies bei OS, Kali und Magnesium. Insgesamt war der Boden mit Nährstoffen gut bis ausreichend versorgt, eine Ausnahme bildeten die niedrigen Phosphat-Werte.

Nach einer sehr guten Entwicklung des unkrautarmen Roggenbestandes in 2008 konnte aufgrund von Lagerbildung nur ein durchschnittlicher Ertrag geerntet werden. In einzelnen Nestern wurde der Bestand vor der Ernte von Rauhaariger Wicke und Klettenlabkraut überwachsen.

➤ Schlag 2

Vorgeschichte: wie Gesamtbetrieb

Hauptfrüchte & Bewirtschaftung (wenn vom beschriebenen Produktionsverfahren deutlich abweichend; in Klammern: geschätzter Ertrag in dt/ha):

2000 W.Roggen (25)	2005 W.Roggen (31)
2001 Luzernegras	2006 Luzernegras
2002 Luzernegras	2007 Luzernegras
2003 Luzernegras	2008 Rote Beete (350)
2004 W.Weizen (53)	2009 W.Weizen (59)

Bewirtschaftung 2007-2009 (Änderung zum Standard): zwischen Klee gras und Rote Beete ab Oktober 2007 5 x Grubber auf 8 bis 12 cm und 2 x Kombination auf 25 bis 30 cm (Sichelrotor 12 – 15 cm) (Details in Anhang II)

Standort der Messpunkte: ebene Fläche, Parabraunerde (aus Löß); Bodenart sandig lehmiger Schluff (16% Ton, 65% Schluff, 19% Sand: Uls); schwach steinig / kiesig; 60-65 Bodenpunkte

Bodenbeurteilung (06.2008 Rote Beete; 05.2009 W.Weizen):

2008 in 0 – 14 cm: homogen braun, locker krümelig-bröckelig, geringe Stabilität, gut durchwurzelt: **gute Struktur**

2009 in 0 – 13 cm: homogen braun, fest, bröckelig-krümelig, viele Regenwürmer, gut durchwurzelt: **gute Struktur**

2008 in 14 – 22 cm: homogen braun, dicht, grob bröckelig, leicht zerbrechend, viele Wurmgänge, Pflanzen zu jung für tiefe Wurzeln: **gute – mäßige Struktur**

2009 in 13 – 35 cm (Grabtiefe): braun, nach unten leicht marmoriert, kompaktes Einzelkorngefüge plattig bis leicht zerbrechend, viele Regenwurmgänge, mäßig durchwurzelt: **mäßige Struktur**

2008 ab 22 cm (bis 45 cm geprüft): braun, nach unten kaum merklich heller werdend, dicht, horizontal plattig brechend, viele Wurmgänge, noch kaum Wurzeln: **mäßige Struktur**

Bodenuntersuchung (unterschiedliche Grautöne: deutliche Differenzen zwischen Schichten):

Bodenphysik & -chemie (Poren, OS & Nt in %, P, K & Mg in mg/100g, Mikronährstoffe in mg/kg)											
Tiefe	OS ¹	Nt ²	C/N	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	B	Cu	Mn	Zn
0-13	2,8	0,16	10,2	6,0 B ³	6 B	18 C	10 C	0,6 E	3,3 C	243 E	9,3 E
16-30	1,6	0,10	9,8	5,8 B	4 A	3 A	8 C	0,5 E	3,6 C	214 E	6,4 E
35-43	1,0	0,06	10,1	6,0 B	2 A	3 A	7 C	0,5 E	2,7 C	170 E	3,0 E

¹ OS: Organische Substanz; ² Nt: Gesamt-N; ³ Buchstaben: LUFA-Versorgungsstufen

Bodenbiologie: im Anhang II & III

Pflanzenentwicklung:

	2008 Rote Beete	2009 W.Weizen
Unkraut	26.06.: geringer Unkrautdruck (< 5% Deckungsgrad) (1 x Hackbürste vor Bonitur) Ampfer (Altpflanzen & Sämlinge), Distel, Weißer Gänsefuß, Vogelmiere, Kamille	20.05.: mäßiger Unkrautdruck (20-50% Deckungsgrad) Ampfer (flächendeckend), Distel (Bereiche), Kamille, Hirtentäschel, Ackerstiefmütterchen, Ackerfrauenmantel, Ehrenpreis, Flohknöterich, Vogelmiere, Gänsedistel, Windenknöterich
Bestand	6-Blattstadium: lückiger Bestand (Säfehler), verschlammte Oberfläche Ertrag 350 dt/ha (Betriebsschätzung)	Fahnenblatt geschoben: dunkelgrüner Bestand mit helleren, niedrigeren Bereichen 238 Ähren/m ² Ertrag 59 dt/ha (Betriebsschätzung)

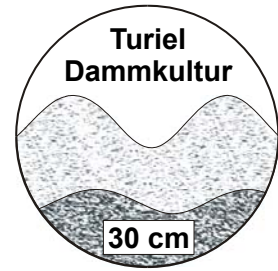
Zusammenfassung: Während die Bodenstruktur in Ober- und Unterkrume nach intensiver, tiefer Lockerung vor Gemüseanbau als positiv bewertet wurde, war der Boden in der Unterkrume unter Winterweizen erheblich dichter gelagert als in der oberen Bodenschicht. Auch die Durchwurzelung nahm unter Weizen von Ober- zu Unterkrume deutlich ab. Im gesamten untersuchten Profil wurde eine hohe Anzahl an Regenwürmern bzw. Gängen festgestellt. Eine scharfe Bearbeitungsgrenze war nicht erkennbar. Die Gehalte an organischer Substanz (OS) in der Oberkrume lagen auf mittlerem Niveau. Nach über 20 Jahren nicht wendender Bearbeitung zeigte sich sowohl bei der OS als auch bei den meisten der untersuchten Nährstoffe eine Anreicherung in der Oberkrume. Besonders ausgeprägt war dies bei OS, Kali und Magnesium. Insgesamt war der Boden mit Nährstoffen gut bis ausreichend versorgt, eine Ausnahme bildeten die niedrigen Phosphat-Werte.

Bei intensiver Pflege entwickelte sich im Rote Beete-Bestand nur eine geringe Unkrautdichte. Auch der nachfolgende Weizen wies nur eine mäßige Verunkrautung auf. Allerdings war die Ampferdichte flächendeckend relativ hoch. Der Weizenertrag lag deutlich über dem erwarteten Mittel.

2.3.11. Betriebsbeispiel 10 (B10)

Betriebsbeschreibung

Kühler und trockener Standort mit Schwarzerdeböden. Viehloser Betrieb mit Druschfrucht- und Kartoffelanbau sowie geringem Kleeanteil. Marktfruchtanbau seit 8 Jahren auf 90- oder 45-cm-Dämmen mit einer maximalen Boden-Eingriffstiefe von 30 bis 35 cm. Erwartetes \emptyset -Ertragsniveau ca. 45 dt/ha Getreide.



➤ Standort (Thüringen)

Höhe: ca. 280 - 300 m ü. NN

Niederschlag: \emptyset 519 mm/a

Temperatur: \emptyset 7,8°C

Bemerkungen Klima: Niederschlagsverteilung oft wesentlicher Faktor der Ertragsbildung

Bodenart: Lehm bis toniger Schluff

Bodentypen: Schwarzerden

Ackerzahl: \emptyset 80 (30 - 90)

Nährstoffe:	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	
	6-7	A-B (z.T. E)	B	D	\emptyset Versorgungsstufe Betrieb

Gefälle: meist eben, etwas leicht hängig oder kupiert

Bemerkungen Boden: Anfällig für Verschlammung

Wichtige Wurzelunkräuter: Ackerkratzdistel, Wasserknöterich, etwas Quecke

Wichtige einjährige Unkräuter: Windenknöterich, Kamille, Flughafener, Hederich, Amaranth, Hirse, Klatschmohn (nimmt zu)

➤ Betriebsstruktur

Fläche: 600 ha Ackerland

davon Pacht: 540 ha, Pachtniveau: \emptyset 300 €/ha

Schlaggröße: \emptyset 15 - 20 ha (0,8 - 63)

Schlagentfernung: 400 ha arrondiert; 90 ha 7 km, 100 ha 17 km

Betriebszweige: Ackerbau; bis 2005 Milchkühe

Ökonomische Bedeutung Ackerbau: 100%

Anzahl Tiere: bis 2005 80 Kühe

Arbeitskräfte: \emptyset 4 feste AK, 1 Auszubildender, 1 Praktikant (Sommer), 2-3 Aushilfs-AK (Kartoffeln)

➤ Betriebsgeschichte

Umstellungsjahr: 1991 - 2007 (beginnend mit 100 ha; seit dem Umschichtung von Flächen vom konventionellen zum ökologischen Betrieb), seit 2001 Gäa

Vor Umstellung: Ackerbau (Raps, Getreide, z.T. Zuckerrüben)

➤ Pflanzenbau

Fruchtfolge: Variabel gehandhabte Zielfruchtfolgen (Beispiele: Fruchtfolge 1: mit Hackfrüchten; Fruchtfolge 2: ohne Hackfrüchte – weite Entfernung, schlechtere Böden)

Fruchtfolge 1 (ca. 360 ha)	Fruchtfolge 2 (ca. 220 ha)
Ackerbohnen (50%) / S.Gerste (50%) ZF ¹ Erbse	Rotklee (Futterverkauf)
Kartoffeln (72%) / Kresse (28%)	W.Weizen
W.Weizen US Weißklee	Dinkel ZF ¹ Senf
Dinkel (50%) / S.Gerste (50%)	S.Gerste US Rotklee

¹ wenn möglich Zwischenfrucht (sporadisch, ab 2007 intensiv)

Anbauumfang: Flächenanteile (2007-2009) und durchschnittliche Erträge

Frucht	Ø Erträge [dt/ha]	Flächenanteil [%]	
		Fruchtf. 1	Fruchtf. 2
Rotklee	100 (TM)		25
Ackerbohnen	25	13	
W.Weizen	50	25	25
Dinkel	35-40 ¹	12	25
Hafer	35-40		
S.Gerste	35-40	25	25
Kartoffeln	190 ²	18	
Kresse		7	
ZF	-	110	

¹ im Spelz

² Verkaufsware

Düngung: ca. 1 l/ha Akra-Stroh (Gesteinsmehl) auf Stroh, 3 kg Netzschwefel zur Strohhrotte (auch Wirkung gegen Mäuse beobachtet), 400 kg/ha Patentkali zu Kartoffeln, 0,5 l/ha Akra-N-Bakterien (Gesteinsmehl & Azotobakter) und Effektive Mikroorganismen

Saat: Wintergetreide & Ackerbohnen: 5 cm Saatband auf 45 cm Dämme: Kettenwalzen im Frontanbau (10 cm breite Walzen auf Saatbereich zur Rückverdichtung des Saatbetts), Dammkulturgerät mit Sämaschine, Lockerungszinken (zwischen den Saatreihen, Damm aufwerfen) und Andruckrolle (Saatband); Sommergetreide: Flachsaa, 12,5 cm Reihenabstand; Kartoffeln: 90 cm Dämme (vierreihig)

Ernte & Aufbereitung: Kartoffeln und Körnerfrüchte alles eigen (Ernte, Lagerung & Aufbereitung)

➤ Bodenbearbeitung

Geschichte: Grundbodenbearbeitung bis 2001 Pflug auf ca. 25 cm; seit 2001 auf einzelnen Flächen mit Dammkultur begonnen

Gegenwärtige Bodenbearbeitung:

Stoppelbearbeitung: Grubber (Gänsefuß- o. Flügelschare) auf 5 cm Tiefe

Grundbodenbearbeitung: Aufhäufeln & Umhäufeln mit Dammkulturgerät auf 30 bis 35 cm Tiefe; Aufhäufeln: Häufelschare & -körper (Rundstahl-Häufelkörper), Kettenschleppe; Umhäufeln: Kettenwalze, schmale Flügelschare, Häufelkörper & Kettenschleppe (Führung durch Kettenwalze)

Kleegrasumbruch: mehrmaliges Grubbern auf 5 bis 14 cm Tiefe

Saatbettbereitung: Einebnen mit Grubber o. Federzinkengrubber, Kreiselegge bei Flachsart

Mech. Pflege: Dammkulturgerät, Hacke, Striegel, Dammfräse

Beweggründe: hoher Disteldruck und schlechte Bodenstruktur auf einigen Flächen (Vorbewirtschaftung: langjähriger Gemüsebau mit Beregnung → Verdichtungen); Staunässe

Entwicklung nach Umstellung der Bodenbearbeitung: sehr hohen Distelbesatz auf einem Schlag durch 5 Arbeitsgänge mit dem Dammkulturgerät auf 40-45 cm Tiefe deutlich reduziert (Rhizome stören); insgesamt: deutliche Reduzierung von Wurzelunkräutern (Distel, Quecke); deutliche Verbesserung der Bodenstruktur.

Bewertung / Probleme: z.T. Unkrautprobleme (Hundskamille in Kartoffeln, Windenknöterich, Wasserknöterich, Flughafer, Distel).

➤ Maschinen

Schlepper: John Deere: 270 PS, 200 PS, 180 PS & 120 PS; Unimog 90 PS (nur zum Spritzen); Luftdruck: Acker 0,8 bar, Straße 1,2 bar

Ackerbau:

- 3 x Turiel Dammkulturgerät, 5,4 m (6 x 90 cm o. 12 x 45 cm)
- Werkzeuge: Federzinken, Gänsefußschare, Häufelschare, Häufelkörper (Stäbe), Lockerungszinken, schmales Flügelschar, Kettenschleppe, Kettenwalze,
- Dammstriegel, Sämaschine mit Bandsäscharen 12 x 5-cm-Band
- Kongskilde Grubber, 5,4 m, Gänsefuß- oder Flügelschare & Hohlscheiben & Cutterwalze
- Köckerling Grubber (Allrounder), 6 m, Gänsefußschare o. Zinken, Ringwalze
- Federzinkengrubber, 5,4 m, mit Stabwalze
- KVIK Flügelschargrubber & zapfwellengetriebene rotierende Zinkenwalze (Spezialgerät zur Wurzelunkrautbekämpfung)
- Lemken Zirkon10A Kreiselegge & Solitär9 Sämaschine (Doppelscheiben), 6 m
- 2 x Rübenhacke, 5,4 m, Gänsefußschare
- 2 x Striegel, 12 & 18 m
- Kartoffelpflanzmaschine, 3,6 m (4 x 0,9 m)
- Dammfräse, 3,6 m (4 x 0,9 m)
- Camebridgewalze, 9,5 m

- Weitere: Krautschlägler (4 x 0,9 m); Feldspritze (24 m); Düngerstreuer
- 2 x Mulcher (3 m & 5,5 m), Mähdrescher (7, 6 m);
- Kartoffelroder (2-reihig, gezogen)

➤Produktionsverfahren

Die Produktionsverfahren werden auf dem Betrieb jeweils den Boden- und Unkrautbedingungen angepasst. Die nachfolgend beschriebenen Verfahren sind deshalb als Beispiele zu sehen.

	Zeitraum	Gerät (Schlepper-PS & Geschwindigkeit)	Tiefe¹
Ackerbohnen (12 x 45 cm Dämme)			
Bodenb.	8 T. v. Saat	Abschleppen: Federzinkengrubber (180 PS, 12 km/h)	5-6 cm
Saat	A 03	Kettenwalze (front); Dammkulturgerät m. Säschar, Lockerungszinken & Druckrollen; 5 cm Band auf 45 cm Damm (270 PS, 10-12 km/h)	10 cm
Pflege	Frühjahr	Striegel (125 PS)	
Pflege	Frühjahr	Hacke (125 PS, 10-14 km/h)	
Pflege	Frühjahr	1-3 x Feldspritze (125 PS), eigene Ölmischung gegen Läuse	
Ernte	E 08-A 09	Mähdrescher	
Bodenb.	direkt	Schälen: Grubber (180 PS, 9-12 km/h)	3-4 cm
Bodenb.	n 8-14 T.	Aufhäufeln: Dammkulturgerät m. Häufelschar & -körper; Kettenschleppe (270 PS, 7-8 km/h), 90 cm Dämme	30-35 cm
Bodenb.	n. 14-21 T.	Umhäufeln: Dammkulturgerät m. Kettenwalze (Führung), schmales Flügelschar, Häufelkörper & Kettenschleppe (180 PS, 10-11 km/h)	30-35 cm
Wintergetreide (12 x 45 cm Dämme)			
Saat	A 10	Kettenwalze (front); Dammkulturgerät m. Säschar, Lockerungszinken & Druckrollen; 5 cm Band auf 45 cm Damm, 100-140 kg/ha (270 PS, 10-12 km/h)	5-6 cm
Pflege	direkt	bei starker Trockenheit Walze (125 PS)	
Pflege	Herbst	Blindstriegeln (125 PS)	
Pflege	Herbst	evtl. 1 x Feldspritze (125 PS), je 2-3 kg/ha Netzschwefel	
Pflege	Frühjahr	Striegel (125 PS)	
Pflege	Frühjahr-Sommer	2 x Feldspritze (125 PS), je 2-3 kg/ha Netzschwefel	
Pflege	Frühjahr	1-2 x Hacke & Striegel (125 PS, 10-14 km/h)	
Ernte	07	Mähdrescher, Stroh häckseln	
Pflege	direkt	1 x Feldspritze (125 PS), je 1 l/ha Akra-Stroh	
weiter wie nach Ackerbohnen			

	Zeitraum	Gerät (Schlepper-PS & Geschwindigkeit)	Tiefe¹
Kartoffeln (4 x 90 cm Dämme)			
Bodenb.	Frühjahr	Dammkulturg. m. Kettenwalze, Federzinken (3 zw. Dämmen), Striegel & Feldspritze (Front) mit Effektiven Mikroorganismen (125 PS, 12 km/h)	10 cm
Pflanzen	E 04-A 05	Pflanzmaschine (180 PS)	
Pflege	Frühjahr	2-3 x Aufhäufeln & Abschleppen: Dammkulturg. m. Doppelherzschar, Lockerungszinken & Striegel (125 PS, 10-11 km/h)	variiert
Pflege	Frühjahr	Dammfräse + Lockerungszinken (125 PS)	
Pflege	Frühjahr	nach Bedarf 1-3 x Feldspritze (125 PS), eigene Ölmischung gegen Läuse & Novodur / Neemazal gegen Kartoffelkäfer	
Ernte	ab M 09	2-reihiger Vollernter	
Bodenb.	direkt	Grubber (180 PS, 9-12 km/h)	5 cm
Bodenb.	n. 10 T.	Grubber (180 PS, 9-12 km/h)	15 cm
Sommergetreide (Flachsseed)			
Bodenb.	8 T. v. Saat	Abschleppen: Federzinkengrubber (180 PS, 12 km/h)	5-6 cm
Saat	A 10	Kreiselegge & Sämaschine (270 PS, 12 km/h), 160 kg/ha S.Gerste, 200 kg/ha S.Weizen	8 cm
Pflege	direkt	z.T. Walze (125 PS)	
Pflege	Frühjahr	z.T. Blindstriegeln (125 PS)	
Pflege	Frühjahr-Sommer	1 x Feldspritze (125 PS), je 2-3 kg/ha Netzschwefel	
Ernte	07	Mähdrescher, Stroh häckseln	
Pflege	direkt	1 x Feldspritze (125 PS), je 1 l/ha Akra-Stroh	
wenn Zwischenfrucht			
Bodenb.	direkt	Grubber (200 PS, 9-12 km/h)	10 cm
Saat	direkt	Kreiselegge & Sämaschine (270 PS, 12 km/h), 280 kg/ha Erbsen	
Pflege	Herbst	Mulcher (5,5 m, 180 PS)	
Bodenb.	Herbst	Grubber (200 PS, 9-12 km/h)	10 cm
wenn keine Zwischenfrucht (hoher Unkrautdruck)			
Bodenb.	direkt	Schälen: Grubber (180 PS, 9-12 km/h)	4-5 cm
Bodenb.	n ca. 10 T.	Aufhäufeln: Dammkulturg. Häufelschar & -körper; Kettenschleppe (270 PS, 7-8 km/h), 90 cm Dämme	30-35 cm
Bodenb.	n. ca. 10 T.	Umhäufeln: Dammkulturgerät m. Kettenwalze (Führung), schmales Flügelschar, Häufelkörper & Kettenschleppe (180 PS, 10-11 km/h)	30-35 cm
Bodenb.	n. ca. 10 T.	je nach Unkrautdruck 1-3 x Nachhäufeln: Dammkulturgerät m. Lockerungszinken & Striegel (150 PS, 10-11 km/h)	5 cm

¹ Bearbeitungstiefe bei Dämmen: ∅ Eingriffstiefe (z.B. Nachhäufeln)

Energie & Ökonomie

Modellrechnung¹⁰: Vergleich von einem Dammkultursystem (in Anlehnung an die oben genannten Betriebsleiterangaben) und einem theoretischen Pflug-System (25 cm Arbeitstiefe, bis auf Bodenbearbeitung dem Dammkultursystem möglichst ähnlich) in einer vereinfachten, für beide Systeme identischen Fruchtfolge. Datengrundlage: oben genannte Betriebsleiterangaben, eigene Zugkraftbedarfsmessungen, Schätzwerte, KTBL- und andere Literaturangaben. Details zu Ergebnissen sowie zu den zugrunde liegenden Werten und Kosten sind im Anhang II und im CD-Anhang aufgeführt.

	Dammkultur	Pflug	Einsparung
Dieselvebrauch [l/ha pro Jahr]	82 (78) ²	95	13 (17)
Arbeitszeitbedarf ¹ [Akh/ha pro Jahr]	3,6 (3,1)	3,9	0,3 (0,8)
Arbeiterledigungskosten ¹ [€/ha pro Jahr]	443 (433)	469	26 (36)

¹ unberücksichtigt: Umrüstzeiten für das Dammkulturgerät, Transporte, Betriebsführung und allgem. Betriebsarbeiten

² in Klammern: Verwendung von Betriebsschätzwerten für Diesel- & Zeitbedarf

Bewertung: Im Vergleich zu den anderen Betrieben wurde hier ein mittleres Diesel und ein geringes Arbeitszeit-Einsparpotential berechnet. Die Differenz in den Arbeiterledigungskosten ist vor allem auf den unterschiedlichen Treibstoffbedarf zurückzuführen.

Untersuchte Schläge

➤Fazit

Boden: bei ausreichender Bodenfeuchte gute Bodenstruktur, in Trockenphasen sehr hart; Unterkrume erheblich fester; geringer Regenwurmbesatz; mittlere Gehalte an organischer Substanz und gute bis ausreichende Versorgung mit verfügbaren Nährstoffen; aufgrund des bisher relativ kurzen Zeitraums der nicht wendenden Bearbeitung nur geringe Anreicherung von organischer Substanz und einzelner Nährstoffen in der Oberkrume.

Pflanze: im Untersuchungszeitraum mäßiger Unkrautdruck mit hohem Ackerkratzdistelanteil; durchschnittliche Erträge.

¹⁰ Berechnet von K. Lange, D. Möller (Fachgebiet Betriebswirtschaft, FB Ökologische Agrarwissenschaften der Universität Kassel) und H. Schmidt (Stiftung Ökologie & Landbau)

➤ Schlag 1

Vorgeschichte: von 1991 bis 2001 Pferde-Grünland; seit 2001 Dammkultur; 2002 von anderem Ökobetrieb übernommen

Hauptfrüchte & Bewirtschaftung (wenn vom beschriebenen Produktionsverfahren deutlich abweichend; in Klammern: geschätzter Ertrag in dt/ha):

2002 W.Weizen	Flachsaa, (42)	2006 W.Weizen	(50)
2003 Dinkel	Flachsaa. (33)	2007 A.Bohne	(25), ZF Erbse
2004 Rotklee	Flachsaa, Futter	2008 Hafer	(40) Pflug
2005 Rotklee	Saatgut, (10), Umbruch Grubber	2009 W.Weizen	(40)

Bewirtschaftung 2007-2009 (Änderung zum Standard): Hafer im Februar 2008 gesät, nach der Ernte 1 x Grubber & 1 x Dammkulturgerät, Pflug (28 cm) im November (Details in Anhang II)

Standort der Messpunkte: ebene Schwarzerde (aus Löß bzw. tonig-schluffigen Flussablagerungen); Bodenart stark schluffiger Ton (29% Ton, 68% Schluff, 3% Sand: Tu4); keine Steine; 80 - 90 Bodenpunkte

Bodenbeurteilung (07.2008 Hafer, 45 cm breite Dämme, flach - max. 6 cm hoch; 07.2009 W.Weizen, 45 cm breite Dämme, flach - kaum zu erkennen):

2008 in 0 – 5 cm (frisch bearbeitet): braun-schwarz; locker bröckelig-krümelig, gut durchwurzelt: **gute Struktur**

2008 in 5 – 30 cm: braun-schwarz; sehr trocken, steinhart, keine Gefügebeurteilung möglich, mäßig durchwurzelt, oft platte Wurzeln in Klüften

2009 in 0 – 35 cm (bearbeitet): braun-schwarz; krümelig-bröckelig, ab 25 cm stärker bröckelig, gut durchwurzelt, wenige große Wurmgänge: **gute Struktur**

2009 ab 35 cm (unbearbeitet, bis 50 cm geprüft): braun-schwarz mit dunklem Ocker marmoriert nach unten heller, dicht plattig-bröckelig nach unten poröser, mäßig durchwurzelt, wenige große Wurmgänge: **mäßige Struktur**

Eindringwiderstand (03.2008 unter W.Weizen): schwach ausgeprägter Verdichtungshorizont zwischen 28 und 40 cm Tiefe (Details CD Verz. 1-B10)

Bodenuntersuchung (unterschiedliche Grautöne: deutliche Differenzen zwischen Schichten):

Bodenphysik & -chemie (Poren, OS & Nt in %, P, K & Mg in mg/100g, Mikronährstoffe in mg/kg)

Tiefe	Poren ¹	OS ²	Nt ³	C/N	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	B	Cu	Mn	Zn
D0-15 ⁵	48	4,1	0,20	11,8	7,1 D ⁴	6 B	15 C	18 E	1,1 E	6,1 E	341 E	4,4 E
D15-30	40	3,9	0,19	12,1	7,1 D	6 B	8 B	16 E	1,0 E	5,9 E	322 E	4,2 E
D35-52	47	3,6	0,15	13,1	6,9 D	2 A	5 B	17 E	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.

¹ 07.2008; ² OS: Organische Substanz; ³ Nt: Gesamt-N; ⁴ Buchstaben: LUFA-Versorgungsstufen;

⁵ Werte mit Sohle 0-15 cm identisch

Bodenbiologie: im Anhang II & III

Pflanzenentwicklung:

	2008 Hafer	2009 W.Weizen
Unkraut	09.07.: mäßiger Unkrautdruck, v.a. Disteln (30-50% Deckungsgrad) Ackerkratzdistel, Weißer Gänsefuß, Kamille, wenig & klein: Klettenlabkraut & Windenknöterich ca. 30% des Schlags dichte Distelnester	09.07.: mäßiger Unkrautdruck (30% Deckungsgrad) Ackerkratzdistel (viele Einzelpflanzen & dichtere Nester), Kamille, Ackerhellerkraut, Klettenlabkraut, Windenknöterich
Bestand	Abreife: mittlerer Bestand mit niedrigeren Nestern, gesund 182 Rispen/m ² Ertrag: 45 dt/ha (Betriebsschätzung)	Abreife: homogener Bestand mit gut entwickelten Ähren, gesund 239 Ähren/m ² Ertrag 40 dt/ha (Betriebsschätzung)

Zusammenfassung: Die gesamte Krume wies meist eine günstige Bodenstruktur auf, bei Trockenheit war der Boden jedoch sehr hart und monolithisch. Auch die Durchwurzelung hing von der Bodenfeuchtigkeit ab, längere Trockenphasen hatten erhebliche negative Effekte auf die Wurzeldichte. Im gesamten untersuchten Profil wurden relativ wenige Regenwürmer bzw. Gänge gefunden. Die Gehalte an organischer Substanz (OS) in der Krume lagen für Bodenart und Standort auf mittlerem Niveau. Nach bisher 8 Jahren flacher Bearbeitung zeigte sich nur bei Kali eine Anreicherung in der Oberkrume. Insgesamt war der Boden mit Nährstoffen gut, bei Phosphat nur ausreichend versorgt.

Der Unkrautdeckungsgrad war an den Messpunkten insgesamt nur mäßig, dabei war jedoch die Ackerkratzdistel die dominante Art. Die Erträge erreichten trotz z.T. ausgeprägter Frühsommertrockenheit die mittleren Erwartungen.

➤ Schlag 2

Vorgeschichte: seit 2001 Dammkultur, anfangs als Sanierungsmaßnahme auf 45 cm

Hauptfrüchte & Bewirtschaftung (wenn vom beschriebenen Produktionsverfahren deutlich abweichend; in Klammern: geschätzter Ertrag in dt/ha):

2002 W.Weizen (40)	2006 W.Weizen (48)
2003 Hafer (42)	2007 S.Gerste (36), ZF Erbse
2004 Öllein wie Sommergetreide (12)	2008 Kartoffeln (300)
2005 A.Bohne Saatgut, (30)	2009 W.Weizen (49)

Bewirtschaftung 2007-2009 (Änderung zum Standard): nach Kartoffeln 2008 nur 1 x Scheibenegge vor Aussaat des Weizens mit Dammkulturgerät (Details in Anhang II)

Standort der Messpunkte: ebene Schwarzerde (aus Löß bzw. tonig-schluffigen Flussablagerungen); Bodenart stark schluffiger Ton (30% Ton, 67% Schluff, 3% Sand: Tu4); keine Steine; 80 - 90 Bodenpunkte

Bodenbeurteilung (07.2008 Kartoffeln, 90 cm breite Dämme, ca. 21 cm hoch; 07.2009 W.Weizen, 45 cm breite Dämme, flach - kaum zu erkennen):

2008 Damm 0 – 21 cm (bearbeitet): braun-schwarz; locker, krümelig-bröckelig, sehr gut durchwurzelt: **gute Struktur**

2009 Damm 0 – 30 cm (bearbeitet): braun-schwarz; krümelig-bröckelig, ab 15 cm fester & stärker bröckelig; gut durchwurzelt: **gute Struktur**

2008 Damm ab 21 cm (unbearbeitet, bis 40 cm geprüft): braun-schwarz mit schlecht zersetztem Stroh (bis 26); sehr fest, bröckelig-plattig; wenige Regenwurmgänge; mäßig bis schlecht durchwurzelt, Wurzeln oft in Klüften: **mäßige bis schlechte Struktur**

2009 ab 30 cm (unbearbeitet, bis 50 cm geprüft): braun-schwarz ab 35 cm mit dunklem Ocker marmoriert nach unten heller, bis 35cm dicht & bröckelig nach unten poröser, gut bis mäßig durchwurzelt; wenige große Wurmgänge: **mäßige Struktur**

Eindringwiderstand (03.2008 unter W.Weizen): kein ausgeprägter Verdichtungshorizont; insgesamt zwischen 15 und 45 cm Tiefe relativ hoher Eindringwiderstand (Details in Anhang II)

Bodenuntersuchung (unterschiedliche Grautöne: deutliche Differenzen zwischen Schichten):

Bodenphysik & -chemie (Poren, OS & Nt in %, P, K & Mg in mg/100g, Mikronährstoffe in mg/kg)

Tiefe	Poren ¹	OS ²	Nt ³	C/N	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	B	Cu	Mn	Zn
0-30	locker	3,0	0,16	10,9	6,4 C ⁴	14 C	34 C	14 B	0,65 E	4,3 C	197 E	3,8 E
D30-38	41	2,8	0,14	12,1	6,2 B	11 C	16 B	15 B	0,51 E	3,6 C	105 E	2,9 E
D38-43	49	1,4	0,08	10,5	6,5 C	2 C	9 B	18 B	0,36 C	1,2 C	63 E	0,6 E

¹ 07.2008; ² OS: Organische Substanz; ³ Nt: Gesamt-N; ⁴ Buchstaben: LUFA-Versorgungsstufen

Bodenbiologie: im Anhang II & III

Pflanzenentwicklung:

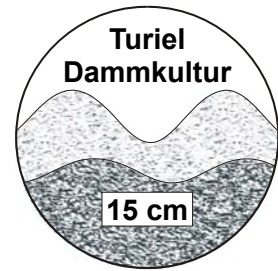
	2008 Kartoffeln	2009 W.Weizen
Unkraut	09.07.: mäßiger bis starker Unkrautdruck (50-80% Deckungsgrad) v.a. auf Sohle Floh-/Wasserknöterich, Auflauf-Raps, Weißer Gänsefuß, Ackerhellerkraut, Ackerkratzdistel, Kamille	09.07.: mäßiger Unkrautdruck (30% Deckungsgrad) Kamille, Ackerkratzdistel (Einzelpflanzen & dichtere Nester), Ackerhellerkraut, Klettenlabkraut, Windenknöterich
Bestand	Knollenbildung: dunkelgrüner, homogener Bestand mit einzelnen Häufelfehlern, wenige Kartoffelkäfer-Nester, sonst gesund Ertrag: 300 dt/ha (Betriebsschätzung)	Abreife: homogener Bestand mit mäßig entwickelten Ähren, gesund 236 Ähren/m ² Ertrag 49 dt/ha (Betriebsschätzung)

Zusammenfassung: Die gesamte Krume wies meist eine günstige Bodenstruktur und eine hohe Durchwurzelung auf. Im gesamten untersuchten Profil wurden relativ wenige Regenwürmer bzw. Gänge gefunden. Die Gehalte an organischer Substanz (OS) in der Krume lagen für Bodenart und Standort auf eher niedrigem Niveau. Nach bisher 8 Jahren flacher Bearbeitung zeigte sich bei der OS eine leichte und bei Kali eine deutliche Anreicherung in der Oberkrume. Insgesamt war der Boden mit Nährstoffen gut versorgt. Der Unkrautdeckungsgrad war an den Messpunkten in beiden Jahren nur mäßig. Am stärksten vertreten waren dabei Kamille, Ackerkratzdistel und Knötericharten. Die Erträge erreichten oder übertrafen die mittleren Erwartungen.

2.3.12. Betriebsbeispiel 11 (B11)

Betriebsbeschreibung

Warmer und feuchter Standort mit leichten, lehmigen Böden. Gemischtbetrieb mit Druschfruchtanbau, einem hohen Hackfruchtanteil sowie Feldfutterbau. Grundbodenbearbeitung seit 5 Jahren mit einem Dammkulturgerät auf maximal 15 bis 25 cm Tiefe. Erwartetes Ø-Ertragsniveau ca. 45 dt/ha Getreide.



➤ Standort (Baden Württemberg)

Höhe: ca. 450 m ü. NN

Niederschlag: Ø 900 mm/a

Temperatur: Ø 9,0°C

Bodenart: 80% sandiger Lehm, 20% anmoorige, sandige & tonige Flächen

Bodentypen: Braunerden, Parabraunerden

Ackerzahl: Ø 55 - 60 (18 – 74)

Nährstoffe:	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	
	meist hoch	"	Ø B - C	"	Versorgungsstufe Betrieb

Gefälle: meist leicht hängig (wellige Moränenlandschaft)

Bemerkungen Boden: Oberboden meist schluffig → anfällig für Erosion, Verdichtungen & Verschlammungen; wenige staunasse Bereiche

Wichtige Wurzelunkräuter: Ampfer (keine Zunahme), Quecke (reduziert durch Hackfrüchte), Distel (nur auf neu erworbenen Flächen, durch Luzerne reduziert)

Wichtige einjährige Unkräuter: Hühnerhirse, Franzosenkraut (nimmt zu), Weißer Gänsefuß; Winterkulturen ohne Probleme

➤ Betriebsstruktur

Fläche: 80 ha Ackerland, 50 ha Grünland

davon Pacht: 80 ha Ackerland, **Pachtniveau:** Ø 200 €/ha (Ackerland)

Schlaggröße: Ø 3 ha (0,5 - 14)

Schlagentfernung: Ø 2 km (0 - 5 km)

Betriebszweige: Ackerbau, Milchvieh & Mast der eigenen Nachzucht

Ökonomische Bedeutung Ackerbau: ca. 65%

Anzahl Tiere: 50 - 60 Kühe + Nachzucht und Mast (120 GV: ca. 1GV/ha)

Arbeitskräfte: Ø 6 AK für Außenwirtschaft und Stall (2 Familien, 1 Gehilfe, 4 Azubis)

➤ Betriebsgeschichte

Umstellungsjahr: ab 1932, Mehrzahl der Flächen zwischen 1997 und 2007 gepachtet, Verband Demeter, seit 1986 vom derzeitigen Betriebsleiter bewirtschaftet

Vor Umstellung: oft je Schlag unterschiedlich, meist reiner Ackerbau

➤ Pflanzenbau

Fruchtfolge (angestrebt):

Fruchtfolge 1 (derzeit)	Fruchtfolge 2 (geplant ¹)
Luzernegras (ca. 50% Luzerne & Klee)	Luzernegras (ca. 50% Luzerne & Klee)
Luzernegras ZF (Erbse & Wicke)	Luzernegras
Kartoffeln ZF (wenn möglich; Senf)	evtl. W.Raps
W.Weizen ZF (Wickroggen)	W.Weizen ZF (Wickroggen)
Gemüse (z.B. Möhren)	Gemüse (z.B. Möhren)
Dinkel Ansaat Luzernegras	Dinkel ZF (Erbse & Wicke)
	Kartoffeln

¹ wegen Problemen mit Drahtwürmern und Rhizoctonia → längere Fruchtfolge

Anbauumfang: Ø Flächenanteile und Erträge

Frucht	Ø Erträge [dt/ha]	Flächenanteil [%]
Luzernegras	4-5 Schnitte	33
W.Weizen	50	33
Dinkel	45 ¹	
Kartoffeln	200 ²	17
Möhren	350 ²	9
andere Feldgemüse		8
ZF		42

¹ im Spelz

² Verkaufsware (Kartoffeln: 50-100 dt/ha aussortiert, Möhren: 150 dt/ha aussortiert)

Düngung: Gülle von Milchkühen, Mist vom Jungvieh (Fladenpräparat nach Thun jeden Tag im Stall, Gülle gerührt in offener Lagune gelagert); Ø 15 – 20 m³/ha Gülle auf alle Ackerflächen außer Möhren & Luzerne;
in Zukunft: komplett Mist & Kompostierung, Kompost auch auf Luzernegras;
Stroh wird komplett abgefahren

Saat: Getreide & Zwischenfrüchte: Kreiselegge & Drillmaschine, Flachsaa, ca. 13-15 cm Reihenabstand (in Zukunft Getreide mit Dammkulturgerät auf 45 cm Dämme), Gemüse: Einzelkornsaat auf 90 cm Dämme, Kartoffeln: Legen mit Dammkulturgerät auf 90 cm Dämme

Ernte & Aufbereitung: Mähdrusch im Lohn, eigene Kartoffel- & Möhrenerntetechnik

➤ Bodenbearbeitung

Geschichte: Grundbodenbearbeitung bis 2003 Pflug auf ca. 25 cm (Stoppelhobel zur Stoppelbearbeitung); seit 2004 Dammkultur

Gegenwärtige Bodenbearbeitung:

Grundbodenbearbeitung: 90 cm Dämme mit Turiel Dammkulturgerät auf 15 cm Tiefe (bei Kartoffeln auf 25 cm)

Kleegrasumbruch: Stoppelhobel, Großfederzinkenegge & Dammkulturgerät

Saatbettbereitung: Dammkulturgerät (90 cm Dämme), Kreiselegge bei Flachsamt

Mech. Pflege: Dammkulturgerät (verschiedene mechanische Werkzeuge & Abflamm-Aggregate) & Striegel

Beweggründe: Erzeugung von Bodengare, durch Einarbeitung organischen Materials in Dämmen sollen ähnliche Verhältnisse wie im Komposthaufen erzeugt werden und dadurch eine bessere Verlebendigung der Erde erfolgen (Landwirtschaftlicher Kurs, R. Steiner); ein weiteres Ziel ist die Reduzierung der Geschwindigkeit bei Bodenbearbeitungsmaßnahmen, um den Druck auf Bodenaggregate zu reduzieren und damit Verdichtungen zu vermeiden.

Entwicklung nach Umstellung der Bodenbearbeitung: Bodenschäden (z.B. durch die Ernte von Hackfrüchten bei ungünstigen Bodenbedingungen) regenerieren sich im Damm-System schneller als vorher im Pflug-System; Damm-System hat anscheinend reduzierende Wirkung auf den Unkrautdruck, Unkräuter laufen auch in größerer Tiefe auf, d.h. der Samenvorrat kann schneller abgebaut werden; es treten weniger Krankheiten auf und die Erträge sind stabiler.

Bewertung / Probleme: Positive Effekte durch Dammkultursystem, aber keine Wunder, d.h. weiterhin nicht immer optimaler Boden und optimale Bestände; guter Zugriff auf Unkraut;
Gesamtbetrieb: vorsichtig optimistisch, ökonomisch tragfähig, z.T. ökonomische Probleme durch niedrige Preise im Bereich tierischer Produkte.

➤ Maschinen

Schlepper: 2 x New Holland, 125 PS (Michelin Xeobib, Luftdruck 0,4 – 0,6 bar); John Deere, 100 PS & Steyer, 75 PS (Luftdruck: 2 bar)

Ackerbau: - Turiel Dammkulturgerät, 5,4 m (6 x 90 cm) &
Turiel Dammkulturgerät, 3,6 m (4 x 90 cm)
Werkzeuge (meist Eigenbau): verschiedene Lockerungsschare & -grindel, Häufelkörper, Hackschare, Scheibensech-Elemente, Abschleppketten, Kettenwalzen, Rau Kartoffellege-Elemente, Abflamm-Aggregate, Anbaumöglichkeit für pneumatische Sämaschine (nur Schläuche ohne Schare)

- Stoppelhobel, 5 Schare, 1,75 m
- Pflug, 4 Schare (nur für Vorgewende)
- Großfederzinkenegge, 3 m
- Kuhn Kreiselegge, 3 m, mit Accord Pneumatik Drillmaschine (Fronttank, Schnabelschare, ca. 15 cm Reihenabstand)

- Einzelkornsämaschine (Möhren), 3-reihig (3 x 90 cm)
- Hatzenbichler Striegel, 9 m
- Weitere: Miststreuer (8 t, 12 m), Güllefass (10 m³), Kartoffelroder (gezogen, 2-reihig), Möhrenklemmbandroder (gezogen, 1-reihig), 2 x Kuhn Scheibenmähwerk (2,8 m), Wender (7,6 m), Schwader (7,6 m), Ladewagen

➤Produktionsverfahren

Die Produktionsverfahren werden auf dem Betrieb jeweils den Boden- und Unkrautbedingungen angepasst. Die nachfolgend beschriebenen Verfahren sind deshalb als Beispiele zu sehen.

	Zeitraum	Gerät (Schlepper-PS & Geschwindigkeit)	Tiefe¹
Luzernegras (flach)			
Saat	A08	Kreiselegge & Sämaschine (125 PS, 4-6 km/h)	
Schnitt	Herbst	Mähwerk (78 PS); Wender (70 PS); Schwader (100 PS); Ladewagen	
1. Hauptnutzungsjahr			
Düngung	03 – 04	15 – 20 m ³ /ha Gülle (120 PS)	
Schnitte	M05 – E09	4 Schnitte: Mähwerk (78 PS); Wender (70 PS); Schwader (100 PS); Ladewagen	
2. Hauptnutzungsjahr			
Düngung	03 – 04	15 – 20 m ³ /ha Gülle (120 PS)	
Schnitte	M05 – E08	3 Schnitte: Mähwerk (78 PS); Wender (70 PS); Schwader (100 PS); Ladewagen	
Bodenb.	08 – 09	Stoppelhobel (125 PS, 8 km/h)	5 cm
Bodenb.	direkt	Großfederzinkenegge (125 PS, 8 km/h)	5 cm
Düngung	03 – 04	15 – 20 m ³ /ha Gülle (120 PS)	
Bodenb.	direkt	z.T. Auf- & Umhäufeln: Dammkulturgerät m. Häufelschar, Häufelkörper, (125 PS, 3,5-4 km/h)	15 cm
Saat	direkt	Zwischenfruchtsaat: Dammkulturgerät m. Häufelschar, Häufelkörper, Kettenschleppe & Sämaschine ohne Schare (125 PS, 3,5-4 km/h), Erbsen-Wicken-Gemenge	15 cm
Kartoffeln (6 x 90 cm Dämme)			
Pflanzen	ab 03	Dammkulturgerät m. Abstreifer (nur wenn Zwischenfrucht nicht abgefroren), Häufelschar, Legemaschine im Häufelpflug Kette (zum Zuschieben) (100 PS)	25 cm
Pflege	nach Bedarf	ca. 3 x Dammkulturgerät m. unterschiedlichen Werkzeugen (Flanke & Kuppe abschneiden und aufhäufeln in einem Arbeitsgang, jedes Mal etwas tiefer) (100 PS, 3,5-4 km/h)	
Saat	wenn abgestorben	z.T. Untersaat: Dammkulturgerät m. Häufelschar, Häufelkörper, Kettenschleppe & Sämaschine ohne Schare (125 PS, 3,5-4 km/h), Senf	
Pflege	nach Bedarf	z.T. Kraut abtöten: Dammkulturgerät m. Kettenwalze und Häufelschare (100 PS, 3,5-4 km/h)	

	Zeitraum	Gerät (Schlepper-PS & Geschwindigkeit)	Tiefe¹
Ernte	08 – 09	Kartoffelroder (2-reihig roden, 4 Reihen werden zwischen zwei intakte Dämme gerodet, dann roden der beiden Dämme inkl. Kartoffeln im Tal, Überladen auf Hänger) (100 PS)	
Saat	direkt	nur nach Frühkartoffeln Zwischenfruchtsaat: Dammkulturgerät m. Furchenlockerer Kettenschleppe & Sämaschine ohne Schare (125 PS, 3,5-4 km/h), Senf	
Bodenb.	09 – 10	Umhäufeln & Rückhäufeln (ein Arbeitsgang): Dammkulturgerät m. Häufelschar, Häufelkörper, (125 PS, 3,5-4 km/h)	15 cm
Wintergetreide (flach)			
Saat	A – M10	Kreiselegge & Sämaschine (125 PS, 4-6 km/h)	
Düngung	03 – 04	15 – 20 m ³ /ha Gülle (120 PS)	
Pflege	Frühjahr	Striegel (48 PS)	
Ernte	E07 – A08	Mähdrescher, Stroh abfahren	
Bodenb.	direkt	z.T. Auf- & Umhäufeln (je nach Unkrautdruck): Dammkulturgerät m. Häufelschar, Häufelkörper, (125 PS, 3,5-4 km/h)	15 cm
Saat	direkt	Zwischenfruchtsaat: Dammkulturgerät m. Häufelschar, Häufelkörper, Kettenschleppe & Sämaschine ohne Schare (125 PS, 3,5-4 km/h), Erbsen-Wicken-Gemenge vor frühen Möhren, Wickroggen vor späten Möhren	15 cm
vor frühen Möhren			
Bodenb.	11	Nach- & Umhäufeln: Dammkulturgerät z.B. m. 1. Häufelkörper (schneidet Kuppe ab), Flankenschäler, großer Häufelkörper (Aufhäufeln), Kette (125 PS, 3,5-4 km/h)	15 cm
vor späten Möhren			
Bodenb.	05 – A06	Nach- & Umhäufeln: Dammkulturgerät z.B. m. 1. Häufelkörper (schneidet Kuppe ab), Flankenschäler, großer Häufelkörper (Umhäufeln), Kette (125 PS, 3,5-4 km/h)	15 cm
Bodenb.	n. 10-14 T.	Zurückhäufeln: Dammkulturg. z.B. m. 1. Häufelkörper (schneidet Kuppe ab), Flankenschäler, großer Häufelkörper (Umhäufeln), Kette (125 PS, 3,5-4 km/h)	15 cm
Möhren (6 90 cm Dämme)			
Saat	Frühjahr	Einzelkornsäegerät (X PS)	
Pflege	Vorauflauf	Abflammen: Dammkulturgerät mit Abflamm-Aggregat (100 PS, 3,5-4 km/h)	15 cm
Pflege	nach Bedarf	ca. 3 x Dammkulturgerät m. unterschiedlichen Werkzeugen, z.B. Scheibenseche (Flanke & Kuppe abschneiden und aufhäufeln in einem Arbeitsgang, jedes Mal etwas tiefer) (100 PS, 3,5-4 km/h)	
Pflege	nach Bedarf	Unkraut jäten	
Ernte	Sommer-Herbst	Klemmbandroder	
Bodenb.	direkt	Dammkulturgerät m. Furchenlockerer (125 PS, 3,5-4 km/h)	

¹ Bearbeitungstiefe auf flachen Boden bezogen (z.B. Umhäufeln von Dämmen 15 cm auf flachen Boden = ca. 25 cm von Dammkrone); Bearbeitungstiefe bei Pflegemaßnahmen: bearbeitete Schicht

Untersuchte Schläge

➤Fazit

Boden: Oberkrume mit guter Bodenstruktur, Unterkrume nur wenig schlechter; hoher Regenwurmbesatz; mittlere Gehalte an organischer Substanz und meist gute Versorgung mit verfügbaren Nährstoffen; aufgrund des bisher relativ kurzen Zeitraums der nicht wendenden Bearbeitung nur geringe Anreicherung von organischer Substanz und einzelner Nährstoffen in der Oberkrume.

Pflanze: im Untersuchungszeitraum mäßiger Unkrautdruck und durchschnittliche Erträge.

➤Schlag 1

Vorgeschichte: seit 2004 zugepachtet, vorher Bioland (Bodenbearbeitung: Dutzi, Pflug, Tiefengrubber), bei Übernahme schlechter Zustand & hoher Unkrautdruck

Hauptfrüchte & Bewirtschaftung (wenn vom beschriebenen Produktionsverfahren deutlich abweichend):

2004 Luzernegras		2007 W.Weizen
2005 Luzernegras		2008 Möhren
2006 Kartoffeln	Steine separiert zwischen die Dämme, Legen im Lohn	2009 Dinkel

Standort der Messpunkte: kaum geneigter Südhang, Braunerde (aus lehmig-sandigen Moränenablagerungen); Bodenart: mittel sandiger Lehm (20% Ton, 39% Schluff, 41% Sand: Ls3); mittel steinig / kiesig; 50 Bodenpunkte

Bodenbeurteilung (06.2008 Möhren, 90 cm Dämme. ca. 17 cm hoch; 05.2009 Dinkel, flach):

Beispiel:



2008 Damm 0 – 20 cm: homogen braun mit vielen Steinen, krümelig mit einzelnen größeren Brocken, noch zu wenig Wurzeln für Beurteilung, deutliche Bearbeitungsgrenze (siehe Beispiel): **gute Struktur**

2009 in 0 – 12 cm: wie Damm 0-20 cm, krümelig, sehr gut durchwurzelt: **gute Struktur**

2008 Damm 20 – 39 cm: homogen braun mit vielen Steinen, dicht, bröckelig bis brockig, leicht in unregelmäßige nicht scharfkantige Aggregate zerfallend, Wurzeln ohne Abknicken, einige Wurmgänge & -höhlen: **gute - mäßige Struktur**

2009 in 12 – 28 cm: wie Damm 20-39 cm, bröcklig, wenig Krümel, leicht zerfallend, gut durchwurzelt, viele Wurmgänge: **gute Struktur**

2008 Damm ab 39 cm (bis 45 cm geprüft): ocker, deutlich heller als Oberboden, relativ scharfe Grenze, keine Verdichtungshorizonte erkennbar, sonst wie 20-39 cm: **gute - mäßige Struktur**

2008 Sohle 0 – 6 cm: grober als Damm, in Spur dicht und bröckelig, > 6 cm unter Spur z.T. plattig: **gute - mäßige Struktur**

Bodenuntersuchung (unterschiedliche Grautöne: deutliche Differenzen zwischen Schichten):

Bodenphysik & -chemie (Poren, OS & Nt in %, P, K & Mg in mg/100g, Mikronährstoffe in mg/kg)

Tiefe	OS ¹	Nt ²	C/N	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	B	Cu	Mn	Zn
D 0-15	3,2	0,18	10,2	6,9 C ³	13 C	22 D	10 C	0,5 C	4,4 E	258 E	2,7 C
D 20-25	2,8	0,17	9,6	6,7 C	11 C	16 C	11 C	0,6 C	4,4 E	283 E	2,7 C
D 28-33	2,3	0,03	10,5	6,5 C	5 B	9 B	7 C	0,4 C	4,1 C	264 E	1,8 B

¹ OS: Organische Substanz; ² Nt: Gesamt-N; ³ Buchstaben: LUFA-Versorgungsstufen

Bodenbiologie: im Anhang II & III

Pflanzenentwicklung:

	2008 Möhren	2009 Dinkel
Unkraut	18.06.: mäßiger Unkrautdruck (5-10% Deckungsgrad, meist Keimblatt) 16.09.: mäßiger Unkrautdruck (20-40% Deckungsgrad) Senf / Hederich, Ampfer (1 Pfl. / 5 m ²), Ackerwinde (Nester), Franzosenkraut, Taubnessel, Weißer Gänsefuß, Vogelmiere, Distel	06.05.: mäßiger Unkrautdruck (30-40% Deckungsgrad) Senf / Hederich, Ackerhohlzahn, Windenknöterich, Ehrenpreis, Weißer Gänsefuß, Ackerhellerkraut, Vogelmiere, Taubnessel, Vogelwicke, Klettenlabkraut, Ackerstiefmütterchen, einzelne Ampfer- & Distelpflanzen
Bestand	vor Ernte (Mitte 09): dichte Reihen auf 90 cm-Dämmen mit gut ausgebildeten Möhren, Deckungsgrad der Möhren ca. 70% Ertrag: keine Angaben	Schossen: fleckiger dunkel grüner etwas dünner Bestand, gesund 273 Halme/m ² Ertrag an Messpunkten 38 dt/ha

Zusammenfassung: Die Oberkrume wies sowohl im Damm beim Möhrenanbau als auch beim flachen Getreideanbau eine gute Bodenstruktur und Durchwurzelung auf. Unter einer deutlich sichtbaren Bearbeitungsgrenze wurde die Unterkrume nur geringfügig schlechter beurteilt. Im gesamten untersuchten Profil wurden viel Regenwürmer bzw. Gänge gefunden. Die Gehalte an organischer Substanz (OS) in der Krume lagen für die umsatzfreundlichen Boden- und Standortbedingungen auf relativ hohem Niveau. Trotz des bisher nur kurzen Zeitraums mit Dammkultur zeigte sich sowohl bei der OS als auch bei Kali eine Anreicherung in der Oberkrume. Allerdings wurde schon vor der Zupacht des Schlages z.T. auf den Pflug verzichtet. Insgesamt war der Boden mit Nährstoffen gut versorgt.

Der Unkrautdruck war sowohl in den intensiv gepflegten Möhren als auch im folgenden Getreidebestand mäßig ausgeprägt. Wichtige Unkräuter waren Senf/Hederich, Franzosenkraut, Ampfer und Ackerwinde. Die Erträge erreichten die mittleren Erwartungen.

➤ Schlag 2

Vorgeschichte: 1932 auf Ökolandbau umgestellt, seit 2003 Dammkultur

Hauptfrüchte & Bewirtschaftung (Bemerkungen bei Besonderheiten oder Abweichungen vom beschriebenen Produktionsverfahren; in Klammern: geschätzter Ertrag in dt/ha):

2002 Luzernegras	2006 Möhren	(350)
2003 Luzernegras	2007 W.Weizen	nach Möhren nur Furchen lockern & Kreiselegge (50)
2004 Kartoffeln	2008 Kartoffeln	
2005 Dinkel	nass bei der Ernte (45)	2009 Luzernegras

Standort der Messpunkte: fast ebene Fläche, Braunerde (aus lehmig-sandigen Moränenablagerungen); Bodenart: stark lehmiger Sand (17% Ton, 37% Schluff, 46% Sand: Ls3); mittel steinig / kiesig; 60 Bodenpunkte

Bodenbeurteilung (06.2008 Kartoffeln, 90 cm Dämme. ca. 25 cm hoch; 05.2009 Luzernegras, flach):

2008 Damm 0 – 17 cm: homogen braun mit vielen Steinen, krümelig mit festeren größeren Brocken, sehr gut durchwurzelt, deutliche Bearbeitungsgrenze (ähnlich wie Beispiel Schlag 1): **sehr gute Struktur**

2009 in 0 – 10 cm: wie Damm 0-17 cm, etwas dichter: **sehr gute Struktur**

2008 Damm 17 – 27 cm: homogen braun mit vielen Steinen, dichter als Oberkrume, bröckelig-krümelig, gut durchwurzelt, Regenwurmgänge aufgrund des hohen Steinanteils nur schwer zu erkennen: **gute Struktur**

2009 in 10 – 18 cm: wie Damm 17-27 cm, fest, bröcklig zerfallend, gut durchwurzelt: **gute Struktur**

2008 Damm ab 27 cm (bis 40 cm geprüft): braun-ocker marmoriert, leicht rostfleckig mit Mangan-Kongregationen, deutlich dichter, zerbricht in kleine unregelmäßige Bröckel, mäßig durchwurzelt, einige Regenwurmgänge, z.T. mit Wurzeln: **mäßige Struktur**

2008 Sohle 0 – 15 cm: locker bröckelig, gut durchwurzelt: **gute Struktur**

Bodenuntersuchung (unterschiedliche Grautöne: deutliche Differenzen zwischen Schichten):

Bodenphysik & -chemie (Poren, OS & Nt in %, P, K & Mg in mg/100g, Mikronährstoffe in mg/kg)

Tiefe	Poren ¹	OS ²	Nt ³	C/N	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	B	Cu	Mn	Zn
D 0-15	n.B.	2,4	0,14	9,9	6,1 B ⁴	4 A	15 C	11 D	0,34 C	2,2 C	205 E	1,7 C
D20-25	45	2,0	0,13	9,3	5,6 B	2 A	5 A	9 C	0,31 C	2,5 C	211 E	1,4 C
D28-33	40	1,6	0,11	8,9	5,9 B	1 A	4 A	9 C	0,30 C	2,4 C	229 E	1,1 A

¹ 06.2008; ² OS: Organische Substanz; ³ Nt: Gesamt-N; ⁴ Buchstaben: LUFA-Versorgungsstufen

Bodenbiologie: im Anhang II & III

Pflanzenentwicklung:

	2008 Kartoffeln	2009 Luzernegras
Unkraut	18.06.: mäßiger Unkrautdruck (20-30% Deckungsgrad) Hirse, Weißer Gänsefuß, Flohknöterich, Ampfer, Vogelmiere, Ackerwinde, Ackerhohlzahn, etwas Klettenlabkraut	18.05.: kaum Unkraut etwas Hirtentäschel
Bestand	Blüte: homogener noch nicht geschlossener Bestand, Einzelpflanzen mit starkem Kartoffelkäferbesatz, sonst gesund Ertrag: keine Angaben	vor 1. Schnitt: homogener, dichter Bestand, gesund, ca. 50-60% Leguminosen

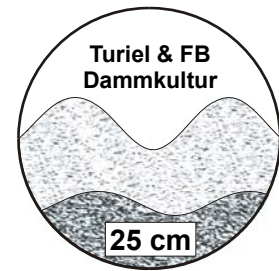
Zusammenfassung: Die Oberkrume wies sowohl im Damm beim Kartoffelanbau als auch bei flach angebautem Klee gras eine sehr gute Bodenstruktur und Durchwurzelung auf. Unter einer deutlich sichtbaren Bearbeitungsgrenze wurde die Unterkrume nur geringfügig schlechter beurteilt. Im gesamten untersuchten Profil wurden Regenwürmer bzw. Gänge gefunden, aufgrund des hohen Steinanteils war eine Bewertung aber nicht möglich. Die Gehalte an organischer Substanz (OS) in der Krume lagen für die umsatzfreundlichen Boden- und Standortbedingungen auf mittlerem Niveau. Trotz des bisher nur kurzen Zeitraums mit Dammkultur zeigte sich sowohl bei der OS als auch bei Phospha t und Kali eine Anreicherung in der Oberkrume, auch der pH-Wert lag in der Oberkrume auf deutlich höherem Niveau. Insgesamt war der Boden nach 75 Jahren ökologischer Bewirtschaftung bis auf geringe Phospha tgehalte gut mit Nährstoffen versorgt.

Der Unkrautdruck in den intensiv gepflegten Kartoffeln war mäßig. Wichtige Unkräuter waren Hirse, Weißer Gänsefuß und Flohknöterich.

2.3.13. Betriebsbeispiel 12 (B12)

Betriebsbeschreibung

Warmer und mäßig feuchter Standort mit meist sandig-lehmigen Böden. Viehloser Betrieb mit Druschfrucht- und Hackfruchtanbau sowie mäßigem Anteil an Klee gras. Seit sieben Jahren nicht wendende Bodenbearbeitung mit einem Dammkultur-System auf maximal 25 bis 30 cm. Erwartetes Ø-Ertragsniveau ca. 42 dt/ha Getreide.



➤ Standort (Nordrhein-Westfalen)

Höhe: ca. 45 - 135 m ü. NN

Niederschlag: Ø 750 mm/a

Temperatur: Ø 9°C

Bodenart: sandiger Lehm bis Lehm

Bodentypen: Auenböden & Parabraunerde aus Löß auf Keuper oder Schotter

Ackerzahl: Ø 62 (45 - 87)

Nährstoffe:	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	
	6,5	C	D	C-D	Ø Versorgungsstufe Betrieb

Gefälle: 86% eben, 14% leicht hängig bis hängig

Bemerkungen Boden: z.T. Überschwemmungsflächen (12 ha Ackerland)

Wichtige Wurzelunkräuter: Ampfer, etwas Quecke, wenig Ackerkratzdistel

Wichtige einjährige Unkräuter: Hederich / Ackersenf (v.a. in Sommerfrüchten),
etwas Ackerfuchsschwanz & Windhalm

➤ Betriebsstruktur

Fläche: 62 ha Ackerland; 7 ha Grünland

davon Pacht: komplett, **Pachtniveau:** Ø 300 €/ha

Schlaggröße: Ø 10 ha (3,8 - 19,8; z.T. in Teilschläge unterteilt)

Schlagentfernung: 0,1 - 2 km

Betriebszweige: Ackerbau; bis 2008 4 Pferde; seit 2008 Ø 10 Mastochsen & 8 Pferde

Ökonomische Bedeutung Ackerbau: 100%

Arbeitskräfte: Ø 1,5 AK

➤ Betriebsgeschichte

Umstellungsjahr: 1980 erste Teilumstellung, 1984 ANOG, 1997 komplett umgestellt, seit 1998 Gää, 2008 Betriebsübergabe & Mitgliedschaft Bioland

Vor Umstellung: Milchvieh (bis ca. 1974), Zuckerrüben, Getreide, Luzerneanbau für eigene Champignonproduktion (1975-1987)

➤ Pflanzenbau

Fruchtfolge: Variable Fruchtfolgen nach Marktanforderungen (Beispiele: Fruchtfolge 1: bessere Böden; Fruchtfolge 2: hängige & steinige Böden); Früchte, die in der Vergangenheit zusätzlich angebaut wurden: Ackerbohnen, Buschbohnen, Körnerfenchel, Hanf

Fruchtfolge 1	Fruchtfolge 2
Klee-Luzerne-Gras	Klee-Luzerne-Gras
Klee-Luzerne-Gras	Klee-Luzerne-Gras
W.Raps	W.Raps
W.Weizen o. Dinkel ZF ¹	W.Weizen ZF ¹
Zuckerrüben o. Kartoffeln o. Hafer	Hafer
Dinkel ZF ¹	Dinkel
Zuckerrüben o. Kartoffeln o. Hafer	
Dinkel ZF ¹	
Hafer ZF ¹	

¹ Gemenge: z.B. Phacelia o. Buchweizen & Erbsen, Wicken o. Bitterlupinen; Perserklee & Senf

Anbauumfang: Flächenanteile und durchschnittliche Erträge

Frucht	Ø Erträge [dt/ha]	Flächenanteil [%]
Klee-Luzerne-Gras	100-120 (TM)	17
S.Ackerbohnen (bis 2003)	30-40	
Buschbohnen (bis 2003)	70-105	
W.Weizen	32-52 ¹	32
Dinkel	30-43 ²	18
Hafer	30-52	13
W.Raps	17-20 ¹	
Kartoffeln	240-410 ³	10
Zuckerrüben	260-410	8
Hanf (bis 2005)	7	
Körnerfenchel (bis 2008)	7-8,5 ¹	1
ZF	-	40

¹ Verkaufsware; ² im Spelz; ³ Rohware

Düngung: bis 2006 Tausch von Stroh gegen Bio-Champignonkompost; ab 2006 Import von 120 t Hühnermist & 100 t Rindermist pro Jahr (Kooperation mit Öko-Legehennenbetrieb in 50 km Entfernung und seit 2006 mit konv. Mutterkuhbetrieb in 8 km Entfernung); z.T. Import von Haarmehlpellets; Export von Grünland-Heu, Stroh & Silage (Betrieb mäht, Rest macht Kooperations-Betrieb)

Saat: je Kulturart verschieden (flach: Drillmaschine; 90 cm Damm: z.B. 45 cm Saatband bei Getreide, Doppelreihe bei Raps & Buschbohnen, Zuckerrüben einreihig)

Ernte & Aufbereitung: Ernte durch Lohnunternehmer, bei Getreide eigene Trocknung, Lagerung, Kühlung & Auslieferung

➤ Bodenbearbeitung

Geschichte: Grundbodenbearbeitung bis 2001 Pflug auf ca. 20-25 cm (z.T. mit Tiefenlockerungs-Dornen), seit 1986 auch Ökomat-Flügelschargrubber (10-30 cm); seit 2001 Dammkultur (Turiel & seit 2004 auch FB)

Gegenwärtige Bodenbearbeitung:

Grundbodenbearbeitung: Dammkulturgerät (unterschiedliche Werkzeuge) auf 5 bis 30 cm Tiefe (gemessen bei flachem, abgesetztem Boden vor Bearbeitung), z.T. Scheibenegge

Klee gras umbruch: Scheibenegge & Ökomat-Flügelschargrubber

Saatbettbereitung: Dammkulturgerät (unterschiedliche Werkzeuge), Kreiselegge bei Flachs sa at

Mech. Pflege: Dammkulturgerät (unterschiedliche Werkzeuge), Hacke, Striegel

Beweggründe: Distelprobleme schienen mit dem Pflug nicht lösbar; niedrige Erträge & schlechte Backqualität vom Getreide

Entwicklung nach Umstellung der Bodenbearbeitung: erste Tendenzen sind sicherere Erträge (z.T. deutlicher Ertragsanstieg) und verbesserte Qualitäten (insbesondere bei Backgetreide) sowie ein Rückgang der Ackerkratzdistel und anderer Wurzelunkräuter; seit dem Anbau von zweijährigem Klee gras und nachfolgendem Raps nimmt zur Zeit der Besatz mit Ampfer zu

➤ Maschinen

Schlepper: Fendt 170 PS Luftdruckanpassung (Acker-Luftdruck: 0,5-0,8 bar); Unimog 110 PS

Ackerbau:

- Turiel Dammkulturgerät Arado, 3,6 m (4 x 90 cm)
Werkzeuge: Originalschare & Eigennachbau,
- Frost FB Dammkulturgerät Ziesel, 5,4 m (6 x 90 cm)
Werkzeuge: Dorn, Häufelkörper, Kronenräumer, Striegel, Gänsefußschare, Fingerhacke, Frontsätank, Verteiler, Bandsäschare, Doppelreihe-Säeinrichtung (Eigenbau)
- Rabe Kreiselegge, 3 m & Amazone Drillmaschine (Rollschare)
- Scheibeneggen (Amazone Catros, 4 m) durch Lohnunternehmer
- Ökomat, Grubber (3 m), 3 breite Flügelschare
- Amazone Grubber (Cenius), 3-balkig

- Kleine Einzelkornsägerät mit Mulchhausrüstung (Zuckerrüben)
- Einböck Fronthacke, 5,4 m, Gänsefußschare, Fingerhacke, Kulturschutzbleche (Zuckerrüben)
- Rabe Hack + Dammstriegel, 5,4 m
- Eigenbau Cambridgewalze, 3 m
- Weitere: Pneumatikstreuer (15 m, für Haarmehlpellets); Miststreuer (16 t, 12-20 m, Mietgerät); Miststreuer (3 m); Frontmähwerk (je 3 m); Heckmähwerk (3 m, von Kooperationspartner geliehen)

➤Produktionsverfahren

Die Produktionsverfahren werden auf dem Betrieb jeweils den Boden- und Unkrautbedingungen angepasst. Die nachfolgend beschriebenen Verfahren sind deshalb als Beispiele zu sehen. Bei diesen wird – wenn nicht anders beschrieben – davon ausgegangen, dass bei einer Bearbeitung mit dem Dammkulturgerät bei bestehenden Dämmen diese erhalten bleiben. In vielen Fällen kann jedoch aus Gründen der Bodenstruktur oder des Unkrautdrucks ein Umhäufeln, d.h. ein Versetzen der Dämme um die halb Dammbreite, nötig sein (höherer Kraft- und Zeitbedarf).

	Zeitraum	Gerät (Schlepper-PS & Geschwindigkeit)	Tiefe¹
Klee-Luzerne-Gras nach Getreide			
Bodenb.	3-10 T. n. Ernte	Nachhäufeln: FB Dammkulturgerät m. Dorn & Häufelkörper (170 PS, 8-11 km/h)	10 cm
Bodenb.	n. 1-2 W.	Umhäufeln: Turiel Dammkulturgerät o. Häufelkörper m. Schleppe (170 PS, 8-10 km/h)	20-35 cm
Saat	n. 1-3 T.	2 Wochen nach Getreideernte: Kreiselegge & Drillmaschine (170 PS, 8-13 km/h)	5 cm
Schnitte	05-09	3-4 Schnitte, Mähwerk (170 PS)	
Schnitte	05-07	2 Schnitte, Mähwerk (170 PS)	
Bodenb.	07-08	2-3 x Scheibenegge (170 PS, 10-16 km/h)	5/10 cm
Bodenb.	08	Aufhäufeln: Turiel Dammkulturgerät m. Häufelkörper (170 PS, 8-9 km/h)	20-30 cm
Bodenb.	08	Umhäufen: Turiel Dammkulturgerät m. Häufelkörper (170 PS, 8-10 km/h)	20-30 cm
Düngung	08	5-8 t t/ha Hühnerkot	
Winterraps (6 x 90 cm Dämme)			
Saat	ab E 08	FB Dammkulturgerät m. Säscharen; 2 Reihen/90 cm Damm (normale Saatmenge) (170 PS, 7-9 km/h)	6 cm
Pflege	Herbst	Hacke (170 PS, 6-9 km/h)	
Düngung	Frühjahr	Hühnerkot, 100 kg N/ha	
Pflege	Frühjahr	1-2 x Fronthacke (170 PS, 6-9 km/h) & bei hohem Unkrautdruck Nachhäufeln: Dammkulturgerät (170 PS, 8-11 km/h)	3/5 cm
Ernte	M 07	Mähdrescher	

	Zeitraum	Gerät (Schlepper-PS & Geschwindigkeit)	Tiefe¹
Bodenb.	A 08	Flach schälen: FB Dammkulturgerät m. Kronenräumer & Häufelkörper (170 PS, 8-11 km/h)	5-10 cm
Bodenb.	09	bei hohem Unkrautdruck Umhäufeln: FB Dammkulturgerät (170 PS, 6-9 km/h)	20 cm
Wintergetreide (6 90 cm Dämme)			
Düngung	Herbst	z.T. 25 t/ha Rindermist	
Saat	10	FB Dammkulturgerät m. Säschar; 45 cm Band (2/3 bis normale Saatmenge); in Zukunft: inklusive Abschleppen m. Kronenräumer (170 PS, 7-9 km/h)	6 cm
Pflege	n. 4-5 T.	in Vergangenheit Abschleppen: FB Dammkulturgerät m. Kronenräumer (170 PS, 8-12 km/h)	2-7 cm
Pflege	Herbst	bei hohem Unkrautdruck: Fronthacke & Heckstriegel (170 PS, 6-9 km/h)	3 cm
Düngung	Frühjahr	wenn kein Mist im Herbst: 5 t/ha Hühnerkot	
Pflege	Frühjahr	1-3 x Fronthacke & Heckstriegel (170 PS, 6-9 km/h)	3 cm
Saat	M 05	z.T. Untersaat: FB Dammkulturgerät m. Säausrüstung, Weißklee in Täler (170 PS, 8-12 km/h)	
Ernte	07-08	Mähdrescher, Stroh gehäckselt	
wenn keine Untersaat			
Bodenb.	direkt	Scheibenegge (PS 170, 10-16 km/h) oder Umhäufeln: Turiel Dammkulturgerät o. Häufelkörper m. Schleppe (170 PS, 8-10 km/h)	5-10 cm 15-20 cm
Saat	direkt	Kreiselegge & Drillmaschine, Zwischenfruchtsaat (170 PS, 8-13 km/h)	5 cm
Bodenb.	11-03	Scheibenegge (PS 170, 10-16 km/h)	10 cm
Kartoffeln ab Zwischenfrucht			
Bodenb.	04	Aufhäufeln: Turiel Dammkulturgerät m. Häufelkörper (170 PS, 8-9 km/h)	20-30 cm
Bodenb.	08	Umhäufeln: Turiel Dammkulturgerät m. Häufelkörper (170 PS, 8-10 km/h)	20-30 cm
Bodenb.	04	Nachhäufeln: FB Dammkulturgerät m. Häufelkörpern (170 PS, 8-11 km/h)	5-10 cm
Pflanzen	04/5		
Pflege	05	Nachhäufeln: Fronthacke m. Gänsefußscharen + Dammkulturg. m. Häufelkörper & Striegel (170 PS, 8-11 km/h)	5-10 cm
Pflege	06	Fronthacke & Dammkulturgerät. mit Häufelkörpern (170 PS, 3-6 km/h)	5 cm
Pflege	Vegetation	0-5 x Cu-Spritzungen (nach Bedarf)	
Ernte	09	Einreihiger Roder, gezogen	
Zuckerrüben (6 x 90 cm Dämme)			
Düngung		z.T. 5 t/ha Hühnerkot oder 80 kg N/ha als Haarmehlpellets (nach Nmin)	
Bodenb.	Frühjahr	Aufhäufeln: FB Dammkulturgerät (170 PS, 6-8 km/h)	10-20 cm

	Zeitraum	Gerät (Schlepper-PS & Geschwindigkeit)	Tiefe¹
Bodenb.	04	Nachhäufeln: FB Dammkulturgerät (170 PS, 8-11 cm)	5-10 cm
Bodenb.	04	1-2 x Walze (110 PS)	
Saat	M-E 04	Einzelkornsäegerät; 1 Reihe/90-cm-Damm (170 PS, 5-6 km/h)	
Pflege	n. 1-2 W.	Striegel (110 PS, 5-10 km/h)	
Pflege	05-07	2-4 x Fronthacke & Dammkulturgerät mit kleinen Häufelkörpern & Fingerhacke (170 PS, 3-6 km/h)	3-5 cm
Pflege		Handhacke (60-180 St./ha)	
Ernte	M-E 09	3-reihiger Rübenroder	
Bodenb.	direkt	Nachhäufeln: FB Dammkulturgerät (170 PS, 8-11 cm)	20-30 cm
Bodenb.	Herbst	bei hohem Unkrautdruck Umhäufeln: FB Dammkulturgerät (170 PS, 8-10 cm)	20-30 cm

Buschbohnen (6 90 cm Dämme)

Schnitt	05	Schnitt Grünroggen: Mähwerk (170 PS)	
Bodenb.	05	Scheibenegge (170 PS, 10-16 km/h)	5-10 cm
Bodenb.	05	Aufhäufeln: FB Dammkulturgerät m. Häufelkörper (170 PS, 6-8 km/h)	10-20 cm
Bodenb.	05	Umhäufeln: FB Dammkulturgerät m. Häufelkörper (170 PS, 8-10 km/h)	20 cm
Bodenb.	05	Nachhäufeln: FB Dammkulturgerät m. Häufelkörper (170 PS, 8-11 km/h)	10 cm
Saat	E 05 - A 06	FB Dammkulturgerät m. Säschar; 2 Reihen/90 cm Damm (170 PS, 7-9 km/h)	3-4 cm
Pflege	n. 1 Woche	Abschleppen	1-2 cm
Pflege	07 - 08	2 x Fronthacke & Dammkulturgerät m. Fingerhacke (170 PS, 3-6 km/h)	3-5 cm
Pflege	07 - 08	Nachhäufeln: FB Dammkulturgerät m. Häufelkörper (170 PS, 8-11 km/h)	10 cm
Ernte	09	Selbstfahrer	
Bodenb.	direkt	Nachhäufeln: FB Dammkulturgerät (170 PS, 8-11 cm)	20-30 cm
Bodenb.	Herbst	bei hohem Unkrautdruck Umhäufeln: FB Dammkulturgerät (170 PS, 8-10 cm)	20-30 cm

Fenchel (6 x 90 cm Dämme, ab Herbst nach Zwischenfrucht)

Bodenb.	11	Scheibenegge (PS 170, 10-16 km/h)	10 cm
Bodenb.	04	Fronthacke, Hackstriegel & FB Dammstriegel (170 PS, 6-9 cm)	2-3 cm
Bodenb.	04	Hackstriegel & FB Dammstriegel (170 PS, 6-9 cm)	2-3 cm
Saat	ab E 08	FB Dammkulturgerät m. Säscharen & z.T. Spurlockerungs-dorne; 2 Reihen/90 cm Damm (170 PS, 7-9 km/h)	6 cm
Pflege	Frühjahr	2-3 x Fronthacke & Striegel (170 PS, 6-9 km/h)	1-3 cm
Pflege	Frühjahr	bei hohem Unkrautdruck Nachhäufeln: Dammkulturgerät m. Häufelkörpern (170 PS, 8-11 km/h)	5 cm
Pflege	ab 06	Handhacke / Jäten (60-180 St./ha)	

	Zeitraum	Gerät (Schlepper-PS & Geschwindigkeit)	Tiefe¹
Pflege	06	Täler lockern: Dammkulturgerät m. Gänsefußschar & Dorn (170 PS, 7-9 km/h)	10 cm
Ernte	11	Mähdrescher	
Pflege	Frühjahr	Fronthacke (170 PS, 6-9 km/h)	1-3 cm
Düngung	03-04	20 t/ha Champignonkompost, Pferde- o. Rindermist	
Ernte	10	Mähdrescher	

z.T. 3. Erntejahr

¹ Bearbeitungstiefe bei Dämmen: von Dammkrone (Umhäufeln) bzw. Ø Eingriffstiefe (z.B. Nachhäufeln)

Energie & Ökonomie

Modellrechnung¹¹: Vergleich von einem Dammkultur-System (in Anlehnung an die oben genannten Betriebsleiterangaben) und einem theoretischem Pflug-System (25 cm Arbeitstiefe, bis auf Bodenbearbeitung dem Dammkultur-System möglichst ähnlich) in einer vereinfachten, für beide Systeme identischen Fruchtfolge. Datengrundlage: oben genannte Betriebsleiterangaben, eigene Zugkraftbedarfsmessungen, Schätzwerte, KTBL- und andere Literaturangaben. Details zu Ergebnissen sowie zu den zugrunde liegenden Werten und Kosten sind im Anhang II und im CD-Anhang aufgeführt.

	Dammkultur	Pflug	Einsparung
Dieserverbrauch [l/ha pro Jahr]	56 (41)	75	19 (34)
Arbeitszeitbedarf¹ [Akh/ha pro Jahr]	6,6 (5,7) ²	9,7	3,1 (4,0)
Arbeiterledigungskosten¹ [€/ha pro Jahr]	514 (484)	556	42 (72)

¹ unberücksichtigt: Transporte, Umrüstzeiten, Betriebsführung und allgem. Betriebsarbeiten

² in Klammern: Verwendung von Betriebsschätzwerten für Diesel- & Zeitbedarf

Bewertung: Im Vergleich zum Durchschnitt der untersuchten Betriebe wurde für das Dammkultur-System von Betrieb 12 ein hohes Diesel- und Arbeitszeit-Einsparpotential berechnet. Die Differenz bei den Arbeiterledigungskosten liegt auf durchschnittlichem Niveau. Gründe für die Einsparungen sind u.a. die geringere Intensität der Grundbodenbearbeitung und die geringere Anzahl an Überfahrten im Dammkultursystem.

¹¹ Berechnet von K. Lange, D. Möller (Fachgebiet Betriebswirtschaft, FB Ökologische Agrarwissenschaften der Universität Kassel) und H. Schmidt (Stiftung Ökologie & Landbau)

Untersuchte Schläge

➤Fazit

Boden: gute Struktur im Damm, jedoch Verdichtungshorizont unterhalb der Bearbeitungstiefe, z.T. scharfe Bearbeitungsgrenze; hoher Regenwurmbesatz; bei insgesamt guter Versorgung mit Nährstoffen bisher nur geringe Anreicherung von organischer Substanz und Nährstoffen in der Oberkrume.

Pflanze: bei intensiver mechanischer Regulierung wechselnd starker Unkrautdruck; gute Durchwurzelung des gelockerten Damms; im Untersuchungszeitraum unterdurchschnittliche Erträge.

➤Schlag 1

Vorgeschichte: 1997 umgestellt

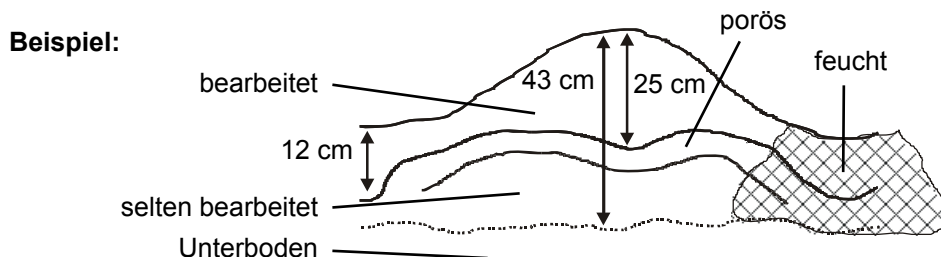
Hauptfrüchte & Bewirtschaftung (wenn vom beschriebenen Produktionsverfahren deutlich abweichend; in Klammern: geschätzter Ertrag in dt/ha):

2000 S.Weizen	flach (34)	2005 Z.Rüben	Damm (380)
2001 Roggen	flach (36)	2006 W.Weizen	Damm (34)
2002 B.Bohnen	Damm (105)	2007 Dinkel	Damm (30)
2003 S.Weizen	Damm (35)	2008 Kartoffeln	Damm (280)
2004 A.Bohnen	Damm (30)	2009 Dinkel	Damm (34)

Bewirtschaftung (Änderung zum Standard): vor Kartoffeln 2008 2 x Ökomat-Schichtengrubber (10-12 cm) & 2 x Dammkulturgerät (25 & 10 cm); vor Dinkelsaat 2009 keine Düngung und nur Nachhäufeln & Spuren lockern (Details in Anhang II)

Standort der Messpunkte: ebener Auenboden; Bodenart schluffig lehmiger Sand (12% Ton, 42% Schluff, 46% Sand: Slu); sehr schwach steinig; 70-80 Bodenpunkte

Bodenbeurteilung (07.2008 Kartoffeln, 90 cm Dämme, ca. 20 cm hoch; 06.2009 Dinkel, 90 cm Dämme, ca. 20 cm hoch):



Damm 0 – 25 cm (bearbeitet): homogen braun; 2008: locker krümelig-bröckelig, gut durchwurzelt; 2009: nur wenige cm locker, darunter auch Damm fest, krümelig-bröckelig, z.T. größere Brocken, aber auch gut durchwurzelt: **gute Struktur**

Damm 25 – 43 cm (selten bearbeitet – z.B. bei Sohlenlockerung): homogen braun: 2008: feste aber poröse Schicht (5 cm), dann dichter, kohärent bröckelig brechend, viele Wurmgänge, deutliche Bearbeitungsgrenze, weniger Wurzeln, z.T. auf der Grenze zur Sohle hin wachsend; 2009: plattig brechend aber porös, viele Wurmgänge, Wurzeln oft in Gängen: **mäßige Struktur**

Damm ab 43 cm (Unterboden, bis 52 cm geprüft): Farbwechsel zu rötlichem Ocker, dicht lagernd, bröckelig, viele Wurmgänge, keine alten Bearbeitungsgrenzen: **mäßige Struktur**

Sohle 0 – 12 cm (bearbeitet): homogen braun, 2008: verschlammte Oberfläche, Boden feuchter als in den anderen Bereichen, sonst wie Damm; 2009: frisch bearbeitet: **gute bis mäßige Struktur**

Eindringwiderstand (11.2008 nach Kartoffeln): zum Teil verdichtete Bereiche unterhalb der bearbeiteten Bodenschicht (Details in Anhang II)

Bodenuntersuchung (unterschiedliche Grautöne: deutliche Differenzen zwischen Schichten):

Bodenphysik & -chemie (Poren, OS & Nt in %, P, K & Mg in mg/100g, Mikronährstoffe in mg/kg)

Tiefe	Poren ¹	OS ²	Nt ³	C/N	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	B	Cu	Mn	Zn
D0-25	49	2,6	0,14	11,0	6,6 C ⁴	15 C	21 C	4 B	0,43 C	2,7 C	160 E	7,6 E
D25-43	43	2,1	0,12	10,3	6,5 C	12 B	9 B	4 B	0,33 C	2,7 C	160 E	6,9 E
D43-50	36	1,3	0,08	9,1	6,3 C	10 B	8 B	5 B	0,27 C	2,7 C	120 E	4,5 E

¹ 07.2008; ² OS: Organische Substanz; ³ Nt: Gesamt-N, ⁴ Buchstaben: LUFA-Versorgungsstufen

Bodenbiologie: im Anhang II & III

Pflanzenentwicklung:

	2008 Speisekartoffeln	2009 Dinkel
Unkraut	01.07.: geringer Unkrautdruck, v.a. auf dem Damm (10-20% Deckungsgrad) Weißer Gänsefuß, Windenknöterich, Taubnessel, rauhaarige Wicke, Klettenlabkraut, Vogelmiere, Reinkohl	17.06.: mäßiger bis hoher Unkrautdruck 50-100% Deckungsgrad auf Damm 10 % zwischen Dämmen Rauhaarige Wicke, Kamille, Klettenlabkraut, Klatschmohn, Distel (einige Nester), Flohknöterich, Ehrenpreis, Vogelmiere, Ackervergissmeinnicht, Ackerstiefmütterchen
Bestand	nach Blüte: gut entwickelter homogener dunkler Bestand, noch nicht geschlossen, Kartoffelkäferlarven an einzelnen Pflanzen Ertrag: 280 dt/ha (Betriebsschätzung, roh)	Blüte: mittelgrüner gleichmäßiger Bestand mit langen Ähren, 5% Gelbrost an Fahnenblatt 182 Ähren/m ² Ertrag 34 dt/ha (Betriebsschätzung)

Zusammenfassung: In beiden Jahren wurde im bearbeiteten Damm eine gute Bodenstruktur verbunden mit einer intensiven Durchwurzelung festgestellt. Unterhalb der häufig bearbeiteten Schicht war der Boden deutlich dichter gelagert und die Durchwurzelung erheblich geringer. Die Sohlen zwischen den Dämmen wiesen oft eine verschlammte Oberfläche und eine mäßige Bodenstruktur auf. Unter dem gelockerten Boden von Damm und

Sohle zeigte sich eine ausgeprägte scharfe Bearbeitungsgrenze. Im gesamten geprüften Profil lag die Regenwurmdichte auf einem hohen Niveau. Bis auf die niedrigen Magnesiumgehalte war der Boden gut mit Nährstoffen versorgt. Die Gehalte an organischer Substanz (OS) in der Krume lagen in einem für Bodenart und Standort normalen Bereich. Wahrscheinlich aufgrund der großen Bearbeitungstiefe, konnte die für eine nicht wendende Bodenbearbeitung typische Anreicherung in der Oberkrume nur in relativ geringem Maße und nur für OS, Phosphat und Kali nachgewiesen werden.

Bei intensiver Pflege war der Unkrautdruck in Kartoffeln gering, auf dem Damm im Dinkel jedoch hoch. Die Kartoffeln erreichten einen mittleren Ertrag. Der Dinkel blieb aufgrund einer nicht optimalen Unkrautregulierung unterdurchschnittlich.

➤ Schlag 2

Vorgeschichte: 1997 umgestellt

Hauptfrüchte & Bewirtschaftung (wenn vom beschriebenen Produktionsverfahren deutlich abweichend; in Klammern: geschätzter Ertrag in dt/ha):

2000 S.Weizen	flach (40)	2005 Z.Rüben	Damm (380)
2001 Roggen	flach	2006 Dinkel	Damm (36)
2002 Roggen	flach	2007 Klee gras	flach
2003 B.Bohnen	Damm (60)	2008 Klee gras	flach
2004 W.Weizen	Damm (35)	2009 W.Weizen	Damm (29)

Bewirtschaftung (Änderung zum Standard): Klee grasumbruch mit Scheibenegge, Grubber und Dammkulturgerät & 2 x Nachhäufeln; 3 x Hacke und Striegel im Weizen (Details in Anhang II)

Standort der Messpunkte: ebener Auenboden; Bodenart schluffig lehmiger Sand (13% Ton, 50% Schluff, 37% Sand: Slu); keine Steine; 70-80 Bodenpunkte

Bodenbeurteilung (07.2008 Klee gras, flach; 06.2009 Dinkel, 90 cm Dämme, ca. 18 cm hoch):

Flach 0-20 cm / Damm 0 – 30 cm (bearbeitet): homogen braun; 2008: porös krümeliger Wurzelfilz, nach unten grob bröckelig, ab 8 cm deutlich dichter, keine deutlichen Bearbeitungsgrenzen, sehr gut durchwurzelt, nach unten abnehmend, viele Regenwürmer und Gänge; 2009: krümelig-bröckelig, nach unten grober, sehr gut durchwurzelt, viel Wurmgänge: **gute Struktur**

Damm 30 – 43 cm (selten bearbeitet – z.B. bei Sohlenlockerung): nur 2009: trocken, homogen braun, dicht, plattig brechend mit wenigen kleinen Poren, viele Wurmgänge, mäßige Durchwurzelung oft durch Wurmgänge: **mäßige Struktur**

Damm ab 43 cm (Unterboden, bis 52 cm geprüft): Farbwechsel zu rötlichem Ocker, dicht lagernd, bröckelig, viele Wurmgänge, keine alten Bearbeitungsgrenzen: **mäßige Struktur**

Sohle 0 – 12 cm (bearbeitet): nur 2009: homogen braun, feuchter, dichter, weniger krümelig und weniger durchwurzelt als im Damm: **gute bis mäßige Struktur**

Eindringwiderstand (11.2008 nach Kartoffeln): deutlich verdichteter Horizont unterhalb der bearbeiteten Bodenschicht (30-50 cm unter Damm) (Details in Anhang II)

Bodenuntersuchung (unterschiedliche Grautöne: deutliche Differenzen zwischen Schichten):

Bodenphysik & -chemie (Poren, OS & Nt in %, P, K & Mg in mg/100g, Mikronährstoffe in mg/kg)

Tiefe	Poren ¹	OS ²	Nt ³	C/N	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	B	Cu	Mn	Zn
D0-30	nb	2,4	0,14	10,1	6,4 C ⁴	20 C	20 C	5 B	0,56 E	2,5 C	182 E	8,4 E
D30-43	40	1,7	0,10	9,7	6,2 B	20 C	13 B	4 B	0,55 E	2,8 C	183 E	7,7 E
D43-50	37	1,2	0,07	9,7	6,5 C	16 C	10 B	4 B	0,43 C	2,7 C	171 E	4,2 E

¹ 07.2008; ² OS: Organische Substanz; ³ Nt: Gesamt-N, ⁴ Buchstaben: LUFA-Versorgungsstufen

Bodenbiologie: im Anhang II & III

Pflanzenentwicklung:

	2008 Klee gras	2009 W. Weizen
Unkraut	25.06.: keine Unkräuter bis auf eine kleine Distel	17.06.: geringer Unkrautdruck (10% Deckungsgrad) fast nur an Dammflanke Kamille, Klatschmohn, rauhaarige Wicke, Vogelmiere, W.Gänsefuß, Ehrenpreis, Ackerstiefmütterchen, Ackervergissmeinnicht
Bestand	nach 1. Schnitte, 15 cm hoch: gut entwickelter homogener Bestand mit ca. 50% Kleeanteil, einzelnen alte Mäusenester mit weniger Klee	Blüte: dunkelgrüner gleichmäßiger Bestand mit langen Ähren, Ø 50% Gelbrost an Fahnenblatt, einzelne Blattläuse 182 Ähren/m ² Ertrag 29 dt/ha (Betriebsschätzung)

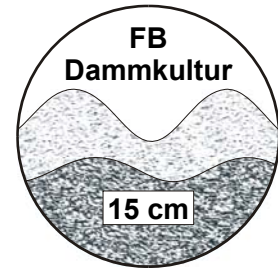
Zusammenfassung: Im bearbeiteten Damm wurde eine gute Bodenstruktur verbunden mit einer intensiven Durchwurzelung festgestellt. Unterhalb der häufig bearbeiteten Oberkrume lag ein sehr fester Horizont, mit mäßiger Struktur und Durchwurzelung. Eine scharfe Bearbeitungsgrenze zeigte sich jedoch nicht. Die Bodenstruktur der Sohlen war schlechter als im Damm, jedoch meist feuchter. Im gesamten geprüften Profil lag die Regenwurmdichte auf einem hohen Niveau. Bis auf die niedrigen Magnesiumgehalte war der Boden gut mit Nährstoffen versorgt. Die Gehalte an organischer Substanz (OS) in der Krume lagen in einem für Bodenart und Standort normalen Bereich. Wahrscheinlich aufgrund der großen Bearbeitungstiefe konnte die für eine nicht wendende Bodenbearbeitung typische Anreicherung in der Oberkrume nur in relativ geringem Maße und nur für OS und Kali nachgewiesen werden.

Im Weizen nach Klee gras war der Unkrautdruck bei intensiver Pflege gering. Der gut ernährte Bestand erreichte v.a. aufgrund des starken Gelbrost-Befalls und der Frühsommertrockenheit nicht die mittleren Ertragserwartungen.

2.3.14. Betriebsbeispiel 13 (B13)

Betriebsbeschreibung

Feuchter und kühler Standort mit meist schweren Böden. Intensiver Ackerbau mit hohem Anteil Feldgemüse und geringem Klee-Hauptfrucht-Anteil. Marktfruchtanbau seit 14 Jahren auf 80-cm-Dämmen mit einer Arbeitstiefe von maximal 15-20 cm. Erwartetes Ø-Ertragsniveau ca. 40 dt/ha Sommerweizen.



➤ Standort (Nordrhein-Westfalen)

Höhe: ca. 320 - 370 m ü. NN

Niederschlag: Ø 950 mm/a

Temperatur: Ø 7,2°C

Bodenart: Lehm & Ton, 10% lehmiger Sand

Bodentypen: Rendzina & Parabraunerde auf Muschelkalkverwitterung & Mergel, dünne Lößauflagen

Ackerzahl: Ø 35 - 55 (28 - 75)

Gefälle: leicht hängig bis hängig

Bemerkungen Boden: zT. schwere und staunasse Bereich

Wichtige Wurzelunkräuter: Ackerkratzdistel, Quecke (zu Beginn der Dammkultur, nimmt ab)

Wichtige einjährige Unkräuter: Ackerfuchsschwanz, Vogelmiere, Kamille, jährige Rispe, Ackerwinde, Weißer Gänsefuß

➤ Betriebsstruktur

Fläche: 110 ha Ackerland; 10 ha Grünland

davon Pacht: 97 ha, **Pachtniveau:** Ø 500 €/ha

Schlaggröße: Ø 5 ha (0,6 - 12)

Schlagentfernung: 0 - 5 km)

Betriebszweige: Ackerbau mit Feldgemüse, Mastschweine, Lohnrocknung & -darre (Grünkern), Maschinenentwicklung, Maschinenverleih bzw. Lohnarbeit

Ökonomische Bedeutung Ackerbau: 90% (v.a. Feldgemüsebau)

Anzahl Tiere: 220 Mastschweine / Jahr (100 Mastplätze, 0,13 GV/ha)

Arbeitskräfte: 2 AK fest (zur Zeit 8) & bis zu 30 Helfer (ca. 15.000 St./Jahr)

➤ Betriebsgeschichte

Umstellungsjahr: 1989, Naturland dann Gäa

Vor Umstellung: ca. 70 ha Ackerbau (mit Saatgutvermehrung), Sauenhaltung und Schweinemast

➤ Pflanzenbau

Fruchtfolge: Variable Fruchtfolgen nach Marktanforderungen unter Berücksichtigung des Bodenzustands (Beispiele: Fruchtfolge 1: Kalkverwitterungsböden, nicht gemüsefähig; Fruchtfolge 2: gemüsefähige Böden)

Fruchtfolge 1 (ca. 1/3)	Fruchtfolge 2 (ca. 2/3)
Rotklee + Weißklee	Rotklee + Weißklee / Ackerbohnen US ¹
Rotklee + Weißklee	Kohlarten
Hafer	Porree
Wintergetreide US ¹	S.Weizen US ¹
Wintergetreide US ¹	Zuckerrüben
Ackerbohnen US ¹	Dinkel US ^{1 o. 2}
Sommergetreide z.T. US ²	

¹ Weißklee

² Kleeansaat z.T. als Untersaat, z.T. als Blanksaat im Sommer

Anbauumfang: Durchschnittliche Flächenanteile (variierend) und Erträge

Frucht	Ø Erträge [dt/ha]	Flächenanteil [%]
Rotklee+ Weißklee		10
S.Ackerbohnen	40	10
Buschbohnen	30-60	4
Dinkel	25 ¹	21
Grünkern	17 ¹	12
Hafer	40	21
S.Weizen	40	3
Zuckerrüben	400	5
Kohlarten (Weißkohl)	300-800 (300)	10
Porree	170-400	4
US	-	45

¹ ohne Spelz

Düngung: Schweinemist von ca. 220 Tieren/Jahr (ca. 80 t/a); Import von ca. 200 m³ Schafsmist & ca. 400 m³ Rindermist (Kooperation mit Rinderbetrieb: Tausch Mist gegen Klee von langjährigen Kleeflächen); zu allen Nichtleguminosen 15 t Mist/ha; bei Gemüse und Hackfrüchten +50-60 kg N/ha als Haarmehlpellets, bei Zuckerrüben 30-40 kg N/ha; Stroh von 20 ha geerntet

Saat: je Kulturart verschieden (flach: Drillmaschine, Damm: Einzel- Vierer-Reihen auf Damm)

Ernte & Aufbereitung: Druschfruchternte & Buschbohnernte durch Lohnunternehmer, z.T. eigene Lagerung und Aufbereitung (Saatgut), Zuckerrüben eigene Technik, Gemüse von Hand mit Aufbereitung

➤ Bodenbearbeitung

Geschichte: Grundbodenbearbeitung bis 1995 Pflug mit Packer auf 20-25 cm; seit 1995 Dammkultur (erst Turiel dann FB, kontinuierliche Weiterentwicklung des Systems und der verwendeten Geräte & Werkzeuge)

Gegenwärtige Bodenbearbeitung:

Grundbodenbearbeitung: Dammkulturgerät (Häufeln, Umhäufeln und Nachhäufeln mit unterschiedlichen Werkzeugen) auf 15 bis 20 cm Tiefe (tiefer bei der Sohlenlockerung, gemessen bei flachem, abgesetztem Boden vor Bearbeitung), vor Klee Federzinkengrubber auf max. 15 cm Tiefe

Kleegrasumbruch: Dammkulturgerät mit Flachscharen auf 10-12 cm Tiefe

Saatbettbereitung: Dammkulturgerät (unterschiedliche Werkzeuge), Kreiselegge bei Flachsart

Mech. Pflege: Dammkulturgerät (unterschiedliche Werkzeuge), Hacke, Striegel

Beweggründe (zu Beginn): Distelregulierung; Steigerung der Erträge und der Backqualität von Getreide

Entwicklung nach Umstellung der Bodenbearbeitung: deutliche Reduzierung der Wurzelunkräuter; z.T. deutlicher Ertragsanstieg und Qualitätsverbesserung bei Marktfrüchten; verbesserter Wasserhaushalt; bei Staunässe erhöhte Überlebenschancen der Pflanzen; hohes Porenvolumen und elastische Bodenstruktur im Damm → weniger auffrieren; verbesserte Bodengare; Zunahme der Regenwurmdichte; erhebliche Einsparungen an Treibstoff und Arbeitszeit

Bewertung / Probleme: Umhäufeln bei nassem Herbst; langsames Abtrocknen der Dämme im Kern; langsame Erwärmung abgesetzter Dämme im Frühjahr (im Vergleich zu grobscholliger Pflugarbeit); Vergrasung auf nassen, kalten, schweren Böden; anfangs häufiges Umrüsten (Test- & Lernphase); System noch wenig erforscht & wenige praktische Erfahrungen → Betriebsleiter muss neu lernen, wenig kompetente Fachberatung

Praktische Hinweise: wichtig ist der Austausch mit anderen Dammkultur-Landwirten und die Informationen auf Vortragsveranstaltungen

➤ Maschinen

Schlepper: Deutz 120 PS; Deutz 85 PS; JHC 85 PS, JHC 70 PS; normal bereift (30-50 cm Breite, Luftdruck 0,8-1 bar)

Ackerbau:

- FB Dammkulturgerät (Firma Frost), 3,2 / 4,8 m (4 / 6 x 80 cm)
- FB Dammkulturgerät (Firma Frost), 3,2 / 4,8 m (leichte Ausführung, 4 / 6 x 80 cm)

Werkzeuge: Kegellifter, Häufelkörper, Streifenhäufler, Talschäler, Kronenräumer, Flachschar (80 cm), Striegel, Rollstriegel, Gänsefußschare, Fingerhacke, Werkzeuge zur pneumatischen Unkrautbekämpfung

Frontsätank, Verteiler, Saatschuhe

- Kongskilde Federzinkengrubber, 4 – 4,8 m, mit Sternnachläufer
- Rekord Scheibenegge, 3 m

- 2 Gemüse-Pflanzmaschinen, 4reihig (4 x 80 cm)
- Einböck Fronthacke, 3,2 – 4,8 m, Gänsefußschare, Werkzeuge zur pneumatischen Unkrautbekämpfung
- Treffler Striegel, 6,4 m
- Walze, 4 m
- Weitere: Jätflieger (6,4 m), Miststreuer (17 m³, 15 m, im Lohn), Mulcher (3 m), Rübenroder (einreihig), Ernteband; Kreiselegge & Drillmaschine im Lohn

➤Produktionsverfahren

Die Produktionsverfahren werden auf dem Betrieb jeweils den Boden- und Unkrautbedingungen angepasst. Die nachfolgend beschriebenen Verfahren sind deshalb als Beispiele zu sehen. Bei diesen wird – wenn nicht anders beschrieben – davon ausgegangen, dass bei einer Bearbeitung mit dem Dammkulturgerät bei bestehenden Dämmen diese erhalten bleiben. In vielen Fällen kann jedoch aus Gründen der Bodenstruktur oder des Unkrautdrucks ein Umhäufeln, d.h. ein Versetzen der Dämme um die halbe Dammbreite, nötig sein (evtl. höherer Kraft- und Zeitbedarf).

	Zeitraum	Gerät (Schlepper-PS & Geschwindigkeit)	Tiefe
Klee nach Getreide			
möglichst als Untersaat (Dämme)			
Saat	04	Pneumatikstreuer & Striegel (85 PS)	
als Blanksaat (nur bei angestrebter Futternutzung → Flachanbau)			
Bodenb.	08-09	2 x Federzinken-Grubber (120 PS, 10 km/h)	15 cm
Saat	08-09	Kreiselegge & Drillmaschine (120 PS, 8 km/h)	2 cm
Pflege	09	1 x Walze (85 PS)	
Schnitte	M 05, E 06, M 07	Mulcher (85 PS)	
Umbruch vor Wintergetreide (selten)			
Bodenb.	A 09	2 x Dammkulturgerät m. Flachschar (120 PS, 8-10 km/h) z.T. alternativ Scheibenegge & Kreiselegge	10-12 cm
Bodenb.	A 09	1-2 x Dammkulturgerät m. Häufelkörper (120 PS, 8-10 km/h)	15 cm
Umbruch vor Sommerfrucht			
Nutzung	Herbst	1-2 Abweiden mit Schafen	
Bodenb.	02-04	2 x Dammkulturgerät m. Flachschar (120 PS, 8-10 km/h)	5-8 cm
Bodenb.	02-04	2 x Dammkulturgerät m. Häufelkörper (120 PS, 8-10 km/h)	15 cm
Wintergetreide (6 x 80 cm Dämme)			
Saat	ab E 09	Dammkulturgerät m. Kronenräumer, Säschuhen, Häufelkörper & Striegel; 4 Reihen/80-cm-Damm (80% der normalen Saatgutmenge) (120 PS, 8 km/h)	6 cm ¹
Pflege	Herbst	z.T. Striegel (80 PS)	
Pflege	Frühjahr	Striegel (80 PS)	
Düngung	Frühjahr	15 t/ha Mist	

	Zeitraum	Gerät (Schlepper-PS & Geschwindigkeit)	Tiefe
Pflege & Saat	Frühjahr ab Schossen	Dammkulturgerät m. Talschäler, Dorn, Reihenstriegel & Weißkleeuntersaat (120 PS, 6 km/h)	3-10 cm ¹
Saat	04	oder: Weißkleeuntersaat: Pneumatikstreuer & Striegel (80 PS)	
Ernte	07-08	Mähdrescher, Stroh häckseln / ernten	
vor Wintergetreide			
Bodenb.	A 09	Dammkulturgerät m. Flachschar & Häufelkörper (120 PS, 8-10 km/h) oder Grubber (PS 120, 10 km/h)	10 cm
Bodenb.	M 09	Auf- oder Umhäufeln: Dammkulturgerät m. Dorn, Häufelkörper & Striegel (120 PS, 10 km/h)	15 cm
Bodenb.	n. 8-10 T.	bei hohem Disteldruck Umhäufeln: Dammkulturgerät m. Dorn, Häufelkörper (120 PS, 8 km/h)	6 cm ¹
vor Sommerfrucht			
Nutzung	Herbst	1-2 Abweiden mit Schafen	
Bodenb.	02-03	1 x (2 x bei Gemüse) Dammkulturgerät m. Kronenräumer, Talschäler & Häufelkörper (120 PS)	5-10 cm ²
Ackerbohnen (6 x 80 cm Dämme)			
Saat	03	Abschleppen & Saat: Dammkulturgerät m. Kronenräumer, kleine Häufelkörper, Säschuhen & Striegel; 2 Reihen/80-cm-Damm (120 PS, 8 km/h)	8-10 cm ¹
Pflege	03	Blindstriegeln (85 PS)	
Pflege	04-05	2 x Dammkulturgerät m. Spitzschar, Talschäler & Striegel (85 PS, 6 km/h)	6 cm ¹
Saat	04-05	Weißklee, Pneumatikstreuer & Striegel (80 PS)	
Ernte	M 09	Mähdrescher	
vor Wintergetreide			
Bodenb.	M 09	Dammkulturgerät m. Kronenräumer, Flachschar & Häufelkörper (120 PS, 8 km/h)	6 cm ¹
vor Sommerfrucht: wie nach Wintergetreide			
Hafer (Sommergetreide; 6 x 80 cm Dämme)			
Saat	02-03	Dammkulturgerät m. Kronenräumer, Säschuhen, kleine Häufelkörper & Striegel; 4 Reihen/80-cm-Damm (80% der normalen Saatgutmenge) (120 PS, 8 km/h)	6 cm ¹
Pflege	n 10 T.	Blindstriegeln mit Grünlandblechen (85 PS)	
Pflege	03-04	Striegel (85 PS)	
Düngung	Frühjahr	15 t/ha Mist	
Ernte	08	Mähdrescher, Stroh häckseln / ernten	
weiter: wie bei Wintergetreide			

	Zeitraum	Gerät (Schlepper-PS & Geschwindigkeit)	Tiefe
Zuckerrüben (6 x 80 cm Dämme)			
Düngung	02	15 t/ha Mist; 30-40 kg N/ha Haarmehlpellets	
Saat	M 04	Einzelkornsägerät; 1 Reihe/80 cm Damm	
Pflege	M 04	Voraufbau: Dammkulturgerät (Front) mit Fingerhacke (85 PS, 4-6 km/h)	
Pflege	n. 10 T.	Dammkulturgerät (Front) mit Gänsefußscharen, Fingerhacke & Talschälern (85 PS, 4-6 km/h)	
Pflege	n. 10 T.	Dammkulturgerät (Front) mit Gänsefußscharen, Fingerhacke, Talschälern & pneumatisches Werkzeug (85 PS, 4-6 km/h)	
Pflege	ab 4. Blatt	z.T. von Hand jäten, Jätflieger (ca. 50 St./ha)	
Pflege	n. 30 T.	Dammkulturgerät. mit Talschäler, Dorn & Häufelkörper (85 PS, 6 km/h)	10 cm
Ernte	09-10	einreihiger Rübenroder	
Weißkohl (4 x 80 cm Dämme)			
Düngung	02	15 t/ha Mist, Haarmehlpellets 50-60 kg N/ha	
Pflanzen	A 06	Pflanzmaschine; 1 Reihe/80 cm Damm (27.000 Pfl./ha)	
Pflege	n. 10 T.	Dammkulturgerät (Front) mit Gänsefußscharen, Fingerhacke & Talschälern (85 PS, 4-6 km/h)	
Pflege	n. 10 T.	Dammkulturgerät (Front) mit Gänsefußscharen, Fingerhacke, Talschälern & pneumatisches Werkzeug (85 PS, 4 km/h)	
Pflege	n. 30 T.	Dammkulturgerät m. Talschäler, Dorn & Häufelkörper (85 PS, 6 km/h)	10 cm
Ernte	10	Ernte & Putzen von Hand (8 AK x 15 St/ha)	
Nutzung	Herbst	Abweiden mit Schafen	
Pflege	bei Frost	oder Mulcher (85 PS)	
Bodenb.	Frühjahr	Dammkultur. m. Kronenräumer, Talschäler & Häufelkörper (6 x 80 cm Dämme; 120 PS, 8 km/h)	5-10 cm ¹
Bodenb.+ Düngung	n. Auflauf v. Unkraut	Dammkultur. m. Dorn & Häufelkörper; Pneumatikstreuer: Haarmehlpellets 50-60 kg N/ha (120 PS, 6 km/h)	15 cm
Bodenb.	Frühjahr	Dammkultur. m. Dorn & Häufelkörper (120 PS, 8 km/h)	6 cm ¹
Porree (4 x 80 cm Dämme)			
Pflanzen	A 06	Pflanzmaschine; 1 Reihe/80 cm Damm (100.000 Pfl./ha)	
Pflege	ab 10 T.	2-3 x Dammkulturgerät (Front) mit Gänsefußscharen, Fingerhacke, Talschälern & pneumatisches Werkzeug (85 PS, 4-6 km/h)	
Pflege		bei hohem Distelbesatz: von Hand jäten, Jätflieger (ca. 50 St./ha)	
Ernte	09-01	Ernte & Putzen von Hand (8 AK 75 St/ha)	
Bodenb.	02-03	1 x (2 x bei Gemüse) Flach schälen: Dammkulturgerät m. Kronenräumer, Talschäler & Häufelkörper (120 PS, 8 km/h)	5-10 cm ¹

	Zeitraum	Gerät (Schlepper-PS & Geschwindigkeit)	Tiefe
Buschbohnen (6 x 80 cm Dämme)			
Saat	M 06	Dammkulturgerät m. Kronenschäler, kleine Häufelkörper, Säschuhen & Striegel; 2 Reihen/80 cm Damm (40 Körner/m ²) (120 PS, 8 km/h)	6 cm ¹
Pflege	n 10 T.	Blinstriegeln mit Grünlandblechen (85 PS, 6 km/h)	
Pflege		2 x Dammkulturgerät m. Spitzschar, Talschäler & kleine Häufelkörper + extra Striegel (85 PS, 4-6 km/h)	6 cm ¹
Ernte	E 08	Vollernter	
Bodenb.	09	direkt Saat von Wintergetreide oder bei deutlichen Schäden durch Vollernter: Dammkulturgerät m. Kronenräumer, Talschäler & Häufelkörper (120 PS, 8 km/h)	5-10 cm ¹

¹ ∅ Bearbeitungstiefe im abgesetzten Damm bzw. im lockeren Boden

Energie & Ökonomie

Modellrechnung¹²: Vergleich von einem Dammkultursystem (in Anlehnung an die oben genannten Betriebsleiterangaben) und einem theoretischem Pflug-System (25 cm Arbeitstiefe, bis auf Bodenbearbeitung dem Dammkultursystem möglichst ähnlich) in einer vereinfachten, für beide Systeme identischen Fruchtfolge. Datengrundlage: oben genannte Betriebsleiterangaben, eigene Zugkraftbedarfsmessungen, Schätzwerte, KTBL- und andere Literaturangaben. Details zu Ergebnissen sowie zu den zugrunde liegenden Werten und Kosten sind im Anhang II und im CD-Anhang aufgeführt.

	Dammkultur	Pflug	Einsparung
Dieselvebrauch [l/ha pro Jahr]	77 (75) ²	112 (120)	35 (45)
Arbeitszeitbedarf ¹ [Akh/ha pro Jahr]	161 (162)	165 (165)	4 (3)
Arbeitserledigungskosten ¹ [€/ha pro Jahr]	2.032 (2.041)	2.129 (2.136)	97 (95)

¹ Umrüstzeiten für das Dammkulturgerät wurden nicht berücksichtigt; unberücksichtigt: Transporte, Betriebsführung und allgem. Betriebsarbeiten

² in Klammern: Verwendung von Betriebsschätzwerten für Diesel- & Zeitbedarf

Bewertung: Im Vergleich zu den anderen Betrieben wurde hier ein hohes Diesel-Einsparpotential berechnet. Das ist vor allem auf den geringeren Bedarf bei der Grundbodenbearbeitung und der Saatbettbereitung sowie die geringere Anzahl an Überfahrten und die größere Arbeitsbreite im Dammkultursystem zurückzuführen. Der Arbeitszeitbedarf und die Arbeitserledigungskosten liegen aufgrund des hohen Zeitbedarfs bei der Gemüseernte auf einem sehr hohen Niveau. Die Einsparung von 4 Akh/ha und Jahr liegen über dem Durchschnitt der Betriebe. Die Differenz in den Arbeitserledigungskosten ist sowohl auf den unterschiedlichen Treibstoff- als auch Arbeitszeitbedarf zurückzuführen.

¹² Berechnet von K. Lange, D. Möller (Fachgebiet Betriebswirtschaft, FB Ökologische Agrarwissenschaften der Universität Kassel) und H. Schmidt (Stiftung Ökologie & Landbau)

Untersuchte Schläge

➤Fazit

Boden: positive aber labile Struktur durch intensives mechanisches Lockern und eine intensive Fruchtfolge mit hohem Hackfruchtanteil; Anreicherung von organischer Substanz in der Oberkrume kann langfristig Oberflächenstruktur verbessern; z.T. Verdichtungen unterhalb der bearbeiteten Schicht durch Hackfruchternten bei ungünstigen Bedingungen, aber viele Regenwurmgänge bis in den Unterboden

Pflanze: bei intensiver mechanischer Regulierung geringer Unkrautdruck; gute Durchwurzelung des gelockerten Damms; befriedigende Bestandesentwicklung und Erträge

➤Schlag 1

Vorgeschichte: ab 2003 übernommen, ab 2004 Dammkultur

Hauptfrüchte & Bewirtschaftung (wenn vom beschriebenen Produktionsverfahren deutlich abweichend; in Klammern: geschätzter Ertrag in dt/ha):

2002 Stilllegung (mehrfährig)	2006 Kohl	(50-100)
2003 S.Gerste	2007 Lauch	(80-300)
2004 Triticale	2008 Dinkel	(30)
2005 A.Bohnen	2009 Klee gras	flach

Bewirtschaftung (Änderung zum Standard): keine Mistdüngung vor dem Dinkel 2008, statt dessen 10 m³ Jauche im Mai (Details in Anhang II)

Standort der Messpunkte: ebener Schlag; Braunerde auf Sandstein mit Lößauflage; mittel toniger Schluff (15% Ton, 75% Schluff, 10% Sand: Ut3); schwach steinig; 35 Bodenpunkte

Bodenbeurteilung (07.2008 Dinkel, 80 cm Dämme, ca. 20 cm hoch; 06.2009 Klee, flach)

Damm 0 – 15 cm (bearbeitet): 2008: homogen braun, einzelne Steine, bröckelig-krümelig mit alten großen Kluten, locker, dicht durchwurzelt: **mittlere bis günstige Struktur**

Damm 15 – 30 cm (selten bearbeitet – z.B. bei Sohlenlockerung): braun mit wenig hellen Flecken, einzelne Steine, fest, deutliche Bearbeitungsgrenze (stark wechselnde Tiefe), bröckelig porös, einige Wurmgänge, gut durchwurzelt; 2009: Bearbeitungsgrenze kaum zu erkennen: **mittlere bis günstige Struktur**

Damm ab 30 cm (Unterboden, bis 50 cm geprüft): braun-ocker, zunehmend steiniger, deutlich fester, plattig, meist scharfkantig brechend, viele Regenwurmgänge, Wurzeln v.a. in Gängen: **mäßige Struktur**

Sohle 0 – 10 cm (bearbeitet): braun mit eingewaschenem hellen Material, etwas fester als Damm, bröckelig-krümelig, gut durchwurzelt (Unkraut): **mittlere bis günstige Struktur**

Eindringwiderstand (11.2008 nach Dinkel): kein deutlicher Verdichtungshorizont (Details in Anhang II)

Bodenuntersuchung (unterschiedliche Grautöne: deutliche Differenzen zwischen Schichten):

Bodenphysik & -chemie (Poren, OS & Nt in %, P, K & Mg in mg/100g, Mikronährstoffe in mg/kg)

Tiefe	Poren ¹	OS ²	Nt ³	C/N	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	B	Cu	Mn	Zn
D0-15	57	3,8	0,20	11,3	6,1 B ⁴	11 B	26 D	8 C	0,14 A	1,3 A	46 C	4,9 E
D15-30	53	2,9	0,15	11,0	4,8 A	9 B	12 C	4 B	0,10 A	2,0 A	31 C	4,2 E
D30-50	50	2,0	0,10	11,3	5,4 B	4 A	10 B	4 B	0,01 A	0,8 A	11 A	1,4 A

¹ 07.2008; ² OS: Organische Substanz; ³ Nt: Gesamt-N, ⁴ Buchstaben: LUFA-Versorgungsstufen

Bodenbiologie: im Anhang II & III

Pflanzenentwicklung:

	2008 Dinkel (Ertrag ohne Spelz)	2009 Klee
Unkraut	09.10.: geringer Unkrautdruck (20% Deckungsgrad; v.a Sohlen an Dämmen mit geringerer Dinkeldichte) Kamille, Ackerhohlzahn, Ackerstiefmütterchen, Vogelmiere, Weißer Gänsefuß, Hirtentäschel, Flohknöterich, Gänsedistel; etwas Klee (Untersaat)	01.07.: mäßiger Unkrautdruck (30-50% Deckungsgrad) Kamille, Ackervergissmeinnicht, rauhaarige Wicke, Gräser
Bestand	Blüte: dunkelgrüner dichter Bestand auf ca. 40 cm des Damms, einzelne schlechter stehenden Dämmen, 10-20% Mehltau & etwas Braunrost (Fahnenblatt) 300 Ähren/m ² (Bereich ohne Lücken) Ertrag: 30 dt/ha (Betriebsschätzung)	kurz nach 2. Schnitt: z.T. lückiger Kleebestand 50-80% Deckungsgrad

Zusammenfassung: Die Krume wies bis 30 cm eine günstige Bodenstruktur auf und war vor allem im Damm gut durchwurzelt. Die Regenwurmdichte lag auf hohem Niveau. Bei den bodenchemischen Parametern fallen der geringe pH-Wert und die niedrigen Gehalte von Kupfer und Bor auf.

Die Gehalte an organischer Substanz (OS) in der Krume lagen in einem für die Bodenart guten Bereich. Die bodenbiologischen Untersuchungen lassen auf eine geringe Belebtheit der OS, verbunden mit einer geringen Aktivität schließen. Dies kann z.T. mit den niedrigen pH-Werten, aber auch mit dem Einfluss der wenige Tage vor der Beprobung erfolgten Jauchedüngung zusammenhängen.

Sowohl bei einer Reihe von Nährstoffen als auch bei der OS konnte die für eine nicht wendende Bearbeitung typische Anreicherung in der Oberkrume nachgewiesen werden. Deutliche Verdichtungshorizonte wurden nicht gefunden.

Der Unkrautdruck im Getreide war gering. Kamille und Ackerhohlzahn kamen am häufigsten vor. Der Ertrag lag deutlich über den mittleren Erwartungen. Aufgrund der ungleichmäßigen Jauchedüngung traten kleinräumig große Unterschiede in der Bestandesentwicklung auf.

➤ Schlag 2

Vorgeschichte: ab 2003 übernommen, ab 2004 Dammkultur

Hauptfrüchte & Bewirtschaftung (wenn vom beschriebenen Produktionsverfahren deutlich abweichend; in Klammern: geschätzter Ertrag in dt/ha):

2002	mit Distelnestern übernommen	2006	Z.Rüben (455)
2003	Kleegras	2007	Weißkohl Industriekohl (700)
2004	Kleegras & Kohl	2008	S.Weizen (30)
2005	Lauch (250)	2009	Lauch (300)

Bewirtschaftung (Änderung zum Standard): 2007 nach Weißkohl vor S.Weizen statt Umhäufeln nur flaches Grubbern, keine Düngung (Details in Anhang II)

Standort der Messpunkte: oberer Bereich eines schwach geneigten Nordhangs; Braunerde über Mergel (dünne Lößauflage auf tonigerem – 30% – Unterboden); Oberboden stark toniger Schluff (20% Ton, 77% Schluff, 3% Sand: Ut4); keine Steine; 50 Bodenpunkte

Bodenbeurteilung (10.2007 Weißkohl, 80 cm Dämme, Höhe ca. 15 cm; 07.2008 S.Weizen 80 cm Dämme, Höhe ca. 15-20 cm; 06.2009 Porree, 80 cm Dämme, Höhe 0 – 6-10 cm hoch, noch nicht aufgehäufelt):

Beispiel:



Damm 0 – 18cm (bearbeitet): homogen braun, 2007: sehr dichte & verschlammte Oberfläche, trotzdem gut durchwurzelt, viele Regenwurmgänge; 2008: unter verschlammter Kruste 2-3 cm lockerer Boden, dann sehr fest, Einzelkorngefüge, mäßig durchwurzelt, viele Regenwurmgänge; 2009: frisch bearbeitet, bröckelig-krümelig:

labile mäßige Struktur

Damm 18 – 28 cm (selten bearbeitet – z.B. bei Sohlenlockerung): braun, z.T rostfleckig, fest aber porös, keine Bearbeitungssohle, bröckelig-polyedrisch, viele Wurmgänge; 2008: mehr Wurzeln als im Damm: **mäßige Struktur**

Damm ab 28 cm (Unterboden, bis 40 cm geprüft): scharfer Farbwechsel zu ocker, z.T. rostfleckig, dicht polyedrisch, wenn feucht dann klebrig, viele Wurmgänge, keine alten Bearbeitungssohlen: **mäßige bis schlechte Struktur**

Sohle 0 – 10 cm (bearbeitet): homogen braun, 2007: bearbeitet locker; 2008: lockerer und feuchter als im Damm, bröckelig, gut durchwurzelt (Unkraut), einige Wurmgänge; 2009: frisch bearbeitet, bröckelig-krümelig: **mäßige Struktur**

Eindringwiderstand (11.2008 nach Sommerweizen): deutlicher Verdichtungshorizont von 25 bis 35 cm (von Dammkrone) (Details in Anhang II)

Bodenuntersuchung (unterschiedliche Grautöne: deutliche Differenzen zwischen Schichten):

Bodenphysik & -chemie (Poren, OS & Nt in %, P, K & Mg in mg/100g, Mikronährstoffe in mg/kg)

Tiefe	Poren	OS	Nt	C/N	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	B	Cu	Mn	Zn
D0-18	50	2,6	0,16	9,4	6,0 B	10 B	15 C	11 D	0,39 C	2,0 C	246 E	7,6 E
D18-28	45	2,4										
D28-40	43	1,2	0,07	10,4	6,4 B	2 A	9 B	12 D	0,33 A	1,9 C	257 E	7,2 E
S0-10	50	2,6	0,15	9,4	6,6 C	10 B	20 D	12 D	0,21 A	0,8 A	42 B	1,3 B

¹ 07.2008; ² OS: Organische Substanz; ³ Nt: Gesamt-N, ⁴ Buchstaben: LUFA-Versorgungsstufen

Bodenbiologie: im Anhang II & III

Pflanzenentwicklung:

	2007 Weißkohl	2008 Sommerweizen
Unkraut	09.10.: geringer Unkrautdruck (15% Deckungsgrad) Distel (kleine Pflanzen, einzelne große), Grasbüschel (klein), Flohknöterich, Kamille (einzelne große Pflanzen)	01.07.: mäßiger bis hoher Unkrautdruck (60-70% Deckungsgrad) Distel (große Nester), Kamille, Hirten-täschel, Vogelmiere, Weißer Gänsefuß, Ackerfuchsschwanz, Windhalm, Flohknöterich; etwas kleiner Klee (Untersaat)
Bestand	Kurz vor Ernte: gut entwickelter heller Bestand, aufgrund 80 cm Dämme locker Ertrag: 60-80 t/ha (Betriebsschätzung)	Blüte: heller, ungleichmäßiger, dünner & gesunder Bestand mit kurzen Ähren 125 Ähren/m ² Ertrag: 33 dt/ha (Messpunkte) (Betriebsschätzung: 30 dt/ha)

Zusammenfassung: Die mäßige und labile Bodenstruktur der Oberkrume kann sowohl mit dem hohen Schluffgehalt als auch mit dem hohen Anteil an Hackfrüchten und dem geringen Anteil an Futterleguminosen-Hauptfrüchten in der Fruchtfolge zusammenhängen. Weiterhin hat der Versuch, nach dem Kohlanbau auf eine intensive Bearbeitung zu verzichten zu einer kompakten Struktur des Bodens geführt. Vor allem im Damm war der Boden trotzdem gut durchwurzelt und die Regenwurmdichte war hoch.

Für den kühlen und relativ schweren Standort lag der Gehalt an organischer Substanz (OS) in der Krume auf niedrigem Niveau. Der Anteil mikrobieller Biomasse an der OS war durchschnittlich. Das enge C/N-Verhältnis in der OS und in der mikrobiellen Biomasse sowie die hohen Werte für Enzymaktivitäten weisen auf ein umsatzfreudiges Bodenleben hin. Dies kann mit der hohen Anbauintensität und der Zufuhr stickstoffreicher Zukaufsdünger zusammenhängen.

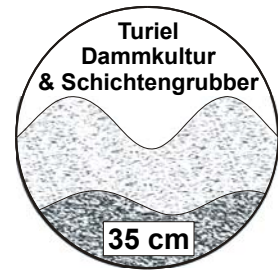
Unterhalb der bearbeiteten Krume wurden deutliche Verdichtungshorizonte gefunden, die wahrscheinlich v.a. bei ungünstigen Bodenbedingungen bei vorangegangenen Gemüseernten entstanden sind.

Nach Verzicht auf ein Umhäufeln vor Anbau des Sommerweizens war der Unkrautdruck trotz intensiver Pflege hoch. Disteln, Kamille, Weißer Gänsefuß und Ackerfuchsschwanz kamen am häufigsten vor. Der Ertrag lag trotzdem auf dem Niveau der mittleren Erwartungen.

2.3.15. Betriebsbeispiel 14 (B14)

Betriebsbeschreibung

Kühler und feuchter Standort mit meist lehmigen Böden. Gemischtbetrieb mit Druschfruchtanbau und hohem Anteil an Feldfutterbau. Seit 42 Jahren nicht wendende Grundbodenbearbeitung mit Schichtengrubber und unterschiedlichen Dammkulturgeräten auf maximal 35 bis 40 cm. Erwartetes Ø-Ertragsniveau ca. 40 dt/ha Getreide.



➤ Standort (Bayern)

Höhe: ca. 480 - 520 m ü. NN

Niederschlag: Ø 950 mm/a

Temperatur: Ø 7,5°C

Bodenart: 33% sandiger Lehm, 50% Lehm, 17% lehmiger Ton

Bodentypen: Braunerden, Pelosol, Pseudogley

Ackerzahl: Ø 50 - 68

Nährstoffe: P₂O₅ pH K₂O Mg
wenig keine Mängel

Gefälle: 20% eben, 65% leicht hängig, 15% Hanglagen

Bemerkungen Boden: Tertiäres Hügelland mit Tonkuppen, z.T. flachgründig mit Tonuntergrund

Wichtige Wurzelunkräuter: Ampfer (nicht problematisch)

Wichtige einjährige Unkräuter: Ackersenf, Ackerfuchsschwanz (unterschiedlich nach Jahr, abhängig von Bodenzustand, z.B. zu feuchte Bedingungen bei Bodenbearbeitung)

➤ Betriebsstruktur

Fläche: 30 ha Ackerland, 24 ha Grünland

davon Pacht: 0 ha, **Pachtniveau:** Ø 450 - 600 €/ha (Biogasanlage in der Nähe)

Schlaggröße: Ø 3,5 ha (2 - 7)

Schlagentfernung: 0 - 1 km

Betriebszweige: Ackerbau (Getreide an eigene Bäckerei oder Futter); Milchvieh, Forstwirtschaft, Bäckerei (eigener Betrieb)

Ökonomische Bedeutung Ackerbau: 20%

Anzahl Tiere: ca. 86 Rinder, davon 42 Milchkühe (1,2 GV/ha)

Arbeitskräfte: Ø 0,8 – 0,9 feste AK, 1 Auszubildender (nur Landwirtschaft)

➤ Betriebsgeschichte

Umstellungsjahr: 1956, Demeter, seit 1966 organisch biologisch, seit 1971 Bioland

Vor Umstellung: Ackerbau, 25 Kühe, Schweine, Pferde als Zugkraft

➤ Pflanzenbau

Fruchtfolge (angestrebt):

Kleegras ¹	Komplett eigener Nachbau bei Körnerfruchtanbau: Winterweizen Toerring II seit 1960 (selbst ausgelesene begrannte Form beibehalten); Roggen Danko seit 1970; Steinbrand war mal problematisch, hält sich jetzt in Grenzen (in wenigen Fällen wird Schaette-Beize verwendet)
Kleegras	
Kleegras ZF ²	
W.Weizen	
Dinkel	
Roggen ZF ²	
Hafer-Erbсен-Gemenge (15-20% Erbse)	

¹ Rotklee, wenig Luzerne, Weißklee, Gräser

² Zwischenfrucht: Gemenge aus Hafer, Gerste, Erbsen & Wicken, z.T + Alexandrinerklee

Anbauumfang: Ø Flächenanteile und Erträge

Frucht	Ø Erträge [dt/ha]	Flächenanteil [%]
Kleegras		40
W.Weizen	42	10
Dinkel	26 ¹	20
Roggen	40	20
Hafer-Erbсен-Gemenge	32	10
ZF		33

¹ entspelzt

Düngung: Festmist 1 x / Jahr auf alle Marktfrüchte (Kleegras nur wenn zu viel Mist; langfristig möglichst gleiche Mengen auf alle Flächen); 12-16 m³ Gülle nach Grünlandschnitt und auf Getreide im Frühjahr; Ziel: 2,5 t/ha Diabas-Steinmehl pro Jahr auf alle Flächen (Spurenelementergänzung statt Kalk); Stroh wird komplett abgefahren

Saat: Körnerfrüchte: 8 cm Saatband auf 45 cm Dämme; Kleegras & Zwischenfrucht: Flachsaa, 15 cm Reihenabstand

Ernte & Aufbereitung: eigener Mähdrescher, eigene Aufbereitung, Lagerung & Trocknung

➤ Bodenbearbeitung

Geschichte: Grundbodenbearbeitung bis 1966 Pflug auf 20-24 cm; von 1966 bis 1976 Meißelgrubber (20 cm) und Schleppe; 1976 bis 2006 & ab 2008 Schichtengrubber (35-40 cm), Rotorgrubber mit Häufelaggregat (75 cm Dämme); 2006 bis 2008 Schichtengrubber & Turiel Dammkulturgerät

Gegenwärtige Bodenbearbeitung:

Grundbodenbearbeitung: tiefe Lockerung mit Schichtengrubber auf 35 bis 40 cm Tiefe; 90 cm Dämme mit Turiel Dammkulturgerät auf 25 bis 30 cm Tiefe

Kleegrasumbruch: Rotorgrubber & Schichtengrubber

Saatbettbereitung: Dammkulturgerät (45 cm Dämme), Kreiselegge bei Flachs Saat

Mech. Pflege: Dammkulturgerät & Striegel

Beweggründe: auf nicht wendende Bearbeitung: schichterhaltende Bodenbearbeitung auf Basis der Erkenntnisse von H.P. Rusch;
auf Turiel Dammkulturgerät: größere Arbeitsbreite, Aussaat auf Dämmen, 90 cm Dämme zur Bodenbearbeitung, Reduzierung der Arbeitsgänge

Entwicklung nach Umstellung der Bodenbearbeitung:

nach Umstellung auf nicht wendende Bearbeitung: positive Entwicklung der Bodengare bis in ca. 10 cm Tiefe (Erhaltung der Stoppelgare nach Schälfrucht); auffallend besserer Ertrag bei Hafer; etwas geringere Probleme mit Staunässe und Disteln als bei Pflugbearbeitung, Verschwinden der Quecken;

nach Umstellung auf Turiel Dammkulturgerät: nach zwei relativ feuchten Jahren teilweise starke Klutenbildung (Bestandeslücken durch zu große Brocken) & Weiterwachsen der Zwischenfrucht, stabileres Getreide mit dickeren Halmen, bessere Pflanzengesundheit

Bewertung / Probleme:

Weichel-System: positiv: Rückgang von Staunässeproblemen und Disteln, hervorragende Gare bei Dammkultur; negativ: hoher Zugkraftbedarf (v.a. in den ersten 2 Jahren), Probleme mit Bodenabtrocknung bei feuchtem Herbst bzw. Frühjahr (durch Häufelverfahren gelöst), etwas höherer Arbeitsaufwand als beim Pflügen;
Turiel-System: reduzierter Bodenbearbeitungsaufwand ging unter den Bedingungen der letzten beiden Jahren zu Lasten der Arbeitsqualität; Einsatz von Zwillingsbereifung war nicht möglich; hoher Anspruch an exaktes Fahren beim Aufhäufeln; hohe Rüstzeiten in Zeiten von Arbeitsspitzen erfordern eigentlich zwei Geräte; Sätechnik ist verbesserungswürdig (Säfehler durch Verstopfung, gelöste Schläuche); Hacksystem ist genial und überzeugend; durch intensiven Futterbau ist die parallele Vorhaltung einer Flach-Sätechnik notwendig

➤ Maschinen

Schlepper: Steyer: 140 PS (Zwillingsreifen), 100 PS, 78 PS, 70 PS & 48 PS;
Luftdruck: 1,2 bar

Ackerbau: - Weichel Schichtengrubber, 3 m, mit Rotopack (Nagelwalze)

- Turiel Dammkulturgerät, 3,6 m (8 x 45 cm)

Werkzeuge: schweres, schmales Gänsefußschar, Meißelschar,

Häufelkörper, Hackschar, Säeinrichtung mit Bandsäeschar (8 cm-Band)

- Rotorgrubber (geneigte Flügelschare & Rotoregge), 3 m, mit Zahnwalze & Häufelgerät mit Hohlscheiben

- Kreiselegge & Drillmaschine (Scheibenschar), 3 m

- Striegel, 12 m
- Weitere: Miststreuer (12 t, 20 m), Güllefass (6 m³), Mähdrescher (2,6 m), Frontmäherwerk (2,7 m), Heckmäherwerk (3,2 m, Leihmaschine), Kreiselheuer (8,5 m) & Doppelschwader (6,2 m, beide zusammen mit Nachbar), 2 x Ladewagen (36 m³ + 48 m³)

➤Produktionsverfahren

Die Produktionsverfahren werden auf dem Betrieb jeweils den Boden- und Unkrautbedingungen angepasst. Die nachfolgend beschriebenen Verfahren sind deshalb als Beispiele zu sehen.

	Zeitraum	Gerät (Schlepper-PS & Geschwindigkeit)	Tiefe¹
Kleegras (flach)			
Saat	08	Kreiselegge & Sämaschine (100 PS, 8 km/h)	10-15 cm
Schnitt	Herbst	Schröpschnitt: Heck- & Frontmäherwerk (78 PS); Kreiselheuer (70 PS); Doppelschwader (48 PS); Ladewagen (100 PS)	
1. & 2. Hauptnutzungsjahr			
Schnitte		3-4 Schnitte: Heck- & Frontmäherwerk (78 PS); Kreiselheuer (70 PS); Doppelschwader (48 PS); Ladewagen (100 PS)	
3. Hauptnutzungsjahr			
Schnitt	M - E 05	1 Schnitt: Heck- & Frontmäherwerk (78 PS); Kreiselheuer (70 PS); Doppelschwader (48 PS); Ladewagen (100 PS)	
Düngung	direkt	18 t/ha Mist (100 PS)	
Bodenb.	M – E 06	Rotorgrubber (140 PS, 10 km/h)	10 cm
Bodenb.	direkt	Schichtengrubber (140 PS, 8 km/h)	35-40 cm
Saat	direkt	Zwischenfruchtsaat: Kreiselegge & Sämaschine (100 PS, 8 km/h), Hafer-Gerste-Erbesen-Wicken-Gemenge (220 kg/ha)	10 cm
Schnitt	M - E 09	1 Schnitt: Heck- & Frontmäherwerk (78 PS); Kreiselheuer (70 PS); Doppelschwader (48 PS); Ladewagen (100 PS)	
Bodenb.	A 10	Aufhäufeln: Dammkultur g. m. Schar & Hohlscheiben (140 PS, 12 km/h), 45 cm Dämme	25 cm
Wintergetreide (8 x 45 cm Dämme)			
Saat	M 10	Dammkulturgerät m. Säschar, Wühlzinken; 8 cm Band auf 45-cm Damm (180 kg/ha) (140 PS)	25-30 cm
Pflege	03 - 04	Striegel (48 PD, 7-9 km/h)	
Pflege	03 - 04	z.T. Dammkulturgerät m. Hackschar (75 PS, 8 km/h)	15 cm
Düngung	04	12 m ² /ha Gülle (70 PS)	
Ernte	E 07	Mähdrescher, Stroh abfahren	
Düngung	direkt	18-20 t/ha Mist (100 PS)	
Bodenb.	direkt	Rotorgrubber (140 PS, 9-11 km/h)	10 cm
Bodenb.	direkt	Schichtengrubber m. Rotopack (140 PS, 9-11 km/h)	35-40 cm

Zeitraum		Gerät (Schlepper-PS & Geschwindigkeit)	Tiefe ¹
nach W.Weizen & Dinkel			
Bodenb.		Aufhäufeln & 1-2 x Umhäufeln (bei trockenem Boden!): Dammkulturgerät m. Schar & Häufelkörper (140 PS, 12 km/h), 45 cm Dämme, bei Verwendung von Hohlscheiben 75-cm-Dämme	25 cm
nach Roggen			
Saat	direkt	Zwischenfruchtsaat: Kreiselegge & Sämaschine (100 PS, 8 km/h), Hafer-Gerste-Erbesen-Wicken-Gemenge (220 kg/ha)	10 cm
Schnitt	M - E 09	1 Schnitt: Heck- & Frontmähwerk (78 PS); Kreiselheuer (70 PS); Doppelschwader (48 PS); Ladewagen (100 PS)	
Bodenb.	M 10 - A 11	Aufhäufeln & 1-2 x Umhäufeln (bei trockenem Boden!): Dammkulturgerät m. Schar & Häufelkörper (140 PS, 12 km/h), 45-cm-Dämme, bei Verwendung von Hohlscheiben 75-cm-Dämme	25 cm
Hafer-Erbesen-Gemenge (8 x 45 cm Dämme)			
Saat	03	Dammkulturgerät m. Säschar, Wühlzinken; 8 cm Band auf 45-cm-Damm (180 kg/ha) (140 PS)	25-30 cm
Pflege	03 - 04	Striegel (78 PS, 10 km/h; Egge angestrebt) oder Dammkulturgerät m. Hackschar (75 PS, 6-8 km/h)	15 cm
Düngung	wenn befahrbar	12 m ² /ha Gülle (70 PS)	
Ernte	E 07	Mähdrescher, Stroh mit Ladewagen abfahren	
Bodenb.	direkt	Rotorgrubber (140 PS, 10 km/h)	10 cm
Bodenb.	direkt	Schichtengrubber m. Rotopack (140 PS, 9-11 km/h)	35-40 cm

¹ Bearbeitungstiefe bei Dämmen: ∅ Eingriffstiefe (z.B. Nachhäufeln)

Energie & Ökonomie

Modellrechnung¹³: Vergleich von einem Dammkultur-System (in Anlehnung an die oben genannten Betriebsleiterangaben) und einem theoretischen Pflug-System (25 cm Arbeitstiefe, bis auf Bodenbearbeitung dem Dammkultur-System möglichst ähnlich) in einer vereinfachten, für beide Systeme identischen Fruchtfolge. Datengrundlage: oben genannte Betriebsleiterangaben, eigene Zugkraftbedarfsmessungen, Schätzwerte, KTBL- und andere Literaturangaben. Details zu Ergebnissen sowie zu den zugrunde liegenden Werten und Kosten sind im Anhang II und im CD-Anhang aufgeführt.

	Dammkultur	Pflug	Einsparung
Dieserverbrauch [l/ha pro Jahr]	75	78	3
Arbeitszeitbedarf¹ [Akh/ha pro Jahr]	6,1 (5,3) ²	7,4	1,3 (2,1)
Arbeiterledigungskosten¹ [€/ha pro Jahr]	443 (435)	433	-10 (-2)

¹ unberücksichtigt: Transporte, Umrüstzeiten, Betriebsführung und allgem. Betriebsarbeiten

² in Klammern: Verwendung von Betriebsschätzwerten für Diesel- & Zeitbedarf

¹³ Berechnet von K. Lange, D. Möller (Fachgebiet Betriebswirtschaft, FB Ökologische Agrarwissenschaften der Universität Kassel) und H. Schmidt (Stiftung Ökologie & Landbau)

Bewertung: Für das betriebsübliche, intensive Bodenbearbeitungssystem wurde ein sehr geringes Diesel-Einsparpotential berechnet. Die Einsparung an Arbeitszeit liegt mit ca. 1,3 Akh/ha im Durchschnitt der untersuchten Betriebe. Vor allem aufgrund höherer Abschreibungskosten beim Dammkultursystem liegen die Arbeiterledigungskosten bei beiden Bodenbearbeitungssystemen auf gleichem Niveau.

Untersuchte Schläge

➤Fazit

Boden: gute bis sehr gute Bodenstruktur in der Oberkrume sowie eine intensive Durchwurzelung bis in den Unterboden, gute Struktur bei Unterkrume und Unterboden; hoher Regenwurmbesatz; mittlere Gehalte an organischer Substanz und geringe Versorgung mit Phosphat und z.T. Kali; aufgrund von über 40 Jahren nicht wendender Bearbeitung deutliche Anreicherung von organischer Substanz und Nährstoffen in der bearbeiteten Oberkrume.

Pflanze: im Untersuchungszeitraum mäßige bis gute Getreidebestände mit mäßigem bis hohem Unkrautdruck und durchschnittlichen Erträgen.

➤Schlag 1

Hauptfrüchte & Bewirtschaftung (wenn vom beschriebenen Produktionsverfahren deutlich abweichend; in Klammern: geschätzter Ertrag in dt/ha):

2000 Klee gras	2005 W.Weizen (36)
2001 Klee gras	2006 Klee gras
2002 Klee gras	2007 Klee gras
2003 W.Weizen (42)	2008 Klee gras
2004 Dinkel (28)	2009 Klee gras 4. J. Klee gras statt W.Weizen

Bewirtschaftung 2007-2009 (Änderung zum Standard): Umbruch im Juni 2009 (Details in Anhang II)

Standort der Messpunkte: kaum geneigter Südhang, Braunerde (aus lößvermischten Tertiärablagerungen); Bodenart schluffiger Lehm (21% Ton, 52% Schluff, 27% Sand: Lu) auf tonigerem Untergrund (24%); keine Steine; 60 Bodenpunkte

Bodenbeurteilung (06.2008 Klee gras, flach):

0 – 13 cm: homogen braun, fest krümelig-bröckelig, nach unten bröckeliger, sehr gut durchwurzelt (Wurzelfilz), viele Regenwürmer: **gute Struktur**

13 – 30 cm: homogen braun, grob blockig bis bröckelig, z.T. polyedrisch, kleine Krümel und Bröckel nur in Regenwurmhöhlen und -gängen, keine deutlichen Bearbeitungsgrenzen, viele Regenwürmer und Gänge, gut durchwurzelt, keine abnickenden Wurzeln oder nicht durchwuzelte Bereiche: **mäßige Struktur**

ab 30 cm (bis 45 cm geprüft): ocker, im Übergangsbereich braun marmoriert, dicht, keine deutlichen Aggregate, viele Regenwurmgänge, gut durchwurzelt: **gute - mäßige Struktur**

Eindringwiderstand (12.2008 unter Klee gras): kein deutlicher Verdichtungshorizont
(Details in Anhang II)

Bodenuntersuchung (unterschiedliche Grautöne: deutliche Differenzen zwischen Schichten):

Bodenphysik & -chemie (Poren, OS & Nt in %, P, K & Mg in mg/100g, Mikronährstoffe in mg/kg)

Tiefe	Poren ¹	OS ²	Nt ³	C/N	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	B	Cu	Mn	Zn
0-13	44	2,4	0,15	9,4	5,5 B ⁴	3 A	7 B	11 C	0,4 C	2,6 C	320 E	2,3 C
13-30	42	1,9	0,11	9,8	5,9 B	2 A	5 A	10 C	0,3 C	2,5 C	280 E	1,8 C
30-45	43	1,0	0,07	8,2	6,2 C	2 A	5 A	10 C	0,2 C	1,2 C	74 E	0,9 A

¹ 07.2008; ² OS: Organische Substanz; ³ Nt: Gesamt-N, ⁴ Buchstaben: LUFA-Versorgungsstufen

Bodenbiologie: im Anhang II & III

Pflanzenentwicklung:

2008 & 2009 Klee gras	
Unkraut	10.06.2008: geringer Unkrautdruck Ampfer (Einzelpflanzen, max. 1 Pflanze / 5-10 m ²)
Bestand	2008 & 2009: homogener Klee grasbestand mit 50-60% Klee (Rot- & Weißklee)

Zusammenfassung: Im dritten Jahr unter Klee gras war der Boden auch in der Oberkrume relativ dicht gelagert. Die dichte Durchwurzlung reichte bis in den Unterboden und es wurde eine hohe Anzahl an Regenwürmern bzw. Gängen festgestellt. Eine Bearbeitungssohle war nicht erkennbar. Die Gehalte an organischer Substanz (OS) in der Krume lagen auf einem für den kühlen Standort mittleren bis niedrigen Niveau. Nach über 40 Jahren nicht wendender Bodenbearbeitung zeigte sich sowohl bei der OS als auch bei einer Reihe von Nährstoffen eine deutliche Anreicherung in der Oberkrume. Besonders ausgeprägt war dies bei OS, Kali und Zink. Ohne regelmäßige Kalkung war der pH-Wert hingegen im Oberboden erheblich niedriger als in tieferen Schichten. Insgesamt war der Boden mit Mikronährstoffen gut, mit Phosphat und Kali jedoch gering versorgt.

Sowohl 2008 als auch 2009 bildete das Klee gras einen dichten Bestand mit sehr geringem Unkrautdruck, nur der Besatz mit Ampfer war mit ca. einer Pflanze je 10 m² nennenswert.

➤ Schlag 2

Hauptfrüchte & Bewirtschaftung (wenn vom beschriebenen Produktionsverfahren deutlich abweichend; in Klammern: geschätzter Ertrag in dt/ha):

2000 Luzerne		2005 Klee gras
2001 Dinkel (26)		2006 Klee gras
2002 W.Weizen (42)		2007 Klee gras
2003 W.Roggen (32)		2008 W.Weizen auf Dämmen (35)
2004 Hafer/Erbse (40)		2009 Roggen flach angebaut, 100% Hagelschaden

Bewirtschaftung 2007-2009: (Details in Anhang II)

Standort der Messpunkte: schwach geneigter Südhang, Braunerde (aus lößvermischten Tertiärlagerungen); Bodenart stark lehmiger Sand (16% Ton, 37% Schluff, 48% Sand: S14) auf tonigerem Untergrund (21%); sehr schwach steinig, 60 Bodenpunkte

Bodenbeurteilung (06.2008 W.Weizen, 45 cm-Dämme, ca. 10 cm hoch; 05.2009 Roggen, flach):

2008 Damm 0 – 18 cm / 2009 in 0 – 12 cm: homogen braun mit alten Pflanzenresten; locker, krümelig-bröckelig, keine deutliche Bearbeitungsgrenze, sehr gut durchwurzelt: **sehr gute Struktur**

2008 S 0 – 6 cm: homogen braun, dicht, bröckelig, leicht zerfallend, deutlich weniger Wurzeln als im Damm, unter 6 cm wie 18 – 35 cm: **gute – mäßige Struktur**

2008 Damm 18 – 35 cm / 2009 in 12 – 35 cm: braun nach unten zunehmend marmoriert (kleine hellere Bereiche), fest, leicht zerbrechend, bröckelig bis grob brockig, gut durchwurzelt, keine abknickenden Wurzeln oder nicht durchwuzelte Bereiche, viele Regenwürmer und Gänge: **gute Struktur**

ab 35 cm (bis 50 cm geprüft): dunkles Ocker z.T. mit Oberboden marmoriert, Struktur ähnlich wie 18 bis 35 cm, fester, gut durchwurzelt, nach unten nachlassend, viele Regenwurmgänge: **gute Struktur**

Eindringwiderstand (12.2008 unter Klee gras): kein deutlicher Verdichtungshorizont (Details in Anhang II)

Bodenuntersuchung (unterschiedliche Grautöne: deutliche Differenzen zwischen Schichten):

Bodenphysik & -chemie (Poren, OS & Nt in %, P, K & Mg in mg/100g, Mikronährstoffe in mg/kg)

Tiefe	Poren ¹	OS ²	Nt ³	C/N	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	B	Cu	Mn	Zn
D 0-15	54	3,1	0,18	10,3	6,1 B	5 B	17 C	15 D	0,41 C	3,1 C	395 E	5,3 E
S0-12	47	2,5	0,16	9,1	6,1 B	5 B	12 C	15 D	0,35 C	3,2 C	467 E	4,7 E
D21-35	40	1,3	0,08	9,2	6,3 C	2 A	4 A	11 D	0,20 A	2,6 C	264 E	2,6 C
D45-50	42	0,8	0,05	9,7	6,3 C	3 A	5 A	13 D	0,22 A	1,3 A	59 E	0,8 A

¹ 04.2008; ² OS: Organische Substanz; ³ Nt: Gesamt-N, ⁴ Buchstaben: LUFA-Versorgungsstufen

Bodenbiologie: im Anhang II & III

Pflanzenentwicklung:

	2008 W.Weizen	2009 Roggen
Unkraut	28.04.: mäßiger Unkrautdruck (20-30% Deckungsgrad) 10.06.: hoher Unkrautdruck (80-90% Deckungsgrad) Weidelgrasdurchwuchs (stark), Kamille, Ampfer (von Ampferkäfer komplett abge- fressen), Löwenzahn, Ackervergissmein- nicht, Taubnessel, Vogelmiere, Ehrenpreis, Luzerne- & Kleedurchwuchs	06.05.: mäßiger bis hoher Unkrautdruck (80% Deckungsgrad v.a. am Boden) Ehrenpreis, Vogelmiere, Taubnessel, Ackerstiefmütterchen, Vogelwicke, Klettenlabkraut, Ackerhellerkraut, Hirtentäschel, wenig Löwenzahn, Gräser & Klatschmohn
Bestand	Blüte: unruhiger Bestand, Höhe variiert kleinräumig stark, gut entwickelte Ähren, gesund 193 Ähren/m ² Ertrag 28 dt/ha (an Messpunkten) Ertrag 35 dt/ha (Betriebsschätzung Schlag)	Fahnenblatt entwickelt: unruhiger Bestand, gesund 384 Halme/m ² Totalschaden durch Hagel

Zusammenfassung: Sowohl im Damm als auch bei flachem Anbau wies die Oberkrume eine sehr gute Bodenstruktur auf und auch die gelockerte Unterkrume sowie der unbearbeitete Unterboden zeigten noch eine gute Struktur. Eine weniger positive Struktur wies nur die Sohle beim Dammanbau auf. Die Durchwurzelung, am intensivsten in Oberkrume, war bis in den Unterboden gut. Über das ganze geprüfte Bodenprofil wurde eine hohe Zahl an Regenwürmern bzw. Gängen festgestellt. Eine Bearbeitungssohle war nicht erkennbar. Die Gehalte an organischer Substanz (OS) in der Krume lagen auf einem für den kühlen Standort mittleren Niveau. Nach über 40 Jahren nicht wendender Bodenbearbeitung zeigte sich sowohl bei der OS als auch bei allen geprüften Nährstoffen eine deutliche Anreicherung in der Oberkrume. Insgesamt war der Boden mit Nährstoffen gut versorgt, eine Ausnahme waren die geringen Phosphat-Werte.

Während der hohe Besatz mit Weidelgras (Durchwuchs), Kamille und Ampfer im Weizenbestand 2008 als problematisch anzusehen ist, kamen im Roggen 2009 nur niedrig wachsende, eher unproblematische Unkräuter vor. Der Weizenertrag lag an den Messpunkten bei niedriger Bestandesdichte deutlich unter den mittleren Erwartungen, für den gesamten Schlag wurde der Ertrag als durchschnittlich bewertet. Ohne den Hagelschaden wäre wahrscheinlich auch 2009 mindestens das mittlere Ertragsniveau erreicht worden.

2.3.16. Betriebsbeispiel 15 (B15)

Betriebsbeschreibung

Warmer und mäßig feuchter Standort mit leichten Böden. Gemischtbetrieb mit Druschfrucht- und Kartoffelanbau sowie hohem Anteil an Feldfutterbau. Seit 25 Jahren Bodenbearbeitung mit dem Kemink Dammkulturgerät auf maximal 25 bis 30 cm. Erwartetes \emptyset -Ertragsniveau ca. 30 dt/ha Getreide.



➤ Standort (Nordrhein-Westfalen)

Höhe: ca. 60 m ü. NN

Niederschlag: \emptyset 710 mm/a

Temperatur: \emptyset 9,2°C

Bodenart: \emptyset lehmiger Sand (Sand – lehmiger Ton)

Bodentypen: Podsole, Braunerden, Pseudogley & Parabraunerden auf Mergel

Ackerzahl: \emptyset 40 (24 – 55)

Nährstoffe:	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	
	C	C-D	C-D	C-D	\emptyset Versorgungsstufe Betrieb

Gefälle: eben

Bemerkungen Boden: Münsterländer Tiefebene, Mergel-Untergrund, hoher Grundwasserstand (1,5 m)

Wichtige Wurzelunkräuter: auf einigen Flächen Ampfer, Distel, Quecke

Wichtige einjährige Unkräuter: Franzosenkraut, Weißer Gänsefuß

➤ Betriebsstruktur

Fläche: 23 ha Ackerland, 25 ha Grünland

davon Pacht: 50%, Pachtniveau: \emptyset 400 €/ha (Ackerland)

Schlaggröße: \emptyset 2 ha

Schlagentfernung: fast arrondiert

Betriebszweige: Ackerbau (inkl. Futterbau); Milchvieh, Ochsenmast, Hofladen (extra Gewerbe)

Ökonomische Bedeutung Ackerbau: <10% (Marktfrüchte)

Anzahl Tiere: 30 Milchkühe, 40 Jungtiere, 5 Ochsen (ca. 1 GV/ha)

Arbeitskräfte: \emptyset 2 AK (Landwirtschaft), < 0,5 AK Ackerbau

➤ Betriebsgeschichte

Umstellungsjahr: 1984, seit 1986 Bioland

Vor Umstellung: Milchvieh, Bullen, Schweine, Futter- und Getreidebau

➤ Pflanzenbau

Fruchtfolge (keine feste Fruchtfolge, grobes Ziel-Schema):

Kleegras (Herbst- o. Frühjahrs-Blanksaat)
Kleegras
Kleegras (z.T. auch 4. Jahr)
W.Getreide (Roggen / W.Weizen / Dinkel / W.Gerste)
Hafer / Kartoffeln
Roggen nach Kartoffeln

Von 1986 bis 1996 auch Feldgemüsebau

Anbauumfang: Ø Flächenanteile und Erträge

Frucht	Ø Erträge [dt/ha]	Flächenanteil [%]
Kleegras		58
W.Weizen	30	22
Dinkel	28 ¹	
Roggen	32	
W.Gerste	30-36	
Hafer	30	8
Kartoffeln (Linda)	120-140 ²	12

¹ im Spelz

² Rohware

Düngung: Festmist aus Tretmiststall, Gülle vom Laufhof & Abwasser (50% Wasser); jedes Jahr 12 - 15 t/ha Mist im Winter, bei Getreide z.T. vorher auf Stoppel; in Zukunft: möglichst Mistkompostierung und häufigere Ausbringung kleinerer Mengen; zu allen Kulturen 20 – 30 m³ Gülle pro Jahr, zu Kartoffeln selten; seit 1984 keine Kalk-, P- & K-Düngung; Strohverkauf (ca. 7.000 HD-Ballen/Jahr)

Saat: Kleegras & Körnerfrüchte: Schleppschar-Drillmaschine (12 cm Reihenabstand);
Kartoffeln: Kemink-Gerät & Legen per Hand

Ernte & Aufbereitung: Mähdrusch im Lohn, keine eigene Aufbereitung; Kartoffelernte mit geliehenem 1-reihigen Roder, eigene Aufbereitung; Futterernte (Silage) mit Ladewagen im Lohn

➤ Bodenbearbeitung

Geschichte: Grundbodenbearbeitung bis 1984: Pflug auf max. 20 – 25 cm;
1984 bis 1996 intensive Bearbeitung mit Kemink-Gerät nach Kemink-Beratung (z.B. ca. zehn Bearbeitungsgänge / Jahr bei Getreide)

Gegenwärtige Bodenbearbeitung:

Grundbodenbearbeitung: Kemink-Dammkulturgerät: schmale Lockerungsschare für

tiefe Lockerung 25 bis 30 cm je nach Bedarf beim Aufhäufeln in der Sohle, der Dammflanke oder dem Damm (kein flächiges Schneiden); Aufbau von 75-cm-Damm mit Häufelschar auf 10 bis 15 cm.

Kleegrasumbruch: Kulturegge, Schälgrubber oder Fräse

Saatbettbereitung: Kemink Dammkulturgerät (75 cm Dämme)

Mech. Pflege: Getreide: z.T. Striegel; Kartoffeln: Kemink Dammkulturgerät & Häufelgerät

Beweggründe: Ziele bei Umstellung: Einsatz einfacher Technik und möglichst kleiner Schlepper, Durchführung aller notwendigen Arbeitsgänge mit einem Gerät, Aktivierung des Bodenlebens durch intensive nicht wendende Bearbeitung, Reduzierung von Verdichtungen durch Beetanbau; seit Aufgabe des Feldgemüsebaus wird angestrebt das Kemink-System zu vereinfachen und weniger intensiv zu gestalten;

Entwicklung nach Umstellung der Bodenbearbeitung: in der ersten Phase (bis 1993) bei intensiver Bearbeitung (Hauptwerkzeug Zinken zur Tiefenlockerung) tiefgründig lockerer Boden mit sehr geringem Unkrautdruck; in der zweiten Phase (ab 1994) bei flacherer Bearbeitung (Hauptwerkzeug flaches Rodeschar zum flachen Abziehen) und reduzierter Anzahl an Überfahrten, ist der Boden fester mit höherem Regenwurmbesatz, das Unkrautsamenpotential scheint unverändert, der Unkrautbestand ist oft dichter

Bewertung / Probleme: Kemink-System ist flexibel und entwicklungsfähig (z.B. Weiterentwicklung der Schare); mit dem Beetanbau wird das Ideal einer gärtnerischen Landwirtschaft erreichbar (möglichst auf engem Raum wechselnde Kulturen, kleine Betriebe)

Kommentare: In Zukunft soll die Beetkultur mit dem Agroforst-System verknüpft werden; mit 30 m Abstand werden Obstbaumreihen gepflanzt (abwechselnd Hochstamm, für langfristige Nutzung und Spindel für Lückenschluss während des Wachstums der Hochstämme)

➤ Maschinen

Schlepper: Deutz: 60 PS, 50 PS & 30 PS, Normal- und schmale Pflegebereifung

Ackerbau: - Kemink Dammkulturgerät, 1,5 m (& 3 m-Gerät, kaum in Gebrauch), 4-balkig;

Werkzeuge: Lockerungsschare, Rodeschar, Häufelschar, Striegel, Krümelwalze, Schleppleiste

- Kulturegge, 3 m, Federzinken

- Köckerling Schälgrubber, 3 m, Gänsefußschar (geliehen)

- Schälpflug, 1 m (4 Schare)

- Fräsen, 1,5 & 3 m

- Saategge

- Sämaschine, 3 m, 12 cm Reihenabstand (Flachsaat)

- Weitere: 2 Miststreuer (4,5 t, 4,5 m; 6 t, 1,7 m), 2 Güllefässer (5 & 6 m³, 10-12 m),

Doppelmessermähwerke (2,1 m), Kreiselmähwerk (1,85 m), Wender (5,4 m),

Schwader (8,4 m), Schlegelhäcksler (1,5 m)

➤Produktionsverfahren

Die Produktionsverfahren werden auf dem Betrieb jeweils den Boden- und Unkrautbedingungen angepasst. Die nachfolgend beschriebenen Verfahren sind deshalb als Beispiele zu sehen. Alle Ackerarbeiten werden mit dem 50 oder 60 PS-Schlepper durchgeführt.

	Zeitraum	Gerät (Geschwindigkeit)	Tiefe¹
Kleegrass (flach)			
Saat	E08 – A09 selten Frühjahr	Sämaschine	
Pflege	direkt	Walze	
Sommeransaat:			
Pflege	Herbst	z.T. Mulcher	
Frühjahrsansaat:			
Schnitte		2 Schnitte: Mähwerk; Wender; Schwader; Ladewagen	
Düngung	Winter	12 – 15 t/ha Mistkompost	
Hauptnutzungsjahre:			
Pflege	Frühjahr	Schleppe, z.T. Walze	
Schnitte		3-4 Schnitte: Mähwerk; Wender; Schwader; Ladewagen	
Düngung	n. jedem Schnitt	10 m ³ /ha verdünnte Gülle (50% Wasser)	
Düngung	Winter	12 – 15 t/ha Mistkompost	
Letztes Nutzungsjahr:			
Schnitte		2 Schnitte: Mähwerk; Wender; Schwader; Ladewagen	
Düngung	n. jedem Schnitt	10 m ³ /ha verdünnte Gülle (50% Wasser)	
Bodenb.	08 – 09	2 x Kulturegge über Kreuz (12 km/h) oder 2 x Schälgrubber (12 km/h) oder Fräse	5 cm
Bodenb.	Zeitabstand n. Boden- zustand	Spuren ziehen: Kemink-Gerät	
Bodenb.	"	Dammaufbau: Kemink-Gerät m. Lockerungs- & Häufelschar (10 km/h)	15 cm
Bodenb.	"	ca. 3 x Damm abziehen: Kemink-Gerät m. gekippten Rodeschar (12 km/h)	
Bodenb.	"	ca. 3 x Damm aufhäufeln: Kemink-Gerät m. Häufelkörper (12 km/h)	
Bodenb.	"	z.T. Furchen lockern: Kemink-Gerät m. Lockerungsscharen (12 km/h)	
Bodenb.	"	z.T. tiefe Lockerung: Kemink-Gerät m. Lockerungsscharen (7 km/h), wenn vom Bodenzustand notwendig	25-30 cm
Bodenb.	"	Dämme abziehen: Kemink-Gerät m. Rodeschar (12 km/h)	

	Zeitraum	Gerät (Geschwindigkeit)	Tiefe¹
Wintergetreide (75 cm Dämme oder flach)			
Saat	10	auf Dämmen: Sämaschine m. verschobenen Scharen: 3 – 4 Reihen auf Damm Flach: Schleppleiste & Sämaschine	
Düngung	Frühjahr	20 – 30 m ³ /ha verdünnte Gülle (50% Wasser)	
Ernte	E 07 – 08	Mähdrescher, Stroh abfahren	
Düngung	direkt	12 – 15 t/ha Mistkompost	
Pflege	direkt	Stoppeln häckseln	
Bodenb.	Zeitabstand nach Boden	Spuren ziehen: Kemink-Gerät	
Bodenb.	"	Dammaufbau: Kemink-Gerät m. Lockerungs- & Häufelschar (10 km/h)	15 cm
vor Marktfrucht			
Bodenb.	Zeitabstand nach Boden	ca. 3 – 4 x Damm abziehen: Kemink-Gerät m. gekippten Rodeschar (12 km/h)	
vor Kartoffeln: wie nach Klee gras, je nach Unkrautdruck & Bodenzustand			
Bodenb.	Frühjahr	2 x Damm abziehen: Kemink-Gerät m. gekippten Rodeschar (12 km/h)	
vor Klee gras			
Bodenb.	Zeitabstand nach Boden	Dämme flach ziehen: Kemink-Gerät m. Schleppleiste (12 km/h) oder Stoppelbearbeitung mit Kulturegge	
Sommergetreide (Saat ab 03 – 04)			
wie Wintergetreide			
Kartoffeln (4 x 75 cm Dämme, 3 m-Kemink-Gerät)			
Pflanzen	Frühjahr	Kemink-Gerät m. Rodeschar & Häufelkörper: Furche in Damm, Kartoffeln per Hand legen & antreten, Pflanzgutkisten liegen auf Geräterahmen	25-30 cm
Pflege	n. 1 – 2 T.	Kemink-Gerät m. Striegel	
Pflege	Zeitabstand nach Boden	Dammaufbau: Kemink-Gerät m. Lockerungs- & Häufelschar (10 km/h)	15 cm
Pflege		ca. 2 x Damm abziehen: Kemink-Gerät m. gekippten Rodeschar & Striegel (12 km/h)	
Pflege		ca. 2 x Damm aufhäufeln: Kemink-Gerät m. Häufelkörper (12 km/h)	
Ernte	08 - 09	Kartoffelroder	
Bodenb.	direkt	Kulturegge	4-6 cm

Energie & Ökonomie

Modellrechnung¹⁴: Vergleich von einem Dammkultur-System (in Anlehnung an die oben genannten Betriebsleiterangaben) und einem theoretischen Pflug-System (25 cm Arbeitstiefe, bis auf Bodenbearbeitung dem Dammkultur-System möglichst ähnlich) in einer vereinfachten, für beide Systeme identischen Fruchtfolge. Datengrundlage: oben genannte Betriebsleiterangaben, Schätzwerte, KTBL- und andere Literaturangaben. Details zu Ergebnissen sowie zu den zugrunde liegenden Werten und Kosten sind im Anhang II und im CD-Anhang aufgeführt.

	Dammkultur	Pflug	Einsparung
Dieselvebrauch [l/ha pro Jahr]	61	61	0
Arbeitszeitbedarf¹ [Akh/ha pro Jahr]	13,0	11,6	-1,4
Arbeiterledigungskosten¹ [€/ha pro Jahr]	515	489	-26

¹ unberücksichtigt: Transporte, Umrüstzeiten, Betriebsführung und allgem. Betriebsarbeiten

Bewertung: Für das betriebsübliche, intensive Dammkultur-System wurde keine Dieseleinsparung gegenüber dem Pflug-System berechnet. Aufgrund der häufigen Überfahrten liegen der Arbeitszeitbedarf und dadurch auch die Arbeiterledigungskosten sogar auf höherem Niveau als bei wendender Bodenbearbeitung.

Untersuchte Schläge

➤Fazit

Boden: gute bis sehr gute Bodenstruktur und intensive Durchwurzelung nur in der Oberkrume; Unterkrume und Unterboden oft dicht gelagert und mäßig durchwurzelt; relativ hoher Regenwurmbesatz; mittlere Gehalte an organischer Substanz und geringe Versorgung mit Magnesium und z.T. Mangan; aufgrund von 25 Jahren nicht wendender Bearbeitung deutliche Anreicherung von organischer Substanz und einzelnen Nährstoffen in der Oberkrume.

Pflanze: im Untersuchungszeitraum schwache Getreidebestände mit hohem Unkrautdruck und durchschnittlichen Erträgen; ein durchschnittlicher Kartoffelbestand mit wenig Unkraut.

➤Schlag 1

Vorgeschichte: vor 1984 zehn Jahre Erdbeerplantage mit Bodenentseuchung & Zerstörung der Drainage durch Untergrundhaken → verdichtete, pappige Böden, kein Bodenleben; seit 1984 wie Gesamtbetrieb

¹⁴ Berechnet von K. Lange, D. Möller (Fachgebiet Betriebswirtschaft, FB Ökologische Agrarwissenschaften der Universität Kassel) und H. Schmidt (Stiftung Ökologie & Landbau)

Hauptfrüchte & Bewirtschaftung (wenn vom beschriebenen Produktionsverfahren deutlich abweichend; in Klammern: geschätzter Ertrag in dt/ha):

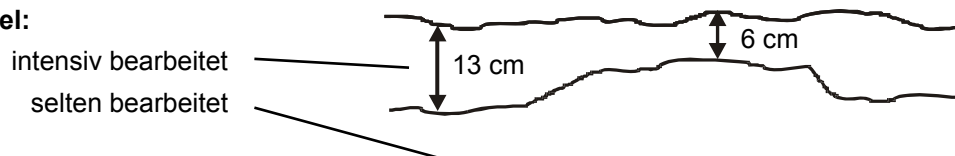
2000 Silomais	auf Dämmen; CCM	2005 Klee gras	Umbruch: Schälgrubber
2001 Kartoffeln	2x Abziehen & Häufeln (100)	2006 W.Gerste	flach (36)
2002 Roggen	auf Dämmen (25)	2007 Kartoffeln	zu nass für Ernte
2003 Klee gras		2008 Hafer	flach, mit Leindotter (17)
2004 Klee gras		2009 Dinkel	flach (26)

Bewirtschaftung 2007 – 2009 (Änderung zum Standard): 2007 Kartoffeln im Boden gelassen, keine Bearbeitung; Anbau von Hafer & Leindotter 2008 in Streifen auf sehr flachen Dämmen (kaum erkennbar); Dinkelanbau 2009 mit 12 cm Reihenabstand auf flachem Boden, danach nur 3 x Bearbeitung mit der Kulturegge auf 4 bis 8 cm vor Flachssaat von Landsberger Gemenge; aufgrund von zwei nassen Jahren keine Möglichkeit einer tiefen Bearbeitung

Standort der Messpunkte: ebene Fläche, Braunerde (aus Geschiebesand über Mergel); Bodenart mittel lehmiger Sand (8% Ton, 10% Schluff, 82% Sand: SI3); sehr schwach steinig; 26 - 40 Bodenpunkte

Bodenbeurteilung (06.2008 Hafer mit Leindotter, flach; Bodenbearbeitungshorizonte verlaufen nicht flach: siehe Beispiel):

Beispiel:



0 – (6-13) cm: homogen braun, locker, krümelig-sandig, deutliche Bearbeitungsgrenze (siehe Beispiel), sehr gut durchwurzelt (dicht & fein): **gute Struktur**

(6-13) – 20 cm: homogen braun, dicht, grob bröckelig-sandig, viele Regenwurmgänge, mäßig durchwurzelt, z.T. in Wurmhängen, einzelne Bereiche dichter & faulig riechend, keine deutliche Bearbeitungsgrenze: **mäßige – schlechte Struktur**

ab 20 cm (bis 40 cm geprüft): braun mit helleren Schlieren marmoriert, dicht, brockig-sandig, horizontal brechend, einige Regenwurmgänge, mäßig bis wenig durchwurzelt: **mäßige – schlechte Struktur**

Eindringwiderstand (02.2009 unter Dinkel): ab 10-15 cm hoher Eindringwiderstand; z.T. bei Einzelmessungen starke Verdichtungen in unterschiedlichen Tiefen, kein einheitliches Bild (Details in Anhang II)

Bodenuntersuchung (unterschiedliche Grautöne: deutliche Differenzen zwischen Schichten):

Bodenphysik & -chemie (Poren, OS & Nt in %, P, K & Mg in mg/100g, Mikronährstoffe in mg/kg)

Tiefe	Poren ¹	OS ²	Nt ³	C/N	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	B	Cu	Mn	Zn
0-13	50	2,6	0,14	10,8	7,1 E ⁴	29 D	26 E	3 B	0,5 E	1,2 C	21 A	6,7 E
13-20	35	1,6	0,09	10,5	7,1 E	21 D	16 C	2 B	0,3 C	1,4 C	20 A	4,8 E
20-30	39	1,5	0,08	10,5	7,0 E	18 C	13 C	2 B	0,6 E	1,9 C	51 C	5,2 E

¹ 06.2008; ² OS: Organische Substanz; ³ Nt: Gesamt-N, ⁴ Buchstaben: LUFA-Versorgungsstufen

Bodenbiologie: im Anhang II & III

Pflanzenentwicklung:

	2008 Hafer m. Leindotter	2009 Dinkel (Ertrag im Spelz)
Unkraut	25.06.: hoher Unkrautdruck (80-100% Deckungsgrad) Franzosenkraut (4-6-Blatt 80-100%), Weißer Gänsefuß, Flohknöterich, einzelnen große Ampferpflanzen, Ehrenpreis, Hirtentäschel, Taubnessel	27.02.: mäßiger bis hoher Unkrautdruck (10% Deckungsgrad, aber viele Pfl. im 2-4 Blattstadium) 30.07.: mäßiger Unkrautdruck (50-70%, v.a. kleine Pfl.) Ehrenpreis, Franzosenkraut, Flohknöterich, Grasbüschel, Löwenzahn; Kleedurchwuchs
Bestand	Rispenschieben: heller, dünner ungleichmäßiger Bestand, Hafer z.T. sehr niedrig, Leindotter gut entwickelt Hafer: 130-180 Halme/m ² Leindotter: 100 Pfl./m ² Ertrag 17 dt/ha (Hafer an Messpunkten)	Abreife: dünner, z.T. lückiger Bestand (nach Winter sehr wenige Pflanzen) 130 Halme/m ² Ertrag 26 dt/ha (an Messpunkten)

Zusammenfassung: Eine lockere, gute Bodenstruktur, verbunden mit einer sehr starken Durchwurzelung wurde nur in der intensiv bearbeiteten Oberkrume festgestellt. Unterhalb der scharfen Bearbeitungsgrenze war der Boden hingegen dicht gelagert und wies eine nur mäßige Wurzeldichte auf. Besonders im Hinblick auf den sandigen Boden ist der relativ hohe Regenwurmbesatz in der Krume hervorzuheben. Die Gehalte an organischer Substanz (OS) in der Krume lagen auf einem für den umsatzstarken Standort normalen Niveau. Nach 25 Jahren nicht wendender Bodenbearbeitung zeigte sich sowohl bei der OS als auch bei einigen Nährstoffen eine deutliche Anreicherung in der Oberkrume. Insgesamt war der Boden mit Nährstoffen gut versorgt, Ausnahmen waren die geringen Magnesium- und Mangan-Werte. Die sehr hohen pH-Werte sind für die Bodenart untypisch.

In beiden Jahren entwickelte sich in den lockeren, hellen Getreidebeständen ein dichter Unkrautbewuchs. Problematisch waren dabei v.a. Franzosenkraut, Flohknöterich und Weißer Gänsefuß. Die Erträge lagen in beiden Jahren unter den mittleren Ertragserwartungen. Zwei nasse Jahre verhinderten eine tiefe Lockerung. Die daher dichte Bodenstruktur und die großen Mengen an organischem Material an der Oberfläche können ein Grund für den schlechten Aufgang und die mäßige Entwicklung der Bestände gewesen sein.

➤ Schlag 2

Vorgeschichte: wie Gesamtbetrieb

Hauptfrüchte & Bewirtschaftung (wenn vom beschriebenen Produktionsverfahren deutlich abweichend; in Klammern: geschätzter Ertrag in dt/ha):

2000 Klee gras		2005 S.Gerste	flach, 1 x Striegel (28)
2001 Klee gras	Umbruch: Kulturegge	2006 Kartoffeln	(120)
2002 Kartoffeln	3x Abziehen & Häufeln (100)	2007 W.Roggen	flach (30)
2003 W.Roggen	flach (32)	2008 Kartoffeln	(180)
2004 Klee gras	Umbruch: Kulturegge	2009 Klee gras	Blanksaat Frühjahr

Bewirtschaftung 2007 – 2009 (Änderung zum Standard): nach Kartoffeln 2008 keine Bearbeitung, Frühjahr 2009 3 x Schälgrubber und Klee grasansaat

Standort der Messpunkte: ebene Fläche, Braunerde (aus Geschiebesand über Mergel); Bodenart mittel lehmiger Sand (9% Ton, 9% Schluff, 82% Sand: SI3); sehr schwach steinig; 40 Bodenpunkte

Bodenbeurteilung (06.2008 Kartoffeln, 75 cm-Dämme, ca. 17 cm hoch; Bodenschichten siehe Beispiel):

Beispiel:



Damm 0 – 18 cm: braun mit vereinzelt Unterboden-Flecken; locker, sandig-krümelig, deutliche Bearbeitungsgrenze (Beispiel), sehr gut durchwurzelt: **gute Struktur**

Sohle 0 – 12 cm: braun mit vereinzelt Unterboden-Flecken; fest, sandig-bröckelig, deutliche Bearbeitungsgrenze (Beispiel), kaum durchwurzelt: **gute – mäßige Struktur**

Damm 18 – 38 cm: braun mit vereinzelt Unterboden-Flecken, dichtes Einzelkorngefüge, zerbricht in grobe scharfkantige Blöcke, viele Regenwurmgänge, mäßig durchwurzelt, oft in Wurmhängen und Spalten: **mäßige – schlechte Struktur**

Damm 38 – 60 cm: hellbraun, im Übergangsbereich marmoriert, Struktur ähnlich wie 18-38 cm, mäßig durchwurzelt nach unten nachlassend, einige Regenwurmgänge: **mäßige Struktur**

Damm ab 60 cm: heller, rostfleckiger Sand

Eindringwiderstand (02.2009 unter Dinkel): ab 10-15 cm hoher Eindringwiderstand; z.T. bei Einzelmessungen starke Verdichtungen in unterschiedlichen Tiefen, kein einheitliches Bild (Details in Anhang II)

Bodenuntersuchung (unterschiedliche Grautöne: deutliche Differenzen zwischen Schichten):

Bodenphysik & -chemie (Poren, OS & Nt in %, P, K & Mg in mg/100g, Mikronährstoffe in mg/kg)

Tiefe	Poren ¹	OS ²	Nt ³	C/N	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	B	Cu	Mn	Zn
D 0-20	n.b.	2,7	0,13	12,1	6,1 D ⁴	12 C	15 C	4 C	0,28 E	2,4 E	52 C	5,9 E
S0-10	47	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
D20-35	39	1,7	0,10	10,4	6,1 D	15 C	6 B	2 B	0,32 E	2,5 E	44 C	4,2 E
D38-43	40	1,2	0,07	10,4	6,4 D	10 C	4 A	2 B	0,31 E	2,1 E	23 C	2,3 C

¹ 06.2008; ² OS: Organische Substanz; ³ Nt: Gesamt-N, ⁴ Buchstaben: LUFA-Versorgungsstufen

Bodenbiologie: im Anhang II & III

Pflanzenentwicklung:

2008 Kartoffeln	
Unkraut	25.06.: geringer Unkrautdruck (10-20% Deckungsgrad, v.a. auf Dammkrone) Ackerwinde, Franzosenkraut, Flohknöterich, Ampfer; wenig: feinsamige Wicke & Weißer Gänsefuß
Bestand	Beginn Blüte: Bestand mit Lücken & Bereichen kleinerer Pflanzen, erste Pflanzen mit P. infestans Ertrag 180 dt/ha (Betriebsschätzung)

Zusammenfassung: Eine lockere, gute Bodenstruktur verbunden mit einer sehr starken Durchwurzelung wurde nur in der intensiv bearbeiteten Oberkrume festgestellt. Unterhalb der scharfen Bearbeitungsgrenze war der Boden hingegen dicht gelagert und wies eine nur mäßige Wurzeldichte auf. Besonders im Hinblick auf den sandigen Boden ist der relativ hohe Regenwurmbesatz in der Krume hervorzuheben. Die Gehalte an organischer Substanz (OS) in der Krume lagen auf einem für den umsatzstarken Standort normalen Niveau. Nach 25 Jahren nicht wendender Bodenbearbeitung zeigte sich sowohl bei der OS als auch bei einigen Nährstoffen eine deutliche Anreicherung in der Oberkrume. Insgesamt war der Boden mit Nährstoffen gut versorgt, eine Ausnahme waren die geringen Magnesium-Werte. Die pH-Werte lagen für die Bodenart auf einem hohen Niveau.

In dem intensiv gepflegten Kartoffelbestand entwickelte sich nur ein schwacher Unkrautdruck. Der Ertrag lag auf dem Niveau der mittleren Ertragserwartungen.

2.3.17. Physikalische und chemische Eigenschaften von Böden auf Betrieben mit unterschiedlichen Bodenbearbeitungsverfahren

H. Schmidt¹⁵

Einleitung

Eine Reduzierung der Bodenbearbeitungstiefe bzw. der Verzicht auf eine tiefe, wendende Bearbeitung hat sowohl erhebliche Effekte auf die Bodenstruktur als auch auf die Gehalte an Nährstoffen und an organischer Substanz in der Krume (siehe Literaturübersicht S. 194). Im Rahmen der Untersuchung von Praxisschlägen auf den fünfzehn beschriebenen Betrieben (S. 10) wurden auch physikalische und chemische Bodenparameter geprüft. Die Ergebnisse werden im Folgenden zusammenfassend dargestellt und ausgewertet.

Methoden

Im Zeitraum Herbst 2007 bis Frühjahr 2008 wurden Böden von insgesamt 31 Untersuchungsschlägen der ab Seite 24 dieser Publikation beschriebenen Betriebe an jeweils zwei Messpunkten (ca. 15 m Abstand) beprobt. In einem Kreis mit 3 m Radius wurde aus 8 Einstichen pro Messpunkt eine Mischprobe entnommen. Die Beprobung erfolgte jeweils in mindestens drei Bodenschichten. Bei Bodenbearbeitungssystemen mit einer maximalen Eingriffstiefe von 20 cm wurde jeweils die bearbeitete Oberkrume und die seit Abkehr von der Pflugbewirtschaftung nicht mehr bearbeitete Unterkrume beprobt. Bei Systemen mit einer tiefer gehenden Bearbeitung wurde die häufig bearbeitete Oberkrume und die seltener gelockerte Unterkrume untersucht. Auf allen Schlägen erfolgte eine Probenahme aus dem unbearbeiteten Unterboden. Bei Schlägen mit Dammkulturen wurden diese Schichten aus dem Damm entnommen (Messung ab Dammkrone). Die beprobte Schichttiefe und -dicke unterschied sich somit zwischen den Betrieben. Die Bodenproben wurden auf verschiedene physikalische und chemische Messgrößen hin untersucht (Tab. 1).

Tabelle 1: Gemessene und berechnete Bodenparameter¹ mit Abkürzungen

Messgrößen	Anmerkung
Poren: Porenvolumen [Vol. %]	aus Trockenrohddichte, Bodenart und Gehalt organischer Substanz berechnet
Ton-, Schluff- & Sandanteil [%]	aus gesiebttem Boden (2 mm) bestimmt
OS: Organische Substanz [%]	aus organischem C-Gehalt (Corg) berechnet
C/N-Verhältnis	aus Corg und Gesamt-N berechnet
pH-Wert	
Verfügbare Makronährstoffe (P ₂ O ₅ , K ₂ O & Mg) [mg/100 g]	nach VDLUFA
Verfügbare Mikronährstoffe (B, Cu, Mn, Zn) [mg/kg]	nach VDLUFA

¹ Details zur Methodik im Anhang I

¹⁵ Stiftung Ökologie & Landbau, schmidt@soel.de

Für die Untersuchung von Zusammenhängen zwischen den Messgrößen und Standort- und Bewirtschaftungsfaktoren wurden Korrelationskoeffizienten bestimmt. Unterschiede zwischen Ober- und Unterkrume sowie zwischen Unterkrume und Unterboden wurden mit dem t-Test und der Varianzanalyse (Schlag als Zufallsfaktor) ausgewertet. Anhand von Stichproben wurden die Ergebnisse mit dem nicht-parametrischen Wilcoxon-Test überprüft, da die Werte von Ober- und Unterkrume nicht unabhängig sind. Die Auswertung erfolgte mit SPSS.

Details zur Methodik und zu den Ergebnissen befinden sich im Anhang I, II und III.

Ergebnisse und Diskussion

Die physikalischen und chemischen Bodenparameter von den Untersuchungsschlägen variierten in einem weiten Bereich (Abb. 1). Sowohl die Gehalte der Makronährstoffe Kalium und Magnesium als auch der Mikronährstoffe Bor, Kupfer, Mangan und Zink lagen im Mittel auf der VDLUFA-Versorgungsstufe C. Lediglich Phosphor erreichte im Mittel aller Schläge nur die Versorgungsstufe B, wobei eine Reihe von Schlägen, die seit mehreren Jahrzehnten ökologisch bewirtschaftet wurden die Versorgungsstufe A aufwiesen.

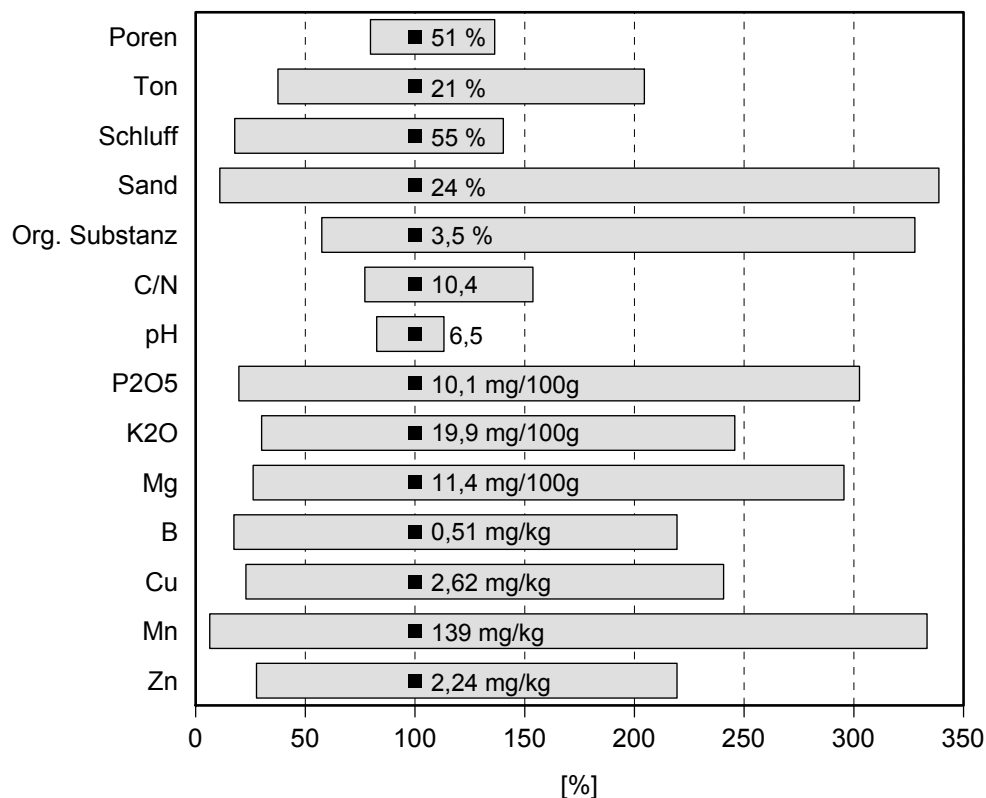


Abbildung 1: Physikalische und chemische Bodenparameter in der Oberkrume der untersuchten Schläge, Mittelwert und Spannweite (in % vom Mittelwert)

Es ist davon auszugehen, dass alle erfassten Messgrößen in einem engen Zusammenhang zu den jeweiligen Standortbedingungen, wie z.B. Ausgangsgestein und Bodenbildung sowie zu der langfristigen Bewirtschaftungsgeschichte stehen. In einzelnen Fällen konnte trotzdem ein Zusammenhang der Messwerte in der Oberkrume mit der maximalen Arbeitstiefe des aktuellen Bodenbearbeitungssystems gefunden werden (Tab. 2). Bei der Prüfung von Standortfaktoren zeigten sich vor allem Zusammenhänge von den Gehalten an Nährstoffen und organischer Substanz mit dem Tongehalt und dem pH-Wert.

Tabelle 2: Qualitative Darstellung der signifikanten Korrelationen von Porenanteil und chemischen Größen in der Oberkrume (C/N-Verhältnis: keine Korrelationen) mit Standort- und Bewirtschaftungsfaktoren (Koeffizienten im Anhang III)

Faktoren	Poren	OS	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	B	Cu	Mn	Zn
Ton	↗	↗	↗		↗	↗				↘
Schluff				↘						
Sand				↗		↘				
pH-Wert		↗			↗	↗			↘	↘
OS	↗		↗			↗				↘
Temperatur, Ø Jahresmittel										
Niederschlag, Ø Jahressum.			↘				↘			
Max. Arbeitstiefe		↘			↘			↗		↗
Dauer der Bewirtschaftung ¹										

¹ Dauer des aktuellen Bodenbearbeitungssystems in Jahren

Die fünfzehn untersuchten Betriebe lassen sich in zwei unterschiedliche Gruppen aufteilen. Bei acht Betrieben erfolgt die aktuelle Bodenbearbeitung deutlich flacher als bei der vorhergehenden Bewirtschaftung mit dem Pflug, die Unterkrume wird dabei nicht mechanisch gelockert. Die Bodenbearbeitungssysteme der restlichen sieben Betriebe beinhalten hingegen eine tiefe, nicht wendende Lockerung auch der Unterkrume. Wesentliche Unterschiede der erfassten Bodenparametern wurden zwischen diesen beiden Gruppen nur bei der Bodenart und dem pH-Wert festgestellt (Tab. 3).

Tabelle 3: Mittelwerte der physikalischen und chemischen Größen¹ bei Betrieben ohne und mit mechanischer Lockerung der Unterkrume: jeweils 1. Zeile Oberkrume, 2. Zeile Unterkrume, 3. Zeile Unterboden; sowie Unterkrumenwerte in % der Oberkrume (grau: kein signifikanter Unterschied zwischen den Bodenschichten)

Poren	Ton	Schluff	Sand	OS	C/N	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	B	Cu	Mn	Zn
ohne Eingriff in die Unterkrume (n = 32)													
51	24	60	16	4,0	10,2	6,7	10,1	21,9	12,8	0,53	2,30	167	3,25
46	24	61	15	3,3	9,8	6,8	8,8	13,9	12,3	0,56	2,43	169	2,95
43	26	63	12	1,5	9,6	6,8	5,3	8,4	11,7	0,39	1,62	104	1,55
mechanische Lockerung der Unterkrume (n = 30)													
50	17	49	34	3,0	10,6	6,4	10,2	17,9	10,0	0,50	2,96	208	5,48
42	17	48	35	2,2	10,4	6,3	8,4	8,5	8,1	0,43	3,06	184	4,26
42	19	48	33	1,5	10,1	6,4	5,5	6,7	8,1	0,33	1,94	111	2,05
Gehalte in Unterkrume im Vergleich zur Oberkrume in % (n = 62)													
87	101	101	97	80	97	100	85	56	90	96	103	95	85

¹ Einheiten: Poren, Ton, Schluff, Sand, OS (organische Substanz): %; P₂O₅, K₂O, Mg: mg/100g; B, Cu, Mn, Zn: mg/kg

Im Durchschnitt wiesen die Untersuchungsschläge ohne tiefe Lockerung schwerere Böden auf als die mit einer tiefen Lockerung. Dies ist vor allem darauf zurück zu führen, dass der Verzicht auf eine tiefe Lockerung in vielen Fällen mit den hohen Tongehalten der Böden begründet wurde. Die Klimabedingungen waren im Durchschnitt der beiden Gruppen sehr ähnlich (Tab. 4).

Über alle Untersuchungsschläge war sowohl beim Porenvolumen als auch beim Gehalt an organischer Substanz und bei den Nährstoffgehalten der zu erwartende abnehmender Gradient von der Krume zum Unterboden deutlich zu erkennen. Nur die Korngrößenzusammensetzung und der pH-Wert waren von der Beprobungstiefe unabhängig (Tab. 4).

Tabelle 4: Mittelwerte von Standort- und Bewirtschaftungsfaktoren der Betriebe ohne und mit mechanischer Lockerung der Unterkrume

Faktoren	ohne Eingriff in die Unterkrume	mechanische Lockerung der Unterkrume
Temperatur, Ø Jahresmittel [°C]	8,6	8,4
Niederschlag, Ø Jahressumme [mm]	742	761
Max. Arbeitstiefe [cm]	9,9	26,7
ehemalige max. Arbeitstiefe ¹ [cm]	20,4	26,0

¹ Pflugtiefe vor Einführung des aktuellen Bearbeitungssystems

Differenz Oberkrume zu Unterkrume

Wie in der Literatur beschrieben (siehe S. 194) ist ein wesentlicher Effekt einer reduzierten Bearbeitungstiefe bzw. einer nicht wendenden Bodenbearbeitung vor allem in der Differenzierung von Ober- und Unterkrume zu finden. Bei den hier untersuchten Schlägen wurde bei einer Reihe von Bodenparametern eine solche Differenzierung festgestellt (Tab. 3). Hierbei war kein deutlicher Unterschied zwischen den Betrieben ohne bzw. mit einer regelmäßigen, mechanischen Lockerung der Unterkrume zu erkennen. Die wesentliche Ursache der Differenzierung von Ober- und Unterkrume scheint somit der Verzicht auf ein tiefes Wenden und damit auf ein Mischen der gesamten Krume zu sein, weniger die Reduzierung der Bearbeitungstiefe. Die Anreicherung sowohl an organischer Substanz als auch an Nährstoffen in der Oberkrume kann durch den Verbleib von Pflanzenresten und von Düngemitteln in dieser Bodenschicht begründet werden.

Die höheren Gehalte an organischer Substanz und noch nicht verrotteter organischer Materialien tragen zu den höheren Porenvolumina in der Oberkrume bei. Außerdem sind damit auch die in der Literaturübersicht (S. 189) beschriebenen Effekte, wie z.B. verringerte Erosions- und Verschlammungsneigung sowie eine erhöhte Wasserverdaulichkeit bei reduzierter Bodenbearbeitung, verbunden.

Auffällig ist, dass selbst auf den Schlägen mit einer regelmäßigen, tiefen, mechanischen Lockerung, in der Unterkrume zum Untersuchungszeitpunkt im Mittel kein größeres Porenvolumen als im Unterboden festgestellt werden konnte. Es scheint als hätte die Bodenbearbeitung hier keine längerfristige Wirkung auf das Porenvolumen. Genauere Untersuchungen zur Entwicklung des Porenvolumens im zeitlichen Verlauf und zur detaillierten Bewertung der Poren wären wünschenswert.

Die weitaus größte Anreicherung in der Oberkrume wurde bei dem Nährstoff Kalium beobachtet (Tab. 3). Dies ist wahrscheinlich auf die, im Vergleich zu den anderen Nährstoffen, relativ hohen Gehalte an Kalium in Ernterückständen zurück zu führen. So liegen die Nährstoffverhältnisse $K_2O : P_2O_5 : Mg$ von Weizenstroh bei ca. 10 : 2 : 1, von Ackerbohnenstroh und Kartoffelkraut bei 10 : 1 : 1 (LFL, 2008).

Einen Einfluss der Bewirtschaftungsdauer seit Umstellung der Bodenbearbeitung auf den Unterschied zwischen Ober- und Unterkrume war nur bei den Gehalten an organischer Substanz und an Zink nachweisbar (Tab. 5). Abbildung 2 zeigt die zunehmende Anreicherung von organischer Substanz in der Oberkrume im Vergleich zur Unterkrume, abhängig von der Dauer der Bewirtschaftung ohne tiefes Pflügen. Bei Kalium war dieser Effekt nicht erkennbar.

Tabelle 5: Qualitative Darstellung signifikanter Korrelationen bei der Differenz zwischen Oberkrume und Unterkrume von Porenanteil und chemischen Größen (Mg: keine Korrelationen) mit Standort- und Bewirtschaftungsfaktoren (Koeffizienten im Anhang III)

Faktoren	Poren	OS	C/N	pH	P_2O_5	K_2O	B	Cu	Mn	Zn
Ton			↘	↗						↘
Schluff			↘							
Sand			↗							↗
pH-Wert										
Temperatur, Ø Jahresmittel			↗							
Niederschlag, Ø Jahressum.				↘						
Max. Arbeitstiefe							↗	↗	↗	↗
Dauer der Bewirtschaftung ¹		↗								↗

¹ Dauer des aktuellen Bodenbearbeitungssystems in Jahren

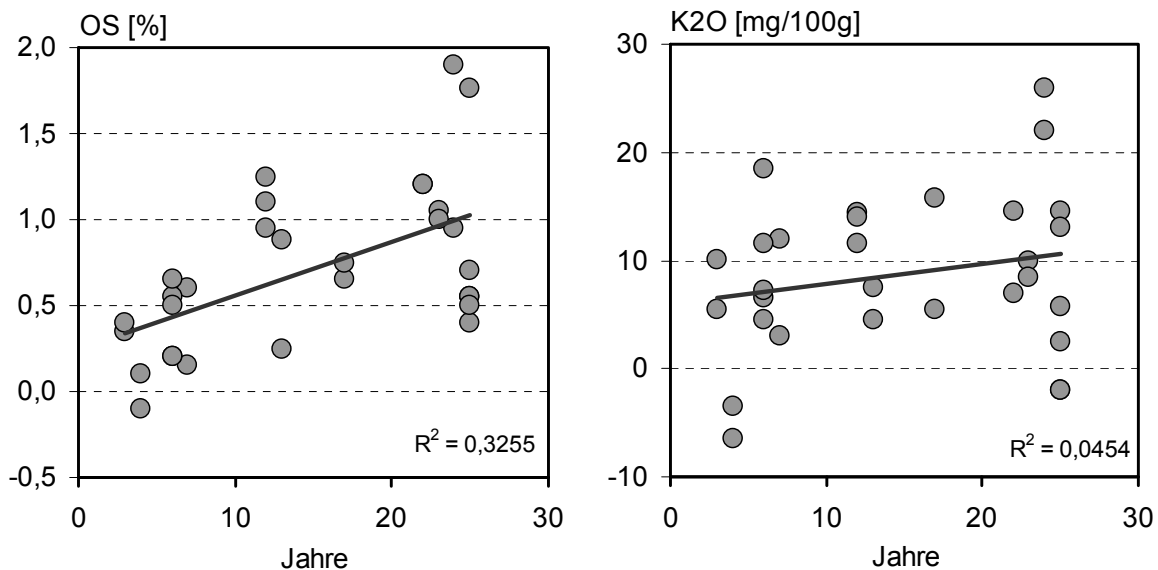


Abbildung 2: Differenz von Oberkrume und Unterkrume der Größen organische Substanz (OS) und Kali (K_2O), abhängig von der Dauer der derzeitigen Bewirtschaftung (mit Trendlinie und Bestimmtheitsmaß)

Ein Einfluss der maximalen Arbeitstiefe auf den Unterschied von Ober- und Unterkrume wurde nur bei den Mikronährstoffen ermittelt. Hier wurde jedoch die Differenz umso größer je tiefer bearbeitet wurde. Dieser Effekt kann damit zusammenhängen, dass die Betriebe mit größerer Arbeitstiefe meist einen erheblich höheren Hackfruchtanteil in der Fruchtfolge aufwiesen. Damit verbunden war oft eine höhere Zufuhr an Düngemitteln und z.T. auch an Pflanzenschutzmitteln (z.B. Kupfer). Die dadurch erhöhte Zufuhr an Mikronährstoffen in die Oberkrume kann zu einer größeren Differenz zwischen Ober- und Unterkrume geführt haben.

Zusammenhänge der Differenz von Ober- zu Unterkrume mit Standortbedingungen waren vor allem beim C/N-Verhältnis erkennbar. Hier scheint in erster Linie die Bodenart einen Einfluss auf die Entwicklung der Differenzierung zu haben.

Schlussfolgerungen

Bei Bodenbearbeitungssystemen ohne tiefes Wenden ist mit einer Anreicherung von organischer Substanz und von Nährstoffen in der Oberkrume zu rechnen. Die Anreicherung ist bei Kalium am stärksten ausgeprägt. Zumindest die Unterschiede im Gehalt an organischer Substanz zwischen Ober- und Unterkrume nehmen mit der Dauer der nicht tief wendenden Bearbeitung zu.

Im Zusammenhang mit der Anreicherung von organischer Substanz kann auch mit einem Anstieg des Porenvolumens in der Oberkrume im Vergleich zur Unterkrume gerechnet werden. Dadurch sind auch positive Effekte auf die Erosionsstabilität und die Wasserverdaulichkeit zu erwarten.

Die beschriebene Differenzierung von Ober- und Unterkrume entwickelt sich sowohl bei Systemen mit flacher Bodenbearbeitung ohne Lockerung der Unterkrume als auch bei Systemen mit einer nicht wendenden tiefen Lockerung der Unterkrume. Bei einer Verringerung der Bearbeitungstiefe ist jedoch mit höheren Gehalten an organischer Substanz und an Kalium in der Oberkrume zu rechnen.

Problematisch kann eine starke Konzentration der Nährstoffe nahe der Bodenoberfläche bei länger anhaltender Trockenheit sein. Dabei kann es zu einer Einschränkung der Nährstoffmineralisation (z.B. Stickstoff) oder Nährstoffaufnahme (z.B. Kalium) kommen. Inwieweit diese Effekte praxisrelevant sind muss noch weiter untersucht werden.

Literatur

Siehe Kapitel *Verwendete Literatur*.

2.3.18. Mikrobiologische Eigenschaften von Böden auf Betrieben mit unterschiedlichen Bodenbearbeitungsverfahren

H. Schmidt¹⁶, C. Bruns¹⁷ & R.G. Jørgensen²

Einleitung

Eine hohe mikrobiologische Aktivität ist für eine Reihe von Funktionen des Bodens von Bedeutung. Besonders im Ökolandbau hängt z.B. die Nährstoffverfügbarkeit von der Umsetzung organischen Materials im Boden und somit von den mikrobiologischen Eigenschaften ab. Weiterhin können auch Qualität und Stabilität der Bodenstruktur durch eine hohe biologische Aktivität erheblich verbessert werden.

In der Praxis des Ökologischen Landbaus werden Bodenbearbeitungssystemen, die auf ein tiefes Wenden verzichten, oft deutliche Effekte auf das Bodenleben zugeschrieben. Wissenschaftliche Ergebnisse zu diesen Anbausystemen liegen jedoch kaum vor. Unter konventionellen Anbaubedingungen konnten mehrere Autoren einen Einfluss der Bodenbearbeitung auf einzelne Parameter des mikrobiellen Bodenlebens nachweisen (siehe Literaturübersicht zum Zusammenhang von Bodenbearbeitung und Bodenleben, S. 199). Mit den hier vorgestellten Untersuchungen sollte der Effekt reduzierter bzw. pflugloser Bodenbearbeitung auf die Qualität des mikrobiellen Bodenlebens in unterschiedlichen Bodenhorizonten auf ökologisch wirtschaftenden Betrieben beschrieben werden. Obwohl bei der Untersuchung auf den Praxisbetrieben kein direkter Vergleich verschiedener Bearbeitungsverfahren möglich war, kann mit Hilfe von Ergebnissen aus anderen Studien auch eine vergleichende Diskussion erfolgen. Die Ergebnisse zur Bodenbiologie erlauben in Ergänzung zu den erfassten chemischen und physikalischen Messgrößen (Nährstoff- und Humusgehalte, Korngrößenzusammensetzung, Lagerungsdichte) eine deutlich differenziertere Betrachtung und Diskussion der untersuchten, in landwirtschaftlichen Betrieben praktizierten Bodenbearbeitungssysteme.

Methoden

Vom Fachgebiet Bodenbiologie und Pflanzenernährung der Universität Kassel Witzenhausen wurden in Kooperation mit der Stiftung Ökologie & Landbau Bodenproben von den Untersuchungsschlägen der ab Seite 24 dieser Publikation beschriebenen Betriebe auf verschiedene bodenmikrobiologische Messgrößen untersucht (Tab. 1). Im Frühsommer 2008 wurden sämtliche Untersuchungsschläge an drei Messpunkten (ca. 15 m Abstand) beprobt. In einem Kreis mit 3 m Radius wurde aus 8 Einstichen pro Messpunkt eine Mischprobe genommen. Im Frühjahr 2009 erfolgte eine Wiederholung der Beprobung nur auf Schlägen mit Wintergetreide an zwei der drei Messpunkte. Die Beprobung erfolgte jeweils in zwei Bodenschichten. Bei Bodenbearbeitungssystemen mit einer maximalen Eingriffstiefe von 15 cm wurde jeweils die bearbeitete Oberkrume und die seit Abkehr von der Pflugbewirtschaftung nicht mehr bearbeitete Unterkrume beprobt. Bei tiefer bearbeitenden Systemen wurden die Schichten 0-15 cm und 15-30 cm untersucht. Auf Schlägen mit Dammsystem wurden diese Schichten aus dem Damm (Messung ab Dammkrone) entnommen. Die beprobte Schichttiefe und -dicke unterscheidet sich somit zum Teil zwischen den Betrieben.

¹⁶ Stiftung Ökologie & Landbau, schmidt@soel.de

¹⁷ Fachgebiet Bodenbiologie und Pflanzenernährung, Universität Kassel, ch.brun@uni-kassel.de

Neben den absoluten Boden-Gehalten der mikrobiologischen Größen wurden auch Quotienten mit den Gehalten an organischem Kohlenstoff- (Corg) und Gesamt-Stickstoff (Nt) bzw. mit dem Gehalt an Kohlenstoff in der mikrobiellen Biomasse (Cmic) gebildet. Diese bilden Maße für die Qualität der organischen Substanz bzw. der mikrobiellen Biomasse (Tab. 1).

Für die Untersuchung von Zusammenhängen zwischen bodenmikrobiologischen Messgrößen sowie Standort- und Bewirtschaftungsfaktoren wurden Korrelationskoeffizienten bestimmt. Unterschiede zwischen Ober- und Unterkrume wurden mit dem t-Test und der Varianzanalyse (Schlag als Zufallsfaktor) ausgewertet. Anhand von Stichproben wurden die Ergebnisse mit dem nicht-parametrischen Wilcoxon-Test überprüft, da die Werte von Ober- und Unterkrume nicht unabhängig sind. Die Auswertung erfolgte mit SPSS.

Details zur Methodik und zu den Ergebnissen befinden sich im Anhang I, II und III.

Tabelle 1: Gemessene und berechnete mikrobiologische Bodengehalte¹ mit Abkürzungen

Messgrößen (Methode)	Bedeutung
C & N in mikrobieller Biomasse: Cmic, Nmic (Fumigations-Extraktions-Methode)	Maß für die Belebtheit eines Bodens
Cmic / organischer Kohlenstoff: Cmic/Corg, Nmic / Gesamtstickstoff: Nmic/Nt Cmic/Corg	Maß für die Qualität der organischen Substanz im Boden
Cmic/Nmic	Enges Cmic/Nmic-Verhältnis: hohe N-Verfügbarkeit bei C-Mangel
Ergosterolgehalt: Ergo (Extraktion)	Maß für den Gehalt pilzlicher Biomasse (ohne Mycorrhizapilze) im Boden; Pilze sind wichtig für die Bodenstruktur und Abbau von Ernterückständen
Ergo/Cmic	Wenig Ergo / Cmic: geringere Pilzbiomasse und höhere Bakterienmasse; langsamere Umsetzungsprozesse
Enzymaktivitäten (nur 2008): Protease: Prot ()	Prot hoch: hohe Aktivität zellfreier Enzyme; hohes Potential des Bodens N-reiche Eiweiß-Verbindungen abzubauen; wichtiger erster Schritt bei der N-Mineralisation
β-Glucosidase: Gluc ()	Wichtig beim Cellulose-Abbau. Gluc hoch: hohes Angebot an cellulosereichem, jungem, organischem Material
Floureszein Diacetat: FDA ()	Allgemeines Maß für die Aktivität der Umsetzungsprozesse im Boden (die FDA-HR zeigt die Aktivität von Lipasen, Esterasen und Proteasen an, sowohl zellgebunden als auch zellfrei)
Prot//Cmic, Gluc/Cmic & FDA/Cmic	Beschreiben die Eigenschaften der Mikroorganismen-Gesellschaften
Basalatmung (nur 2009): Bas ()	Atmung des Bodens beim Abbau von Corg in Abwesenheit von frischem organischem Material
Bas/Cmic	Metabolischer Quotient, hoch: gestörter oder gestresster Boden, sehr niedrig: hungernde Mikroorganismen

¹ Details zur Methodik im Anhang I

Ergebnisse und Diskussion

Oberkrume

Die mikrobiologischen Messgrößen korrelieren alle stark mit dem Gehalt an organischem Kohlenstoff im Boden (Abb. 1, Tab. 2). Cmic als Maß für die mikrobielle Biomasse variiert in einem weiten Bereich von ca. 250 bis 1300 mg/kg. Diese Werte liegen meist innerhalb der Spannweite für ackerbaulich genutzte Böden (ANDERSON & DOMSCH 1989, JÖRGENSEN 1995, HÖPER & KLEEFISCH 2001). Die sehr hohen Cmic-Gehalte auf jeweils einem Schlag von Betrieb B7 und B8 sind wahrscheinlich auf die besonderen Standortbedingungen – ein anmooriger und ein häufig überschwemmter Auenboden – zurück zu führen.

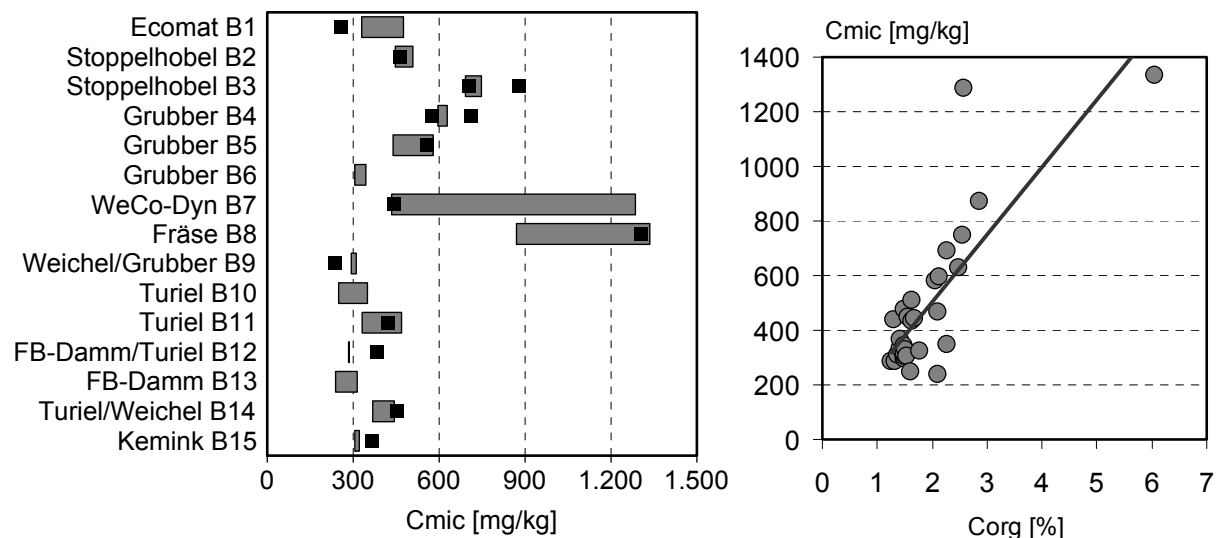


Abbildung 1: Links: Cmic-Gehalte im Boden; Spannweite der beiden Schlagmittelwerte 2008 (graue Säulen); Schlagmittelwerte 2009 (schwarze Kästchen); rechts: Vergleich von Cmic- und Corg-Gehalten mit Trendlinie ($r^2 = 0,67$)

Sowohl Cmic als auch viele der anderen mikrobiologischen Kenngrößen weisen im Durchschnitt der Betriebe mit einer Bearbeitungstiefe bis zu ca. 15 cm (B1-B8) höhere Gehalte auf als bei den Betrieben mit größerer Arbeitstiefe (B9-B15; Abb. 1, Tab. 2). Ein direkter Zusammenhang ist jedoch mit den vorliegenden Ergebnissen nicht nachzuweisen, da sich auch andere wichtige Faktoren wie z.B. durchschnittlicher Tongehalt und pH-Wert zwischen den beiden Gruppen deutlich unterscheiden (Tab. 3). Zudem variiert die Bodenbearbeitung sowohl in der maximalen Arbeitstiefe als auch in der Intensität. So werden bei den Betrieben mit flacher Bearbeitung neben Feldfutter meist nur Körnerfrüchte angebaut, während bei den Betrieben mit größerer Eingriffstiefe zum Teil ein hoher Hackfruchtanteil in der Fruchtfolge enthalten ist.

Die gefundenen Korrelationen zwischen bodenmikrobiologischen Kenngrößen und Standortfaktoren in der Oberkrume (Tab. 4) stimmen meist mit Literaturergebnissen überein. So wurde ein deutlich positiver Einfluss des Tongehaltes und des pH-Wertes auf die mikrobielle Biomasse und deren Aktivität auch von HÖPER und KLEEFISCH (2001), von EMMERLING und UDELHOVEN (2002) sowie LENTZSCH et al. (2005) beschrieben. Der Einfluss von Klimafaktoren stimmt mit Untersuchungen von INSAM et al. (1989) sowie WARDLE (1998) überein. Wahrscheinlich hängt der negative Einfluss steigender Temperaturen und Niederschlagsmengen auf einzelne Messgrößen auch damit zusammen, dass unter den dadurch

günstigeren Umsatzbedingungen die Corg-Gehalte abnehmen. Mit steigender Arbeitstiefe verringern sich viele mikrobiologische Kenngrößen. Dieses beruht vor allem darauf, dass die Bodenschicht, in die organisches Material eingearbeitet wird, bei größerer Arbeitstiefe mächtiger ist und dadurch eine geringere Konzentration im Boden aufweist. Es muss jedoch auch das oben beschriebene Zusammentreffen von höherer Arbeitstiefe, geringerem Tongehalt und intensiveren Fruchtfolgen berücksichtigt werden. In fast allen Fällen werden Korrelationen von Standort- und Bewirtschaftungsfaktoren (z.B. Bodenart, pH-Wert und max. Arbeitstiefe) mit Corg auch mit bodenmikrobiologischen Kenngrößen gefunden, d.h., bei Bewirtschaftungsmaßnahmen, die eine Erhöhung des Gehaltes an organischer Substanz bewirken, kann auch mit entsprechender Wirkung auf die mikrobiologischen Größen gerechnet werden.

Tabelle 2: Mittelwerte der gemessenen und berechneten mikrobiologischen Größen der Betriebe <15 und >15 cm maximaler Arbeitstiefe; jeweils 1. Zeile Oberkrume, 2. Zeile Unterkrume, 3. Zeile Unterkrume in % Oberkrume (grau: kein signifikanter Unterschied von Ober- und Unterkrume)

Cmic	Nmic	Ergo	Prot	Gluc	FDA	Bas	Cmic Corg	Nmic Nt	Cmic Nmic	Ergo Cmic	Prot Cmic	Gluc Cmic	FDA Cmic	Bas Cmic
Arbeitstiefe < 15 cm (n = 47 Messpunkte, Bas n = 12)														
632	104	1,37	311	208	0,86	0,69	2,90	4,79	6,04	0,24	54	38	0,16	1,09
412	67	0,75	248	116	0,55	0,43	2,30	3,69	6,15	0,20	68	35	0,17	0,86
65	64	55	80	56	64	62	79	77	102	84	126	91	105	79
Arbeitstiefe > 15 cm (n =41 Messpunkte, Bas n= 16)														
327	51	0,86	191	169	0,81	0,49	2,07	3,23	6,97	0,28	60	55	0,26	1,30
208	36	0,43	148	104	0,58	0,26	1,61	2,81	5,88	0,24	88	56	0,32	1,52
64	72	50	77	62	71	53	78	87	84	86	147	102	123	117

¹ Cmic: mg/kg TM, Nmic: mg/kg TM, Ergo: mg/kg TM, Prot: mg Tyrosin-Äquivalente /kg TM/2h, Gluc: mg Nitrophenol/kg TM/1h, FDA: mg/kg TM/Minute, Bas: mg CO₂-C/kg TM/h; Cmic/Corg: %Cmic, Nmic/Nt: %Nt, Ergo/Cmic: %Cmic, Prot/Cmic: %Cmic, Gluc/Cmic: %Cmic, FDA/Cmic: %Cmic*100, Bas/Cmic: Bas/(Cmic/1000)

Tabelle 3: Mittelwerte von Standort- und Bewirtschaftungsfaktoren der Betriebe <15 und >15 cm maximaler Arbeitstiefe

Faktoren	Arbeitstiefe < 15 cm	Arbeitstiefe > 15 cm
Corg-Gehalt Oberkrume [%]	2,1	1,5
Ton-Gehalt [%]	24	17
Sand-Gehalt [%]	16	33
pH-Wert	6,7	6,3
Temperatur, Ø Jahresmittel [°C]	8,6	8,4
Niederschlag, Ø Jahressumme [mm]	742	761
Max. Arbeitstiefe [cm]	9,9	26,7
ehemalige max. Arbeitstiefe [cm]	20,4	26,0

Der Einfluss von Standort und Bewirtschaftung auf die errechneten Quotienten in der Oberkrume ist weniger einheitlich. Hohe Corg- oder Cmic-Gehalte scheinen oft mit einer geringeren Aktivität verbunden zu sein. Auch hat hier der Tongehalt bei einzelnen Aktivitäts-Parametern einen steuernden Einfluss (HÖPER & KLEEFISCH 2001, MÜLLER & HÖPER 2004). Bei steigender Bearbeitungstiefe muss nach den vorliegenden Ergebnissen mit einer geringeren Belebtheit der organischen Substanz in der Oberkrume gerechnet werden. Beim Pilzanteil an der mikrobiellen Biomasse (beschrieben mit dem Ergosterolgehalt im Verhältnis zu Cmic) ergab nur die jährliche Niederschlagsmenge eine signifikante Korrelation, wie auch von SCHMIDT (2007) beschrieben. Zusammenhänge von metabolischem Quotient (Bas/Cmic) und den hier berücksichtigten Faktoren zeigten sich kaum.

Tabelle 4: Qualitative Darstellung der Korrelationen von organischem C (Corg) und mikrobiologischen Größen in der Oberkrume mit Standort- und Bewirtschaftungsfaktoren, die mindestens in einem Jahr signifikant waren (Koeffizienten im Anhang III)

Gehalte	Corg	Cmic	Nmic	Ergo	Prot	Gluc	FDA	Bas
Corg-Gehalt		↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗
Cmic-Gehalt	↗		↗	↗	↗	↗		↗
Ton-Gehalt	↗	↗	↗	↗		↗		↗
pH-Wert	↗	↗	↗	↗	↗	↗		↗
Temperatur, Ø Jahresmittel	↘	↘						
Niederschlag, Ø Jahressumme				↘		↘	↗	
Max. Arbeitstiefe	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	
Quotienten	Cmic Corg	Nmic Nt	Cmic Nmic	Ergo Cmic	Prot Cmic	Gluc Cmic	FDA Cmic	Bas Cmic
Corg-Gehalt					↘	↘	↘	
Cmic-Gehalt	↗	↗		↘	↘	↘	↘	
Ton-Gehalt					↘		↘	
pH-Wert		↗	↘				↘	
Temperatur, Ø Jahresmittel	↗							
Niederschlag, Ø Jahressumme				↘		↘		
Max. Arbeitstiefe	↘	↘	↗			↗		

Differenz Oberkrume zu Unterkrume

Wie in der Literatur für einzelne bodenmikrobiologische Größen beschrieben (BÖHM 1993, HÖPER & KLEEFISCH, 2001) bildet sich bei nicht wendender bzw. flacher Bearbeitung mit zunehmender Bodentiefe ein abnehmender Gradient. Das konnte auch in dieser Untersuchung gezeigt werden (Tab. 2). Eine Ausnahme bildete der Quotient von Protease-Aktivität und Cmic mit einem ansteigenden Gradienten. Dieser Effekt beruht auf einem zunehmenden Anteil von Eiweißverbindungen in der Unterkrume, die bei abnehmender Verfügbarkeit von C-reichen Verbindungen wie Cellulose von den Mikroorganismen abgebaut werden müssen. Unterschiede im Gradienten zwischen der Betriebsgruppe mit flacher Bearbeitung und den Betrieben mit Unterkrumenlockerung wurden im Durchschnitt nicht ersichtlich. Die Auswirkungen von Bodenbearbeitungssystemen auf die Verteilung der Mikroorganismen im Boden hängen somit vor allem von der Art der Bearbeitung ab (tief

wendend / nicht wendend). Die Unterschiede zwischen flach und tief lockernden Systemen sind hingegen relativ gering.

Die Unterschiede von mikrobieller Biomasse und ihrer Qualität zwischen Ober- und Unterkrume waren stark mit den Unterschieden im Corg-Gehalt verbunden (Tab. 5). Bei dem Einfluss der Standortparameter fällt auf, dass die Differenz zwischen Ober- und Unterkrume sowohl von der Pilzmenge (Ergo) als auch von einzelnen Aktivitäts-Messgrößen bei zunehmenden Jahresniederschlagsmengen abnahmen. Dies beruht auf den klimatisch bedingten Auswirkungen auf den mikrobiellen Umsatz. In leichten Sandböden wird der Umsatz in der Oberkrume mit steigender Bodenfeuchtigkeit erhöht. In schweren Tonböden wird dagegen der Umsatz in der Unterkrume mit steigender Bodenfeuchtigkeit gesenkt. Deutlich wird auch, dass bei der mikrobiellen Biomasse die Differenz zwischen Ober- und Unterkrume mit zunehmender Arbeitstiefe geringer wurde. Die Differenzen vergrößerten sich hingegen bei den meisten mikrobiologischen Gehalten bei steigender Dauer der nicht wendenden bzw. flach eingreifenden Bewirtschaftung.

Table 5: Qualitative Darstellung von Korrelationen der Differenz von Oberkrume und Unterkrume mikrobiologischer Größen mit Standort- und Bewirtschaftungsfaktoren, die mindestens in einem Jahr signifikant waren (Koeffizienten im Anhang III)

Gehalte	Corg	Cmic	Nmic	Ergo	Prot	Gluc	FDA	Bas
Differenz Corg-Gehalt		↗	↗	↗	↗	↗	↗	
Differenz Cmic-Gehalt	↗		↗	↗	↗	↗	↗	↗
Ton-Gehalt					↘			
pH-Wert			↘					
Temperatur, Ø Jahresmittel	↗							
Niederschlag, Ø Jahressumme				↘		↘		
Max. Arbeitstiefe		↘	↘					
Dauer der Bewirtschaftung	↗	↗	↗	↗		↗	↗	
Quotienten	Cmic Corg	Nmic Nt	Cmic Nmic	Ergo Cmic	Prot Cmic	Gluc Cmic	FDA Cmic	Bas Cmic
Differenz Corg-Gehalt	↗	↗	↘		↘			
Differenz Cmic-Gehalt	↗	↗	↘					↘
Ton-Gehalt			↘				↗	
Schluff-Gehalt			↘		↗		↗	
Sand-Gehalt			↗		↘		↘	
pH-Wert	↘							
Niederschlag, Ø Jahressumme			↘					
Max. Arbeitstiefe			↗					
Dauer der Bewirtschaftung		↗						↘

Auch bei der Betrachtung der Quotienten ist vor allem der Faktor "Dauer der derzeitigen Bewirtschaftung" interessant (Tab. 5). So scheint mit zunehmender Dauer der Unterschied in der Belebtheit der organischen Substanz (Nmic/Nt) zwischen Ober- und Unterkrume anzusteigen, während die Differenz im metabolischen Quotienten abnimmt. Auf der einen Seite werden die Unterschiede in der Substratverfügbarkeit für Mikroorganismen immer

größer, auf der anderen Seite streben die Umsatzbedingungen ein neues Gleichgewicht an, das in dieser Weise noch nicht beobachtet werden konnte.

Schlussfolgerungen

Es besteht ein enger Zusammenhang zwischen dem Gehalt an organischer Substanz (OS) und dem Gehalt an mikrobieller Biomasse im Boden und der biologischen Aktivität des Bodens. Daraus folgt, dass das mikrobielle Bodenleben mengenmäßig am stärksten über Änderungen des OS-Gehalts im Boden beeinflusst wird.

Einen wesentlichen Einfluss sowohl auf die OS als auch auf das mikrobielle Bodenleben haben Standortfaktoren wie z.B. die Bodenart, der pH-Wert und die Klimabedingungen. So bewirken hohe Tongehalte und pH-Werte oft höhere Gehalte an mikrobieller Biomasse und meist auch eine höhere Aktivität im Boden, obwohl der Umsatz abnimmt. Ein feuchtes und warmes Klima sorgt zwar für gute Umsatzbedingungen im Boden, diese sind jedoch meist mit geringen Gehalten an Corg und an mikrobieller Biomasse verbunden. Die Mikroorganismen-Gesellschaft ist dann meistens reicher an Bakterien und relativ pilzärmer, was zu hohen Umsetzungsgeschwindigkeiten, aber auch zu einer geringeren Strukturstabilität führen kann.

Unabhängig davon, ob die Unterkrume gelockert wird oder ungestört bleibt, liegen bei Bodenbearbeitungsverfahren ohne tiefes Wenden die Gehalte an organischer Substanz und fast aller mikrobiologischer Größen in der Oberkrume erheblich über denen der Unterkrume. Mit zunehmender Dauer der nicht wendenden Bewirtschaftung verstärken sich diese Unterschiede, bis sich ein neues Gleichgewicht zwischen C-Eintrag und mikrobiellem Umsatz einstellt.

Bei Umstellung der Bodenbearbeitung von tiefem Pflügen auf nicht wendende oder flach arbeitende Systeme ist somit mit einer Anreicherung von OS in der Oberkrume zu rechnen. Damit verbunden konzentriert sich auch die mikrobielle Biomasse und Aktivität auf diese Bodenschicht. Umsetzungsprozesse finden verstärkt in diesem stark mit organischem Material angereicherten und gut durchlüfteten Bodenbereich statt. Die intensive Belegung und der höhere Gehalt an OS können positive Auswirkungen auf die Bodenstruktur und durch die so genannte Lebendverbauung auch auf die Aggregatstabilität haben. Diese Effekte erklären die häufig beobachtete schwammartige Struktur mit hoher Wasserverdaulichkeit und geringer Erosionsneigung der Oberkrume bei reduzierter Bodenbearbeitung. Diese Entwicklung scheint um so stärker ausgeprägt, je flacher die Bearbeitung und umso länger das Bearbeitungssystem durchgeführt wird.

Problematisch kann die Konzentration der Mineralisationsprozesse nahe der Bodenoberfläche bei Störungen von außen sein. So kann es z.B. bei länger anhaltender Trockenheit, trotz des verbesserten Wasserhaltevermögens und kapillaren Aufstiegs durch ungestörte Poren, zu einer Einschränkung der biologischen Aktivität in der Oberkrume und damit zu einer reduzierten Nährstofffreisetzung kommen.

Literatur

Siehe Kapitel *Verwendete Literatur*.

2.3.19. Entwicklung der Kulturpflanzen und der Unkräuter auf Betrieben mit unterschiedlicher Bodenbearbeitung

H. Schmidt¹⁸

Einleitung

Die Wahl des Bodenbearbeitungsverfahrens kann im Ökolandbau einen großen Einfluss auf die Entwicklung des Unkrautdrucks und der Kulturpflanzen haben. Die Unkrautproblematik wird oft als limitierender Faktor für einen ökologischen Ackerbau ohne Pflug angesehen. Die Erträge werden bei Systemen mit reduzierter Bodenbearbeitung im Vergleich zum Pflugeinsatz meist als niedriger eingestuft (siehe Literaturübersicht S.203).

Im Rahmen der Untersuchung auf den fünfzehn beschriebenen Betrieben (S. 10) wurden Betriebsleiterangaben zum Thema Unkraut und Markfruchtertrag erfasst, auf den Untersuchungsschlägen wurde Unkraut bonitiert und Ertragsmessungen durchgeführt. Die Ergebnisse werden im Folgenden zusammenfassend dargestellt. Eine Zuordnung zu einzelnen Bodenbearbeitungsverfahren erfolgt hier nicht, da sowohl die Entwicklung von Unkräutern als auch die Ertragsbildung sehr stark von den Standortbedingungen (z.B. Boden und Witterung) sowie von den Bewirtschaftungsbedingungen (z.B. Fruchtfolge und Düngung) beeinflusst werden. Eine Isolierung des Faktors Bodenbearbeitung war bei dieser Untersuchung nicht möglich. Die Zusammenfassung der Ergebnisse gibt jedoch einen Überblick über die Unkraut- und Ertragssituation auf den untersuchten Betrieben sowie über die Zusammenhänge mit einzelnen Bewirtschaftungs- und Standortfaktoren. Im Rahmen der Betriebsbeschreibungen werden die untersuchten Bestände im einzelnen hinsichtlich ihrer Entwicklung und möglicher Ursachen analysiert (ab S. 10).

Methoden

Die Betriebsleiter der fünfzehn beschriebenen Betriebe wurden nach durchschnittlichen Ertragserwartungen für Marktfrüchte und nach häufig vorkommenden Unkräutern befragt. Auf jeweils mindestens zwei Schlägen je Betrieb erfolgte in den Jahren 2008 und 2009 eine Untersuchung der Hauptfrüchte (Tab.1).

Bei der Untersuchung wurden in einem Kreis von ca. 5 m Durchmesser um zwei Messpunkte je Schlag an mehreren Terminen die Unkräuter bonitiert und die Entwicklung der Kulturpflanzen beobachtet. Druschfrüchte wurden, soweit möglich, kurz vor der Betriebsernte an beiden Messpunkten per Hand beerntet (jeweils 1,5 m²). In jedem Fall wurde der durchschnittliche Markfruchtertrag für die untersuchten Bestände von den Betriebsleitern erfragt. Ziel der Untersuchungen war in erster Linie die Sammlung von Informationen für die Betrachtung und Analyse von einzelnen Fallbeispielen. Aus organisatorischen Gründen wurden die Bonituren auf den verschiedenen Betrieben nicht zu identischen Zeitpunkten bzw. Kulturpflanzenstadien durchgeführt. Die folgende Auswertung beschränkt sich deshalb beim Unkraut auf das in Tabelle 2 dargestellte Beurteilungsschema zum Grad der Verunkrautung sowie auf die Darstellung der wichtigsten Unkrautarten. Um die großen Standortunterschiede zur berücksichtigen, wurde beim Ertrag vor allem der Unterschied zwischen aktuellem Markfruchtertrag und den durchschnittlichen Betriebserwartungen

¹⁸ Stiftung Ökologie & Landbau, schmidt@soel.de

betrachtet. Hierbei werden an dieser Stelle nur die Getreideerträge berücksichtigt. Für den Futterbau liegen keine Ertragserhebungen vor, bei den Hackfrüchten waren die einzelnen Kulturen meist nur in wenigen Fällen vertreten.

Tabelle 1: *Untersuchte Hauptfrüchte im Zeitraum 2008 bis 2009*

Druschfrüchte	Anzahl Bestände	Hackfrüchte	Anzahl Bestände
Winterweizen	14	Kartoffeln	4
Dinkel	8	Weißkohl	1
Roggen	5	Lauch	1
Triticale	2	Möhren	1
Wintergerste	1	Rote Beete	1
Hafer	5	Summe	8
Sommergerste	1		
Sommerweizen	1	Futtergemenge	13
Erbsen-Getreide-Gemenge	3		
Summe	40		

Bei der Auswertung wurden die Betriebe bzw. die Untersuchungsschläge in zwei Gruppen unterteilt. Zum einen die Betriebe mit einer relativ flachen Bearbeitung, meist reinem Druschfruchtanbau bzw. nur geringem Hackfruchtanteil in der Fruchtfolge und oft extensiver Unkrautregulierung (Betriebe B1 bis B8, S. 26). Zum anderen die Betriebe mit einer tiefer gehenden Lockerung des Bodens, meist höherem Anteil an Hackfrüchten und einer intensiveren Pflege der Bestände (Betriebe B9 bis B15, S. 26).

Tabelle 2: *Beurteilungsschema für die Verunkrautung von Marktfrüchten*

Aus den Ergebnissen von mehreren Bonituren des Unkrautdeckungsgrads, der Wuchshöhe und der vorkommenden Arten wurde die Verunkrautung nach folgenden Stufen bewertet	
Stufe	Bewertung
1	kaum Unkräuter
2	geringe Verunkrautung
3	mäßige Verunkrautung
4	hohe Verunkrautung
5	sehr hohe Verunkrautung

Für die Darstellung von Zusammenhängen wurden die Regressionsgerade und das Bestimmtheitsmaß mit dem Kalkulationsprogramm Excel berechnet.

Details zur Methodik befinden sich im Anhang I.

Ergebnisse und Diskussion

Unkraut

Von den befragten Betriebsleitern wurde eine Reihe unterschiedlicher Unkrautarten für ihren Betrieb als wichtig bewertet (Abb. 1). Eine relativ große Bedeutung wurde den Wurzelunkräutern, v.a. der Distel, und den einjährigen Arten Ackerfuchsschwanz, Kamille und Weißer Gänsefuß beigemessen. Die auftretenden Unkräuter wurden nur selten als problematisch eingestuft. Größere Probleme bei Einzelfällen (einzelner Schlag in speziellem Jahr) konnten oft besonderen Bewirtschaftungs- bzw. Umwelteinflüssen zugeordnet werden. So wurden z.B. ungünstige Bodenbedingungen bei der Saatbettbereitung als häufige Ursache eines höheren Unkrautdrucks genannt.

Auf den Untersuchungsschlägen kamen am häufigsten die Wurzelunkräuter Distel, Ampfer und Ackerwinde, die Ungräser Ackerfuchsschwanz und Windhalm sowie die anuellen Arten Kamille, Klettenlabkraut, Rauhaarige Wicke und Weißer Gänsefuß vor (Abb. 1). Teilweise bestand eine deutliche Diskrepanz zwischen Betriebsleiterwahrnehmung und dem bonitierten Vorkommen auf den Untersuchungsschlägen (z.B. bei der Rauhaarigen Wicke).

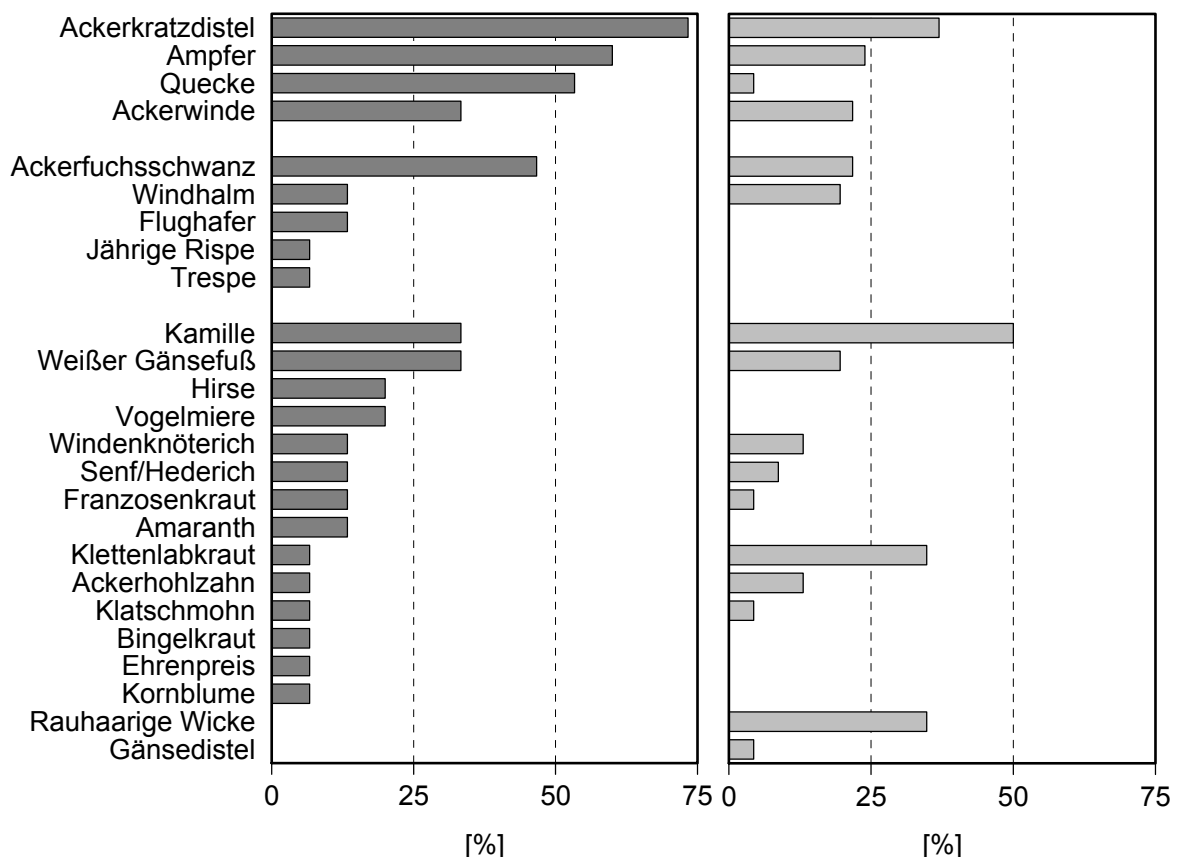


Abbildung 1: Links: von Betriebsleitern genannte, wichtige Unkräuter in % Nennungen der 15 Betriebe; Rechts: bei Bonitur der Untersuchungsschläge erfasste, häufige Unkrautarten in % Vorkommen in 46 Beständen

Das Vorkommen der Unkrautarten unterschied sich zwischen der Betriebsgruppe mit flacher Bearbeitung und meist extensiver Pflege (Gruppe A) sowie den Betrieben mit tiefer Lockerung und oft intensiver Pflege (Gruppe B). Bei Gruppe A wurden die Ackerwinde, die Ungräser Ackerfuchsschwanz und Windhalm sowie die rauhaarige Wicke deutlich häufiger

gefunden als in Gruppe B (Abb. 2, links). Eine eindeutige Zuordnung dieses Effekts zum Faktor Bodenbearbeitung ist hier nicht möglich, da sich zwischen den Betriebsgruppen nicht nur die Bodenbearbeitung sondern z.B. auch die Fruchtfolgegestaltung und die Böden unterschieden. So wurden auf den Betrieben der Gruppe B deutlich mehr Hackfrüchte, d.h. Sommerkulturen angebaut, was sich auch in der erheblich höheren Häufigkeit vom Weißen Gänsefuß widerspiegelte. Ein problematisches Ausmaß erreicht der Besatz mit Ackerwinde auf einzelnen Schlägen bei Betrieben mit relativ geringem Anteil an Feldfutterbau.

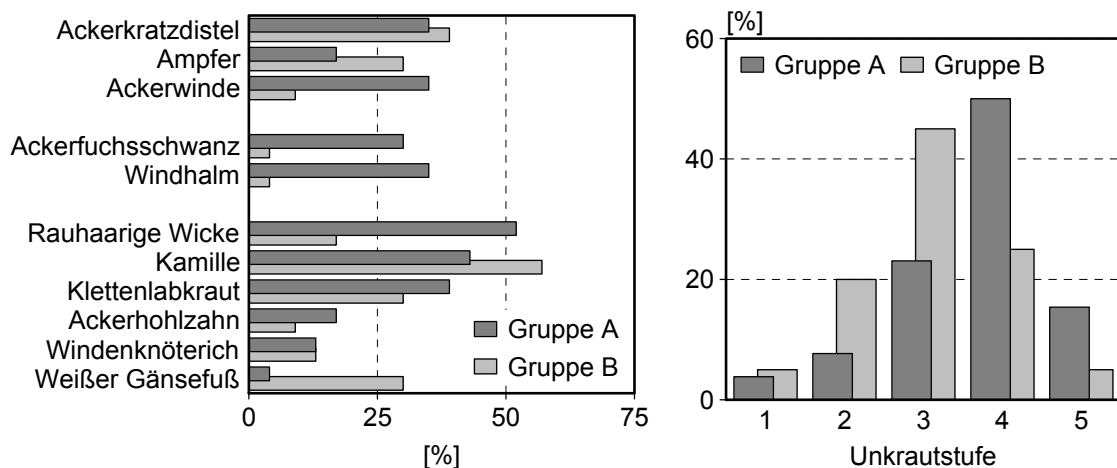


Abbildung 2: Auf Untersuchungsschlägen erfasste Daten unterteilt in die Gruppen A (flach arbeitend, meist extensive Pflege) und B (tief lockernd, meist intensivere Pflege); Links: Häufigkeit des Vorkommens von ausgewählten Unkrautarten; Rechts: Häufigkeitsverteilung der Unkrautstufen (1 geringe, 5 sehr hohe Verunkrautung)

Unabhängig von den vorkommenden Unkrautarten schätzte der Autor den Unkrautdruck auf den untersuchten Betrieben im Vergleich zu Ökobetrieben mit Pflugbewirtschaftung meist höher ein. Diese Einschätzung wird z.T. auch von den Betriebsleitern geteilt. Es wird jedoch oft angezweifelt, dass der höhere Unkrautdruck einen erheblichen Einfluss auf die Erträge hatte. Zu dieser Fragestellung sind weitere wissenschaftliche Untersuchungen notwendig. Besonders die Frage, unter welchen Bedingungen im Ökolandbau ein Besatz mit Unkraut die Kulturpflanze beeinträchtigt, bedarf einer Klärung. Weiterhin ist zu prüfen, in welchen Fällen ein hoher Unkrautdruck lediglich eine Reaktion auf die durch andere Faktoren geschwächte Kulturpflanze ist.

Der Besatz mit Unkräutern auf den untersuchten Schlägen lag bei den Betrieben mit flacher Bodenbearbeitung und extensiver Pflege im Mittel höher als bei der intensiveren Betriebsgruppe. Abbildung 2 (rechts) zeigt jedoch, dass in beiden Gruppen sowohl Einzelfälle mit geringem als auch mit sehr hohem Unkrautdruck vorkamen. Das heißt, auch bei flacher Bearbeitung und extensiver Pflege war ein geringer Unkrautdruck zu erreichen. Neben der Bodenbearbeitung wirkten offensichtlich noch andere Bewirtschaftungs- und Standortfaktoren auf den Unkrautbesatz. Auf Betrieben mit intensiveren Bearbeitungsverfahren, wie z.B. den Dammkultursystemen, wird versucht einen erhöhten Unkrautdruck mit Pflegemaßnahmen zu regulieren. Bei den Betrieben mit extensiveren Verfahren, wie z.B. Stoppelhobel-, WeCo-Dyn- und Gruberverfahren, hat hingegen die vorbeugende Unkrautregulierung über die Gestaltung des gesamten Ackerbausystems eine größere Bedeutung.

Ertrag

Wie schon in der Einleitung erläutert ist die vorliegende Untersuchung nicht dazu geeignet, die Ertragsleistung der einzelnen Bodenbearbeitungsverfahren zu vergleichen. Im Folgenden werden Ergebnisse zum Ertragsniveau und zu einzelnen Faktoren der Ertragsbildung dargestellt.

Die Betriebsleiterangaben über den erwarteten mittleren Weizenertrag lagen zwischen 28 und 50 dt/ha. Bei den meisten Betrieben war der erwartete Zusammenhang zwischen Bodengüte und Ertragserwartung zu erkennen (Abb. 3, links). Die auf den Untersuchungsschlägen erfassten Getreideerträge variierten in einem weiten Bereich von 12 bis fast 60 dt/ha. Die Ertragsentwicklung wurde neben der Bodenbearbeitung von Bewirtschaftungsfaktoren, wie Fruchtfolge und Düngung, sowie von Standortfaktoren, wie Witterung und Bodenbedingungen bei Bearbeitung und Saat, beeinflusst. Trotzdem war auch bei diesen Ertragszahlen ein Zusammenhang zur Bodengüte zu erkennen (Abb. 3, rechts). In den Betriebsberichten werden bei der Beschreibung der einzelnen Untersuchungsschläge auch die Faktoren der Ertragsentwicklung jeweils am Einzelfall analysiert.

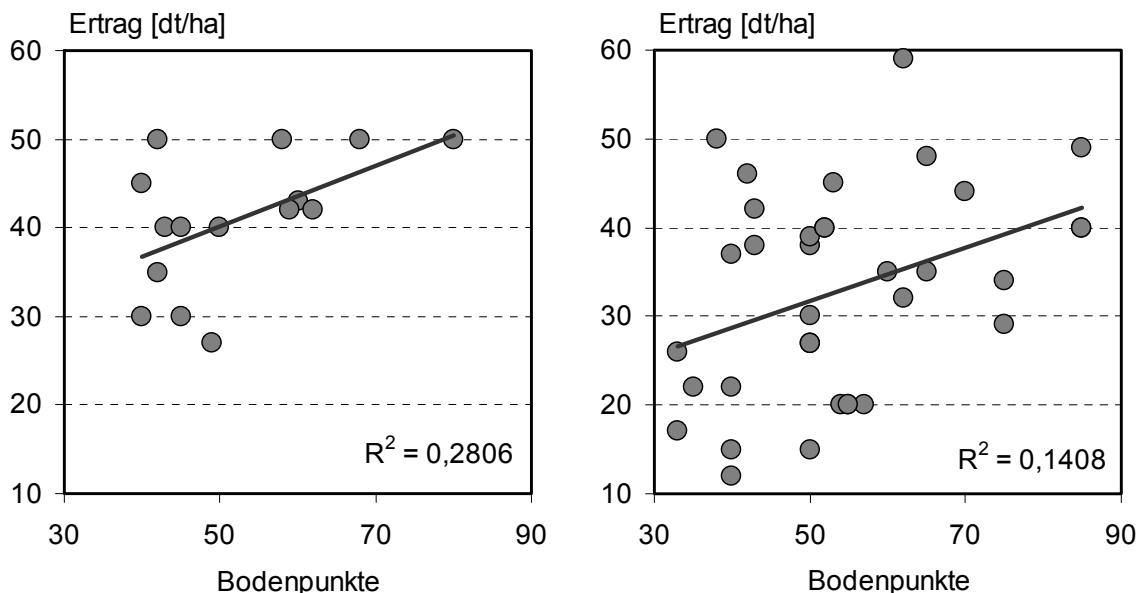


Abbildung 3: Links: Mittlere Ertragserwartung bei Winterweizen in Abhängigkeit von der durchschnittlichen Bodenpunktzahl des Betriebes; Rechts: Getreideerträge auf den Untersuchungsschlägen in den Jahren 2008 und 2009 in Abhängigkeit von der durchschnittlichen Bodenpunktzahl des Schlages (mit Regressionsgerade und Bestimmtheitsmaß)

Der Vergleich von dem erwarteten mittleren Ertragsniveau der einzelnen Getreidearten und den realen Ertragszahlen von den Untersuchungsschlägen zeigte, dass in den Jahren 2008 und 2009 die Erträge auf der Mehrzahl der Schläge unter den Betriebsleitererwartungen blieben (Abb. 4). Bei der Analyse der Einzelfälle konnten in Zusammenarbeit mit den Betriebsleitern meist wesentliche, für die niedrigen Erträge verantwortliche Faktoren identifiziert werden. Beispiele für negative Einflüsse waren u.a. extreme Witterungsereignisse (z.B. Starkniederschlag mit Verschlammung oder lang andauernde Trockenheit), problematische Bodenbedingungen bei Bodenbearbeitung, Saat bzw. Pflege, eine ungünstige Fruchtfolgestellung (aufgrund innerbetrieblicher Notwendigkeiten) oder ein, im Vergleich zum Betriebsdurchschnitt deutlich schlechterer Boden. Beachtet werden muss auch, dass

die erwarteten mittleren Erträge meist nicht auf der Auswertung langjähriger Ertragszahlen basierte, sondern oft grobe Schätzungen der Betriebsleiter waren.

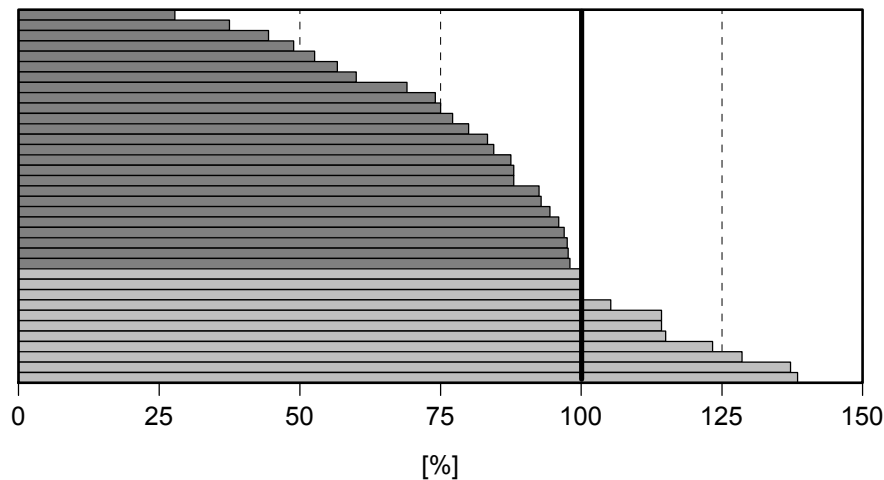


Abbildung 4: Relative Getreideerträge auf den Untersuchungsschlägen in den Jahren 2008 und 2009 in % vom erwarteten Durchschnittsertrag (dunkel: niedriger als erwartet, hell gleich oder höher als Erwartung)

Eine Gegenüberstellung der relativen Erträge von den Untersuchungsschlägen (in % der Ertragserwartung) und dem Besatz an Unkraut zeigte, dass in vielen Fällen niedrige Erträge mit einem hohen Unkrautdruck zusammenhingen (Ab. 5). Wie schon oben erwähnt ist jedoch nicht in jedem Fall davon auszugehen, dass der Unkrautdruck den niedrigen Ertrag verursacht hatte. In einigen Fällen besteht auch die Möglichkeit, dass eine Beeinträchtigung der Kulturpflanzen zu einem relativ großen Standraumangebot für Unkräuter führte.

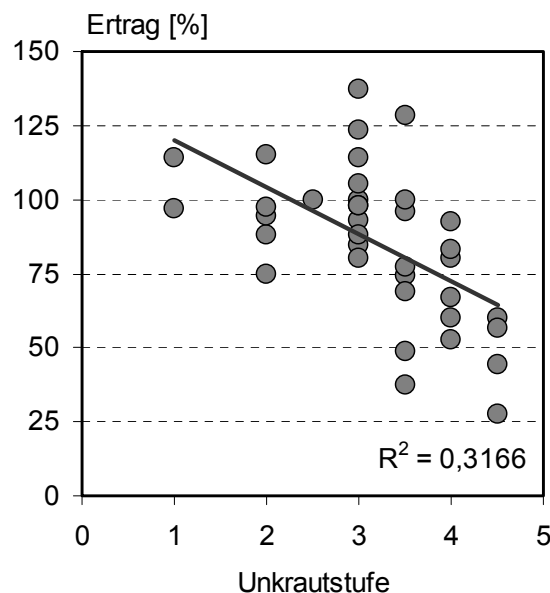


Abbildung 5: Relative Getreideerträge auf den Untersuchungsschlägen in den Jahren 2008 und 2009 in % vom erwarteten Durchschnittsertrag in Abhängigkeit von der Verunkrautung (mit Regressionsgerade und Bestimmtheitsmaß)

Schlussfolgerungen

Eine flache Bodenbearbeitung in Verbindung mit einer extensiven Pflege der Marktfrüchte scheint das Vorkommen von Ackerfuchsschwanz, Windhalm und Rauhaariger Wicke zu fördern. Im Zusammenhang mit einem geringen Anteil an Feldfutterbau in der Fruchtfolge ist evtl. auch mit einer Zunahme von Ackerwinde zu rechnen. Bei tiefer lockernden, pfluglosen Verfahren mit einem höheren Anteil an Hackfrüchten treten hingegen vermehrt Weißer Gänsefuß und Kamille auf.

Insgesamt muss bei Verfahren mit einer flachen Bodenbearbeitung und dem Verzicht auf eine intensive Unkrautregulierung oft mit einem relativ hohen Unkrautauflkommen gerechnet werden.

Die Entwicklung der Marktfruchterträge unterliegt einer Vielzahl von Faktoren. Schlussfolgerungen im Hinblick auf die Ertragsleistung einzelner Bodenbearbeitungsverfahren kann die vorliegende Untersuchung deshalb nicht leisten. Hierfür sind gezielte vergleichende Versuche notwendig.

Auch der in vielen Fällen auftretende Zusammenhang von niedrigen Marktfruchterträgen mit einem hohen Unkrautbesatz muss weiter untersucht werden. Wichtig ist z.B. die Erarbeitung von standortspezifischen Unkraut-Toleranzgrenzen bzw. eine Quantifizierung der Unkrautwirkung auf den Ertrag bei verschiedenen Verfahren des Ökolandbaus.

2.3.20. Zugkraftbedarf und Dieserverbrauch beim Einsatz unterschiedlicher Bodenbearbeitungsverfahren

H. Schmidt¹⁹ & O. Hensel²⁰

Einleitung

Die Bodenbearbeitung hat einen wesentlichen Anteil am Energieverbrauch im Ackerbau. Die Datengrundlage zum Energieaufwand bei einzelnen Arbeitsgängen ist jedoch, besonders bei bisher nur selten eingesetzten Geräten, unzureichend. Ziel dieser Untersuchung war es, durch die Ermittlung des Zugkraftbedarfs bei ausgewählten Bodenbearbeitungsmaßnahmen diese Datengrundlage zu erweitern. Im Vordergrund stand dabei die Prüfung von Geräten, die auf den am Projekt beteiligten Ökobetrieben eingesetzt werden. Die Ergebnisse dienen dann als Basis der Dieserverbrauchskalkulation für die Ackerbausysteme dieser Betriebe (Betriebsbeispiele ab S. 10). Darüber hinaus können sie auch für die energetische Bewertung von anderen Bodenbearbeitungssystemen von Nutzen sein und somit zur Entscheidungsfindung bei der Wahl des Systems beitragen. Neben der Einschätzung des Energieverbrauchs geben die Ergebnisse zusätzlich einen Anhaltspunkt für die Auswahl der jeweils notwendigen Schlepperleistung für einzelne Geräte bzw. Bearbeitungsmaßnahmen. Ein Literaturüberblick zum Thema Energieverbrauch und Bodenbearbeitung befindet sich auf Seite 210.

Methoden

Vom Fachgebiet Agrartechnik der Universität Kassel Witzenhausen wurden in Kooperation mit der Hessischen Staatsdomäne Frankenhausen, dem Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim und der Stiftung Ökologie & Landbau im Sommer 2008 auf einem Stoppelacker und einem Kleegrasschlag der Domäne Frankenhausen vergleichende Zugkraftmessungen durchgeführt. Dabei war der normale Wendepflug das Referenzgerät. Ergänzend erfolgte die Bestimmung der Zugkraft bei einzelnen Bodenbearbeitungsverfahren auch auf ausgewählten Praxisbetrieben. Angaben zu den Standorten und zu den geprüften Verfahren sind in den Tabellen 1, 2 und 3 aufgeführt.

Tabelle 1: Bodeneigenschaften an den Standorten der Zugkraftmessung

Betrieb	Boden	Feuchte ¹	Betrieb	Boden	Feuchte ¹
Domäne Frankenhausen			Betrieb C	toniger Lehm	13,6
Stoppelacker	Lößlehm	12,9	Betrieb D	lehmiger Sand	15,6
Klee gras	toniger Lehm	8,6	Betrieb E	sandiger Lehm	13,8
Betrieb A	Lehm	19,6	Betrieb F	Lehm	15,4
Betrieb B	toniger Lehm	13,3			

¹ Bodenfeuchte in Gewichts-%

Auf der Domäne Frankenhausen wurden alle Geräte von einem 270 PS-Schlepper (Fendt 927 Vario) gezogen. Auf den Praxisbetrieben waren die betriebseigenen Schlepper im

¹⁹ Stiftung Ökologie & Landbau, schmidt@soel.de

²⁰ Fachgebiet Agrartechnik, FB Ökologische Agrarwissenschaften der Universität Kassel, agrartechnik@uni-kassel.de

Einsatz. Die Zugkraftmessung wurde mit dem Zugkraftmessrahmen des Instituts für Agrartechnik der Universität Hohenheim durchgeführt. Dabei handelt es sich um einen Sechskomponenten-Messrahmen, bei dem zwei dreieckförmige Rahmenelemente mit Kraftmessdosen (Genauigkeitsklasse 0,5 %) verbunden sind und der zwischen Schlepper und zu prüfendem Gerät montiert wird. Eine genaue Beschreibung findet sich u.a. bei SCHUTTE (2005). Die ausgewertete Zugstrecke betrug in Frankenhausen zwischen 350 und 800 m. Auf den Praxisbetrieben wurde mindestens auf einer Strecke von 200 m gemessen. Bei den unterschiedlichen Bodenbearbeitungsverfahren wurden in einem Bereich von 4 bis 12 km/h jeweils gerätetypische Arbeitsgeschwindigkeiten gewählt, bzw. konkrete Angaben der jeweiligen Betriebsleiter zur Geschwindigkeit berücksichtigt (siehe Anhang I).

Tabelle 2: Geräte, Bearbeitungsgänge und -tiefen bei der vergleichenden Zugkraftmessung auf der Domäne Frankenhausen

Gerät Hersteller / Arbeitsbreite	Stoppelacker				Kleegras	
	Tiefe [cm]				Tiefe [cm]	
Pflug, Kverneland, 2 m, 4 Schare	20				20	
Ecomat, Kverneland, 2,1 m, 7 Schare & Packomat	10	15			10	15
Stoppelhobel, Zobel, 2 m, 6 Schare, 2. Arbeitsgang nach 5 cm / 8 cm	5	8		11	5	8
Grubber, Pöttinger (Synkro), 3 m, 11 Flügelschare, 3 Balken, Hohlscheiben & Schneidringwalze	8	15			8	15
WeCo-Dyn-Gerät, 3 m, 9 schmale Schare (10 cm), 3 Balken, Krümelwalze, Striegel	5	7,5			4	
WeCo-Dyn-Gerät, 9 Gänsefußschare (36 cm)	4				4 ¹	
Dammkulturgerät, Turiel, 3,6 m, (4* 90 cm-Dämme), 5 Lockerungsschare, 4 Dorne & Häufelkörper	15	25	30	15 ²	15 ³	15 ²
Dammkulturgerät, FB (Frost), 4,8 m (6* 80 cm-Dämme), 6 Lockerungsschare, 7 Schare & Häufelkörper	15	25	30	15 ²	15 ³	15 ²

¹ nach Vorarbeit mit WeCo-Dyn-Gerät (10 cm breite Schare, 4 cm Tiefe)

² 2. Arbeitsgang, gleiche Tiefe (Versetzen der Dämme um halbe Dammbreite)

³ nach Vorarbeit mit Grubber (Flügelschare, 8 cm Tiefe)

Für die Auswertungen wurde je Arbeitsgang der Median aus den gemessenen Werten (Messintervall = 0,5 Sekunden) für Zugkraft und Geschwindigkeit (GPS-Messung) bestimmt und auf einen Meter Arbeitsbreite umgerechnet. Die Kalkulation des Dieserverbrauchs erfolgte über einen Ansatz des KTBL (mündliche Mitteilung, 2009). Dabei werden neben dem Verbrauch nach Zugkraft auch Werte für den Grundverbrauch des Schleppers und den Verbrauch fürs Wenden einbezogen. In die Schätzformel gehen u.a. auch die Arbeitsbreite, die Arbeitsgeschwindigkeit und das Schleppergewicht ein (siehe Anhang I).

Tabelle 3: Geräte, Bearbeitungsgänge und -tiefen bei der Zugkraftmessung auf den Praxisbetrieben A bis F

Betrieb: Gerät Hersteller / Arbeitsbreite	Stoppelacker (Kleegras)		
	Tiefe [cm]		
A: Pflug, Gassner, 1,35 – 1,55 m, 4 Schare	15	20	30
A: Zweischichtenpflug, Gassner, 1,35 m, 4 Schare	15 / 30		
B: Stoppelhobel, Zobel, 2 m, 6 Schare, 2. Arbeitsgang nach 5 cm	5	8	
C: Grubber, Rabe, 4,5 m, 19 Gänsefußschare, 3 Balken, Stabwalze 2. Arbeitsgang	8	8	
D: WeCo-Dyn-Gerät, 3 m, 9 schmale Schare (10 cm), 3 Balken, Krümelwalze, Striegel	(5)		
D: WeCoDyn-Gerät, 9 Gänsefußschare (36 cm)	5	(5)	
E: Dammkulturgerät, Turiel, 5,4 m, (6* 90 cm-Dämme), Umhäufeln	15		
F: Dammkulturgerät, FB, 4,8 m, (6* 80 cm-Dämme), Umhäufeln kleine Häufelkörper	15		
große Häufelkörper	15		

Ergebnisse und Diskussion

Gerät & Standort

Die gemessene Zugkraft variierte zwischen den verschiedenen Bodenbearbeitungsvarianten erwartungsgemäß in einem weiten Bereich (Abb. 1). So war auf dem Stoppelacker der Zugkraftbedarf beim Pflügen (20 cm Tiefe) mehr als doppelt so hoch wie bei der Bearbeitung mit Gänsefußscharen am WeCo-Dyn-Gerät (4 cm Tiefe). Aus dem Vergleich von Stoppel- und Kleegrasschlag zeigte sich zudem der große Einfluss von Anbaukultur, Bodenart und -zustand auf die benötigte Zugkraft. Auf dem deutlich schwereren, trockeneren und dichteren Boden unter Kleegras lag der Zugkraftbedarf oft um mehr als 50% über dem des Stoppelackers. Das WeCo-Dyn-Gerät und die beiden Dammkulturgeräte konnten in der geprüften Werkzeug-Bestückung auf diesem harten Boden nur nach einer Vorbearbeitung eingesetzt werden. Diese Zugkraftwerte sind deshalb nicht vergleichbar.

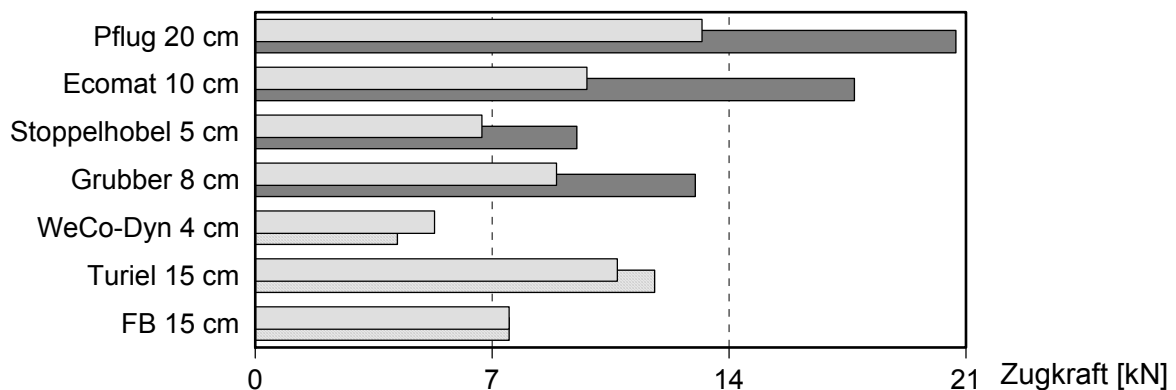


Abbildung 1: Zugkraftbedarf je Meter Arbeitsbreite [kN] aus vergleichenden Messungen auf der Domäne Frankenhausen; hell: Stoppelacker, dunkel: Kleegras, schraffiert: Kleegras nach Vorarbeit (WeCo-Dyn: 10 cm-Schare, 4 cm; Turiel & FB: Flügelschargrubber, 8 cm)

Die Auswirkungen unterschiedlicher Standorteigenschaften spiegeln sich auch im Vergleich der Stoppelacker-Ergebnisse aus Frankenhausen mit denen von den Praxisbetrieben wider (Abb. 2). Während sich der Zugkraftbedarf beim Stoppelhobel, dem WeCo-Dyn-Gerät und dem Turiel-Dammkulturgerät kaum unterschied, wiesen die Ergebnisse beim Pflug und beim FB-Dammkulturgerät deutliche Unterschiede auf. Beim Pflug kann dies auf den deutlich schwereren und zum Bearbeitungstermin klebrigeren Boden auf dem Praxisbetrieb zurück geführt werden. Außerdem wurde der Pflug auf dem Praxisbetrieb bei gleicher Scharzahl mit deutlich geringerer Arbeitsbreite verwendet. Gründe für die Differenzen beim FB-Dammkulturgerät wurden nicht deutlich.

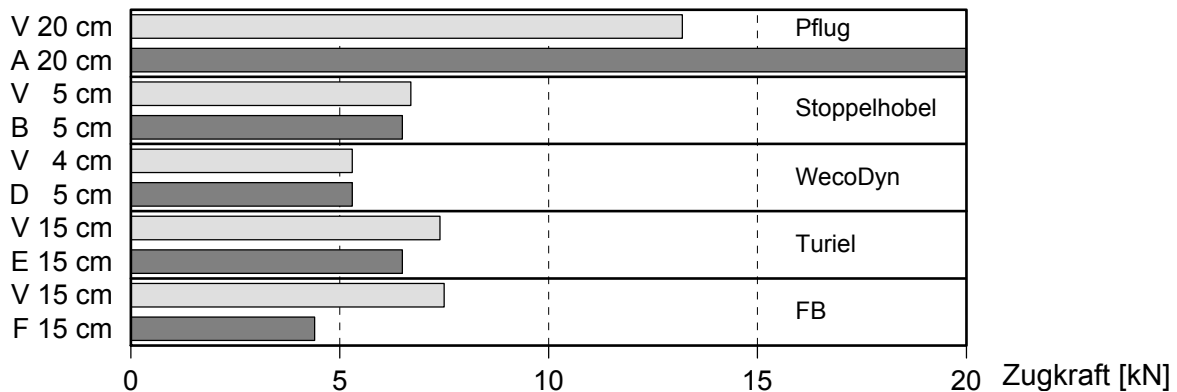


Abbildung 2: Zugkraftbedarf je Meter Arbeitsbreite [kN] auf Stoppeläckern des Vergleichsbetriebs Domäne Frankenhausen (V, hell) und verschiedenen Praxisbetrieben (A-F, dunkel)

Bearbeitungstiefe

Es ist davon auszugehen, dass bei gleichen Bodenbedingungen sowohl die Bearbeitungstiefe als auch die Form des Eingriffs in den Boden durch die verschiedenen Werkzeuge die Unterschiede im Zugkraftbedarf verursachen. Bei einzelnen Geräten konnte der Effekt der Bearbeitungstiefe bei gleichem Werkzeug geprüft werden (Abb. 3).

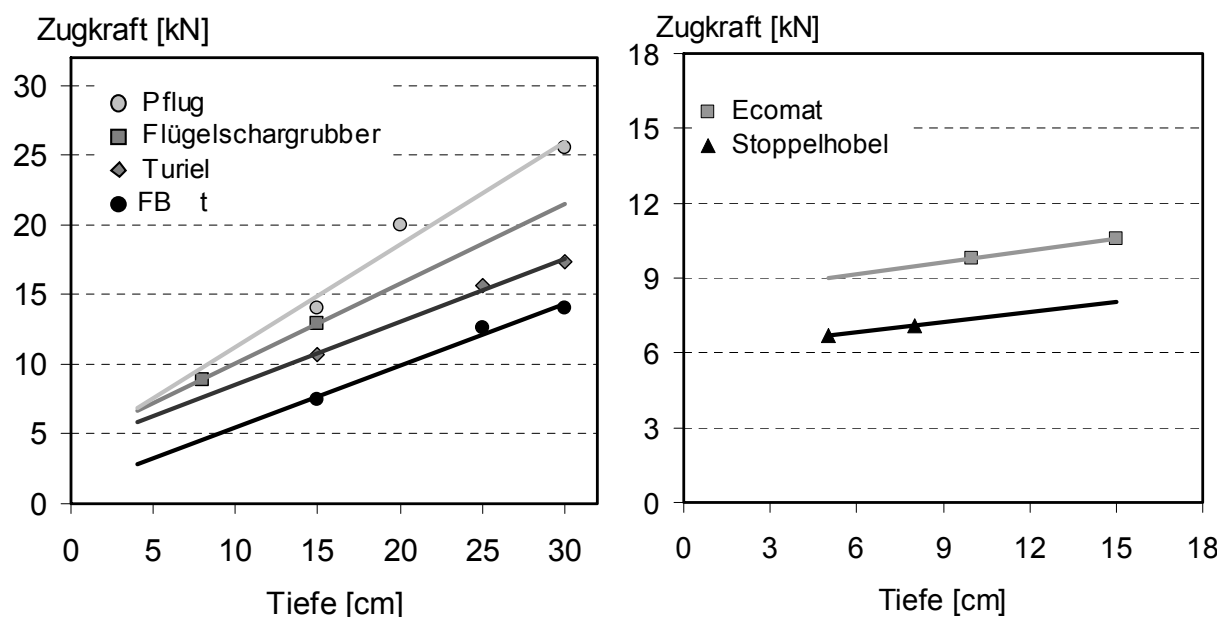


Abbildung 3: Zugkraftbedarf je Meter Arbeitsbreite [kN] bei verschiedenen Geräten und Arbeitstiefen mit linearen Trendlinien

Beim Pflug, dem Grubber und den Dammkulturgeräten zeigte sich eine deutliche Zunahme des Zugkraftbedarfs bei steigender Bearbeitungstiefe. Aus Abbildung 3 ist auch zu erkennen, dass bei gleicher Bearbeitungstiefe Pflug und Grubber den höchsten Zugkraftbedarf hatten. Bei beiden Geräten arbeiten die Werkzeuge flächendeckend schneidend auf der angegebenen Bearbeitungstiefe. Der geringe Zugkraftbedarf bei den Dammkulturgeräten kann damit zusammen hängen, dass diese Geräte mit der geprüften Werkzeugbestückung nur auf einem Teil der Arbeitsbreite die angegebene Bearbeitungstiefe erreichen.

Die Erhöhung des Zugkraftbedarfs bei steigender Bearbeitungstiefe war bei Stoppelhobel und Ecomat weniger ausgeprägt. Beim Stoppelhobel kann dies mit der praxisüblichen, insgesamt sehr geringen Eingriffstiefe und der dadurch verursachten Ungenauigkeit in der Tiefenführung zusammenhängen. Der Ecomat wurde zusammen mit einem Packer-Nachläufer (Packomat) geprüft. Der bei unterschiedlicher Bearbeitungstiefe wohl kaum variierende Zugkraftbedarf des Packers kann zu einer Abschwächung des Tiefeneffekts auf den gesamten Zugkraftbedarf geführt haben.

Werkzeuge

Der Vergleich von Pflug (30 cm Tiefe) und Zweischichtenpflug (15 cm wendend, bis 30 cm lockernd) ergab keine Unterschiede im Zugkraftbedarf (Abb. 4). Vergleichende Messungen von BESENHOFER (1999) mit Zweischicht- und normalem Pflug an drei Standorten, ergaben an zwei Standorten eine Reduzierung des Dieselverbrauchs bei Zweischichtpflug von 17 bzw. 38%. Am dritten Standort war der Verbrauch aufgrund Verstopfungen mit Luzerne-wurzeln beim Zweischichtenpflug bei beiden Geräten gleich. Gründe für den unerwartet hohen Zugkraftbedarf des Zweischichtenpflugs in den eigenen Untersuchungen waren nicht ersichtlich.

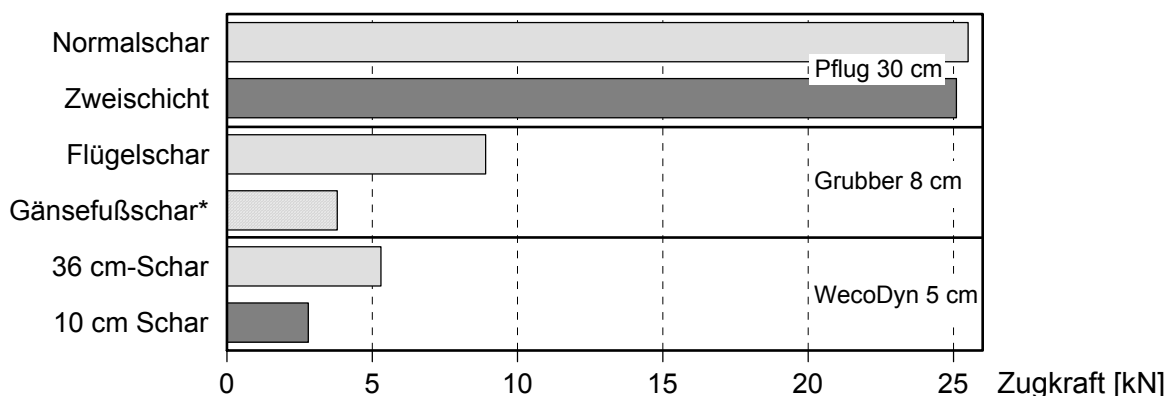


Abbildung 4: Vergleich des Zugkraftbedarfs je Meter Arbeitsbreite [kN] mit verschiedenen Werkzeugen an drei Bodenbearbeitungsgeräten bei unterschiedlicher Bearbeitungstiefe auf Stoppeläckern der Domäne Frankenhausen und Praxisbetrieben (* Grubbereinsatz auf verschiedenen Standorten)

Der Vergleich von Flügel- und Gänsefußschar beim Grubber erbrachte einen deutlich geringeren Zugkraftbedarf bei Verwendung von Gänsefußscharen. Da die Messungen an zwei verschiedenen Standorten stattfanden, können an diesem Effekt auch Bodenunterschiede beteiligt gewesen sein. Der Gänsefußschargrubber wurde auf schwererem, aber schon langjährig flach bearbeitetem Boden eingesetzt.

Im Vergleich zum flächendeckend schneidenden WeCo-Dyn-Gerät mit 36 cm breiten Gänsefußscharen, lag der Zugkraftbedarf bei Einsatz von 10 cm breiten Scharen erwartungsgemäß mit ca. 50% deutlich niedriger.

Allgemein muss beachtet werden, dass die Form, die Anzahl und der Zustand der Bearbeitungswerkzeuge einen sehr großen Einfluss auf den Zugkraftbedarf von Geräten haben (siehe auch Literaturübersicht S 224). Vor allem bei Geräten mit einer Vielzahl von verschiedenen alternativen Werkzeugen bzw. Werkzeugkombinationen, wie z.B. bei Dammkulturgeräten, Grubbern und dem WeCO-Dyn-Gerät, muss hervorgehoben werden, dass die hier aufgeführten Ergebnisse nur für die geprüften Werkzeug-Ausstattungen gelten.

Arbeitsgänge

Bei einigen der geprüften Bodenbearbeitungsverfahren wurden mehrere Arbeitsgänge mit dem gleichen Gerät durchgeführt. Beispiele dafür sind in Abbildung 2 aufgeführt. Meist benötigte der zweite Arbeitsgang in schon gelockertem Boden einen geringeren Zugkraftbedarf. Wurde jedoch die Arbeitstiefe deutlich vergrößert, resultierte daraus ein höherer Zugkraftbedarf (z.B. Stoppelhobel 5 & 11 cm).

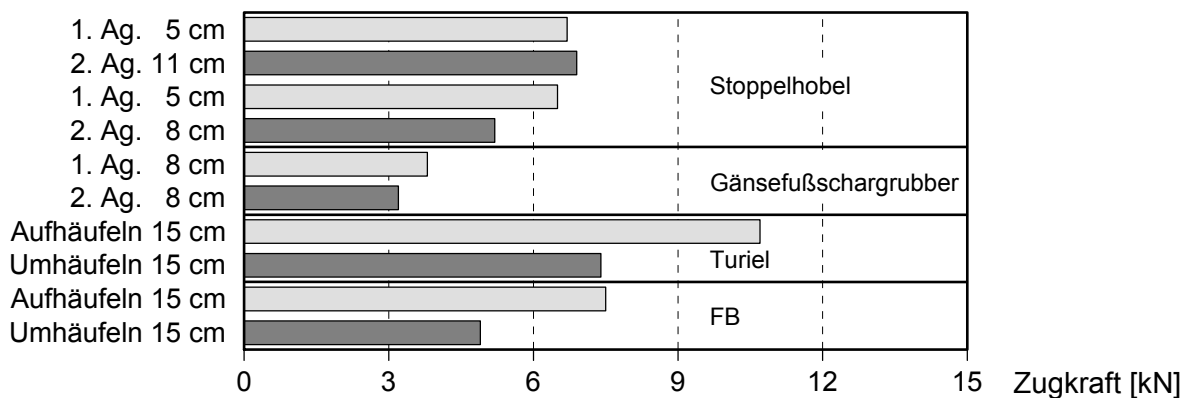


Abbildung 5: Zugkraftbedarf je Meter Arbeitsbreite [kN] aus vergleichenden Messung auf Stoppeläckern der Domäne Frankenhausen und Praxisbetrieben; hell: 1. Arbeitsgang, dunkel: 2. Arbeitsgang

Dieselbedarf

Der errechnete Dieselbedarf spiegelt nicht immer die Unterschiede im Zugkraftbedarf wider (Abb. 6). Da bei allen aufgeführten Geräten der gleiche Schlepper (270 PS) zugrunde gelegt wurde, ist dies vor allem auf die unterschiedlichen Arbeitsbreiten (z.T. abzüglich Überlappung) und die daraus resultierende Anzahl von Überfahrten und Wendevorgängen zurück zu führen. In der Praxis würde bei geringerer Arbeitsbreite meist auch ein kleinerer Schlepper mit einem niedrigeren Grundbedarf eingesetzt, so dass die Unterschiede geringer sein können. Es muss beachtet werden, dass die Dieselwerte Schätzwerte sind. Vor allem die Ableitung des Verbrauchs für die Wendevorgänge aus Grundverbrauch des Schleppers und Zugverbrauch kann zu deutlichen Abweichungen zum tatsächlichen Verbrauch führen.

Zum Pflug liegen eine Reihe von Dieserverbrauchswerten aus anderen Quellen vor, allerdings meist ohne genaue Angabe über Boden, Arbeitstiefe, etc.. Zudem variieren die Werte in einem sehr weiten Bereich. Vergleiche mit solchen Werten sind somit problematisch. Nach dem KTBL-Dieselbedarfsrechner (KTBL, 2009) werden bei mittlerem

Boden und einer Pflugtiefe von 30 cm zwischen 23 und 26 l/ha Diesel verbraucht. Berücksichtigt man die geringere Arbeitstiefe von 20 cm in den eigenen Untersuchungen, liegt der um 66% geringere Dieselverbrauch aufgrund des überproportionalen Einflusses der Bearbeitungstiefe in einem vergleichbaren Bereich.

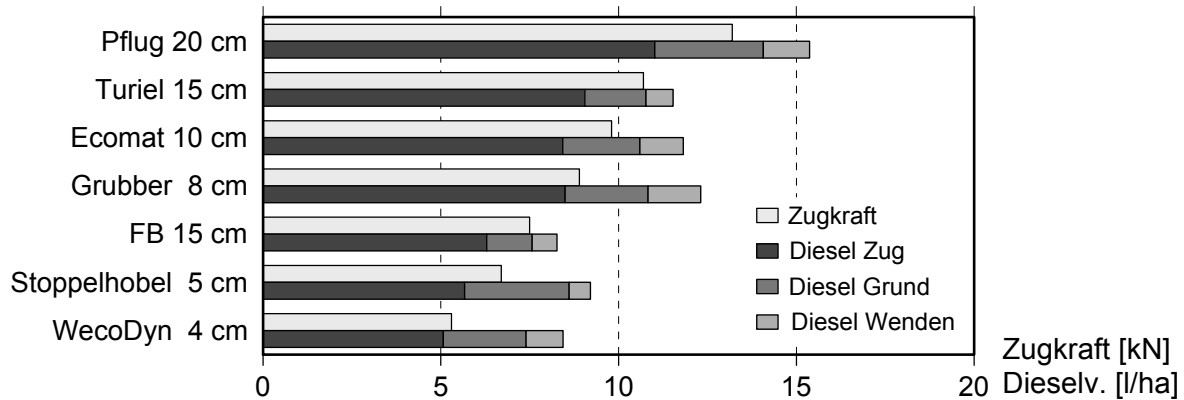


Abbildung 6: Vergleich des Zugkraftbedarfs je Meter Arbeitsbreite [kN] mit dem daraus abgeleiteten Dieselverbrauch [l/ha] (Zug: Verbrauch durch Zugleistung, Grund: Grundverbrauch Schlepper)

Schlussfolgerungen

Der Zugkraftbedarf bei Bodenbearbeitungsmaßnahmen wird stark durch die jeweiligen Bodenbedingungen beeinflusst.

Bei gleichen Standortbedingungen und unterschiedlichen Bearbeitungsmaßnahmen hat sowohl die Eingriffstiefe als auch die Wirkungsweise der eingesetzten Werkzeuge einen deutlichen Einfluss auf den Zugkraftbedarf.

Da sowohl der Zugkraftbedarf als auch der Dieselverbrauch von einer Vielzahl von Faktoren abhängen, sind Pauschalwerte zur Bewertung von Systemen oder als Entscheidungskriterien wenig geeignet. Die hier vorgestellten Ergebnisse (ausführlich im Anhang II & III) können unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen (Boden, Schlepper, etc.) dazu verwendet werden, relevantere Schätzwerte abzuleiten. Die Erarbeitung einer breiteren Datengrundlage, besonders für neue oder bisher wenig gebräuchliche Geräte, ist jedoch dringend notwendig. Dazu sollten weitere Versuche unter standardisierbaren Bedingungen, beispielsweise in einer Bodenrinne, durchgeführt werden.

Für die Bewertung eines Bodenbearbeitungssystems hinsichtlich des Dieselverbrauchs reicht der Vergleich einzelner Maßnahmen nicht aus. Hierfür müssen alle Arbeitsgänge einzelner Jahre oder besser von Fruchtfolgen berücksichtigt werden.

Danksagung

Prof. Dr. Karlheinz Köller, Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim danken wir für die Unterstützung dieser Untersuchung.

Literatur

Siehe Kapitel *Verwendete Literatur*.

2.3.21. Dieserverbrauch, Arbeitszeit und Kosten bei Betrieben mit unterschiedlichen Bodenbearbeitungsverfahren

H. Schmidt²¹, K. Lange²² & D. Möller²³

Einleitung

Konzepte zur reduzierten Bodenbearbeitung im Ökologischen Landbau bieten neben umweltrelevanten Vorteilen auch ein betriebswirtschaftliches Optimierungspotential durch Senkung der Arbeitserledigungskosten (v.a. Energie, Zeit, Kapital). Ziel dieses Projektteils war es, die Auswirkungen der Bodenbearbeitung in den verschiedenen Ackerbausystemen der beteiligten Betriebe hinsichtlich des Dieserverbrauchs, des Arbeitszeitbedarfs und ausgewählter ökonomischer Größen zu beurteilen. Der hier vorgestellte Ergebnisüberblick soll zusammen mit den detaillierten Betriebsbeschreibungen (ab S. 10) eine Bewertung von Bodenbearbeitungssystemen ermöglichen und die Entscheidungsfindung bei deren Wahl unterstützen. Eine Literaturübersicht zum Zusammenhang von Energie / Ökonomie und Bodenbearbeitung findet sich auf Seite 210.

Methoden

Vom Fachgebiet Betriebswirtschaft (Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften) der Universität Kassel Witzenhausen wurden in Kooperation mit der Stiftung Ökologie & Landbau zu 14 der 15 untersuchten Betriebe Vollkostenkalkulationen erstellt, in Anlehnung an die DLG-Betriebszweigauswertung (DLG 2004) unter Verwendung der vom KTBL vorgeschlagenen Abgrenzung von Elementen der Arbeitserledigungskosten (KTBL 2009, MaKost Online). Im Rahmen des Projekts wurden nur die auf dem Acker durchgeführten Arbeitsschritte einbezogen. Transporte, Aufarbeitung, Lagerung sowie Kosten für Gebäude und innerbetriebliche Verrechnungen (u.a. Futterproduktion) blieben unberücksichtigt (Details im Anhang I). Zielgrößen der Berechnungen waren:

- Dieserverbrauch,
- Arbeitszeitbedarf,
- Arbeitserledigungskosten,
- kalkulatorisches Betriebszweigergebnis

jeweils für das gesamte Ackerbausystem und für ein Anbaujahr Getreide (Umbruch Leguminosenvorfrucht bis Getreideernte). In Tabelle 1 ist eine Übersicht der Datengrundlage aufgeführt (Details in Anhang I und im CD-Anhang).

Schwerpunkt der Auswertung war ein Vergleich zwischen betriebsindividuellen Ackerbausystemen ohne tiefes Wenden und möglichst ähnlichen, hypothetischen Anbausystemen mit Pflug als Grundbodenbearbeitungsgerät. Abgesehen von der geänderten Bodenbearbeitung wurden Preise und Erträge vom betriebsindividuellen pfluglosen System übernommen. Ein Vergleich der Betriebe untereinander erfolgt vor dem Hintergrund der beschriebenen großen Unterschiede in der Betriebsform und den Standortbedingungen (Betriebsbeispiele ab S. 10).

²¹ Stiftung Ökologie & Landbau, schmidt@soel.de

²² Fachgebiet Betriebswirtschaft, FB Ökologische Agrarwissenschaften der Universität Kassel

²³ Fachgebiet Betriebswirtschaft FB Ökologische Agrarwissenschaften der Universität Kassel, d.moeller@uni-kassel.de

Tabelle 1: Datengrundlage der wirtschaftlichen Kalkulationen

Angaben	Quellen ¹
Fruchtfolge und Struktur der Produktionsverfahren	vereinfacht nach Betriebsleiterangaben
Dieserverbrauch und Arbeitszeitbedarf	eigene Berechnungen und Schätzungen, angepasst an KTBL-Daten ; wenn vorhanden zusätzlich auch Vergleich mit Betriebsleiterangaben
Kosten für Abschreibung, Zinsen, Versicherungen, Reparaturen der eingesetzten Geräte; weitere Betriebskosten	eigene Berechnungen und Schätzungen nach Herstellerangaben, KTBL-Daten, Betriebsleiterangaben
Marktflechterträge	Betriebsleiterangaben
weitere Betriebskosten, Preise, etc.	eigene Berechnungen und Annahmen, KTBL-Daten aus MaKost, Literatur

¹ Details im Anhang I und im CD-Anhang

Ergebnisse und Diskussion

Dieserverbrauch

Der berechnete Dieserverbrauch weist für das gesamte Ackerbausystem und für den Getreideanbau ähnliche Abstufungen zwischen den Betrieben auf (Abb. 1). Die Verwendung der von den Betriebsleitern geschätzten Verbrauchswerte ergab keine gravierenden Unterschiede. Neben dem gerätespezifischen Verbrauch und dem Einfluss der Arbeitstiefe (siehe auch Beitrag Seite 190) spielt die Anzahl der Überfahrten eine große Rolle. Direkt oder indirekt sind in die Kalkulation u.a. auch die Faktoren Bodenart (nach KTBL: leicht, mittel & schwer), Schleppergröße sowie Schlaggröße und Arbeitsbreite eingegangen. Ein Vergleich der Betriebe spiegelt somit nicht nur Unterschiede im Bodenbearbeitungsverfahren wider, sondern auch Differenzen bezüglich Anbau, Maschinenausstattung und Standortbedingungen.

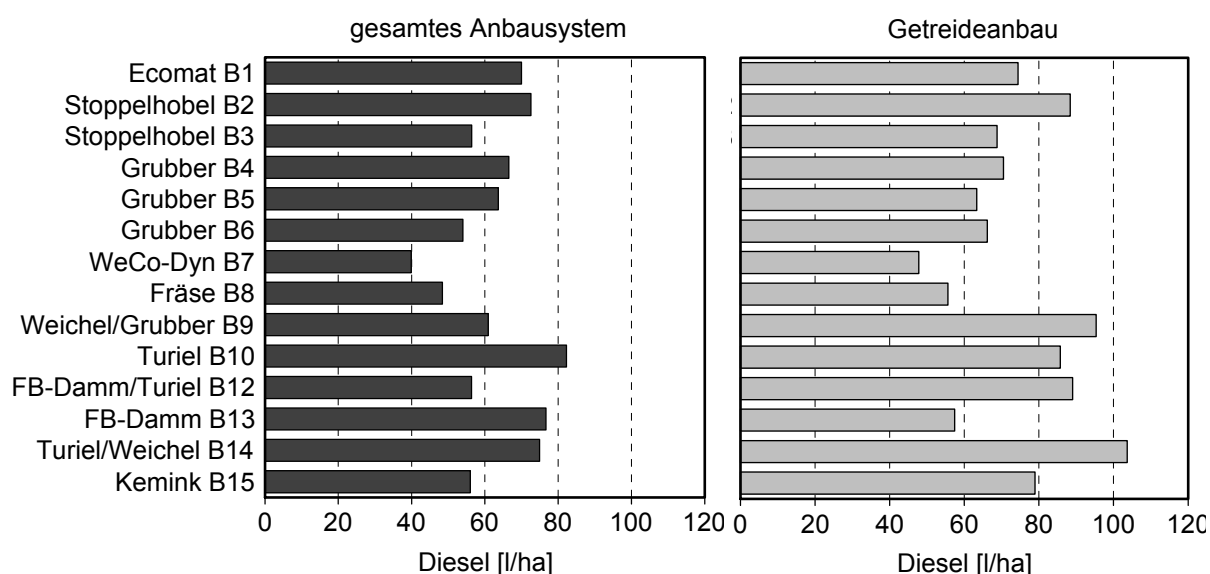


Abbildung 1: Durchschnittlicher Dieserverbrauch pro ha und Jahr im gesamten betriebsindividuellen Ackerbausystem und beim Anbau von Getreide (Umbruch Leguminosenvorfrucht bis Getreideernte) bei den Betrieben B1 bis B15 ohne B11

Während z.B. auf Betrieb B7 (geringster Dieserverbrauch) bei einer Arbeitstiefe von max. 5-8 cm und leichtem Boden neben Klee gras nur Körnerfrüchte angebaut werden (\varnothing 5,6 Überfahrten/a), liegt der Dieserverbrauch auf Betrieb B10 mit einer Arbeitstiefe von max. 30 cm, mittlerem Boden und Kartoffelanbau (\varnothing 9,3 Überfahrten/a) deutlich höher.

Ein Vergleich der betriebsindividuellen Verfahren mit Pflugsystemen zeigte auf fast allen Betrieben Dieseleinsparungen (Abb. 2). Die Einsparungen variierten zwischen den einzelnen Betrieben auch bei Einsatz identischer Bodenbearbeitungsgeräte in einem weiten Bereich. Ursachen dafür sind u.a. betriebsindividuell unterschiedliche Bearbeitungstiefen, Schlaggrößen bzw. angebaute Kulturen. Besonders deutlich wird dies beim Faktor Überfahrten (Abb. 2). Je weniger Überfahrten im Vergleich zum Pflugsystem durchgeführt werden, umso höher ist das Einsparpotential. Weiterhin hängt die Höhe des Dieseleinsparpotentials, neben den Unterschieden zwischen Pflugsystem und betriebsindividuellem Bearbeitungssystem, auch vom Anteil Klee gras in der Fruchtfolge ab. Meist reduziert sich die Anzahl von Bodenbearbeitungsgängen in Systemen mit hohem Klee grasanteil, d.h. der Effekt von Änderungen bei der Bodenbearbeitung ist dort geringer.

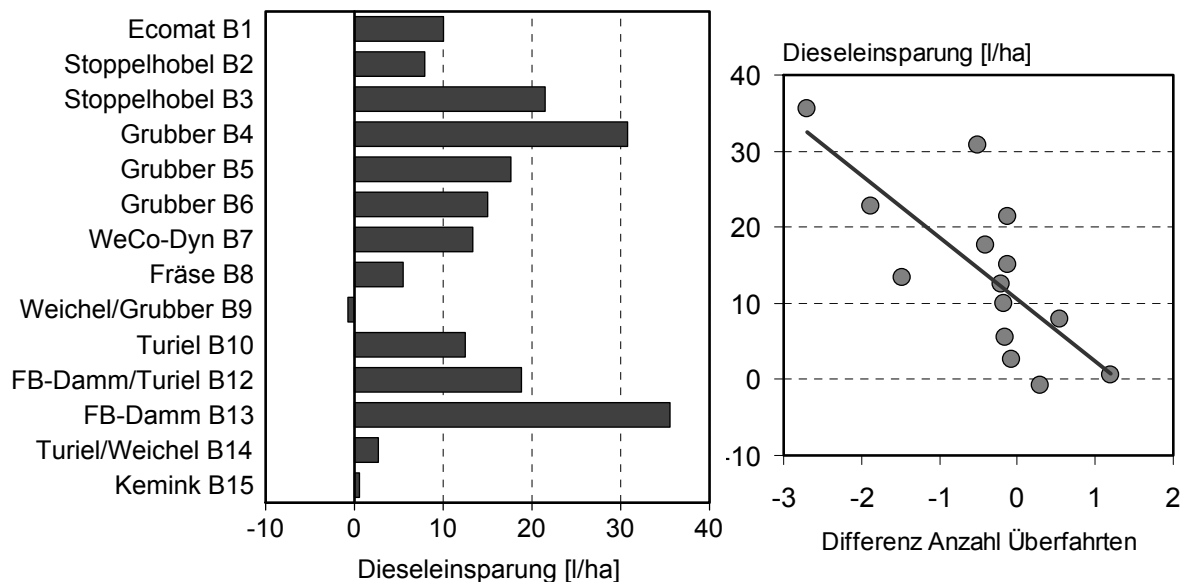


Abbildung 2: Links: durchschnittliche Dieseleinsparung beim betriebsindividuellen Verfahren im Vergleich zum Pflugsystem (Bezugsgröße: gesamtes Ackerbausystem, Betrieb B1 bis B15); Rechts: Einfluss der Differenz der Überfahrten (betriebsindividuelles System – Pflugsystem) auf das Dieseleinsparpotential

Arbeitszeitbedarf

Der kalkulierte Arbeitszeitbedarf für das gesamte Ackerbausystem setzt sich aus dem Bedarf für die einzelnen Produktionsverfahren sowie dem Anteil für Betriebsführung und allgemeine Betriebsarbeiten zusammen (Abb. 3). Für letzteres wurden KTBL-Werte verwendet, die mit steigender Betriebsgröße abnehmen.

Bei Verwendung von Schätzwerten der Betriebsleiter für den Arbeitszeitbedarf der einzelnen Produktionsverfahren ergaben sich keine gravierenden Unterschiede zu den aus KTBL-Angaben abgeleiteten Werten. Auch bei Berechnung des Arbeitszeitbedarfs für den Getreideanbau blieb die Abstufung zwischen Betrieben im Wesentlichen gleich. Aus der Analyse der einzelnen Betriebe ergaben sich als wesentliche Faktoren des Arbeitszeitbedarfs die ange-

bauten Kulturen, die Arbeitsbreite und –tiefe bei der Bodenbearbeitung sowie die Anzahl der Überfahrten.

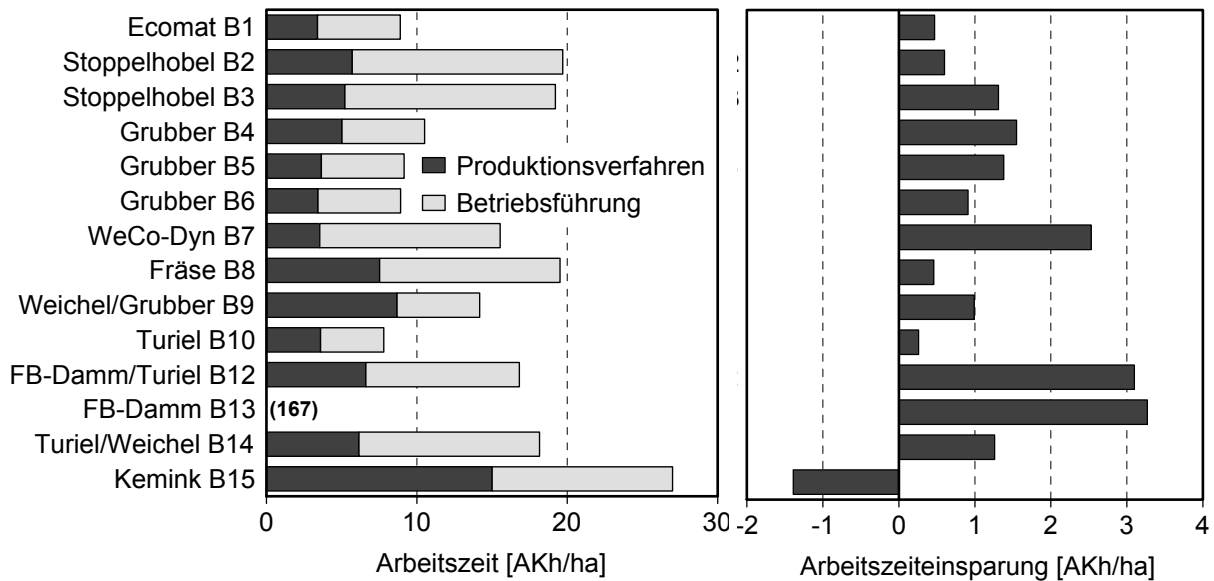


Abbildung 3: Links: durchschnittlicher Arbeitszeitbedarf pro ha und Jahr im gesamten Ackerbausystem bei den Betrieben B1 bis B15; Rechts: durchschnittliche Arbeitszeiteinsparung beim betriebsüblichen Verfahren im Vergleich zum Pflugsystem im gesamten Ackerbau (Hoher Wert bei B13: großer Anteil Feldgemüsebau)

Auf den meisten Betrieben führt das betriebsindividuelle Bodenbearbeitungssystem im Vergleich zum Pflugsystem zu einer Einsparung von Arbeitszeit. Wesentliche Einflussgrößen sind dabei Differenzen an Überfahrten und in der Arbeitsbreite (Abb. 4). Auch das Einsparpotential an Arbeitszeit wird vom Klee grasanteil beeinflusst, da sich meist mit steigendem Klee grasanteil die Häufigkeit an Bodenbearbeitungsmaßnahmen verringert. Dadurch nimmt die für Bodenbearbeitung benötigte Zeit einen kleineren Anteil am gesamten Arbeitszeitbedarf ein.

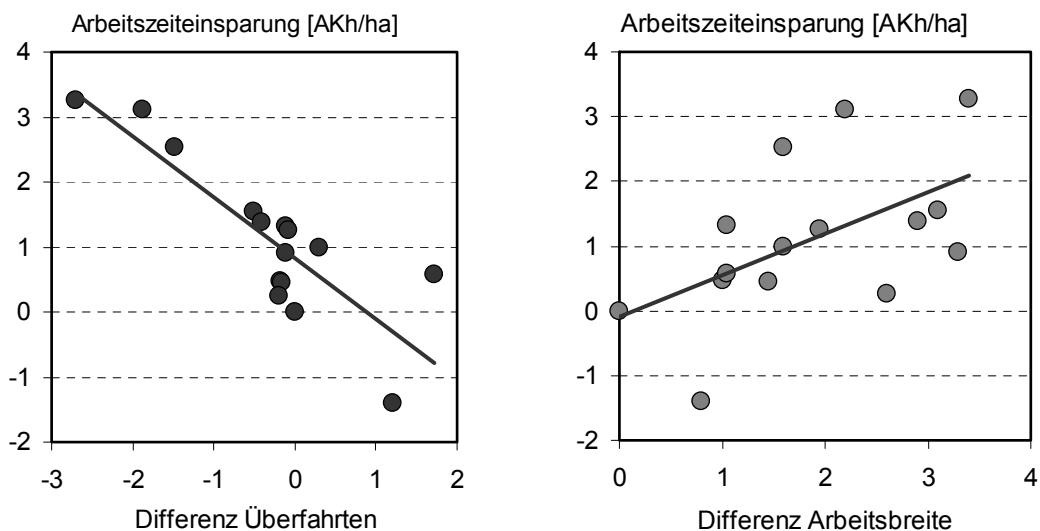


Abbildung 4: Einfluss der Differenz aller Überfahrten (links, Fahrten pro ha und Jahr) und der Differenz der Arbeitsbreiten (rechts) auf die Arbeitszeiteinsparung (Differenzen: betriebsübliches System – Pflugsystem)

Ebenso wie bei der Dieseleinsparung wird deutlich, dass eine Arbeitszeiteinsparung durch Veränderungen im Bodenbearbeitungsmanagement nur zum Teil durch die Wahl des Gerätes beeinflusst wird und stark vom gesamten Anbausystem abhängt. Für eine noch praxisgerechtere Bewertung müssen v.a. die Rüstzeiten der einzelnen Bodenbearbeitungsverfahren ermittelt und bewertet werden.

Arbeiterledigungskosten

Die errechneten Arbeiterledigungskosten (Abb. 5) bestehen nur zu einem geringen Teil aus den Treibstoffkosten (Ø 14%). Und auch beim Einsparpotential liegt der auf die Dieseleinsparung entfallende Anteil meist unter 25% (Abb. 6).

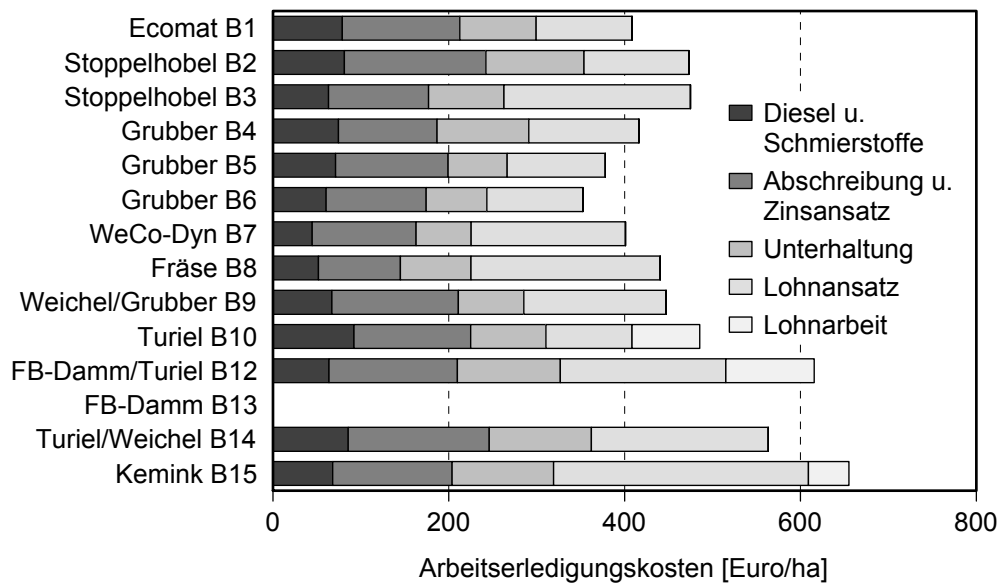


Abbildung 5: Kalkulierte Arbeiterledigungskosten für das betriebsindividuelle Ackerbausystem

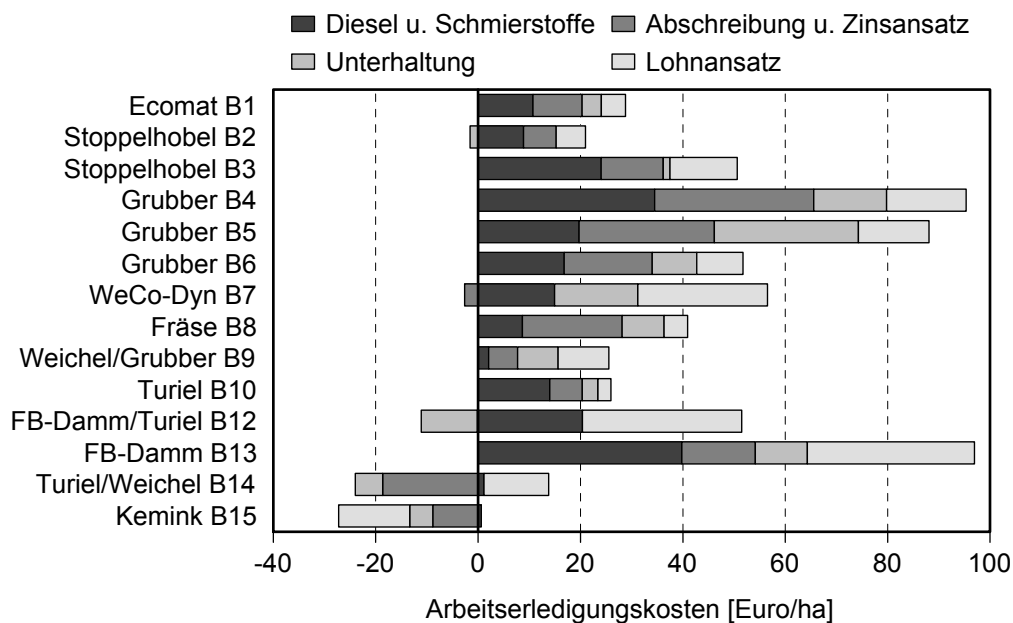


Abbildung 6: Einsparung von Arbeiterledigungskosten beim betriebsindividuellen Verfahren im Vergleich zum Pflugsystem im gesamten Ackerbau

Der Anteil Lohnkosten enthält sowohl die Kosten für die Arbeitszeit der Produktionsverfahren als auch für Betriebsführung und allgemeine Betriebsarbeiten. Neben den oben genannten Faktoren der Arbeitszeit hat hier somit auch die Betriebsgröße einen Einfluss. Einen großen Anteil machen die Kosten für Abschreibung und Reparaturen aus. Diese konnten nur sehr grob nach Herstellerangaben (Abschreibung nach Neupreis) und in Anlehnung an KTBL-Werte abgeleitet werden. Die Daten sind daher wenig abgesichert.

Bei den Betrieben, für deren betriebsindividuelles Verfahren höhere Kosten kalkuliert wurden als beim Pflugsystem, ist dies kaum auf den Dieserverbrauch, sondern v.a. auf die Abschreibung und höhere Lohnkosten zurückzuführen (Abb. 6).

Sowohl die absoluten Werte als auch das Einsparpotential an Arbeitserledigungskosten können einen groben Anhaltspunkt für Bewertungen und Entscheidungen bieten. Wichtig ist dieser Anhaltspunkt für die Abschätzung sowohl des ökonomischen Nutzens einer Umstellung der Bodenbearbeitung, als auch welche möglicherweise auftretenden Ertragseinbußen durch Kosteneinsparungen abgedeckt werden können.

Kalkulatorisches Betriebszweigergebnis

Aufgrund des im Rahmen des Projekts notwendigen Verzichts auf die Bewertung und Berücksichtigung innerbetrieblicher Stoffströme (z.B. Futter & Dünger) sowie die Ausklammerung von Transport-, Lager- und Aufbereitungskosten, bildet das hier errechnete kalkulatorische Betriebszweigergebnis Ackerbau vor allem die Betriebsform ab (CD-Anhang Verz. 1). Betriebe mit hoher Futterproduktion liegen z.T. bei negativen Werten, während Gemüse- oder Kartoffelbaubetriebe sehr hohe Ergebnisse erreichen, da die hohen Aufbereitungskosten nicht berücksichtigt wurden. Weiterhin konnten auch mögliche Ertragsunterschiede zwischen betriebsindividuellem System und Pflugsystem nicht einbezogen werden. Für einzelbetriebliche Bewertungen können diese Daten trotzdem von Interesse sein.

Schlussfolgerungen

In Ackerbaussystemen wirken viele verschiedene Faktoren auf den Dieserverbrauch, den Arbeitszeitbedarf und die Kosten von Produktionsverfahren. Einfache Aussagen über die ökonomische Bewertung von Bodenbearbeitungsgeräten oder –systemen sind deshalb problematisch.

Mit einem hohen Einsparpotential von Treibstoff und Arbeitszeit beim Wechsel vom Pflug auf alternative Bodenbearbeitungssysteme ist zu rechnen, wenn:

- weniger Überfahrten,
- geringere Arbeitstiefen verbunden mit geringerer Zugkraft,
- höhere Arbeitsbreiten

realisiert werden können. Bei Kosteneinsparungen müssen zusätzlich neben den Kosten für die Maschine, die "Lebensleistung", der Unterhaltungsaufwand und die benötigte Schleppergröße abgeschätzt und mit einbezogen werden.

Bei der Abschätzung von Diesel- und Zeitbedarf in der Praxis sollten die verwendeten Tabellen- oder Literaturwerte mit Hilfe standortbezogener Erfahrungswerte angepasst werden.

Insgesamt besteht noch ein großer Bedarf an praxisnahen Daten über den Diesel- und Zeitbedarf und die Ertragspotentiale alternativer Bodenbearbeitungsverfahren sowie über die Kosten von Abschreibung und Unterhaltung der verwendeten Geräte.

Literatur: Siehe Kapitel *Verwendete Literatur*.

2.4. Literaturübersicht zu Auswirkungen reduzierter Bodenbearbeitung

H. Schmidt¹ & C. Christen²

2.4.1. Einleitung

Die Bodenbearbeitung ist ein zentraler Bestandteil des Ackerbaus. Durch die mechanischen Eingriffe werden die Eigenschaften des Bodens und damit auch das Pflanzenwachstum stark beeinflusst. Veränderungen im Bodenbearbeitungsverfahren können deshalb erhebliche Auswirkungen auf die Funktionen des Bodens, die Entwicklung der Kulturpflanzen und auf wirtschaftliche Aspekte des landwirtschaftlichen Betriebs haben.

Im Folgenden werden Forschungsergebnisse zu den Effekten einer reduzierten Bodenbearbeitung zusammengefasst. Die Anzahl an publizierten Ergebnissen aus Untersuchungen, die im System ökologischer Landbau erarbeitet wurden, ist noch relativ klein. Deshalb werden sowohl Studien aus dem Bereich Ökolandbau als auch aus der konventionellen Landwirtschaft herangezogen. Publikationen, bei denen die Untersuchungen in ökologischen Systemen erfolgten sind in diesem Artikel mit einem Sternchen gekennzeichnet.

Bodenbearbeitungsverfahren, die mit "normal" oder "konventionell" bezeichnet werden, sind durch die Krumentiefe, wendende Grundbodenbearbeitung mit dem Scharpflug definiert (BAEUMER 1992, WILDMANN 1989). Der Begriff "reduzierte Bodenbearbeitung" ist hingegen nicht so eindeutig festgelegt. Während z.B. BAEUMER (1992) darin Verfahren sieht „in denen die Intensität der Bodenlockerung und des Einmischens von Ernteresten mehr oder weniger vermindert ist“ bezieht WILDMANN (1989) nur Verfahren ein, bei denen im Vergleich zur konventionellen Bearbeitung weniger Arbeitsgänge benötigt werden.

Im Folgenden werden unter der Bezeichnung "reduzierte Bodenbearbeitung" Verfahren zusammengefasst, bei denen im Vergleich zum Pflug-System die Bearbeitungstiefe erheblich verringert wird oder bei denen, unabhängig von der Bearbeitungstiefe, keine Bodenwendung erfolgt. Darüber hinaus gehende Unterschiede, z.B. in der Anzahl an Überfahrten und der Intensität der Bearbeitungsmaßnahmen, werden bei dieser Definition nicht berücksichtigt. Mit dem Begriff "reduzierte Bodenbearbeitung" wird somit ein weites Spektrum an unterschiedlichen Bodenbearbeitungsverfahren zusammengefasst. Im Einzelfall wird, wenn möglich und notwendig, eine detaillierte Beschreibung des konkreten Verfahrens vorgenommen.

¹ Stiftung Ökologie & Landbau, schmidt@soel.de

² Stiftung Ökologie & Landbau

2.4.2. Bodenstruktur

Der Einfluss von Bodenbearbeitungsverfahren auf die Bodenstruktur ist vielfältig. Eine direkte Wirkung hat das eingreifende Werkzeug bei der Bodenbearbeitung. Durch den Bodendruck des ziehenden Schleppers kann eine verdichtende Wirkung auftreten, abhängig u.a. von Gewicht, Reifendruck und Häufigkeit der Überfahrten. Wesentlich für den Einfluss einzelner Maßnahmen ist neben den verwendeten Geräten der Bodenzustand zum Bearbeitungszeitpunkt.

Die Bodenstruktur kann durch Bodenbearbeitungsverfahren jedoch auch indirekt beeinflusst werden. Je nach Bearbeitungstiefe und Funktion der verwendeten Werkzeuge (z.B. Pflugschar: wendend oder Grubberschar: mischend), sind langfristige Effekte durch Unterschiede in der Einmischung von organischen Materialien (z.B. Pflanzenreste, Dünger) zu erwarten. Auch Auswirkungen auf das Bodenleben können die Bodenstruktur beeinflussen.

Insgesamt kann als Ziel für die Bodenstruktur ein stabiles, aber poröses Bodengefüge mit einer hohen Aggregatstabilität und einem ausgeglichenen Luft- und Wasserhaushalt gelten.

Lagerungsdichte

Eine wesentliche Teilgröße der Bodenstruktur und wichtig für viele Funktionen des Bodens ist der Porenanteil (Wasser, Luft, Wurzeln). Die Lagerungsdichte kann einen Anhaltspunkt für das Porenvolumen des Bodens bieten (BAEUMER 1992). Sie wird jedoch auch von der Bodenart und vom Gehalt an organischer Substanz (unterschiedliche Dichte der Festsubstanz) beeinflusst. Weiterhin verändert sich die Lagerungsdichte auch im zeitlichen Ablauf. Nach Bearbeitungsmaßnahmen setzt sich der lockere Boden im bearbeiteten Bereich durch Umwelt- und Bewirtschaftungseinflüsse im Lauf der Zeit wieder ab. Die in Untersuchungen gemessenen Unterschiede in der Lagerungsdichte hängen somit sowohl von der lockernden Wirkung der Bearbeitungsmaßnahmen als auch von den Absetzprozessen ab.

Bei mehrjähriger Anwendung verschiedener Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung wurde von einigen Autoren eine höhere Lagerungsdichte in der bearbeiteten Krume im Vergleich zum Pflug-System beschrieben (BRUNOTTE 2007, EMMERLING 2007*, AHL et al. 1998). KAINZ (2010*) fand nach 11 Jahren Bewirtschaftung mit einem Grubber zudem eine Zunahme der Lagerungsdichte mit steigender Krumentiefe. Von anderen Autoren wurden hingegen geringere Lagerungsdichten in der bearbeiteten Bodenschicht bei reduzierter Bodenbearbeitung festgestellt (D'HAENE et al. 2008, KRAWUTSCHKE 2007*).

Diese Differenzen in den beschriebenen Bodenbearbeitungseffekten können mit Unterschieden in der Menge an organischem Material an der Oberfläche zusammen hängen. So fanden GLAB & KULIG (2008) bei reduzierter Bodenbearbeitung ohne eine Mulchauflage aus Pflanzenresten höhere Lagerungsdichten als beim Pflugeinsatz, in Varianten mit Mulchauflage lagen die Lagerungsdichten auf gleichem Niveau. Die Anwendung von Direktsaatverfahren führte bei TEBRÜGGE & DÜRING (1999) zu einer ca. 3 cm starken Oberflächenschicht mit geringerer Lagerungsdichte und einem hohen Anteil an organischem Material sowie einer hohen Dichte in der darunter liegenden Bodenschicht. Nach D'HAENE et al. (2008), KRAWUTSCHKE (2007*) und TEBRÜGGE & DÜRING (1999) hängt eine geringere Lagerungsdichte bei reduzierter Bodenbearbeitung mit dem höheren Gehalt an organischer Substanz (bzw. C) in der bearbeiteten Bodenschicht zusammen.

Die weniger intensiv oder nicht bearbeitete Unterkrume weist bei Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung häufig eine erheblich höhere Lagerungsdichte auf als im Pflug-System. Dieser Sachverhalt wurde sowohl für Systeme reduzierter Bearbeitung mit einer Lockerung

der Unterkrume ermittelt (KRAWUTSCHKE 2007, VAKALI 2003) als auch für Verfahren ohne Eingriff in diese Bodenschicht (KAINZ. 2010*, MUNKHOLM et al. 2008). Als Ursache kommt neben der fehlenden oder geringeren mechanischen Lockerung auch die geringere Menge eingearbeiteter Pflanzenreste in diese Schicht in Frage.

Porenverteilung

Neben dem absoluten Porenvolumen haben auch die Größenverteilung und die Ausprägung der Poren einen Einfluss auf die Eigenschaften des Bodens. BALL et al. (2007) sehen die Makroporosität des Bodens als einen wesentlichen Indikator für bodenphysikalische Fruchtbarkeit. Sie begründen dies v.a. damit, dass viele Makroporen zwischen kleinen stabilen Aggregaten wesentlich für den Luftaustausch und den schnellen Abfluss von Niederschlagswasser verantwortlich sind.

Eine reduzierte Bearbeitung führt oft zu geringeren Anteilen an Makroporen im Boden (GLAB & KULIG 2008, FRANCIS & KNIGHT 1993). Die mit dem Pflug mechanisch geschaffenen Makroporen können jedoch bei reduzierter Bodenbearbeitung durch biologisch entstandene Makroporen (z.B. Regenwurmgänge) ersetzt werden (WHALLEY et al. 1995). Ein Vorteil dieser biologisch entstandenen Poren ist ihre Kontinuität bis über den Bearbeitungshorizont hinaus. So fanden HANGEN et al. (2002) bei reduzierter Bodenbearbeitung biologische Makroporen bis in eine Tiefe von 120 cm. Die bessere Vernetzung eines biologisch entstandenen Porensystems bei reduzierter Bodenbearbeitung erhöht die Luftleitfähigkeit bei gleichem luftgefülltem Porenvolumen (ROGASIK et al. 2005, WAHL et al. 2004). Durch eine intensive, wendende Bodenbearbeitung wird zwar der Anteil an luftführenden Poren erhöht (KÖPKE 2003, BRUNOTTE et al. 2001), ihre Kontinuität in den Unterboden wird dabei jedoch unterbrochen (KÖPPEN 2004, HANGEN et al. 2002). Eine Erhöhung des biologischen Makroporenanteils und ihrer Beständigkeit in Systemen mit reduzierter Bodenbearbeitung wird wesentlich durch die Auflage von organischem Material (Mulch) auf der Bodenoberfläche gefördert (GLAB & KULIG 2008). Siehe hierzu auch den Abschnitt Bodenleben (S. 199).

Der Anteil an Mikroporen – wichtig z.B. für Wasserhaltefähigkeit und den kapillaren Aufstieg – ist bei reduzierter Bodenbearbeitung meist höher als im Pflug-System (HANGEN et al. 2002, AZZOZ & ARSHAD 1996)

Verdichtungen

Bewirtschaftungsbedingte Schadverdichtungen des Bodens können durch das Gewicht des befahrenden Gerätes oder durch den direkten Einfluss des Werkzeugs zur Bodenbearbeitung hervorgerufen werden. Ein wichtiger Faktor ist dabei der Bodenzustand zum Zeitpunkt der Bearbeitung. Unabhängig vom Bodenbearbeitungsverfahren und -werkzeug ist bei ungünstigen Bodenverhältnissen mit Schadverdichtungen durch Bearbeitungsmaßnahmen oder Befahren zu rechnen. Verdichtungen können den Wasser- und Lufthaushalt des Bodens stören, die Durchwurzelung behindern und das Bodenleben beeinträchtigen.

In Untersuchungen von HAMZA (2005), BALBUENA et al. (2000) und ALAKUKKU (1996) wurde bei häufigen Überfahrten eine Erhöhung der Lagerungsdichte verbunden mit einer Verringerung des Porenvolumens, zum Teil bis auf 50 cm Bodentiefe, festgestellt. Nach BRUNOTTE (2007) verbessern geringere Radlasten die Belastungssituation nicht, wenn dadurch die Überrollhäufigkeit erhöht wird. Die Belastung durch Überfahrten kann durch eine Verringerung des Drucks auf den Boden (z.B. höhere Reifenbreite, geringerer Reifeninnendruck, geringeres

Gewicht) und durch eine Verringerung der Überfahrten reduziert werden. Vergleichende Untersuchungen der langjährigen Anwendung von Bodenbearbeitungsverfahren ergaben, dass eine reduzierte Bodenbearbeitung im Vergleich zum Pflugeinsatz zu einer höheren Tragfähigkeit des Bodens führen kann, so dass die Porenreduktion bei Überfahrten verringert wird (BRUNOTTE 2007, EMMERLING 2007, SOMMER & ZACH 1992).

Aggregatstabilität

Als Aggregatstabilität wird die Stabilität von Bodenaggregaten gegenüber äußeren Einflüssen (z.B. Regenschlag bzw. Wasser: deshalb auch Wasserstabilität) bezeichnet (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002). Vorteile einer höheren Aggregatstabilität sind z.B. eine geringere Neigung zu Erosion und Verschlammung und eine größere Beständigkeit der Bodenporen.

Eine Vielzahl von Untersuchungen belegt eine höhere Aggregatstabilität im bearbeiteten Bodenhorizont bei reduzierter Bodenbearbeitung im Vergleich zur Pflug-Bewirtschaftung (HAMPL 2010*, KAINZ et al. 2003*, VAKALI 2003*, KIMMELMANN 2001*, BALL et al. 1996, SOMMER & ZACH 1992). Bei Verzicht auf eine Bodenbearbeitung in Direktsaatverfahren wird von einer weiteren Steigerung der Aggregatstabilität berichtet (ABID et al. 2008). Als wesentliche Ursache der gesteigerten Aggregatstabilität werden die Anreicherung von organischer Substanz und damit die höhere biologische Aktivität im Boden gesehen (PEIGNE 2007, HAMPEL 2003*, KAINZ et al. 2003*, BALL et al. 1996). Wesentlich für diesen Effekt ist das Verbleiben von organischem Material an der Bodenoberfläche (FUENTES et al. 2009) was auch zu einer erhöhten Stabilität der Makroporen beiträgt (KAY & VANDENBYGAART 2002).

Der Einfluss von verschiedenen Bodenbearbeitungsverfahren auf die Aggregatgröße ist hingegen nicht eindeutig. In Untersuchungen von EMMERLING (2007*) wurden bei reduzierter Bodenbearbeitung in 0-15 cm Tiefe geringere mittlere Durchmesser der Bodenaggregate festgestellt als bei tief wendender Bearbeitung mit dem Pflug. D'HAENE et al. (2008) berichten andererseits von einem Anstieg der mittleren Aggregatgröße bei der Umstellung von wendender auf reduzierte Bodenbearbeitung. In beiden Studien wurde aber auch eine höhere Stabilität der Aggregate ermittelt.

Wasserhaushalt & Erosion

Die Wahl des Bearbeitungsverfahrens hat großen Einfluss auf den Wasserhaushalt des Bodens. Bei gleicher Bearbeitungstiefe fand HAMPL (2003*) auf Böden mit nicht wendender Bodenbearbeitung eine verbesserte Wasserinfiltration im Vergleich zur Pflugbearbeitung. KAINZ et al. (2003*) beschreibt eine höhere Regenverdaulichkeit bei der flachen Anwendung eines Grubbers. Auch bei Direktsaatverfahren wurde eine höhere Wasserinfiltration als bei Pflug-Systemen gefunden (AZZOZ & ARSHAD 1996). Neben der Wasserinfiltration wird auch die Wasserspeicherkapazität des Bodens durch reduzierte Bodenbearbeitungs- und Direktsaatverfahren gesteigert (SCHIERBAUM-SCHICKLER 2005, HANGEN et al. 2002, FRANCIS & KNIGHT 1993).

Unstrittig ist die Erosion mindernde Wirkung von Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung (BRUNOTTE 2007, SCHMIDT et al. 2005, KÖPKE 2003, LÜTKE-ENTRUP & SCHNEIDER 2003, ZHAO 1995). Damit verbunden ist auch die deutlich geringere Neigung zur Oberflächenverschlammung und -verkrustung. TEBRÜGGE & DÜRING (1999) fanden eine geringere Anfälligkeit für Erosion und Verkrustung bei Böden mit langjährig reduzierter Bodenbearbeitung. Aber auch schon kurz nach Umstellung der Bodenbearbeitung wurden Erosion und Verschlammung mindernde Effekte beschrieben (MLUR 2003). Allerdings traten diese kurzfristigen Aus-

wirkungen nur bei Druschfrüchten und nicht bei Hackfrüchten auf. MOLLENHAUER & ORTMEIER (1995) halten bei Umstellung auf reduzierte Bodenbearbeitung eine Verringerung der flächenhaften Bodenabträge auf 10-50% für erreichbar. Eine fast vollständige Eindämmung der Bodenerosion durch reduzierte Bodenbearbeitung oder Direktsaatverfahren wird von TREWAVAS (2004*) und LÜTKE-ENTRUP & SCHNEIDER (2003) beschrieben. Nach FRIELINGHAUS (1998) nehmen Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung eine Schlüsselstellung für die Verminderung von Wasser- und Winderosion ein.

Die wesentliche Ursache der geringeren Erosionsneigung bei reduzierten Bodenbearbeitungsverfahren wird vor allem in der besseren Oberflächenstruktur aufgrund von nicht eingearbeiteten Pflanzenresten oder anderen organischen Materialien gesehen (KÖPKE 2003, ROBINSON & PHILIPS 2001, AZOOZ & ARSHAD 1996). Im Vergleich zur Funktion einer Bodenbedeckung für den Erosionsschutz spielen nach LEYS et al. (2007) weitere Faktoren, wie der Gehalt an organischer Substanz im Boden und die Bodenstruktur, nur eine untergeordnete Rolle. Andere Autoren sehen jedoch auch in der höheren Aggregatstabilität und den kontinuierlichen, vertikalen Bodenporen wichtige Ursachen der verminderten Erosions- und Verschlammungsneigung bei Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung (ROBINSON & PHILIPS 2001, AZOOZ & ARSHAD 1996, BRUNOTTE et al. 1995).

Fazit Bodenstruktur

Häufig vorkommende Auswirkungen reduzierter Bodenbearbeitung:

- mehr organisches Material an der Oberfläche;
 - stabilere Oberflächenstruktur - geringere Erosions- und Verschlammungsneigung;
 - höhere Wasserinfiltration;
 - geringerer Anteil an Makroporen in der Unterkrume – kann z.T. durch bessere Vernetzung und Kontinuität der Bioporen ausgeglichen werden;
 - höherer Anteil an Mikroporen in der Krume – kann die Wasserhaltefähigkeit steigern;
 - höhere Aggregatstabilität;
 - bessere Tragfähigkeit.
-

2.4.3. Organische Substanz im Boden (Humus)

Als Maßstab für den Gehalt an organischer Substanz bzw. für den Humusgehalt des Bodens wird meist der relativ leicht bestimmbare Gehalt an organischem Kohlenstoff herangezogen (BARTELS & JANKA 2003). Neben der nach SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (2002) als organische Bodensubstanz definierten Stoffgruppe – im und auf dem Boden befindliche, abgestorbene, pflanzliche und tierische Stoffe und deren organische Umwandlungsprodukte – sind also auch die bei der Probenahme mit erfassten lebenden Wurzeln und Bodenlebewesen enthalten. Unter dem Begriff organische Substanz (OS) wird im Folgenden die Summe aus lebender Biomasse und toter organischer Substanz verstanden. Die Gehalte an OS im Boden hängen stark von Standortbedingungen wie Klima und Bodenart sowie von der Bewirtschaftungsform ab (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002). Der Gehalt an OS im Boden hat u.a. einen großen Einfluss auf die Bodenstruktur (siehe S. 190), das Bodenleben (siehe S. 199) und die chemischen Eigenschaften des Bodens (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002).

Differenzierung von Ober- und Unterkrume:

In einer Vielzahl von Untersuchungen wird die Anreicherung von OS in der Oberkrume als Auswirkung von Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung beschrieben (PEIGNÉ et al. 2007, PEKRUN & CLAUPEIN 1998). Bei wendender Bearbeitung ist die OS hingegen relativ gleichmäßig im Bearbeitungshorizont verteilt.

So wurden auch in Untersuchungen von Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung mit einer, im Vergleich zum Pflug-System geringeren Bearbeitungstiefe, höhere OS-Gehalte im Bearbeitungshorizont gefunden (DITTMANN & ZIMMER 2010*, KAINZ 2010*, CHEN et al. 2009, TEBRÜGGE & DÜRING 1999). In der seit Umstellung der Bodenbearbeitung nicht mehr bearbeiteten Schicht (Unterkrume) lagen die OS-Gehalte hingegen häufig auf niedrigerem Niveau als im Pflug-System (DITTMANN & ZIMMER 2010*, KAINZ 2010*) und z.T. auf gleichem Niveau (KAY & VANDENBYGAART 2002, BALESSENT et al. 2000). Auch innerhalb des Bearbeitungshorizontes wurde bei nicht wendender Bearbeitung von KAINZ (2010*) mit zunehmender Tiefe ein abnehmender OS-Gradient gefunden.

Bei Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung, mit im Vergleich zum Pflug-System gleich bleibender Bearbeitungstiefe, wurde auch eine Anreicherung von OS im oberen Bereich des Bearbeitungshorizontes gefunden (SCHMIDT et al. 2010*, EMMERLING et al. 1997*, BERNER et al. 2008*).

Am stärksten ausgeprägt ist der Akkumulierungseffekt von OS an der Oberfläche in Systemen mit sehr geringer Eingriffstiefe bzw. Direktsaatverfahren (LOPEZ- FANDO & PARDO 2009, TEBRÜGGE & DÜRING 1999).

Bei Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung werden Pflanzenreste und organische Dünger meist weniger in den Boden eingearbeitet als bei Pflug-Systemen. Je geringer die Bearbeitungstiefe ist, umso höher ist dabei der Anteil von Pflanzenresten, die an der Oberfläche verbleiben (TEBRÜGGE & DÜRING 1999). Diese Effekte werden als die wesentliche Ursache für eine Akkumulation organischer Substanz in oberen Bodenschichten angesehen (BERNER et al. 2008*, PEIGNÉ et al. 2007). Von JACOBS et al. (2009) und KONG et al. (2009) wird jedoch auch eine Wirkung der höheren Aggregatstabilität beschrieben. In den stabileren Makroaggregaten ist die OS den Abbauprozessen weniger zugänglich.

Gesamte Krume:

Während die Akkumulation von OS in oberflächennahen Bodenschichten bei reduzierter Bodenbearbeitung unstrittig ist, widersprechen sich z.T. die Aussagen über die Entwicklung der OS-Gehalte in der gesamten Krume bzw. der absoluten OS-Menge pro Fläche. So wurde von DITTMANN & ZIMMER (2010*), KOCH & GABERLE (2010*), HÄNSEL (2010*) und CHATTERJEE & LAL (2009) in Langzeitversuchen kein Unterschied im durchschnittlichen OS-Gehalt der gesamten Krume zwischen tief wendender und reduzierter Bodenbearbeitung gefunden. KRAWUTSCHKE et al. (2009*) kalkulierte unter Berücksichtigung der Lagerungsdichte die OS-Menge in der Krume von Böden aus sieben Dauerfeldversuchen. In fünf der sieben Fälle traten keine deutlichen Unterschiede zwischen den Varianten mit Pflugbearbeitung und reduzierter Bodenbearbeitung auf. In zwei Versuchen fand er jedoch höhere OS-Mengen bei der Anwendung reduzierter Bodenbearbeitung. Auch BERNER et al. (2010*), KAINZ (2010*), VOGELER et al. (2009) und WEBER & EMMERLING (2005*) fanden in Varianten reduzierter Bodenbearbeitung höhere OS-Gehalte bzw. OS-Mengen in der gesamten Krume. In Untersuchungen von APPEL (2008) lagen die unter Berücksichtigung der Lagerungsdichte ermittelten OS-Mengen je Flächeneinheit bei Pflugverzicht hingegen auf niedrigerem Niveau.

Als mögliche Ursachen für höhere OS-Mengen in der gesamten Krume werden, neben der oben beschriebenen oberflächennahen Akkumulation, auch eine niedrigere Sauerstoffzufuhr (BERNER et al. 2008) bzw. geänderte Abbauprozesse im Boden (BALDOCK 2002) vermutet. Nach APPEL (2008) können andererseits bei reduzierter Bodenbearbeitung eine größere Anzahl von Regenwürmer sowie höhere Gehalte an mikrobieller Biomasse mit demzufolge gesteigerter Umsetzungsaktivität eine Anreicherung von OS bezogen auf die Fläche verhindern.

Insgesamt wird von einigen Autoren angemerkt, dass in vielen Untersuchungen zum Einfluss der Bodenbearbeitung die verwendete Methodik nicht geeignet ist, Unterschiede in der absoluten OS-Menge je Flächeneinheit nachzuweisen.

KRAWUTSCHKE et al. (2009) berichten von einem großen Einfluss der Lagerungsdichte auf die kalkulierte Menge an OS. In Untersuchungen in denen nur der OS-Gehalt bestimmt wird, kann deshalb nicht ausgeschlossen werden, dass eine berechnete OS-Anreicherung nur durch verschiedene Dichtelagerungen des Bodens vorgetäuscht wird. KRAWUTSCHKE et al. (2009) fordern deshalb bei Untersuchungen zur Veränderung der OS-Menge im Boden die Lagerungsdichte in unterschiedlichen Bodentiefen zu berücksichtigen.

Neben der Lagerungsdichte hat auch die Beprobungstiefe einen großen Einfluss auf die Ergebnisse von OS-Mengen-Berechnungen. Beim Vergleich einer Vielzahl von Untersuchungen zum Einfluss reduzierter Bodenbearbeitung fanden BAKER et al. (2006), dass bei den meisten Studien die Beprobungstiefe weniger als 30 cm betrug. In allen Veröffentlichungen mit einer größeren Beprobungstiefe wurden keine Unterschiede im mittleren OS-Gehalt bzw. in der OS-Menge zwischen Pflugbearbeitung und reduzierter Bearbeitung festgestellt. BAKER et al. (2006) gehen davon aus, dass die OS-Anreicherung bei reduzierter Bodenbearbeitung meist überschätzt wird, da die oberflächliche Akkumulation einbezogen, aber geringere Gehalte in unteren Bodenschichten nicht ausreichend berücksichtigt werden.

Gesamtstickstoff

Die OS besteht zu einem erheblichen Teil aus Stickstoff. Die Auswirkungen unterschiedlicher Bodenbearbeitungsverfahren auf den Gehalt an Gesamtstickstoff im Boden sind deshalb den Reaktionen der OS sehr ähnlich (PEIGNÉ et al. 2007). In einzelnen Untersuchungen wurde jedoch auch eine Verschiebung des Verhältnisses von organischem Kohlenstoff zu Gesamtstickstoff (C/N-Verhältnis) durch reduzierte Bodenbearbeitung beobachtet. Sowohl LOPEZ-FANDO & PARDO (2009) als auch DIECKMANN & KOCH (2008) berichten über einen Anstieg des C/N-Verhältnis mit abnehmender Intensität der Bodenbearbeitung in der Bodenschicht 0-10 cm. Bei verschiedenen Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung zeigte sich bei EKEBERG & RILEY (1997) jedoch kein Effekt auf das C/N-Verhältnis der OS im Boden.

Fazit Organische Substanz

Häufig vorkommende Auswirkungen reduzierter Bodenbearbeitung:

- Anreicherung von organischer Substanz in der oberen Krume – auch bei tiefer Lockerung des Bodens;
 - mit Verringerung der Eingriffstiefe steigt der Effekt der Anreicherung in oberen Bodenschichten;
 - häufig geringere Gehalte an organischer Substanz in der unteren Krume;
 - Ursache der Anreicherung in oberen Bodenschichten ist v.a. eine ungleichmäßige Einmischung von Pflanzenresten in den Boden;
 - ob und in welchem Ausmaß ein Anstieg der OS-Menge pro Fläche (C-Sequestrierung) zu erwarten ist, bleibt umstritten – v.a. aufgrund methodischer Probleme;
 - C-Sequestrierung hängt anscheinend von den konkreten Standort- und Bewirtschaftungsbedingungen ab.
-

2.4.4. Bodenchemie

Verfügbare Mineral-Nährstoffe

Differenzierung von Ober- und Unterkrume

Analog zu der Akkumulation von organischer Substanz in oberen Bodenschichten bei Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung, wird dieser Effekt auch bei den Bodengehalten vieler Nährstoffe gefunden (Tab. 1). In vielen Untersuchungen ist der Anreicherungseffekt bei verfügbarem Kalium besonders deutlich ausgeprägt. Die Ursache für diese Anreicherung von Nährstoffen wird v.a. in der höheren Konzentration an Pflanzenreststoffen auf oder an der Bodenoberfläche gesehen (VAN DEN BOSSCHE et al. 2009).

Bei der Bearbeitung mit dem Zweischichtenpflug, der die Oberkrume wendet und die Unterkrume lockert und damit dem normalen Pflügen relativ ähnlich ist, sind die Effekte nicht eindeutig. Während es bei SCHMIDT et al. (2010) zu keinen deutlichen Anreicherungseffekten kam, fanden EMMERLING et al. (1997) deutlich höhere Gehalte an verfügbarem Phosphor in der Oberkrume.

Tabelle 1: Vergleich der Gehalte an verfügbaren Nährstoffen aus Böden mit reduzierter Bodenbearbeitung und mit Pflugbearbeitung;

Oberkrume ¹ höher als im Pflug-System	Unterkrume ² niedriger als im Pflug-System	Kein Unterschied	Quelle
P, K	P, K		APPEL (2008)
P, K	K		DIECKMANN & KOCH (2008)
K	K,	Ca, Mg	EKEBERG & RILEY (1997)
P			EMMERLING et al. (1997*)
Zn	Fe	Cu	LOPEZ-FANDO & PARDO (2009)
K, Mg		P	SCHMIDT et al. (2010* V7)
P, K, Mg, Na			THOMAS et al. (2007)
K, Mg, Ca, Na		P	VAN DEN BOSSCHE et al. (2009)
K	K		ZIMMER & DITTMANN (2006*)

¹ Oberkrume: je nach Verfahren bearbeitete Schicht bzw. oberer Teil der bearbeiteten Schicht

² Unterkrume: je nach Verfahren unbearbeitete, ehemals gepflügte Schicht bzw. untere nicht wendend gelockerte Schicht

Gesamtkrume

Viele Studien finden bei Anwendung verschiedener Bodenbearbeitungsverfahren keinen Effekt auf die durchschnittlichen Nährstoffgehalte der gesamten Krume (PEIGNÉ et al. 2007). Einzelne Autoren hingegen beschreiben diesbezügliche Auswirkungen. Von DITTMANN & ZIMMER (2010*) wurden z.B. in der gesamten Krume höhere Gehalte an verfügbarem Kalium gefunden. Sie begründen dies mit einer geringeren Kaliumauswaschung bei reduzierter Bodenbearbeitung im Vergleich zum Pflugsystem. ANDRASKI et al. (1985) beschrieben geringere Phosphorverluste durch Erosion bei reduzierter Bearbeitung. Insgesamt gelten für die Untersuchung zum Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Nährstoffgehalte der Krume bzw. die absoluten Nährstoffmengen je Flächeneinheit die gleichen methodischen Einschränkungen wie bei der Bestimmung der organischen Substanz (siehe S. 194).

pH-Wert

Die Forschungsergebnisse zum Einfluss unterschiedlicher Bodenbearbeitungsverfahren auf den pH-Wert sind sehr uneinheitlich. Einzelne Autoren berichten von höheren pH-Werten in der Oberkrume nach mehrjähriger reduzierter Bodenbearbeitung (VAN DEN BOSSCHE et al. 2009, VOGELER et al. 2009, CHATTERJEE & LAL 2009), andere fanden niedrigere pH-Werte nach pflugloser Bewirtschaftung (DIECKMANN & KOCH 2008, ZAMUNER et al. 2008, EKEBERG & RILEY 1997). Ursachen für diese unterschiedlichen Ergebnisse wurden aus den Publikationen nicht ersichtlich.

N-Mineralisation

Da eine intensive Bodenbearbeitung die Stickstoffmineralisation fördert (GRUBER et al. 2007, VAKALI et al. 2002), gelten Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung im ökologischen Landbau aufgrund des Risikos einer reduzierten Stickstoffmineralisation als problematisch (PEIGNÉ et al 2007, KÖPKE 2003). In Untersuchungen von PAFFRATH & STUMM (2010*) und KAINZ et al. (2003) wurde jedoch kein deutlicher Einfluss des Bodenbearbeitungsverfahrens auf die Nmin-Gehalte im Frühjahr und Herbst ermittelt. Bestätigt wird eine geringere Mineralisation jedoch in den Untersuchungen von SCHMIDT et al. (2010*). Im Vergleich zum Pflugsystem wurden dort bei nicht wendender, aber gleich tiefer Bearbeitung im Mittel von 10 Jahren im Frühjahr 20% niedrigere Nmin-Mengen gefunden. Es ist wahrscheinlich, dass der Einfluss verschiedener Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung auf die Stickstoffmineralisation stark von den konkreten Bearbeitungsmaßnahmen, aber auch von den Standortbedingungen sowie dem Fruchtfolge- und Düngungssystem abhängt. Ergebnisse zur Verfügbarkeit von Stickstoff aus Untersuchungen in konventionellen Systemen lassen sich kaum auf die Verhältnisse im Ökolandbau übertragen, da die mineralische Düngung andere Bedingungen schafft.

Fazit Bodenchemie

Häufig vorkommende Auswirkungen reduzierter Bodenbearbeitung:

- höhere Gehalte an verfügbaren Nährstoffen in der oberen Krume und häufig geringere Gehalte in der unteren Krume – je nach Standort bei einzelnen Nährstoffen unterschiedlich ausgeprägt;
 - selten Effekte auf die gesamte Menge an verfügbaren Nährstoffen pro Fläche;
 - keine eindeutige Wirkung auf den pH-Wert;
 - eine geringere Stickstoffmineralisation ist möglich aber nicht zwingend – wahrscheinlich sind Unterschiede zum Pflug-System vom jeweiligen reduzierten Bearbeitungsverfahren sowie den Standortbedingungen und der gesamten Bewirtschaftung abhängig.
-

2.4.5. Bodenleben

Mikroorganismen

Eine hohe mikrobiologische Aktivität ist für eine Reihe von Funktionen des Bodens von Bedeutung. Besonders im Ökolandbau hängt z.B. die Nährstoffverfügbarkeit von der Umsetzung organischen Materials im Boden und somit von den mikrobiologischen Eigenschaften ab. Weiterhin kann auch die Qualität und Stabilität der Bodenstruktur durch eine hohe biologische Aktivität erheblich verbessert werden. Die Mikroorganismen im Boden setzen sich aus Bakterien, Pilzen, Einzellern und Algen zusammen. Mengenmäßig spielen Bakterien und Pilze dabei die größte Rolle (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002). Bei der Untersuchung des mikrobiellen Bodenlebens werden viele unterschiedliche Parameter verwendet. Zum einen wird versucht die gesamte mikrobielle Biomasse zu erfassen, zum anderen erfolgt die Messung einzelner Kenngrößen für die Aktivität der Mikroorganismen (siehe auch Beitrag auf S. 162).

Mikrobielle Biomasse

Die mikrobielle Biomasse im Boden, ein Maß für die Belebtheit eines Bodens, steht in engem Zusammenhang zur organischen Bodensubstanz (OS). Ihre Verteilung in Böden, die mit Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung bewirtschaftet werden, ist deshalb oft eng mit der Akkumulation von OS nahe der Bodenoberfläche verbunden (ROGASIK et al. 2005, KLADIVKO, 2001). So wurde von VIAN et al. (2009*) nach Reduzierung der Bearbeitungstiefe und -intensität die charakteristische Anreicherung von mikrobieller Biomasse in der bearbeiteten Oberkrume gefunden, während die Gehalte in der nicht mehr bearbeiteten Unterkrume abnehmen. Eine höhere mikrobielle Biomasse in der Oberkrume bei reduzierter Bodenbearbeitung wurde auch von BERNER et al. (2010*), VAN DEN BOSSCHE et al. (2009) und WRIGHT et al. (2005) gefunden. EMMERLING (2005) fand bei nicht wendender Bearbeitung und gleicher Bearbeitungstiefe sogar in der gesamten Krume höhere Gehalte an mikrobieller Biomasse im Vergleich zum Pflug-System. In einzelnen Fällen kann bei ungünstigen Bedingungen, z.B. verdichtetem Boden, auch eine geringere Belebung des Bodens bei reduzierter Bodenbearbeitung auftreten (AHL et al. 1998).

Die pilzlichen Mikroorganismen im Boden spielen u.a. für die Stabilisierung von Bodenaggregaten, die Bildung von Huminstoffen und den Abbau von cellulosereichen Ernterückständen eine wichtige Rolle. Im Vergleich zur Pflug-Bewirtschaftung fanden WEBER & EMMERLING (2005) bei verschiedenen Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung in der mikrobiellen Biomasse höhere Pilzanteile in der Oberkrume. In der Unterkrume wurden kaum Veränderungen festgestellt. Zurückgeführt wurde dieser Effekt auf die höheren Gehalte an OS, dem weiteren C/N-Verhältnis in der OS und einer geringeren Belüftung in der Oberkrume. KLADIVKO (2001) geht davon aus, dass generell der Pilzanteil im Verhältnis zu den Bakterien bei pflugloser Bewirtschaftung höher ist als bei wendender Bearbeitung. Die mit höherem Pilzanteil steigende Menge an Hyphenzellwandresten kann zu einer verstärkten Speicherung von OS und zu einem Anstieg der Aggregatstabilität beitragen (GUGGENBERGER et al. 1999, AHL et al. 1998).

Die im Boden vorkommenden Mykorrhiza-Pilze können in Symbiose mit Pflanzen zu einer verbesserten Nährstoffversorgung beitragen. In Untersuchungen von GOLLNER et al. (2003*) war der Mykorrhiza-Besiedelungsgrad bei nicht wendender Bearbeitung erheblich höher als im Pflug-System. GARCIA et al. (2007) fanden eine Reduktion der Mykorrhiza-Kolonien im Boden durch einmaliges Pflügen einer Fläche, die zuvor im Direktsaatverfahren

bewirtschaftet wurde. Eine reduzierte Bodenbearbeitung kann somit zu einer Steigerung der Nährstoffmobilisierung durch Mykorrhiza-Pilze beitragen.

Mikrobielle Aktivität

Die mikrobiologische Aktivität im Boden wird mit einer Vielzahl unterschiedlicher Parameter untersucht, z.B. verschiedenen Enzymaktivitäten und der Atmungsaktivität. Bei vielen dieser Parameter wurde in Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung eine ähnliche vertikale Verteilung im Boden gefunden wie bei mikrobieller Biomasse oder OS, während im Pflug-System die Aktivität gleichmäßiger in der Krume verteilt war (PAFFRATH & STUMM 2010*, VAN DEN BOSSCHE et al. 2009, BERNER et al. 2008*, EMMERLING et al. 2003*, EMMERLING et al. 1997*). In vielen dieser Studien wird eine Zunahme dieser Differenzierung von Ober- und Unterkrume mit der Dauer der Bewirtschaftung beschrieben. Im Gegensatz dazu traten bei PAFFRATH & STUMM (2010*) die größten Unterschiede zu Beginn der Umstellung auf reduzierte Bodenbearbeitung auf.

In einzelnen Untersuchungen wurde bei reduzierter Bodenbearbeitung für die gesamte Krume eine höhere Aktivität der Mikroorganismen als im Pflug-System gefunden (BERNER et al. 2008*, EMMERLING et al. 2003, EMMERLING et al. 1997).

Bodentiere

Die starken Auswirkungen von Bodenbearbeitung auf die im Boden lebenden Tiere werden seit langem untersucht und beschrieben (ZCICSI 1967, MC KEVAN 1962). Nach WARDLE (1995) wird die Anzahl größerer Bodenorganismen durch die tief wendende Bodenbearbeitung stärker negativ beeinflusst als die Anzahl kleinerer Organismen. Andererseits berichtet er jedoch auch über die Förderung einiger Gruppen von Kleinarthropoden und von Mesofauna durch die Pflugbearbeitung.

Regenwürmer

Regenwürmer sind für die Bodenfruchtbarkeit und als Bodenverbesserer von großer Bedeutung. Zu ihren Funktionen zählen die Belüftung des Bodens sowie die Verbesserung der Wasserhaltefähigkeit und der Bodenstruktur. Sie ermöglichen den Wurzeln ein tieferes Eindringen in den Boden und dadurch den Pflanzen eine leichtere Wasser- und Mineralstoffaufnahme. Sie durchmischen den Boden, wandeln organische Substanz in Pflanzennährstoffe um und sind an der Bildung von Ton-Humus-Komplexen beteiligt (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002, BLUME 1990).

Die Gesamtzahl an Regenwürmern pro Fläche – ungeachtet der einzelnen Arten – wird bei intensiver Bodenbearbeitung reduziert. Eine Vielzahl von Untersuchungen ergab, dass Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung im Vergleich zum Pflug-System zu einer höheren Abundanz von Regenwürmern führen (KAINZ 2010*, BAUCHHENß 2005, LANG 2002*, KLADIVKO 2001, TEBRÜGGE & DÜRING 1999, WARDLE 1995, HOUSE & PARMELEE 1985). In Bodenbearbeitungsverfahren, bei denen nur die Tiefe der gewendeten Bodenschicht reduziert wurde (z.B. Ecomat-Schälplflug und Zweischichtenpflug), zeigten sich keine positiven Effekte auf die Regenwurmabundanz (METZKE et al. 2007*, EMMERLING 2001*).

Untersuchungen von BERNER et al. (2008) ergaben, dass bei schwerem Boden keine Unterschiede in der Regenwurmabundanz zwischen flachem Pflügen (15 cm) und nicht wendender Bearbeitung auftraten.

Einen negativen Effekt eines nicht wendenden Bodenbearbeitungssystems auf die Regenwurmabundanz fanden METZKE et al. (2007). In einem Feldversuch lag die Anzahl Regen-

würmer bei Bewirtschaftung mit einem Dammkulturgerät auf niedrigerem Niveau als im Pflug-System.

Der von vielen Autoren bestätigte Effekt einer Förderung der Anzahl von Regenwürmern bei reduzierter Bodenbearbeitung kann somit je nach Standorteigenschaften und Art der Bewirtschaftungsmaßnahmen mehr oder weniger stark ausgeprägt sein.

In einzelnen Untersuchungen wurde der steigende Effekt auf die Regenwurmabundanz durch reduzierte Bodenbearbeitung auch für die Regenwurm-Biomasse bestätigt (ERIKSEN-HAMEL et al. 2009, ERNST & EMMERLING 2009). KAINZ (2010*) stellte bei höherer Abundanz auch ein höheres Individuengewicht bei reduzierter Bodenbearbeitung fest.

Die verschiedenen Arten der im Boden vorkommenden Regenwürmer unterscheiden sich z.T. erheblich in ihrer Lebensweise und daher auch in ihrer Wirkung auf Bodeneigenschaften sowie in ihrer Reaktion auf verschiedene Bodenbearbeitungsverfahren. Während z.B. die flach grabenden Regenwürmer im Oberboden bis maximal 60 cm Tiefe leben und kontinuierlich neue horizontale Röhren graben, leben die tief grabenden Regenwürmer in permanenten, senkrecht laufenden Röhren (MORGNER 2001). Zu den bekanntesten Arten von Regenwürmern in Mitteleuropa gehören die epigäische (Streubewohner), die endogäische (Mineralbodenbewohner) und die anözischen Regenwürmer (Tiefgräber). Der epigäische Regenwurm hält sich in der Humusaufgabe oder in Anhäufungen organischer Substanz auf und ernährt sich von Pflanzenresten in der Streuschicht. Der endogäische Bodenbewohner beschränkt sich auf sein flaches Gangsystem bis 50 cm Tiefe und ernährt sich von abgestorbenen Wurzeln und organischer Substanz. Charakteristisch für den anözischen Regenwurm sind die Ernährung von Blättern und Streuresten an der Bodenoberfläche und das Graben von tiefen vertikalen Gängen (DUNGER 1983).

In Untersuchungen auf einem Standort mit schluffigem Lehmboden dominierten bei reduzierter Bodenbearbeitung die anözisch lebenden Regenwürmer (Tiefgräber). Bei Pflugbearbeitung und einer insgesamt deutlich geringeren Regenwurmabundanz waren hingegen die endogäischen Regenwürmer am stärksten vertreten (ERNST & EMMERLING 2009). Dieser Effekt kann darauf zurückgeführt werden, dass die anözischen Regenwürmer auf die Pflanzenreste an der Bodenoberfläche als Nahrungsquelle angewiesen sind. Bei Verfahren nicht wendender Bodenbearbeitung sammeln sich Pflanzenreste an der Oberfläche an und können zu einer besseren Ernährungssituation der Regenwürmer beitragen (BAUCHHENß 2005, JOSCHKO et al. 2005, KLADIVKO 2001).

Neben einer verbesserten Ernährungssituation können reduzierte Bodenbearbeitungsverfahren durch das Belassen einer Mulchschicht, die die Austrocknung im Frühjahr und das Gefrieren des Bodens im Winter verlangsamt, die aktive Phase der Regenwürmer verlängern (KLADIVKO 2001). Andererseits gehen BERNER et al. (2008*) davon aus, dass die Einmischung von Pflanzenresten auf 15 cm Tiefe in einen schweren Boden mit dem Pflug für die dort dominierenden endogäischen Regenwürmer vorteilhaft ist. SCHRADER & LARINK (1998) gehen davon aus, dass durch den regelmäßigen Pflugeinsatz insgesamt die Artenzahl von Regenwürmern reduziert wird.

Andere Bodentiere

Ein Hauptbestandteil der Bodenfauna sind die Mikroarthropoden, zu Ihnen gehören Springschwänze (Collembolen) und Milben. Die Auswirkungen verschiedener Bodenbearbeitungsverfahren auf diese Organismen werden sehr unterschiedlich beurteilt. Auf der einen Seite berichtet EL TITI (2003a) von einer Förderung von Springschwänzen durch günstigere Nähr-

stoffbedingungen und Porengrößen im Boden bei Pflug-Bearbeitung. Auf der anderen Seite wurde auch eine Förderung der Springschwänze durch reduzierte Bodenbearbeitung gefunden (WARDLE 1995, SOMMER 1998). In anderen Untersuchungen wiederum wurde kein Effekt auf die Collembolen durch die Bodenbearbeitung festgestellt (CARTER et al. 2009, BASSEMIR 2005*). BASSEMIR (2005*) weist auf die sehr unterschiedlichen Lebensweisen einzelner Springschwanzarten und der damit variierenden Reaktion auf Bearbeitungsmaßnahmen hin.

Die hauptsächlich in den obersten Bodenschichten auftretenden Bodentiere, z.B. Milben, Laufkäfer und Spinnen, werden durch Verzicht bzw. Reduzierung der Bodenbearbeitung deutlich gefördert (KLADIVKO 2001, HOUSE & PARMALEE 1985). Eine Einarbeitung von Pflanzenresten wirkt sich hingegen negativ auf ihre Lebensumstände aus (KLADIVKO 2001, WARDLE 1995).

Enchytraeiden – wenige Millimeter lange Verwandte der Regenwürmer – können durch Bodenbearbeitungsmaßnahmen sowohl gehemmt als auch stimuliert werden (JOSCHKO et al. 2001, KLADIVKO 2001). Im Gegensatz zu vielen anderen Organismen erholen sich Enchytraeiden jedoch schnell von einer Bodenstörung und profitieren von der besseren Verfügbarkeit eingearbeiteter Pflanzenreste (WARDLE 1995). So stellten HOUSE & PARMALEE (1985) in Pflug-Systemen eine höhere Dichte an Enchytraeiden fest als bei Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung.

Fazit Bodenleben

Häufig vorkommende Auswirkungen reduzierter Bodenbearbeitung:

- höhere Gehalte mikrobieller Biomasse und eine höhere mikrobielle Aktivität in der oberen Krume – z.T. auch in der gesamten Krume;
 - ein höherer Anteil pilzlicher Mikroorganismen in der oberen Krume;
 - Förderung von Mykorrhiza-Pilzen – eine Symbiose mit Pflanzen kann zu einer verbesserten Nährstoffversorgung beitragen;
 - meist eine höhere Anzahl von Regenwürmern – besonders tief grabende Arten werden durch Pflanzenreste an der Oberfläche gefördert;
 - keine Förderung von Regenwürmern bei Reduzierung der Pflugtiefe;
 - bei anderen Bodentieren sind die Effekte von Bodenbearbeitung je nach Größe und Lebensweise der einzelnen Arten unterschiedlich.
-

2.4.6. Unkraut

Eine Vielzahl von Untersuchungen zeigt, dass eine Reduzierung der Bodenbearbeitungsintensität sowohl auf die anuellen Samenunkräuter als auch auf ausdauernde, so genannte Wurzelunkräuter, populationsfördernd wirken kann (PEKRUN & CLAUPEIN 1998). Für den Ökolandbau wird der höhere Unkrautdruck als ein wesentlicher Hinderungsgrund für den Verzicht auf die Bodenbearbeitung mit dem Pflug gesehen (PEIGNÉ et al. 2007, TEASDALE 2007). Ein Ausgleich der Unkrautreduzierenden Wirkung des Pfluges durch den Einsatz chemisch-synthetischer Herbizide widerspricht den Grundsätzen des ökologischen Landbaus. Da sich der Ökolandbau in der Bedeutung von Unkräutern und im Unkrautmanagement stark vom konventionellen Anbau unterscheidet, werden im Folgenden v.a. Untersuchungen zum Ökolandbau verwendet.

Unkräuter allgemein

Auch in vielen Untersuchungen zur Bodenbearbeitung im Ökolandbau wurde ein höherer Unkrautdruck bei reduzierten Verfahren im Vergleich zu Pflug-Systemen gefunden (BERNER et al. 2010*, PAFFRATH & STUMM 2010*, TEASDALE, 2007*, OESAU 2005*, KAINZ et al. 2003*, VAKALI 2003*, PALLUT 2002*). Bei Untersuchungen von DITTMANN & ZIMMER (2010*) lag die Steigerung des Unkrautdeckungsgrads in einem Grubber-System gegenüber dem Pflug-System im Getreideanbau bei einem Faktor von 1,3 – 1,8 und bei Körnerleguminosen bei bis zu 4,8. Die von PEKRUN & CLAUPEIN (1998) beschriebene besonders starke Förderung von Ungräsern durch Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung wurde unter Bedingungen des Ökolandbaus auch von BERNER et al. (2010*), GRUBER et al. (2007*) und PALLUT (2002*) gefunden.

Neben einem erhöhten Unkrautbesatz wurde bei reduzierter Bodenbearbeitung auch ein höherer Unkrautsamenvorrat in der oberen Bodenschicht festgestellt (GRUBER & CLAUPEIN 2009*, TEASDALE 2007*). Die in der Oberkrume angesammelten Samen können zu einer erhöhten Auflaufwahrscheinlichkeit und damit zu einer raschen Populationszunahme führen (PEKRUN et al. 2003).

Zu den Effekten, die eine Reduzierung der Tiefe der gewendeten Bodenschicht auf die Unkrautpopulation haben, liegen unterschiedliche Ergebnisse vor. Während bei REINICKE et al. (2010*) und SCHMIDT et al. (2010*) eine flache Wendung mit dem Zweischichtenpflug im Vergleich zum normalen Pflug keine Steigerung des Unkrautdrucks verursachte, lag der Unkrautdeckungsgrad bei OESAU (2005*) auch nach Verwendung des Zweischichtenpflugs auf einem höheren Niveau.

Bei der Beurteilung des Unkrautaufkommens verschiedener Ackerbausysteme muss beachtet werden, dass neben der Grundbodenbearbeitung alle Maßnahmen eines Bodenbearbeitungssystems einen Einfluss auf die Unkrautentwicklung haben. So spielt z.B. die Form und Qualität der Stoppelbearbeitung eine große Rolle (PALLUT 2002, KAHNT 1997). Auch andere Faktoren wie Fruchtfolge, Vorfrucht, Standort und Intensität der Unkrautregulierung sind für die Höhe des Unkrautdrucks wichtig (PALLUT 2002, BRÄUTIGAM 1994).

Wurzelunkräuter

Neben den Samenunkräutern wurden in einigen Untersuchungen auch einzelne Wurzelunkräuter durch Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung gefördert. Von BERNER et al. (2010*) und von KUSSEL (2002*) wurde über eine Förderung der Ackerwinde in den Varianten mit reduzierter Bodenbearbeitung berichtet. Eine Steigerung des Ackerkratzdistel-Besatzes fanden GRUBER et al. (2010*) und SCHMIDT et al. (2010*). Der Unterschied zum Pflug-System

vergrößerte sich dabei mit wachsendem zeitlichen Abstand zwischen geprüfter Kultur und vorhergehendem Klee- bzw. Luzerngras (SCHMIDT et al. 2010*, GRUBER & CLAUPEIN 2009*).

Unkrautarten

Die Anzahl an Unkrautarten wurde in Untersuchungen von EYSEL (2001*) und OESAU (2005*) kaum durch das Verfahren der Bodenbearbeitung beeinflusst. Auch von SPRENGER (2005*) wurde kein Effekt auf die Gesamtartenzahl festgestellt. Allerdings nahm dort bei reduzierter Bodenbearbeitung die Artenzahl von Ackerwildpflanzen ab und die Artenzahl von Grünland- und Saumgesellschaften nahm zu. Insgesamt schloss SPRENGER (2005*), dass unter den Bedingungen seiner Untersuchung die reduzierte Bodenbearbeitung keinen Vorteil für den Artenschutz darstellt.

Fazit Unkraut

Häufig vorkommende Auswirkungen reduzierter Bodenbearbeitung:

- meist ein höherer Unkrautdruck – durch Anreicherung von Samen in der oberen Krume v.a. Zunahme von Ungräsern und Samenunkräutern;
 - kein eindeutiger Effekt auf Wurzelunkräuter – z.T. wurde eine Förderung von Ackerkratzdistel und Ackerwinde beobachtet;
 - mögliche Verschiebung der Unkrautartenzusammensetzung von Ackerwildpflanzen zu Arten aus Grünland- und Saum-Pflanzengesellschaften.
-

2.4.7. Krankheiten und Schädlinge

Die Bedeutung von Pflanzenkrankheiten und Schädlingen und ihre Bekämpfung unterscheiden sich stark zwischen ökologischer und konventioneller Landwirtschaft. Da jedoch kaum Untersuchungen zu Auswirkungen reduzierter Bodenbearbeitung auf Krankheiten und Schädlinge im Ökolandbau vorliegen, werden im weiteren Verlauf Untersuchungen ausgewertet die in konventionellen Systemen durchgeführt wurden.

Schädlinge

In der Literatur werden deutliche Effekte der Bodenbearbeitung auf das Vorkommen von Schädlingen beschrieben. Es wird z.B. berichtet, dass der Lebensraum von Mäusen, Schnecken, Maiszünsler und dem Zuckerrübenschädling *Onychiurus amatus* durch das Wenden des Bodens mit dem Pflug erheblich gestört wird und diese Schädlinge deshalb durch Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung gefördert werden können (GLEN & SYSMONDSO 2003, BRUNOTTE et al. 2001). Andererseits zeigen andere Studien eine Beeinträchtigung von Schädlingen durch reduzierte Bodenbearbeitung. So können z.B. die natürlichen Feinde von Schnecken gefördert oder der Schadfraß an Rüben aufgrund des größeren Nahrungsangebots in Form von Pflanzenresten an der Oberfläche reduziert werden (BRUNOTTE et al. 2001, SOMMER 1998). Weiterhin wird von einem geringeren Blattlausbefall aufgrund einer Mulchauflage nach reduzierter Bodenbearbeitung berichtet (SOMMER 1998). In Untersuchungen von SCHIERBAUM-SCHICKLER (2005) trat bei reduzierter Bodenbearbeitung zu Winterraps ein geringerer Befall mit den Larven des Rapserdflohs, des gefleckten Kohltriebrüsslers und des Großen Rapsstängelrüsslers auf. Da sich die einzelnen Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung in ihrer Eingriffsintensität und ihrer Arbeitsweise stark unterscheiden können, ist mit großen Unterschieden in der Wirkung auf Schädlinge zwischen den Verfahren zu rechnen.

Nematoden

Zum Einfluss der Bodenbearbeitung auf Pflanzen parasitierende Nematoden gibt es unterschiedliche Forschungsergebnisse. Während LENZ (1999*) und THOMPSON et al. (1995) bei reduzierter Bodenbearbeitung einen im Vergleich zur Pflugbewirtschaftung gesteigerten Nematodenbesatz fanden, stellten CARTER et al. (2009) keinen Einfluss der Bodenbearbeitung fest. Auch bei RÖSSNER et al. (1994) hatte die Bodenbearbeitung keine Auswirkungen auf den absoluten Besatz mit Pflanzen parasitierenden Nematoden, es wurde jedoch eine vom Bodenbearbeitungsverfahren abhängige Vertikalverteilung im Boden gefunden. Von ROGET et al. (1996) wird hingegen berichtet, dass die Schädigung durch Getreidecystennematoden bei reduzierter Bodenbearbeitung geringer war als im Pflug-System.

Krankheiten

Zu den Auswirkungen reduzierter Bodenbearbeitung auf das Vorkommen und Auftreten von pilzlichen Krankheiten gibt es eine Vielzahl unterschiedlicher Ergebnisse. In vielen Untersuchungen wurde kein Effekt der Bodenbearbeitung auf einzelne Pflanzenkrankheiten festgestellt. Für Halmbasiserkrankungen (*Rhizoctonia cerealis*, *Gaeumannomyces graminis*, *Pseudocercospora herpotrichoides*) fanden dies z.B. MATUSINSKY et al. (2008), BRUNOTTE et al. (2001) und ARNOLD-REIMERS (1995). Auch für die Getreideblattkrankheiten *Septoria nodorum* und *Septoria tritici* konnte kein Einfluss von Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung festgestellt werden (ARNOLD-REIMERS 1995).

Für Ährenkrankheiten und der damit verbundenen Mykotoxinkontamination der Körner sieht BRUNOTTE (2007) bei reduzierter Bodenbearbeitung ein höheres Risiko. OLDENBURG (1995) fand jedoch keine fördernde Wirkung reduzierter Bodenbearbeitung auf die Erregergruppen *Fusarium*, *Aspergillus* und *Penicillium*. Nach Mais wurden jedoch bei verschiedenen Mulchsaatverfahren deutlich höherer Mykotoxingehalte an Winterweizen als nach Pflugbearbeitung gefunden (LFL 2007) .

Auch im Zuckerrübenanbau konnte ein Einfluss verschiedener Bodenbearbeitungsverfahren auf das Auftreten des pilzlichen Schaderregers *Cercospora beticola* Sacc. nicht festgestellt werden (PRINGAS 2005). In ihrer Literaturübersicht kommen PEKRUN & CLAUPEIN (1998) zu dem Schluss, dass die Mehrzahl der Pflanzenkrankheiten nicht oder nur geringfügig durch Bodenbearbeitung beeinflusst wird.

Es liegen jedoch auch Forschungsergebnisse vor, die Effekte verschiedener Bodenbearbeitungsverfahren auf Pflanzenkrankheiten beschreiben. So war z.B. bei BRÄUTIGAM (1994) das Befallsniveau mit parasitärem Halmbruch (*Pseudocercospora herpotrichoides*) unter nicht wendender Bodenbearbeitung geringer. Einen ähnlichen Effekt fand KREYE (2001) für den Befall mit Blattdürre (*Drechslera tritici-repentis*) an Stoppelweizen. In einem Dammkultursystem ohne Bodenwendung wurde im Vergleich zum Pflug-System eine leichte Reduzierung des *Rhizoctonia solani*-Befalls an Kartoffeln beschrieben (HENRIKSON et al. 2007).

Negative Effekte reduzierter Bodenbearbeitung stellten z.B. PARIKKA et al. (2008) fest. In ihrer Untersuchung trat im Direktsaatverfahren bei Getreide eine höhere Mykotoxinbildung auf. Auch der Befall mit *Rhizoctonia solani* an Zuckerrüben war bei reduzierter Bodenbearbeitung (Grubber) höher als im Pflug-System (BUHRE et al. 2009).

ELEN (2002) und PREW et al. (1995) berichten von wechselnden Effekten unterschiedlicher Bodenbearbeitungsmaßnahmen (Pflügen, Grubbern) auf verschiedene Blattkrankheiten an Getreide (*Rhynchosporium secalis*, *Erysiphe graminis*, *Stagonospora avenae*).

Insgesamt deuten die vorgestellten Ergebnisse darauf hin, dass bei der Wirkung von reduzierter Bodenbearbeitung auf Pflanzenkrankheiten keine eindeutige allgemeine Tendenz vorliegt. Das heißt, die Auswirkungen müssen im Einzelfall unter Berücksichtigung der gesamten Bewirtschaftung, der Standorteigenschaften und der konkreten Krankheiten beurteilt werden.

Die wechselnden Auswirkungen der Bodenbearbeitung auf Krankheiten können mit unterschiedlichen Effekten im Boden zusammenhängen. So kann bei nicht wendender Bearbeitung die erhöhte mikrobielle Aktivität mit einem vermehrten Auftreten antagonistischer Mikroorganismen verbunden sein (BRÄUTIGAM 1994). Dies kann bis hin zur Bildung von Krankheit unterdrückenden Böden führen (STURZ et al. 1997). Andererseits führt bei einzelnen Krankheit das Verschütten beim Pflügen zu einer Reduzierung des Befalls an den nachfolgenden Kulturen (BRUNOTTE 2007).

Fazit Krankheiten und Schädlinge

Häufig vorkommende Auswirkungen reduzierter Bodenbearbeitung:

- kein einheitlicher Effekt auf Krankheiten und Schädlinge!
 - Es kann z.B. eine Förderung der Schädlinge Mäuse, Schnecken und Maiszünsler bzw. eine Hemmung von Blattlaus- und Erdflohbefall erfolgen;
 - kein Einfluss auf pflanzenschädliche Nematoden;
 - meist kein deutlicher Effekt auf pilzliche Krankheiten – in einzelnen Studien wurden fördernde in anderen hemmende Effekte festgestellt;
 - in bestimmten Fruchtfolgesequenzen kann es bei sehr extensiver Bodenbearbeitung zu erhöhten Mykotoxingehalten am Getreidekorn kommen.
-

2.4.8. Erträge der Nutzpflanzen

Für den konventionellen Ackerbau gibt es eine Vielzahl von Untersuchungen, die keinen Unterschied im Ertrag zwischen reduzierter Bodenbearbeitung und Pflug-System festgestellt haben (PEKRUN & CLAUPEIN 1998). Allerdings wird darauf hingewiesen, dass die Ertragsbildung bei reduzierter Bodenbearbeitung stärker von den Standortbedingungen beeinflusst wird. Weiterhin wird berichtet, dass es bei Direktsaatverfahren häufiger zu Mindererträgen kommen kann.

Auf den Ökolandbau sind diese Ergebnisse nicht übertragbar, da z.B. die bei reduzierter Bodenbearbeitung z.T. auftretende geringere N-Mineralisation nicht durch mineralische N-Düngung aufgefangen und der oft höhere Unkrautdruck nicht mit Herbiziden bekämpft werden kann.

Ergebnisse zu Druschfruchterträgen aus mehrjährigen Versuchen zu reduzierter Bodenbearbeitung im Ökolandbau zeigen eine relevante Abnahme der Erträge mit zunehmender Extensivierung der Bodenbearbeitung (Tab. 2). Während bei flacher Wendung und tiefer Lockerung des Bodens noch kaum Unterschiede zum Pflug-System auftraten, waren Ertragseinbußen bei deutlicher Reduzierung der Pflugtiefe häufiger. Beim kompletten Verzicht auf eine Wendung des Bodens traten unabhängig von der Bearbeitungstiefe die größten Unterschiede zum Pflug-System auf.

Tabelle 2: Differenz der Druschfruchterträge zwischen Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung und Pflugbearbeitung

Pflugtiefe	Gerät Arbeitstiefe	Differenz	Quelle
30 cm	Zweischichtenpflug 15 + 15 cm	-5%	EMMERLING (2007)
25 cm	Zweischichtenpflug 15 + 10 cm	k.U. ¹	GRUBER & CLAUPEIN (2009)
20-25 cm	Herbst Pflug 15 cm (z.T. Lockerung 25 cm)	k.U. ¹	HÄNSEL (2010)
20-25 cm	Frühjahr Pflug 15 cm (z.T. Lockerung 25 cm)	k.U. ¹	HÄNSEL (2010)
26 cm	Pflug 16 cm Lockerung 26 cm	-7%	KOCH & GABERLE (2010)
30 cm	Zweischichtenpflug 15 + 15 cm	k.U. ¹	SCHMIDT et al. (2010)
25 cm	Pflug 15 cm	k.U. ¹	GRUBER & CLAUPEIN (2009)
26 cm	Pflug 16 cm	-9%	KOCH & GABERLE (2010)
28 cm	3/5 Pflug 20 cm & 2/5 Grubber 10-15 cm	-8% ²	KAINZ et al. (2003)
30 cm	Schichtengrubber 30 cm + Rotoregge 15 cm	-11%	EMMERLING (2007)
28 cm	Schichtengrubber 20 cm + Fräse 10 cm	-24% ²	KAINZ et al. (2003)
30 cm	Schichtengrubber 30 cm + Rotoregge 15 cm	-12%	SCHMIDT et al. (2010)
15 cm	Grubber 15 cm	-6%	BERNER et al. (2010)
25-30 cm	Scheibenegge / Grubber 12-15 cm	-9%	DITTMANN & ZIMMER (2010)
25 cm	Grubber 15 cm	-20%	GRUBER & CLAUPEIN (2009)
26 cm	Grubber 16 cm	-13%	KOCH & GABERLE (2010)
35 cm	Grubber 15-20 cm	-9%	PAFFRATH & STUMM (2010)

¹ kein Unterschied

² nur Winterweizen

Forschungsergebnisse zu den Auswirkungen reduzierter Bodenbearbeitung auf Futterpflanzen und Hackfrüchte zeigen unterschiedliche Effekte. Der Futterbau mit Leguminosengemengen kann bei ungenügender Wasserversorgung vom besseren Wasserhaltevermögen und Bodenschluss bei reduzierter Bodenbearbeitung profitieren (BERNER et al. 2010*, DITTMANN & ZIMMER 2010*). Andere Untersuchungen fanden keine Effekte der Bodenbearbeitung auf Erträge des Futterbaus (REINICKE et al. 2010*, SCHMIDT et al. 2010*). Für die Erträge von Hackfrüchten gibt es sowohl Untersuchungsergebnisse, die Ertrageinbußen bei einer Reduzierung der Bodenbearbeitung aufzeigen (KOCH & GABERLE 2010*, KAINZ 2010*), als auch Ergebnisse ohne deutliche Effekte der Bodenbearbeitung (DITTMANN & ZIMMER 2010*, PAFFRATH & STUMM 2010*, SCHMIDT et al. 2010*, HENRIKSON et al. 2007*).

Für die z.T. geringeren Erträge bei reduzierter Bodenbearbeitung im Ökolandbau kommen eine Reihe von Ursachen in Frage, z.B. ungünstige Bodenstruktur, geringe N-Mineralisation und hoher Unkrautdruck. Untersuchungen im Ökolandbau, in denen die Ertragseinbußen durch Bodenbearbeitung einzelnen Faktoren zugeordnet wurden, sind selten. Der Forschungsansatz von VAKALI (2003*) konnte zeigen, dass in einem Versuch mit verschiedenen Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung der Unkrautdruck nur einen Teil der Ertragseinbußen bewirkte. Weitere Untersuchungen zur Klärung der kausalen Zusammenhänge zwischen reduzierter Bodenbearbeitung und Ertrag sind notwendig.

Insgesamt muss bei den ausgewerteten Forschungsergebnissen beachtet werden, dass sie aus relativ starren Dauerversuchen stammen. In der Praxis werden Bodenbearbeitungssysteme jedoch oft flexibel den jeweiligen Bedingungen und Erfahrungen angepasst. Es ist somit möglich, dass konkrete Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung auf Praxisbetrieben in ihrer Leistungsfähigkeit weniger stark vom Pflug-System abweichen. Weiterhin liegen zu einer ganzen Reihe von neueren, meist in der Ökolandbau-Praxis entwickelten Bodenbearbeitungsverfahren – wie z.B. der Dammkultur, dem Stoppelhobelsystem oder einem sehr flachen Grubbereinsatz – noch keine Forschungsergebnisse vor.

Fazit Erträge

Häufig vorkommende Auswirkungen reduzierter Bodenbearbeitung:

- im Ökolandbau ist mit Abnahme der Bodenbearbeitungsintensität oft auch mit einer Verringerung der Druschfruchterträge zu rechnen;
 - Hackfruchterträge werden meist kaum beeinflusst;
 - Futtergemenge können durch bessere Wasserversorgung gefördert werden;
 - inwieweit Versuchsergebnisse die Situation in der Praxis abbilden muss weiter untersucht werden.
-

2.4.9. Energie und Ökonomie

Dieselvebrauch

Der Dieselvebrauch im landwirtschaftlichen Ackerbaubetrieb wird meist wesentlich durch den Schleppereinsatz bei der Bodenbearbeitung bestimmt. Unabhängig von der Art des Bodenbearbeitungsverfahrens kann der Dieselvebrauch bei der Bodenbearbeitung durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst werden. Einsparungen sind z.B. möglich, wenn (nach MOITZI 2008 2006 & 2005, WEIß 2003, TULLBERG 2000, MUMME 2007):

- die Schleppergröße dem Kraftbedarf angepasst ist – zu große Schlepper verbrauchen mehr Diesel bei gleicher Arbeit;
- die Traktoren optimal gewartet werden;
- die Motordrehzahl nicht maximal ausgeschöpft wird;
- Schlupf vermieden wird, z.B. durch niedrigen Reifendruck, optimale Balastverteilung und optimalen Bodenzustand bei der Bearbeitung;
- die Geräte optimal angebaut werden (Zugpunkt) und die Werkzeuge richtig eingestellt sind;
- der Werkzeugzustand optimal ist – schon einzelne Schweißnähte können den Bodenfluss stören und einen erheblichen Mehrverbrauch bedeuten;
- die Arbeitsgeschwindigkeit im unteren geeigneten Bereich für die Bearbeitung liegt;
- Bodenverdichtungen vermieden werden – bei nachfolgenden Bearbeitungsgängen erhöht sich sonst der Kraftaufwand;
- größere Arbeitsbreiten realisiert werden können – dadurch werden weniger Überfahrten und Wendevorgänge notwendig.

Bei Verfahren mit reduzierter Bodenbearbeitung wird häufig die Eingriffstiefe in den Boden reduziert. Dies ist bei gleichem Gerät mit einer Verringerung des Zugkraftbedarfs und des Dieselvebrauchs verbunden. MOITZI (2005) berechnete, dass je cm Arbeitstiefe ca. 150 t/ha Boden bewegt werden. Er rechnet beim Pflügen mit einer Reduzierung des Dieselvebrauchs von 0,5 bis 1,5 l/ha je Zentimeter verringerter Arbeitstiefe. Der Zusammenhang zwischen Arbeitstiefe und Dieselvebrauch kann sich je Werkzeug bzw. Gerät unterscheiden. So reduziert sich bei UPPENKAMP (2008) der Dieselvebrauch bei abnehmender Arbeitstiefe beim Pflug weniger stark als beim Grubber. Weiterhin unterscheidet sich oft der spezifische Verbrauch unterschiedlicher Werkzeuge bzw. Geräte. So wurde bei gleicher Arbeitstiefe (im Bereich 15-20 cm) von UPPENKAMP (2008) ein höherer Dieselvebrauch beim getesteten Grubber im Vergleich zum Pflug dargestellt. Für den Zweischichtenpflug beschreibt BESENHOFER (1999) in einigen Fällen bei gleicher Arbeitstiefe eine Dieseleinsparung im Vergleich zum Pflug. Bei der Untersuchung verschiedener Scharformen fand MCKYES & DESIR (1984) einen wesentlichen Einfluss von Scharbreite und Anstellwinkel auf den Dieselvebrauch.

Beim Vergleich des Dieselvebrauchs verschiedener Bodenbearbeitungsverfahren müssen eine Vielzahl von Faktoren berücksichtigt werden. Eine Gegenüberstellung der alternativ verwendeten Grundbodenbearbeitungsgeräte reicht dabei nicht aus.

Das Diesel-Einsparpotential von Bodenbearbeitungsverfahren steigt, wenn z.B. folgende Bedingungen erfüllt werden (MOITZI 2005, UPPENKAMP 2008):

- geringe Bearbeitungstiefe – weniger bewegtes Bodenvolumen;
- geringer spezifischer Verbrauch der eingesetzten Geräte – z.B. hat ein Grubber mit Gänsefußscharen meist einen geringeren Zugkraftbedarf als mit Flügelscharen;
- große Arbeitsbreite – weniger Überfahrten & Wendevorgänge;
- geringe Geschwindigkeit – Zugkraftbedarf steigt mit wachsender Geschwindigkeit;
- geringe benötigte Schleppergröße;
- geringe Anzahl an Arbeitsgängen;
- geringe Intensität bei Zapfwellengeräten oder nur gezogene Geräte.

Weiterhin kann der Dieserverbrauch auch durch Unterschiede im Bodenzustand zum Zeitpunkt der Bearbeitung beeinflusst werden. Beim Vergleich verschiedener Bearbeitungsverfahren muss daher berücksichtigt werden, ob sich bei unterschiedlichen Verfahren die Bearbeitungszeitpunkte wesentlich unterscheiden. So können z.B. bei der Bearbeitung im Sommer häufiger trockene Bodenverhältnisse, verbunden mit einem höheren Dieselbedarf, auftreten. Weiterhin wird für viele Böden, die mit reduzierter Bodenbearbeitung bewirtschaftet werden, langfristig ein Anstieg des Gehaltes an organischer Substanz (OS) im bearbeiteten Horizont beschrieben. Nach MCLAUGHLIN et al. (2002) kann ein höherer OS-Gehalt im Boden den benötigten Kraftaufwand bei der Bodenbearbeitung deutlich reduzieren.

Für die Kalkulation der Dieseleinsparung bei konkreten Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung ist eine Reihe von Angaben zum Dieserverbrauch einzelner Bearbeitungsgänge notwendig. Die Datengrundlage an experimentell ermittelten Verbrauchszahlen ist jedoch sehr begrenzt. Datensammlungen wie z.B. die Dieserverbrauchszahlen vom KTBL (schriftlich: KTBL-Heft 58 2005, Internet: Dieselbedarfsrechner) sind großteils mit Berechnungsverfahren abgeschätzte Werte. Nach SCHREIBER (2006) werden dabei viele pauschale Konstanten verwendet und wichtige Einflussfaktoren nicht berücksichtigt. Es besteht somit ein erheblicher Bedarf an Untersuchungen zum Dieserverbrauch für möglichst viele verschiedene Geräte, Bearbeitungstiefen und -geschwindigkeiten, Bodenarten und -zustände.

In Untersuchungen zum Dieserverbrauch von konkreten Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung wurde in den meisten Fällen ein geringerer Verbrauch als im Pflug-System ermittelt. Für Grubber-Verfahren lag die Einsparung des Dieselbedarfs für die Bearbeitungsgänge Grundbodenbearbeitung bis Saat zwischen 20 und 75% (MOITZI & BOCHBERGER 2009, DUBRAVKO et al. 2006, LITHOURGIDIS et al. 2006, SCHREIBER 2006, MOITZI 2005,). Bezogen auf das gesamte Produktionsverfahren Wintergetreide – inklusive Pflege und Ernte – reduzierte sich bei LITHOURGIDIS et al. (2006) die prozentuale Einsparung von 75 auf 53%. Das Einsparpotential bei Mulch- oder Frässaat lag bei Untersuchungen von MOITZI & BOXBERGER (2009) und MOITZI (2005) noch deutlich über dem eines Grubbersystems.

Ökonomie

Bei einem Vergleich der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit verschiedener Bodenbearbeitungsverfahren müssen sowohl Unterschiede in den Kosten als auch in den Leistungen berücksichtigt werden. In den Arbeitserledigungskosten sind neben dem oben

behandelten Dieserverbrauch auch die Kosten für Unterhaltung (Verschleiß, Reparaturen), und die Arbeitszeit (Lohnansatz) sowie Abschreibung und Zinssatz enthalten. Auf der anderen Seite beeinflussen Unterschiede in der Marktleistung, d.h. bei Ertrag und Qualität der Ackerkulturen, das wirtschaftliche Ergebnis.

Geringere Kosten bei Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung, v.a. für Kraftstoffeinsatz und Arbeitszeit, wurden von zahlreichen Autoren beschrieben (MEYER-AURICH et al. 2008, GRUBER et al. 2007, (HOLLMANN 2003, KÖLLER 2003, BRUNOTTE et al. 2001 SIJTSMA 1998, BILLER 1995). Diese geringeren Kosten sind jedoch aufgrund niedriger Erträge nicht immer mit einer verbesserten Wirtschaftlichkeit verbunden. So stellten MEYER-AURICH et al. (2008) in einigen Fällen mit abnehmender Intensität der Bodenbearbeitung geringere Deckungsbeiträge fest. Einen höheren Deckungsbeitrag bzw. Netto-Ertrag bei reduzierter Bodenbearbeitung fanden hingegen VERCH et al. (2009) und BECKER (1997). In diesen Studien wurden jedoch maximal Unterschiede im Treibstoffverbrauch, in der Arbeitszeit und im Ertrag berücksichtigt.

Eine wirtschaftliche Bewertung der verschiedenen Varianten eines Dauerversuchs zu reduzierter Bodenbearbeitung im Ökolandbau von KAINZ (2010*) ergab keinen relevanten Unterschied in den Deckungsbeiträgen zwischen dem Pflug-System und einem Verfahren mit Wechsel von Grubber und flachem Pflugeinsatz (ohne Berücksichtigung der Arbeitszeit). In der Variante mit ausschließlicher Grubbernutzung konnten die geringeren Kosten die niedrigeren Erträge jedoch nicht ausgleichen.

Auch bei ZIMMER & HANFF (2002) konnte die Grubber-Variante über die gesamte Fruchtfolge nicht den wirtschaftlichen Erfolg der Pflug-Variante erreichen. Allerdings wurden bei der Betrachtung einzelner Kulturen sowohl positive als auch negative Effekte der reduzierten Bodenbearbeitung festgestellt.

Aufgrund der großen Unterschiede zwischen verschiedenen Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung bezüglich Bedarf u.a. an Geräten, Schlepperleistung, Arbeitszeit, Überfahrten sowie in der Wirkung auf Ertrag und Qualität der Ackerfrüchte, erscheint ein fundierter Vergleich der Wirtschaftlichkeit nur unter Berücksichtigung möglichst vieler dieser Faktoren sinnvoll. In den meisten Fällen ist dafür jedoch bisher keine ausreichende Datengrundlage vorhanden.

Fazit Energie und Ökonomie

Häufig vorkommende Auswirkungen reduzierter Bodenbearbeitung:

- geringerer Dieserverbrauch, z.B. durch verringerte Arbeitstiefe, weniger Überfahrten bzw. einen niedrigeren spezifischen Verbrauch der eingesetzten Geräte; der Verbrauch ist jedoch von vielen Faktoren abhängig und kann stark variieren;
 - eingesparte Kosten stehen häufig niedrigeren Erträgen gegenüber, das kann zu schlechteren wirtschaftlichen Ergebnissen führen, wenn die Umweltleistungen unberücksichtigt bleiben;
 - für eine fundierte wirtschaftliche Bewertung von Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung fehlt zur Zeit oft noch die Datengrundlage.
-

2.5. Kommentar zur wissenschaftlichen Untersuchung von Bodenbearbeitungseffekten

H. Schmidt³

Vor dem Hintergrund eigener Erfahrungen und der Diskussion mit einer Reihe von Versuchsanstellern werden im Folgenden einige subjektive Anmerkungen des Autors zur wissenschaftlichen Untersuchung von Bodenbearbeitungseffekten vorgestellt.

Die Auswirkungen unterschiedlicher Bodenbearbeitungsverfahren, die für den Ökolandbau von Interesse sind, müssen unbedingt auch innerhalb des ökologischen Systems wissenschaftlich geprüft werden. Da im Ökolandbau keine Herbizide und keine mineralischen Stickstoffdünger eingesetzt werden, können sich die Bodenbearbeitungseffekte deutlich vom konventionellen System unterscheiden. Weiterhin sollten solche Untersuchungen möglichst langfristig durchgeführt werden, da viele Auswirkungen geänderter Bodenbearbeitung erst nach einigen Jahren feststellbar bzw. relevant sind oder sich im Laufe der Zeit erheblich verändern können.

Aber auch bei langfristigen Feldversuchen im ökologischen System sind zum Teil Einschränkungen bei der Interpretation der Ergebnisse und bei der Ableitung von Aussagen zu berücksichtigen. Folgende Knackpunkte können dabei zum Tragen kommen:

- Die im Vergleich zum Pflugverfahren oft geringeren Erfahrungen mit Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung. Meist ist die Bewirtschaftung mit dem Pflug langjährig an den Versuchstandort angepasst. Neue Verfahren werden möglicherweise schlechter beurteilt, da sie auf einem niedrigeren Optimierungsniveau ausgeführt werden. Hinzu kommt, dass es nur wenige langfristig funktionierende Praxisbeispiele gibt, auf deren Erfahrung zurückgegriffen werden kann.
- Die oft relativ starr gehandhabten Bearbeitungsverfahren in Feldversuchen. In der Praxis wird meist flexibel auf Umweltbedingungen sowie auf Neuerungen bei den eingesetzten Geräten bzw. auf Erfahrungen in ihrem Einsatz eingegangen. Für die wissenschaftliche Auswertung von Versuchen ist jedoch eine gewisse Konstanz in der Bewirtschaftung notwendig. Dies kann dazu führen, dass einzelne Verfahren nicht nach neuestem Erkenntnisstand optimal eingesetzt werden können.
- Die in der Praxis beobachtete persönliche, nicht immer nur rationale, Präferenz bzw. Abneigung für ein bestimmtes Bodenbearbeitungsverfahren. Diese kann auch bei der Versuchsdurchführung eine Rolle spielen. So kann z.B. das Maß an Geduld, das bei der Einstellung neuer Geräte oder beim Warten auf den optimalen Bearbeitungszeitpunkt aufgebracht wird, einen erheblichen Einfluss auf die Qualität der Bearbeitung und damit auch auf die Versuchsergebnisse haben.
- Die große Wirkung von Einzelereignissen. Obwohl sich die Effekte unterschiedlicher Bodenbearbeitungsverfahren auf Boden und Pflanze oft langfristig entwickeln, können auch Einzelereignisse einen großen Einfluss haben. Sind z.B. in einem Jahr bei einer Bearbeitungsmaßnahme die Bodenbedingungen für ein geprüftes

³ Stiftung Ökologie & Landbau, schmidt@soel.de

Verfahren ungünstig, können die nachteiligen Auswirkungen auf den Boden die Untersuchungsergebnisse für diese Variante über mehrere Jahre beeinflussen.

Für die Durchführung und Auswertung von langfristigen Feldversuchen zu Effekten der Bodenbearbeitung werden vom Autor neben den allgemeinen Regeln wissenschaftlichen Vorgehens folgende Punkte für wichtig erachtet:

- Berücksichtigung des Zusammenhangs von Versuchsstandort und Bearbeitungsverfahren. Viele der in der Praxis entwickelten Bodenbearbeitungsverfahren sind nicht gleichermaßen für jeden Standort geeignet. Vor Versuchsbeginn ist deshalb eine Prüfung der Varianten auf ihre Eignung für den Versuchstandort wesentlich. Weiterhin wäre es wünschenswert, wenn die ausgewählten Verfahren schon vor Versuchsbeginn auf dem Standort angewendet und so an die lokalen Bedingungen angepasst und optimiert werden könnten.
- Flexible Verfahren statt starrer Bearbeitungsschemata. Dabei kann auf spezielle Umwelt- oder Bewirtschaftungsbedingungen reagiert werden, so dass das Risiko von negativen Effekten, aufgrund nicht optimaler Einzelmaßnahmen, verringert werden kann. Darüber hinaus ist ein System, das eine Weiterentwicklung der getesteten Verfahren während der Versuchslaufzeit ermöglicht, wünschenswert.
- Detaillierte Dokumentation. Da die Wirkung einzelner Bodenbearbeitungsmaßnahmen sehr stark vom jeweiligen Bodenzustand abhängt, ist es wichtig sowohl die Bodeneigenschaften zum Bearbeitungszeitpunkt als auch die aus der Maßnahme resultierenden kurzfristigen Effekte auf den Boden zu dokumentieren.
- Differenzierte Interpretation von Ergebnissen mit Blick auf Optimierungsstrategien. Bei der Auswertung und Interpretation von Ergebnissen aus langfristigen Versuchen sollte eine zusammenfassende Bewertung von einzelnen Varianten bzw. Bodenbearbeitungsverfahren mit Vorsicht erfolgen. Es wäre sinnvoll, dabei großes Gewicht auf die Ursachen der Unterschiede zwischen den Varianten zu legen oder sogar kausale Zusammenhänge abzuleiten. Auch sollte versucht werden, die Einflüsse von Einzelereignissen von den langfristigen Effekten zu trennen. Durch ein differenziertes Vorgehen kann das Gewicht der Interpretation auf Optimierungsstrategien für einzelne Verfahren gelegt werden anstatt ein abschließendes Urteil zu fällen, welches möglicherweise zum Teil auf die speziellen Versuchsbedingungen zurück zu führen ist.

Insgesamt ist eine weitere Bearbeitung der Methodik von langfristigen Feldversuchen zu Bodenbearbeitung wünschenswert. Interessant wären z.B. Modelle, die eine Einbeziehung von Umweltparametern und Einzelereignissen in eine statistische Auswertung und damit eine differenziertere Bewertung von Ergebnissen ermöglichen. Weiterhin könnte eine intensive Verknüpfung von wissenschaftlichen Feldversuchen mit Untersuchungen in der Praxis die Möglichkeiten der Interpretation erweitern sowie die Praxisnähe der Erkenntnisse erhöhen.

Voraussetzung für die erfolgreiche Erforschung langfristiger Effekte ist jedoch eine gesicherte Finanzierung solcher Versuche. Die derzeitige Strategie der meist kurzfristigen Forschungsförderung führt jedoch oft zu erheblich eingeschränkten Möglichkeiten beim Untersuchungsprogramm sowie der Interpretation und Publizierung von Ergebnissen.

2.6. Resümee

H. Schmidt⁴

Ökologischer Ackerbau kann auch bei einem Verzicht auf tiefes Pflügen langfristig erfolgreich sein. Dies zeigen einige Ökobetriebe, die schon über viele Jahre ohne die krumentiefe Wendung des Bodens wirtschaften. Die einzelnen Bodenbearbeitungsverfahren unterscheiden sich dabei oft erheblich, abhängig vom Standort, der jeweiligen Bewirtschaftung und der Betriebsleiterpräferenz. So wurden z.B. auf schweren, zum Teil flachgründigen Böden Ackerbausysteme mit Druschfruchtanbau etabliert in denen nur eine flache Lockerung des Bodens erfolgt. Bei anderen Beispielen mit intensivem Ackerbau und hohem Hackfruchtanteil wird zwar ebenfalls auf eine wendende Bodenbearbeitung verzichtet, der Boden jedoch meist tief gelockert und häufig bearbeitet.

Die Zielsetzung bei der Umstellung der Bodenbearbeitung kann in der Praxis in einem weiten Bereich variieren. Bei den vorgestellten Betrieben reichte sie von der Förderung der Bodenqualität, der Reduzierung von Erosion, der Distelbekämpfung bis hin zu einer Erhöhung der Schlagkraft und einer Senkung des Dieserverbrauchs.

Die erfolgreiche Entwicklung und Umsetzung von Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung ist in hohem Maß von der Motivation der Landwirte abhängig und von der Möglichkeit, das System über einen längeren Zeitraum den Gegebenheiten anzupassen. Für eine Anpassung von Bodenbearbeitungsverfahren muss ausreichend Geduld sowie ein zeitlicher und ökonomischer Spielraum vorhanden sein. Auch sind innovative Ideen und technisches Geschick gefragt. Viele Betriebe, die erfolgreich reduzierte Bodenbearbeitung praktizieren, haben die eingesetzten Geräte modifiziert oder ihre Einsatzmöglichkeiten erweitert.

Für den Erfolg eines Ackerbausystems ohne tiefes Pflügen sind neben den eingesetzten Geräten wohl vor allem die Ausdauer und die Kreativität der Landwirte ausschlaggebend. Wichtig ist dabei, dass das angewendete Verfahren mit der Zeit alle notwendigen Aufgaben zufrieden stellend erfüllen kann. So werden auf den vorgestellten Betrieben sowohl der Kleeerasumbruch als auch die Stoppelbearbeitung und die Saatbettbereitung mit den Grubber-, Stoppelhobel- oder auch den Dammkulturverfahren erfolgreich durchgeführt. Die klassische Aufteilung in Grundbodenbearbeitung sowie in Folge- oder Vorbearbeitung ist bei diesen Systemen oft nicht klar abgegrenzt.

Im Vergleich zur Bewirtschaftung mit dem Pflug sind die meisten Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung im Ökolandbau in ihrer Durchführung als anspruchsvoller zu bewerten. So muss oft stärker auf den Bodenzustand geachtet werden. Ein Befahren des Bodens ist besonders bei den Verfahren mit sehr flacher Bearbeitungstiefe nur bei guter Tragfähigkeit möglich, da Verdichtungen unterhalb des Bearbeitungshorizontes nicht mechanisch gelockert werden können.

Bei den komplexeren Verfahren, wie z.B. mit Dammkulturgeräten, gibt es eine Vielzahl unterschiedlicher Anbauwerkzeuge und Einsatzmöglichkeiten. Hier müssen oft Entscheidungen über die Form der Bearbeitungsmaßnahmen getroffen werden. Dafür muss der Landwirt sich sowohl Wissen aneignen als auch eigene Erfahrungen sammeln. Diese Geräte bieten dann jedoch eine große Flexibilität und vielfältige Möglichkeiten bei der Bodenbearbeitung und der Pflege der Bestände.

⁴ Stiftung Ökologie & Landbau, schmidt@soel.de

Viele der in der Literatur beschriebenen Effekte reduzierter Bodenbearbeitung wurden auch auf den vorgestellten Betrieben beobachtet. Bei einem Verzicht auf wendende Bearbeitung bzw. einer sehr flachen Wendung (z.B. mit dem Stoppelhobel) ist meist mit einer stabileren Oberflächenstruktur des Bodens zu rechnen. Neben den an der Oberfläche verbleibenden organischen Materialien ist dies auch auf eine Förderung des Bodenlebens und des Humusgehaltes in der Oberkrume zurückzuführen. Diese Effekte sind mit einer Minderung der Erosionsgefahr und oft auch mit einer höheren Wasserhaltefähigkeit verbunden. Ein höherer Besatz mit Regenwürmern bei nicht wendender Bearbeitung und die hohe Dichte an ungestörten Bioporen können die Wasserverdaulichkeit fördern. Zusammen mit einer erhöhten Kapillarität des Bodens ist deshalb mit einer verbesserten Wasserversorgung zu rechnen. Eine schädliche Dichtlagerung der Unterkrume bei flacher Bearbeitung wurde auf den vorgestellten Betrieben nicht beobachtet. Allerdings ist bei einer reduzierten Bodenbearbeitungsintensität mit Einschränkungen bei der Stickstoffmineralisation zu rechnen.

In allen Verfahren ohne tiefe Bodenwendung kann es zu einem deutlichen Anstieg des Unkrautdrucks kommen, vor allem durch annuelle Kräuter und Gräser. Die betroffenen Betriebsleiter bewerten den Unkrautdruck jedoch sehr unterschiedlich. Viele Landwirte sehen in der höheren Verunkrautung keinen erheblichen Nachteil für das Ackerbausystem. Das Auftreten der Ackerkratzdistel kann durch Verfahren reduzierter Bodenbearbeitung sogar verringert werden.

Insgesamt ist bei einer Reduzierung der Bodenbearbeitung mit geringeren Marktfruchterträgen zu rechnen. Vor allem bei den Druschfruchterträgen werden in der Literatur Ertragseinbußen je nach Verfahren und Untersuchung von ca. 10 bis 20% beschrieben.

Eine Reduzierung der Bodenbearbeitung hat unterschiedliche Auswirkungen auf die wirtschaftliche Leistung des Ackerbaus. Einerseits können Kosteneinsparungen realisiert werden, z.B. durch einen verringerten Dieserverbrauch und Arbeitszeitbedarf, andererseits muss eine mögliche Reduzierung der Marktleistung berücksichtigt werden. Pauschale Aussagen sind nicht möglich bzw. sinnvoll.

Bei der wirtschaftlichen Bewertung eines Bodenbearbeitungsverfahrens sollten auch die ökologischen Leistungen berücksichtigt werden. So können durch eine Reduzierung der Pflugtiefe zwar Energie und Kosten gespart werden, positive Effekte auf die Bodenstruktur und eine Minderung der Erosion sind jedoch kaum zu erwarten.

Eine weitere Bearbeitung des Themas reduzierte Bodenbearbeitung im Ökolandbau ist besonders vor dem Hintergrund der wachsenden Sensibilität hinsichtlich des Energieverbrauchs und des Bodenschutzes in der Landwirtschaft von großer Bedeutung. Da es sich gezeigt hat, dass erfolgreiche Bodenbearbeitungsverfahren vor allem in der Praxis entwickelt werden, ist es anzustreben, bei wissenschaftlichen Untersuchungen eng mit solchen Betrieben zusammenzuarbeiten. Vorstellbar sind z.B. enge Kooperationen von Betrieben und Forschungseinrichtungen bei der Entwicklung von Verfahren, aber auch bei der Anlage und Durchführung von Feldversuchen zu reduzierter Bodenbearbeitung.

Wichtige Ziele für die Forschung können dabei sein: die Optimierung bestehender Systeme, weitere Untersuchungen zu Auswirkungen verschiedener Verfahren sowie die Erarbeitung und Zusammenstellung von Daten als Planungsgrundlage für interessierte Praktiker und Berater. Im Bereich Auswirkungen reduzierter Bodenbearbeitung bergen z.B. die Themen Quantifizierung des Zusammenhangs von Unkrautdruck und Ertrag im ökologischen System sowie die Effekte einer Reduzierung der Bearbeitungstiefe auf den Nährstoffhaushalt noch viele offene Fragen.

3. Gegenüberstellung ursprünglich geplanter und erreichter Ziele

H. Schmidt⁵

- Evaluierung von Betrieben mit interessanten Ansätzen reduzierter Bodenbearbeitung und strukturierte Aufarbeitung der Erfahrungen aus der Praxis.

Es wurden fünfzehn Betriebe mit Systemen reduzierter Bodenbearbeitung ausgewählt. und über zwei Jahre evaluiert. Dabei wurden Betriebsberichte erarbeitet die sowohl den Gesamtbetrieb beschreiben, als auch einzelne Produktionsverfahren detailliert wiedergeben. Zudem sind Bewertungen der Betriebsleiter enthalten.

Auf jedem Betrieb wurden zwei ausgewählte Schläge über die Projektlaufzeit beobachtet und sowohl Boden als auch Pflanzen untersucht. Die Ergebnisse wurden der Schlaggeschichte gegenübergestellt und bewertet. Die Ergebnisse aus dem Erweiterungsmodul *Bodenbiologie* waren dabei eine wertvolle Bereicherung.

Mit den Erweiterungsmodulen *Zugkraftbedarf* und *Betriebswirtschaft* konnte die Analyse der Betriebsysteme um die Bereiche Energie und Ökonomie erweitert werden.

- Eine umfassende Literaturrecherche zum Thema reduzierte Bodenbearbeitung im Ökolandbau und zu verwertbaren Ergebnissen aus konventionellen Systemen. Integration nicht veröffentlichter Ergebnisse bzw. Erfahrungen aus laufenden Untersuchungen zur Bodenbearbeitung im Ökolandbau.

Es wurde eine umfangreiche Recherche von Literatur durchgeführt. Der Schwerpunkt lag dabei auf Ergebnissen aus Europa, es wurden jedoch auch Ergebnisse aus anderen Regionen mit vergleichbaren Boden- und Klimabedingungen mit einbezogen. Ein weiterer Schwerpunkt waren Forschungsergebnisse die bei ökologischer Bewirtschaftung ermittelt wurden. Da zu einer Reihe solcher Versuche bisher nur wenige Veröffentlichungen vorlagen wurden mit den jeweiligen Versuchsanstellern das Verfassen von Artikeln für das Projekt vereinbart.

- Beschreibung des derzeitigen Erkenntnisstands durch Kombination und Diskussion der gesammelten Informationen aus den unterschiedlichen Bereichen.

Die Ergebnisse der Literaturrecherche, der Originalartikel zu Versuchen aus dem Bereich Ökolandbau sowie die betriebsübergreifenden Ergebnisse der eigenen Untersuchungen wurden thematisch strukturiert und zusammengefasst.

- Aufbereitung der gesammelten Erkenntnisse zu konkretem, für die Praxis relevanten, Informationsmaterial.

Die gesammelten und erarbeiteten Informationen wurden strukturiert zu einem Buch zusammengefasst. Neben den detaillierten Betriebsberichten (mit Zusatzinformationen und Bildmaterial auf beiliegender CD) ergibt die umfassende Auswertung von Forschungsergebnissen einen Überblick zum derzeitigen Wissensstand über die Auswirkungen reduzierter Bodenbearbeitung auf Boden, Pflanzen und Ökonomie.

Die 22-seitige, farbig bebilderte Zusammenfassung am Anfang erlaubt ein gezieltes Nachschlagen im insgesamt 288 Seiten starken Buch sowie in der beiliegenden CD.

⁵ Stiftung Ökologie & Landbau, schmidt@soel.de

Verwendete Literatur

- ABID, M., LAL, R., 2008: Tillage and drainage impact on soil quality. I. Aggregate stability, carbon and nitrogen pools. *Soil & Tillage Research*, **100**, 89-98.
- AHL, C., JOERGENSEN, R.G., KANDELER E., MEYER, B., WOEHLER, V., 1998: Microbial biomass and activity in silt and sand loams after long-term shallow tillage in central Germany. *Soil & Tillage Research*, **49**, 93-104.
- ALAKUKKU, L., 1996: Persistence of soil compaction due to high axle load traffic. II. Long term effects on the properties of fine textured and organic soils. *Soil & Tillage Research*, **37**, 223-238.
- ALVAREZ, C.R., ALVAREZ, R., GRIGERA, M.S., LAVADO, R.S., 1998: Associations between organic matter fractions and the active soil microbial biomass. *Soil Biology & Chemistry*, **30**, 767-773.
- ALVAREZ, R., 2005: A review of nitrogen fertilizer and conservation tillage effects on soil organic carbon storage. *Soil Use and Management*, **21**, 38-52.
- ANDERSON T.-H., DOMSCH K.H., 1989: Ratios of microbial biomass carbon to total organic-C in arable soils. *Soil Biology & Biochemistry*, **21**, 471-479.
- ANDRASKI, B.J., MUELLER, D.H., DANIEL, T.C., 1985: Phosphorus losses in run off as affected by tillage. *Soil Science Society of America Journal*, **49**, 1523-1527.
- ANGERS, D.A., BOLINDER, M.A., CARTER, M.R., GREGORICH, E.G., DRURY, D.F., LIANG, B.C., VORONEY, R.P., SIMARD, R.R., DONALD, R.G., BEYAERT, R.P., MARTEL, J., 1997: Impact of tillage practices on organic carbon and nitrogen storage in cool humid soils of eastern Canada. *Soil & Tillage Research*, **41**, 191-201.
- ANGERS, D.A., N'DAYEGAMIYE, A., CÔTÉ, D., 1993. Tillage-induced differences in organic matter of particle-size fractions and microbial biomass. *Soil Science Society of America Journal*, **57**, 512-516.
- APPEL, T., 2008: Nährstoffverteilung, Humusgehalt und Kohlenstoff-Sequestrierung im Bodenprofil nach acht Jahren unterschiedlicher Intensität der Grundbodenbearbeitung auf einem Muschelkalkstandort in der Eifel. Projektbericht Welschbillig (Stand 2.7.2008). <http://www.fh-bingen.de/C-Sequestrierung.2841.0.html> (Abruf 15.10.2009)
- ARNOLD-REIMERS, K., 1995: Der Einfluss reduzierter Bodenbearbeitungsverfahren auf die Pflanzengesundheit des Getreides und auf das Unkrautvorkommen. In: SOMMER, C. (Hrsg.): Einführung von Verfahren der konservierenden Bodenbearbeitung in der Praxis. KTBL, Darmstadt, S. 177- 198.
- AZOOZ, R.H. & ARSHAD, M.A., 1996: Soil infiltration and hydraulic conductivity under long-term no-tillage and conventional tillage systems. *Canadian Journal of Soil Science*, **76**, 143-152.
- BAEUMER, K., 1992: Allgemeiner Pflanzenbau. UTB, Stuttgart
- BAKER, J.M., OCHSNER, T.E., VENTERA, R.T., GRIFFIS, T.J., 2006: Tillage and soil carbon sequestration—What do we really know? *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **118**, 1–5.
- BALBUENA, R.H., TERMINIELLO, A.M., CLAVERIE, J.A., CASADO, J.P., MARLATS, R., 2000: Soil compaction by forestry harvester operation. Evolution of physical properties. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, **4**, 453–459.
- BALDOCK, J.A., 2002: Interactions of organic materials and microorganisms with minerals in the stabilization of soil structure. Interactions between Soil Particles and Microorganisms: Impact on the Terrestrial Environment. In: HUANG, P.M., BOLLAG, J.-M., SENESI, N. (eds.): Interactions Between Soil Particles and Microorganisms. Impact on the Terrestrial Environment. IUPAC. pp.85-131.
- BALESDENT, J., CHENU, C., BALABANE, M. 2000: Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. *Soil & Tillage Research*, **53**, 215- 230.
- BALL, B.C., CHESHIRE, M.V., ROBERTSON, E.A.G., HUNTER, E.A., 1996: Carbohydrate composition in

- relation to structural stability, compactibility and plasticity of two soils in a long-term experiment. *Soil & Tillage Research*, **39**, 143-160.
- BALL, B.C., WATSON, C.A., BADDELEY, J.A., 2007: Soil physical fertility, soil structure and rooting conditions after ploughing organically managed grass/clover swards. *Soil Use Management*, **23**, 20-27.
- BARTELS, H., JANKA, W., 2003: Bodenfruchtbarkeit. http://www.biofarmer.de/bsl/b2a_S3_humus.html (Abruf 03.02.2009)
- BASKIN, C.C., BASKIN, J.M., 2001: *Seeds. Ecology, biogeography, and evolution*. Academic Press, San Diego, California, USA.
- BASSEMIR, U. K., 2005: 10 Jahre differenzierte Grundbodenbearbeitung im Ökologischen Landbau. Auswirkungen auf die Besiedlung mit Collembolen. In: HEß, J., RAHMANN, G. (Hrsg.): *Ende der Nische, Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau*. Kassel, 9-10.
- BAUCHHENß, J., 2005: Bodenleben und Bodenfruchtbarkeit- Bestandesaufnahme zum Wissensstand in Deutschland. In: *Bodenleben und Bodenfruchtbarkeit. Tagungsband zur Fachveranstaltung von ilu und GKB*. Institut für Landwirtschaft und Umwelt, Fördergemeinschaft Nachhaltige Landwirtschaft, Bonn.
- BECKER, C., 1997: *Dauerhaft pfluglose Bodenbearbeitungssysteme und Betriebsgröße*. Dissertation, Universität Göttingen.
- BELDE, M.; MATTHEIS, A.; ALBRECHT, H.; SPRENGER, B. (2002): Langfristige Entwicklung des Vorkommens von *Cirsium arvense* (L.) Scop. nach der Umstellung von konventionellem zu ökologischem Landbau und integriertem Pflanzenschutz. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft XVII*, 311-318.
- BERNER, A., FLIEßBACH, A., NIETLISPACH, B., MÄDER, P., 2008: Effects of reduced tillage on soil organic carbon and microbial activity in a claye soil. In: *Proceedings of the Second Scientific Conference of ISOFAR, 1, 16th IFOAM Organic World Congress*, Modena, Italy.
- BERNER, A., HILDERMANN, I., FLIEßBACH, A., PFIFFNER, L., NIGGLI, U., MÄDER, P., 2008: Crop yield and soil fertility response to reduced tillage under organic management. *Soil & Tillage Research*, **101**, 89-96.
- BERNER, A., HILDERMANN, I., THALMANN, M., HÜGLI, C., FREI, R., MÄDER, P. (2006): Pflugloser Ökolandbau auf schweren Böden. *Lebendige Erde*, **3**, 40-45.
- BERNER, A., KRAUSS, M., MÄDER, P., 2009: Gut für den Boden, gut fürs Klima. *Ökologie & Landbau*, **149**, 34-36.
- BERNER, A., MÄDER, P., 2010: Reduzierte Bodenbearbeitung auf schweren Böden. In: SCHMIDT, H. (Hrsg.): *Öko-Ackerbau ohne tiefes Pflügen*. Verlag Dr. Köster, Berlin, 277-281.
- BESENHOFER, G., 1999: Vergleich des Energiebedarfs zwischen konventionellem Pflug und Zweischichtenpflug, BOKU-Dipl.Arbeit In. Moitzi, 2005: *Kraftstoffeneinsatz in der Pflanzenproduktion. ÖKL-Kolloquium 2005 "Kraftstoffkostensparen in der Landwirtschaft"*. http://www.boku.ac.at/fileadmin/_/PF-BioLandwirtschaft/pubs/ProdSys/1999_Diplomarbeit_Zweischichtenpflug_Besenhofer.pdf (Abruf 15.10.2009)
- BESTE, A., 2003: *Erweiterte Spatendiagnose. Weiterentwicklung einer Feldmethode zur Bodenbeurteilung*. Köster, Berlin.
- BILLER, R. H., 1995: Ermittlung technischer und betriebstechnischer Daten zum Vergleich konservierender und konventioneller Bodenbearbeitungsverfahren. In: SOMMER, C. (Hrsg.): *Einführung von Verfahren der konservierenden Bodenbearbeitung in der Praxis*. KTBL, Darmstadt, S. 213- 222.
- BIOLAND, 2005: *Bioland Richtlinien für Pflanzenbau, Tierhaltung und Verarbeitung*. <http://www.bioland.de/bioland/richtlinien.html> (Abruf 29.07.2009)

- BÖHM, H., 1993: Der Einfluß unterschiedlicher Bodenbearbeitungsverfahren auf mikrobielle Aktivitäten unter besonderer Berücksichtigung der N-Umsetzung. Dissertation, Universität Gießen.
- BRANDT, M., HEß, J., FINCKH, M.R., JÖRGENSEN, R.G., KÖLSCH, E., SAUCKE, H., SCHENCK Z. SCHWEINSBERG–MICKAN, M., SCHÜLER, C., OTTO, M., 2004: Nicht wendendes Bodenbearbeitungssystem im Ökologischen Landbau – Dammkultursystem "Turiel". Schlussbericht Projekt 02OE525, Bundesprogramm Ökologischer Landbau; <http://orgprints.org/1266/> (Abruf: 24.09.2009).
- BRANDT, M., HEß, J., WILDHAGEN, H., 2001: Flächendeckendes Bodenmonitoring auf der Hessischen Staatsdomäne Frankenhausen. Kartier- und Analyseergebnisse. Arbeitsberichte Nr. 5. Universität Gesamthochschule Kassel. Fachbereich 11. Fachgebiet Bodenkunde. Kassel
- BRÄUTIGAM, V., 1994: Einfluss verschiedener Bodenbearbeitungssysteme auf Halmbasiskrankheiten des Getreides und die Unkrautentwicklung. In: TEBRÜGGE, F., DREIER, M. (Hrsg.): Beurteilung von Bodenbearbeitungssystemen hinsichtlich ihrer Arbeitseffekte und deren langfristige Auswirkung auf den Boden. 225-232.
- BROOKES, P.C., LANDMAN, A., PRUDEN, G., JENKINSON, D.S., 1985: Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: A rapid direct extraction method for measuring microbial biomass nitrogen in soil. *Soil Biology & Biochemistry*, **17**, 837-842.
- BRUNOTTE, J., 2007: Konservierende Bodenbearbeitung als Beitrag zur Minderung von Bodenschadverdichtungen, Bodenerosion, Run off und Mykotoxinbildung im Getreide. *Landbauforschung Völknerode- FAL*, Sonderheft 305
- BRUNOTTE, J., ROTH, C.H., HOLLMANN, P., 1995: Einzelbetrieblicher Nutzen- Kosten- Vergleich. In: SOMMER, C. (Hrsg.): Einführung von Verfahren der konservierenden Bodenbearbeitung in der Praxis. KTBL, Darmstadt, S. 223- 244.
- BRUNOTTE, J., WAGNER, M., 2001: Bodenschonung und Kosteneinsparung. KTBL, Darmstadt, Schrift 398.
- BUHRE, C., KLUTH, C., BÜRCKY, K., MÄRLÄNDER, B., VARRELMANN, M., 2009: Integrated Control of Root and Crown Rot in Sugar Beet: Combined Effects of Cultivar, Crop Rotation, and Soil Tillage. *Plant Disease*, **93**, 155-161.
- CANNELL, R.Q., HAWES, J.D., 1994: Trends in tillage practices in relation to sustainable crop production with special reference to temperate climates. *Soil Tillage Research*, **30**, 245-282.
- CARTER, M.R., 1994: A review of conservation tillage strategies for humid temperate regions. *Soil & Tillage Research*, **31**, 289-301.
- CARTER, M.R., NORONHA, C., PETERS, R.D., KIMPINSKI, J., 2009: Influence of conservation tillage and crop rotation on the resilience of an intensive long-term potato cropping system: Restoration of soil biological properties after the potato phase. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **133**, 32–39.
- CHAN, K.Y. (2001): Soil particulate organic carbon under different land use and management. *Soil use and management* **17** (4): 217-221.
- CHATTERJEE, A., LAL, R., 2009: On farm assessment of tillage impact on soil carbon and associated soil quality parameters. *Soil & Tillage Research*, **104**, 270-277.
- CHEN, H., MARHAN, S., BILLEN, N., STAHR, K., 2009: Soil organic-carbon and total nitrogen stocks as affected by different land uses in Baden-Württemberg (southwest Germany). *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, **172**, 32-42.
- CHERVET, A., RAMSEIER, L., STURNY, W.G., WEISSKOPF, P., ZIHLMANN, U., MÜLLER, M., SCHAFFLÜTZEL, R., 2006: Bodenwasser bei Direktsaat und Pflug. *Agrarforschung*, **13**, 162-169.
- D'HAENE, K., VERMANG, J., CORNELIS, W.M., LEROY, B. L.M., SCHIETTECATTE, W., DE NEVE, S., GABRIELS, D., HOFMAN, G., 2008: Reduced tillage effects on physical properties of silt loam soils growing root crops. *Soil & Tillage Research*, **99**, 279–290.

- DEBRUCK, J., 1993: Bodenbearbeitung und Bodenpflege. In: SIEBENEICHER G.E. (Hrsg.): Handbuch für den biologischen Landbau. Naturbuch Verlag Augsburg, S. 49-64.
- DEMETER, 2009: Richtlinien für die Zertifizierung der Demeter-Qualität: Erzeugung. Demeter e.V. (Hrsg.), Darmstadt.
- DIECKMANN, J., KOCH, H. -J., 2008: Einfluss langjährig differenzierter Bodenbearbeitung auf chemische Bodeneigenschaften und Zuckerrübenenertrag. Pflanzenbauwissenschaften, **12**, 22–31.
- DIN 19683b, 1973: Physikalische Laboruntersuchungen. Bestimmung der Korngrößenzusammensetzung nach Vorbehandlung mit Natriumpyrophosphat. Fachnormenausschuss Wasserwesen im Deutschen Normenausschuss (DNA). Blatt 2. Beuth Verlag, Berlin, Germany.
- DITTMANN, B., ZIMMER, J., 2010: Ökologische Fruchtfolge Güterfelde. In: SCHMIDT, H. (Hrsg.): Öko-Ackerbau ohne tiefes Pflügen. Verlag Dr. Köster, Berlin, 227-231.
- DJAJAKIRANA, G., JOERGENSEN, R.G., MEYER, B., 1996: Ergosterol and microbial biomass relationship in soil. *Biology and Fertility of Soils*, **22**, 299-304.
- DLG, 2004: Die neue Betriebszweigabrechnung. DLG-Verlag, Frankfurt a.M..
- Dubravko, F., Kosutic, S., Gospodaric, Z., Zimmer, R., Banaj, D., 2006: The possibilities of fuel savings and the reduction of CO2 emissions in the soil tillage in Croatia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **115**, 290–294.
- DUNGER, W., 1983: Tiere im Boden. A. Ziemsen Verlag, Wittenberg Lutherstadt.
- EDWARDS, E.; LOFTY, J., 1975: The influence of cultivations on soil animal populations. In: VANEK (ed): *Progress in Soil Zoology*, Den Haag, 399-407.
- EHLERS, W. (1991): Wirkung von Bodenbearbeitungssystemen auf gefügeabhängige Eigenschaften verschiedener Böden. *Ber. Landw.*, 204. SH, 118-148.
- EIVAZI, F. TABATABAI, M.A., 1988: Glucosidases and galactosidases in soils. *Soil Biol Biochem.*, 20, 601-606
- EKEBERG, E., RILEY, H.C.F., 1997: Tillage intensity effects on soil properties and crop yields in a long term trial on morainic loam soil in southeast Norway. *Soil & Tillage Research*, **42**, 277-293.
- EL TITI, A., 2003: Effects of Tillage on Invertebrates in Soil Ecosystems. In: EL TITI, A. (ed.): *Soil Tillage in Agroecosystems*. CRC Press, pp. 261- 296
- EL TITI, A., 2003: Implications of Soil Tillage for Weed Communities. In: EL TITI, A. (ed.): *Soil Tillage in Agroecosystems*. CRC Press, pp.147- 186
- ELEN, O., 2002: Plant protection in spring cereal production with reduced tillage. III. Cereal diseases. *Crop Protection*, **21**, 195-201.
- EMMERLING, C., 2001: Response of Earthworm communities to different types of soil tillage. *Applied Soil Ecology*, **17**, 91-96.
- EMMERLING, C., 2003: Funktionen und Leistungen von Bodenorganismen unter den besonderen Bedingungen des Ökologischen Landbaus und Konsequenzen für die Bodenbearbeitung. In: KTBL (Hrsg.): *Bodenbearbeitung und Unkrautregulierung im ökologischen Landbau*. KTBL Tagung und Workshop 2002, KTBL- Schrift 416, S. 30-38.
- EMMERLING, C., 2005: Zehn Jahre differenzierte Grundbodenbearbeitung im ökologischen Ackerbau - Entwicklung der organischen Bodensubstanz, Bodenstruktur, Nährstoffgehalte sowie bodenbiologischen Eigenschaften. Abschlussbericht: Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung, Zehn Jahre differenzierte Grundbodenbearbeitung im ökologischen Ackerbau, SÖL
- EMMERLING, C., 2007: Reduced and Conservation Tillage Effects on Soil Ecological Properties in an Organic Farming System. *Biological Agriculture and Horticulture*, **27**, 363- 377.

- EMMERLING, C., GATTINGER A., EMBACHER, A., 2003: Reduzierte Bodenbearbeitung im Ökologischen Landbau: Einfluss auf Leistung und Struktur der Bodenmikroorganismengemeinschaft. In: FREYER, B. (Hrsg.): Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau. Institut für Ökologischen Landbau der Universität für Bodenkultur, Wien, 453-454
- EMMERLING, C., HAMPL, U., 2002: Wie sich reduzierte Bodenbearbeitung auswirkt (Effects of reduced tillage). *Ökologie und Landbau*, **124**, 19-23.
- EMMERLING, C., SEITZ, L., SCHRÖDER, D., 1997: Einfluß reduzierter Bodenbearbeitung im Ökologischen Landbau auf Nährstoffhaushalt und mikrobiologische Eigenschaften von Böden sowie die Besiedlung von Regenwürmer. In: KÖPKE, U., EISELE, J.-A. (Hrsg.): Beiträge zur 4. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Verlag, Bonn, S. 49-55.
- EMMERLING, C.; UDELHOVEN, T., 2002: Discriminating factors of soil quality parameters at landscape-scale. *Journal of Plant Nutrition & Soil Science*, **165**, 706-712.
- ERIKSEN-HAMEL, N.S., SPERATTI, A.B., WHALEN, J.K., LEGERE, A., MADRAMOOTOO, C.A., 2009: Earthworms populations and growth rates related to long term crop residue and tillage management. *Soil & Tillage Research*, **104**, 311-316.
- ERNST, G., EMMERLING, C., 2009: Impact of five different tillage systems on soil organic carbon content and the density, biomass, and community composition of earthworms after a 10 year period. *European Journal of Soil Biology*, **45**, 247-251.
- 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.
- FRANCIS G.S., KNIGHT, T.L., 1993: Long-term effects of conventional and no-tillage on selected soil properties and crop yields in Canterbury, New Zealand. *Soil & Tillage Research*, **26**, 193-210.
- FRIELINGHAUS, M., 1998: Bodenbearbeitung und Bodenerosion. In: KTBL (Hrsg.): Bodenbearbeitung und Bodenschutz – Schlussfolgerungen für die gute fachliche Praxis. KTBL Arbeitspapier 266. S. 31-55.
- FROST MASCHINENBAU GMBH, 2009: FB Dammkultur. 18 Seiten. <http://www.frost-maschinenbau-gmbh.de/images/stories/dammkultur/dammkultur.pdf> (Abruf 25.09.2009)
- FUENTES, M., GOVAERTS, B., DE LEON, F., HIDALGO, C., DENDOOVEN, L., SAYRE, K.D., ETCHEVERS, J., 2009: Fourteen years of applying zero and conventional tillage, crop rotation and residue management systems and its effect on physical and chemical soil quality. *European Journal of Agronomy*, **30**, 228-237.
- GARCIA, J.P., WORTMANN, C.S., MAMO, M., DRIJBER, D., TARKALSON, D., 2007: One-Time Tillage of No-Till: Effects on Nutrients, Mycorrhizae, and Phosphorus Uptake. *American Society of Agronomy*, **99**, 1093-1103.
- GLAB, T., KULIG B., 2008: Effect of mulch and tillage system on soil porosity under wheat (*Triticum aestivum*). *Soil & Tillage Research*, **99**, 169-178.
- GLEN, D.M., SYMONDSON, O. C., 2003: Influence of Soil Tillage on Slugs and their natural Enemies. In: EL TITI, A. (ed.): *Soil Tillage in Agroecosystems*. CRC Press, pp. 207-227.
- GOLLNER, M., FRIEDEL, J.K., FREYER, B., 2003: Auswirkungen Landwirtschaftlicher Kulturmassnahmen auf die Arbuskuläre Mykorrhiza im Ökologischen Landbau. <http://www.orgprints.org/4048> (Abruf 15.10.2009).
- GRUBER, H., 2006: Eignung von ausgewählten Zwischenfruchtgemengen für Anbau und Verfütterung im ökologischen Landbaubeigefügte. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei, Mecklenburg-Vorpommern, Institut für Acker- und Pflanzenbaupdf-Dokument. <http://orgprints.org/8938/> (Abruf 2009).
- GRUBER, S., CLAUPEIN, W., 2009: Effect of tillage intensity on weed infestation in organic farming. *Soil & Tillage Research*, **105(1)**, 104-111.

- GRUBER, S., CLAUPEIN, W., 2009: Entwicklung des Unkrautauftommens bei unterschiedlicher Stoppelbearbeitung im Ausschnitt einer ökologischen Fruchtfolge. Beiträge zur 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Zürich, Schweiz, 41-44.
- GRUBER, S., HÄBERLE, A., PRADE, C., STAHR, K. UND CLAUPEIN W., 2007: Einfluss von Intensität und Zeitpunkt der Bodenbearbeitung auf Ertragsbildung von Weizen und N-Dynamik in Wasserschutzgebieten. In: Beiträge zur 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Zwischen Tradition und Globalisierung, Universität Hohenheim, 137-140.
- GRUBER, S., PEKRUN, C., CLAUPEIN, W., 2010: 10 Jahre Feldversuche zu Unkrautauftommen bei reduzierter Stoppel- und Grundbodenbearbeitung im Ökologischen Landbau. In: SCHMIDT, H. (Hrsg.): Öko-Ackerbau ohne tiefes Pflügen. Verlag Dr. Köster, Berlin, 267-271.
- GUGGENBERGER, G., FREY, S.D., SIX, J., PAUSTIAN, K., ELLIOTT, E.T., 1999: Bacterial and fungal cell wall residues in conventional and no tillage agroecosystems. Soil Science Society American Journal, **63**, 1188-1198.
- HÄBERLE, A, Gruber, S., Claupein, W. 2005: Unkrautauftommen bei kurzfristig variiertter Intensität der Bodenbearbeitung. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften **17**, 42-43.
- HÅKANSSON, I., STENBERG, M., RYDBERG, T. 1998: Long-term experiments with different depths of mouldboard ploughing in Sweden. Soil & Tillage Research, **46**, 209-223.
- HAMPEL, U. (2003): Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung: Ergebnisse nach sieben Jahren. In: FREYER, B. (Hrsg.): Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau. Institut für Ökologischen Landbau der Universität für Bodenkultur, Wien, 455-456.
- HAMPL U., 1999: Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung – Überblick über die Ergebnisse nach drei Erntejahren. In: HOFFMANN, H. & MÜLLER, S. (ed.): Vom Rand zur Mitte, Beiträge zur 5. Wiss. Tagung zum Ökologischen Landbau in Berlin, 186-189
- HAMPL, U., 1996: Das Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung. Ökologie & Landbau, **100**, 34.
- HAMPL, U., 2005: Projekt Ökologischen Bodenbewirtschaftung. Zehn Jahre differenzierte Grundbodenbearbeitung im ökologischen Ackerbau. Abschlussbericht. Stiftung Ökologie & Landbau, Bad Dürkheim.
- HAMPL, U., 2010: Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung – ein Forschungs- und Demonstrationsprojekt der Stiftung Ökologie & Landbau. In: SCHMIDT, H. (Hrsg.): Öko-Ackerbau ohne tiefes Pflügen. Verlag Dr. Köster, Berlin, 262-266.
- HAMPL, U., HOFFMANN, M., KAISER-HEYDENREICH, B. KRESS, W., MARKL, J., 1995: Ökologische Bodenbearbeitung und Beikrautregulierung, SÖL, Bad Dürkheim
- HAMZA, M.A., ANDERSON, W. K., 2005: Soil compaction in cropping systems. A review of the nature, causes and possible solutions, Soil & Tillage Research, **82**, 121–145.
- HANGEN, E., BUCZKO, U., BENS, O., BRUNOTTE, J., HÜTTL, R.F., 2002: Infiltration patterns into two soils under conventional and conservation tillage: influence of the spatial distribution of plant root structures and soil animal activity. Soil & Tillage Research, **63**, 181-186.
- HÄNSEL, M., 2010: Flaches Pflügen im ökologischen Landbau. In: SCHMIDT, H. (Hrsg.): Öko-Ackerbau ohne tiefes Pflügen. Verlag Dr. Köster, Berlin, 247-251.
- HENRIKSON, C.B., MOLGAARD, J.P., RASMUSSEN, J., 2007: The effect of autumn ridging and inter-row subsoiling on potato tuber yield and quality on a sandy soil in Denmark. Soil & Tillage Research, **93**, 309-315.
- HOLLMANN, F., 2003: Ökonomische Bewertung pflugloser Anbauverfahren im nationalen und internationalen Vergleich. In: ARTMANN, R., BOCKISH, F.J. (Hrsg.): Landbauforschung Völknerode FAL Agricultural Research, Nachhaltige Bodennutzung- aus technischer, pflanzenbaulicher, ökologischer und ökonomischer Sicht, Sonderheft 256.

- HÖPER, H., KLEEFISCH, B., 2001: Untersuchung bodenbiologischer Parameter im Rahmen der Boden-Dauerbeobachtung in Niedersachsen – Bodenbiologische Referenzwerte und Zeitreihen. Arbeitshefte Boden, 2001/4, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover.
- HOUSE, J. G., PARMELEE, R. W., 1985: Comparison of soil arthropods and earthworms from conventional and no-tillage agroecosystems. *Soil & Tillage Research*, **5**, 351-360.
- HÜLSBERGEN, K.-J., 2003: Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Habilitation. Shaker Verlag, Aachen.
- INSAM, H., PARKINSON, D. & DOMSCH, K.H., 1989: Influence of macroclimate on soil microbial biomass. *Soil Biology & Biochemistry* **21**, 211-221.
- ISERMEYER, H., 1952: Eine einfache Methode zur Bestimmung der Bodenatmung und der Carbonate im Boden. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, **56**, 25-38.
- JACOBS A., RAUBER, R., LUDWIG, B., 2009: Impact of reduced tillage on carbon and nitrogen storage of two Haplic Luvisols after 40 years. *Soil & Tillage Research*, **102**, 158–164.
- JOHNSON-MAYNARD, J.L., UMIKER, K.J., GUY, S.O., 2007: Earthworms dynamics and soil physical properties in the first three years of no- tillage management. *Soil & Tillage Research*, **94**, 338-345.
- JÖRGENSEN, R.G., 1995: Die quantitative Bestimmung der mikrobiellen Biomasse in Böden mit der Chloroform-Fumigations-Extraktions-Methode. *Göttinger Bodenkundliche Berichte*, **104**, 1-229.
- JOSCHKO, M., AUGUSTIN, J., ROGASIK, H., WIRTH, S., BRUNOTTE, J., 2001: Aufgaben, Funktionen und Leistungen der Bodenlebewesen bei differenzierter Bodenbearbeitung. In: Lütke Entrup, N. & F.-F. Gröbblinghoff (eds.): *Bodenbewirtschaftung im Umbruch*. Oce, Paderborn, 209-231.
- JOSCHKO, M., BRUNOTTE, J., 2005: Regenwürmer und Co.- Was wissen wir über das Bodenleben? In: *Bodenleben und Bodenfruchtbarkeit*. Tagungsband zur Fachveranstaltung von ilu und GKB. Institut für Landwirtschaft und Umwelt, Fördergemeinschaft Nachhaltige Landwirtschaft, Bonn, S. 65-76.
- KAHNT, G., 1997: Erhaltung und Steigerung der Bodenfruchtbarkeit, Ertragsfähigkeit durch gezielte Bodenbearbeitung. In: Köpke, U., Eisele, J.-A. (Hrsg.): *Beiträge zur 4. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau*, Bonn, S. 43-48.
- KAINZ, M., 2010: Wirkungen differenzierter Bodenbearbeitungssysteme im Dauerversuch Scheyern. In: SCHMIDT, H. (Hrsg.): *Öko-Ackerbau ohne tiefes Pflügen*. Verlag Dr. Köster, Berlin, 272-276.
- KAINZ, M., GERL, G., LEMNITZER, B., BAUCHENß, J., HÜLSBERGEN, K.-J., 2005: Wirkungen differenzierter Bodenbearbeitungssysteme im Dauerversuch Scheyern. In: HEß, J., RAHMANN, G., (Hrsg.): *Ende der Nische*, Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. kassel university press GmbH, Kassel, 1-4.
- KAINZ, M., KIMMELMANN, S., REENTS, H.J., 2003: Bodenbearbeitung im Ökolandbau-Ergebnisse und Erfahrungen aus einem langjährigen Feldversuch. In: FREYER, B. (Hrsg.): *Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau*. Institut für Ökologischen Landbau der Universität für Bodenkultur, Wien, 33-36.
- KAY, B.D., VANDENBYGAART, A.J., 2002: Conservation tillage and depth stratification of porosity and soil organic matter. *Soil & Tillage Research*, **66**, 107-118.
- KIMMELMANN, S., 2001: Einfluss von Bodenbearbeitungsintensität und Düngung auf Parameter der Bodenfruchtbarkeit in dem System „Ökologischer Landbau“. Diplomarbeit, Fachhochschule Weihenstephan.
- KLADIVKO, E.J., 2001: Tillage systems and soil ecology. *Soil & Tillage Research*, **61**, 61-76.
- KOCH, R., RADEMACHER, B., 1966: Einfluss verschiedenartiger Stoppelbearbeitung auf die Verunkrautung. *Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau* **123**, 395-409.
- KOCH, W., GABERLE, K., 2010: Extensivierung der Grundbodenbearbeitung in einer auf Marktfruchtbau orientierten Vierfelder-Fruchtfolge. In: SCHMIDT, H. (Hrsg.): *Öko-Ackerbau ohne tiefes Pflügen*. Verlag Dr. Köster, Berlin, 232-236.

- KÖLLER, K., 2003: Techniques of Soil Tillage. EL TITI, A. (ed.): Soil Tillage in Agroecosystems. CRC Press, pp. 1-26.
- KONG, A.Y.Y., FONTE, S.J., KESSEL, C., SIX, J., 2009: Transitioning from standard to minimum tillage: Trade-offs between soil organic matter stabilization, nitrous oxide emissions, and N availability in irrigated cropping systems. *Soil & Tillage Research*, **104**, 256–262.
- KÖPKE U., SCHULTE, H., 2008: Direct Seeding of Faba Beans in Organic Agriculture. In: Neuhoﬀ, D. et al. (ed.): Cultivating the future based on science, Volume 1 Organic Crop Production. Proceeding of the Second Scientific Conference of the International Society of Organic Agriculture Research (ISOFAR), Modena, Italy, 18-20 June 2008
- KÖPKE, U. 2003: Conservation agriculture with and without use of agrochemicals. In: Proceedings of the Second World Congress on Conservation Agriculture, Iguassu Falls, Paraná, Brazil. 13pp. FAO, Rome.
- KÖPKE, U., 2003: Spezifika der Bodenbearbeitung und Unkrautregulierung im Ökologischen Landbau aus Sicht der Wissenschaft und Praxis. In: KTBL (Hrsg.): Bodenbearbeitung und Unkrautregulierung im ökologischen Landbau. KTBL Tagung und Workshop 2002, KTBL- Schrift 416, 7-22.
- KÖPPEN, D., 2004: Bodenbearbeitung. In: KÖPPEN, D. (Hrsg.): Bodenfruchtbarkeit im Agrarökosystem. Teil 1, Verlag Dr.Kovac, Hamburg, S. 269-300.
- KRAWUTSCHKE, M., BROCK, C., LEITHOLD, G., 2009: Humusmenge in der Ackerkrume nach langjährig differenzierter Intensität der Grundbodenbearbeitung. In: Beiträge zur 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Zürich, Schweiz, 45-48.
- KRAWUTSCHKE, M., 2007: Einfluss differenzierter Bodenbearbeitung auf Gehalt und Dynamik der organischen Bodensubstanz in Ackerböden sowie deren Bedeutung für die Humusbilanzierung. Diplomarbeit, Universität Gießen.
- KREYE, H., 2001: Auswirkungen nichtwendender Bodenbearbeitung auf das Schadorganismenaufreten in einer Zuckerrüben- Weizen- Weizen- Fruchtfolge. Dissertation, Universität Göttingen.
- KTBL, 1998: Bodenbearbeitung und Bodenschutz. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft / Arbeitsgruppe Bodenbearbeitung und Bodenschutz Schlussfolgerungen für gute fachliche Praxis. KTBL, Darmstadt.
- KTBL, 2006: Betriebsplanung Landwirtschaft 2006/ 07. KTBL, Darmstadt.
- KTBL, 2008: Betriebsplanung Landwirtschaft 2008/ 09. KTBL, Darmstadt.
- KTBL, 2009: MaKost Online. <http://daten.ktbl.de/makostdemo/startseite.do#start>
- KTBL, 2009a: Mündliche Mitteilung des KTBL (Darmstadt) vom Februar 2009
- KTBL, 2009b: Dieselrechner. <http://www.ktbl.de/index.php?id=813>
- KTBL, 2009c: Feldarbeitsrechner. <http://www.ktbl.de/index.php?id=813>
- KUSSEL, N., 2002: Bodenleben und Bodenbearbeitung. In: KTBL (Hrsg.): Bodenbearbeitung und Unkrautregulierung im Ökologischen Landbau. KTBL-Tagung und Workshop, November 2002, Kassel, KTBL- Schrift 416, S.60-64.
- KVERNELAND GMBH, 2009: Kverneland Ecomat™. <http://www.kverneland.at/neuigkeiten/ecomat.htm> (Abruf 25.09.2009)
- LADD, J.N., BUTLER, J.H.A., 1972: Short- term assays of soil proteolytic enzyme activities using protein and dipeptide derivatives as substrates. *Soil Biol. Biochem.*, **4**; 19-30.
- LAL, R., 2004: Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, **304**, 1623-1627.
- LAMOUR, A., LOTZ, L.A.P., 2006: The importance of tillage depth in relation to seedling emergence in stale seedbeds. *Ecological Modelling* **201**, 536-546.

- LANG, G., 2002: Der Boden steht im Mittelpunkt. *Bioland*, **2**, 16-17.
- LENTZSCH, P., WIELAND, R., WIRTH, S., 2005: Application of multiple regression and neural network approaches for landscape-scale assessment of soil microbial biomass. *Soil Biol. Biochem.*, **37**, 1577-1580.
- LENZ, R., 1999: Der Einfluss der Bodenbearbeitung auf die biologische Aktivität des Bodens und auf bodenlebende Nematoden. Dissertation, Universität Mainz.
- LEYS, A., GOVERS, G., GILLIJNS, K. & POESEN, J., 2007: Conservation tillage on loamy soils: explaining the variability in interrill runoff and erosion reduction. *European Journal of Soil Science*, **58**, 1425-1436.
- LfL (2008) Nährstoffgehalte von Haupt- und Zwischenfrüchten
www.lfl.bayern.de/iab/duengung/mineralisch/.../linkurl_0_10_0_0.pdf (Abruf 15.10.2009)
- LITHOURGIDIS, A.S., DHIMA, K.V., DAMALAS, C.A., VASILAKOGLU, I.B., ELEFTEROHOORINOS, I.G., 2006: Tillage Effects on Wheat Emergence and Yield at Varying Seeding Rates, and on Labor and Fuel Consumption. *Crop Science*, **46**, 1187-1192.
- LOPEZ-FANDO, C., PARDO, M.P., 2009: Changes in soil chemical characteristics with different tillage practices in a semi-arid environment. *Soil & Tillage Research*, **104**, 278-284.
- LÜTKE ENTRUP, N., OEHMICHEN, J., 2000: Lehrbuch des Pflanzenbaues. Band 2: Kulturpflanzen. Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen.
- LÜTKE- ENTRUP, N., SCHNEIDER, M., 2003: Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit landwirtschaftlicher Systeme der Bodennutzung durch Fruchtfolgegestaltung und konservierende Bodenbearbeitung. In: (Hrsg.): Bodenschutz und landwirtschaftliche Bodennutzung- Umweltwirkungen am Beispiel der konservierenden Bodenbearbeitung. Umweltbundesamt, Texte 35/04, S. 7-35.
- MÄDER, P., FLIEßBACH, A., DUBOIS, D., GUNST, L., FRIED, P., NIGGLI, U., 2002: Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science*, **296**, 1694-1697.
- MATUSINSKY, P., MIKOLASOVA, K., SPITZER, T. & URBAN, T., 2008: The role of organic vs. conventional practice, soil management and preceding crop on the incidence of stem-base pathogens on wheat. *Journal of Plant Diseases and Protection*, **115**, 17-22.
- MC KEVAN, D.K., 1962: Soil animals. Philosophical Lib., New York.
- MCKYES, E., DESIR, F.L., 1984: Prediction and field measurement of tillage tool draft forces and efficiency in cohesive soils. *Soil & Tillage Research*, **4**, 459-470.
- MCLAUGHLIN, N.B., GREGORICH, E.G., DWYER, L.M., MA, B.A., 2002: Effect of organic and inorganic soil nitrogen amendments on mouldboard plow draft. *Soil & Tillage Research*, **64**, 211-219.
- METZKE, M., POTTHOFF, M., QUINTERN, M., HEß, J., JOERGENSEN, R.G., 2007: Effect of reduced tillage systems on earthworm communities in a 6 year organic rotation. *European Journal of Soil Biology*, **43**, 209-215.
- MEYER-AURICH, A., GANDORFER, M., GERL, G., KAINZ, M., 2008: Ökonomische Analyse reduzierter Bodenbearbeitung in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung unter besonderer Berücksichtigung des Produktionsrisikos. Vortrag anlässlich der 48. Jahrestagung der GEWISOLA „Risiken in der Agrar- und Ernährungswirtschaft und ihre Bewältigung“. http://www.ilr1.uni-bonn.de/gewisola08/downloads/Beitraege/Meyer_Aurich.pdf (Abruf 02.02.09).
- MOITZI, G., 2005: Kraftstoffeinsatz in der Pflanzenproduktion. Vortrag im Rahmen des ÖKL - Kolloquiums 2005. <http://www.boku.ac.at/9396.html> (Abruf 15.10.2009).
- MOITZI, G., 2006: Möglichkeiten zur Kraftstoffeinsparung. Ländlicher Raum, Online-Fachzeitschrift des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Österreich. www.laendlicher-raum.at/filemanager/download/15569/ (Abruf 15.10.2009)
- MOITZI, G., 2008: Sprit sparen beim Traktor fahren. *Bioland*, 12/2008, 14-15.

- MOITZI, G., BOXBERGER, J., 2009: Kraftstoffverbrauch und Reduktionspotenziale. In: Beiträge zur 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, ETH Zürich, 11.-13. Februar 2009, 394-397.
- MOLLENHAUER, K. UND ORTMEIER, B., 1995: Untersuchungen zum Einfluss der konservierenden Bodenbearbeitung auf die Bodenerosion. In: SOMMER, C.: Einführung von Verfahren der konservierenden Bodenbearbeitung in der Praxis. KTBL, Darmstadt, S. 131-162.
- MORGNER, M., 2001: Kleiner Wurm- grosse Wirkung. aid-PressInfo. http://www.innovations-report.de/html/berichte/agrар_forstwissenschaften/bericht-6044.html (Abruf 09.08.2009).
- MÜLLER, E., 2009: Optimierung des Erosionsschutzes durch kleinräumige Steuerung der Bodenbearbeitungstiefe im Rahmen konservierender Bodenbearbeitungsverfahren. In: Erosionsminderung in der Landwirtschaft. Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Freistaat Sachsen, Heft 2/2009.
- MÜLLER, E., WILDHAGEN, H., QUINTERN, M., HEß, J., WICHERN, F., JOERGENSEN, R.G., 2009a: Spatial patterns of soil biological and physical properties in a ridge tilled and a ploughed Luvisol. *Soil & Tillage Research*, **105**, 88-95.
- MÜLLER, E., WILDHAGEN, H., QUINTERN, M., HEß, J., WICHERN, F., JOERGENSEN, R.G., 2009b: CO₂ evolution from a ridge tilled and a mouldboard ploughed Luvisol in the field. *Applied Soil Ecology*, **43**, 89-94.
- MÜLLER, T., HÖPER, H., 2004: Soil organic matter turnover as a function of the soil clay content: consequences for model applications. *Soil Biol. Biochem.*, **36**, 877-888.
- MUMME, M. 2007: Kraftstoffverbrauch und Schlagkraft bei verschiedenen Bodenbearbeitungs- und Bestellverfahren. Vortrag beim Ackerbautag in Strickhof am 15.08.2007. http://www.strickhof.ch/fileadmin/strickhof_files/weiterbildung/strickhof_tage/ackerbautag/VortragMumme07.pdf (Abruf 20.11.2009)
- MUNKHOLM, L.J., HANSEN, E.M., OLESEN, J.E., 2008: The effect of tillage intensity on soil structure and winter wheat root/shoot growth. *Soil Use and Management*, **24**, 392-400.
- MUNRO, T.L., COOK, H.F., LEE, H.C., 2002: Sustainability indicators used to compare properties of organic and conventionally managed topsoils. *Biological Agriculture and Horticulture*, **20**, 201-214.
- OESAU, A., 2005: Vegetationskundliche Untersuchungen im Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung 1994 - 2004. In: SÖL (Hrsg.): Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung, Abschlussbericht. Stiftung Ökologie & Landbau, Bad Dürkheim, S.10-23.
- OGLE, S.M., BREIDT, F.J., PAUSTIAN, K., 2005: Agricultural management impacts on soil organic carbon storage under moist and dry climatic conditions of temperate and tropical regions. *Biogeochemistry*, **72**, 87-121.
- OLDENBURG, E., 1995: Der Einfluss von Bodenbearbeitungsverfahren auf Pilzbefall und Mykotoxinbildung in Wintergerste und Mais. In: SOMMER, C.: Einführung von Verfahren der konservierenden Bodenbearbeitung in der Praxis. KTBL, Darmstadt, S. 174-176.
- PAFFRATH, A., STUMM, C., 2010: Systemvergleich wendende und nicht wendende Bodenbearbeitung im Ökologischen Landbau. In: SCHMIDT, H. (Hrsg.): Öko-Ackerbau ohne tiefes Pflügen. Verlag Dr. Köster, Berlin, 252-256.
- PALLUT, B., 2002: Unkrautregulierung im ökologischen Landbau. *Bioland*, **5/2002**, 26-27.
- PAKKA, P., HIETANIEMI, V., RÄMÖ, S., JALLI, H., VIHERVIRTA, T., 2008: The effect of reduced tillage on mycotoxin contents of oat and barley grains. *Nordic Association of Agricultural Scientist, NJF Report*, **4 : 3**, 12.
- PEIGNÉ, J., AVELINE A., CANNAVACIUOLO, M., GITEAU, J.-L., GAUTRONNEAU, Y., 2008: Soil tillage in organic farming: impacts of conservation tillage on soil fertility, weeds and crops. Proceedings of the 2nd Scientific Conference of the ISOFAR: Cultivate the Future. Modena, Italien, 422-425.

- PEIGNÉ, J., BALL, B.C., ROGER-ESTRADE, J., DAVID, C., 2007: Is conservation tillage suitable for organic farming? A review. *Soil Use and Management*, **23**, 129-144.
- PEIGNÉ, J., CANNAVACIUOLO M, GAUTRONNEAU Y, AVELINE, A., GITEAU, J.L., CLUZEAU, D., 2009: Earthworm populations under different tillage systems in organic farming. *Soil & Tillage Research*, **104**, 207-214.
- PEKRUN, C., CLAUPEIN, W., 1998: Forschung zur reduzierten Bodenbearbeitung in Mitteleuropa: eine Literaturübersicht. *Pflanzenbauwissenschaften*, **2**, 160-175.
- PEKRUN, C., CLAUPEIN, W., 2004: The effect of stubble tillage and primary tillage on population dynamics of Canada thistle (*Cirsium arvense*) in organic farming. *Journal of Plant Diseases and Protection*, Special Issue **XIX**, 483-490.
- PEKRUN, C., CLAUPEIN, W., 2006: The implication of stubble tillage for weed population dynamics in organic farming. *Weed Research* **46**, 414-423.
- PEKRUN, C., SCHNEIDER, N., WÜST, C., JAUSS, F., CLAUPEIN, W., 2003: Einfluss reduzierter Bodenbearbeitung auf Ertragsbildung, Unkrautdynamik und Regenwurmpopulationen im Ökologischen Landbau. In: FREYER, B. (Hrsg.): *Ökologischer Landbau der Zukunft, Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau*, 21-24.
- PIMENTEL, D., HARVEY, C., RESOSUDARMO, P., SINCLAIR, K., KURZ, D., MCNAIR, M., CHRIST, S., SHPRITZ, L., FOTTON, L., SAFFOURI, R., BLAIR, R., 1995: Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science*, **267**, 1117-1123.
- PREW, R.D., ASHBY, J.E., BACON, E.T.G., CHRISTIAN, D.G., GUTTERIDGE, R.J., JENKYN, J.F., POWELL, W. AND TODD, A.D., 1995: Effects of incorporating or burning straw, and of different cultivation systems, on winter wheat grown on two soil types, 1985–91. *J. Agric. Sci. Camb.*, **121**, 355–362.
- PRINGAS, C., 2005: Reduzierte Bodenbearbeitungsintensität in einer Zuckerrüben- Winterweizen- Winterweizen- Fruchtfolge- Konzept für eine nachhaltige Entwicklung der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion. Dissertation, Universität Göttingen.
- QUINTERN, M., 2006: Schichten erhalten mit Dammkultur. *Dammkultur, Ecomat und Pflug im Vergleich. Lebendige Erde*, **1/2006**, 15-17.
- RASMUSSEN, K.J., 1999: Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality: A Scandinavian review. *Soil & Tillage Research*, **53**, 3-14.
- REINICKE, F., HEYER, W., CHRISTEN, O., 2008: Gewichtung des Einflusses natürlicher und anthropogener Faktoren auf das Auftreten von Segetalpflanzenarten – Ergebnisse eines Systemversuches. *Journal of Plant Diseases and Protection*, Special Issue **21**, 245-250.
- REINICKE, F., HEYER, W., CHRISTEN, O., 2010: Langfristige Wirkungen differenzierter Anbausysteme des Ökologischen Landbaus. In: SCHMIDT, H. (Hrsg.): *Öko-Ackerbau ohne tiefes Pflügen*. Verlag Dr. Köster, Berlin, 242-246.
- ROBINSON, D.A., PHILLIPS, C.P., 2001: Crust development in relation to vegetation and agricultural practice on erosion susceptible, dispersive clay soils from central and southern Italy. *Soil & Tillage Research*, **60**, 1-9.
- ROGASIK, J., FUNDER, U., SCHNUG, E., ROGASIK, H., 2005: Zentrale Stellung des Humus für die Bodenfruchtbarkeit. In: *Bodenleben und Bodenfruchtbarkeit. Tagungsband zur Fachveranstaltung von ilu und GKB*. Bonn, Institut für Landwirtschaft und Umwelt, Fördergemeinschaft Nachhaltige Landwirtschaft, S.51-64.
- ROGET, D.K., NEATE, S.M., ROVIRA, A.D., 1996: Effect of sowing point design and tillage practice on the incidence of rhizoctonia root rot, take-all and cereal cyst nematode in wheat and barley, *Aust. J. Exp. Agric.*, **36**, 683–693.

- RÖSSNER, J.A., OVERHOFF, A., SCHÄFER- PREGEL, R., ASSHEUER, T., JAROSCH, G., 1994: Auswirkung verschiedener Bodenbearbeitungssysteme auf die Abundanz phytoparasitärer und nicht-phytoparasitärer Nematoden. In: TEBRÜGGE, F., DREIER, M. (Hrsg.): Beurteilung von Bodenbearbeitungssystemen hinsichtlich ihrer Arbeitseffekte und deren langfristige Auswirkung auf den Boden. Wissenschaftlicher Fachverlag, Gießen, S. 205-224.
- RUSCH, H.P., 1968: Bodenfruchtbarkeit: eine Studie biologischen Denkens. Haug, Heidelberg.
- SCHEFFER, F., SCHACHTSCHABEL, P., 2002: Lehrbuch der Bodenkunde. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.
- SCHIERBAUM-SCHICKLER, C., 2005: Einfluss einer mehrjährig differenzierten Bodenbearbeitung auf die Befallsdichte und Populationsentwicklung von Schadinsekten in Winterrapskulturen. Dissertation, Universität Göttingen.
- SCHMIDT H., 2007: Problembereiche im Öko-Ackerbau – Analyse von Praxisbetrieben. Verlag Dr. Köster, Berlin.
- SCHMIDT H., 2010: Öko-Ackerbau ohne tiefs Pflügen – Praxisbeispiele & Forschungsergebnisse. Verlag Dr. Köster, Berlin.
- SCHMIDT H., SCHULZ F., LEITHOLD G., 2006: Organic farming trial Gladbacherhof. Effects of different crop rotation and tillage systems. In: RAUPP, J. et al. (Hrsg.): Long term field experiments in organic farming. ISOFAR Scientific Series 1, Verlag Dr. Köster Berlin, 165-182.
- SCHMIDT, H., SCHULZ, F., LEITHOLD, G., BROCK, C., 2010: Ökologischer Ackerbauversuch Gladbacherhof. In: SCHMIDT, H. (Hrsg.): Öko-Ackerbau ohne tiefes Pflügen. Verlag Dr. Köster, Berlin, 257-261.
- SCHMIDT, W. A., NITZSCHE, O., STAHL, H., ZIMMERMANN, M., 2005: Strategien und Lösungsansätze gegen Erosion und Verdichtung aus Sicht der Wissenschaft. In: Bodenleben und Bodenfruchtbarkeit. Tagungsband zur Fachveranstaltung von ilu und GKB, Bonn. Institut für Landwirtschaft und Umwelt, Fördergemeinschaft Nachhaltige Landwirtschaft, S. 107-117.
- SCHNÜRER, J., ROSSWALL, T., 1982: Fluorescein diacetate hydrolysis as measure of total microbial activity in soil and litter. *Appl. Environ. Microbiol.*, **43**, 1256-1261.
- SCHRADER, S., LARINK, O., 1998: Einblicke in die Ökologie der Regenwürmer. *Praxis der Naturwissenschaften – Biologie*, B. 4, H. 47, S. 10-14.
- SCHREIBER, M., 2006: Kraftstoffverbrauch beim Einsatz von Ackerschleppern im besonderen Hinblick auf CO₂-Emissionen. Dissertation, Uni Hohenheim.
- SCHUTTE, B., 2005: Bestimmung von Bodenunterschieden durch Zugkraftmessungen bei der Bodenbearbeitung. Forschungsbericht Agrartechnik des Arbeitskreises Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI (VDI-MEG), 429.
- SIJTSMA, C.H., CAMPBELL, A.J., MCLAUGHLIN AND, N.B., CARTER, M.R., 1998: Comparative tillage costs for crop rotations utilizing minimum tillage on a farm scale. *Soil Tillage Research*, **49**, 223–231
- SMITH, P., 2004: Carbon sequestration in croplands: the potential in Europe and the global context. *Europ. J. Agronomy*, **20**, 229-236.
- SOMMER, C., 1994: Einführung von Verfahren der Konservierenden Bodenbearbeitung in die Praxis. FuE-Vorhaben 87 UM 01. Inst. F. Betriebstechnik, FAL, Braunschweig.
- SOMMER, C., 1998a: Bodenbearbeitung und Bodenschutz. Schlußfolgerung für gute fachliche Praxis. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. Arbeitspapier 266.
- SOMMER, C., ZACH, M., 1992: Managing traffic-induced soil compaction by using conservation tillage. *Soil& Tillage Research*, **24**, 319-336.
- SPRENGER, B., 2004: Populationsdynamik von Ackerwildpflanzen im integrierten und organischen Anbausystem. Dissertation, TU München.

- SPRENGER, B., 2005: Auswirkungen reduzierter Bodenbearbeitung und Vorfrucht auf die Unkrautvegetation. In: HEß, J., RAHMANN, G. (Hrs.): Ende der Nische, Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. kassel university press GmbH, Kassel, 23-25.
- STIELOW, G., 2007a: Kulturen im Dammanbau. *Bioland*, **08/2007**, 30-31.
- STIELOW, G., 2007b: Dammkultur: Der Weg zum ackerbaulichen Erfolg. Der Häufelpflug System Turiel. http://www.haeufelpflug.de/cms/fileadmin/_temp_/Der_Haeufelpflug_2007.pdf (Abruf: 06.10.2009)
- STURZ, A.V., CARTER, M.R., JOHNSTON H.W., 1997: A review of plant disease, pathogen interactions and microbial antagonism under conservation tillage in temperate humid agriculture. *Soil & Tillage Research*, **41**, 169-189.
- SUTER, D., WEISSKOPF, P., 2008: Kunstwiese in der Fruchtfolge. AGFF, Reckenholzstrasse 191, CH-8046 Zürich.
- TABATABAI, M.A., 1982: Soil enzymes. In: *Methods of soil analysis part 2. Chemical and Microbiological Properties. Agronomy Monograph Nr 9 (2nd edition)*.
- TEASDALE, J. R., 2007: Strategies for soil conservation in no-tillage and organic farming systems. *Journal of Soil and Water Conservation*, **62**, 144A-147A.
- TEBRÜGGE F., DÜRING, R. A., 1999: Reducing tillage intensity- a review of results from a long-term study in Germany. *Soil & Tillage Research*, **53**, 15-28.
- THOMAS, G.A., DALAL, R.C., STANDLEY, J., 2007: No-till effects on organic matter, pH, cation exchange capacity and nutrient distribution in a Luvisol in the semi-arid subtropics. *Soil & Tillage Research*, **94**, 295-304.
- THOMPSON J.P., MACKNEZIE, J., AMOS, R., 1995: Root-lesion nematode (*Pratylenchus thornei*) limits response of wheat but not barley to stored soil moisture in the Hermitage long-term tillage experiment. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, **35**, 1049-1055.
- TISCHLER, W., 1955: *Synökologie der Landtiere*. Gustav Fischer, Stuttgart.
- TREWAVAS, A., 2004: A critical assessment of organic farming-and-food assertions with particular respect to the UK and the potential environmental benefits of no-till agriculture. *Crop Protection*, **23**, 757-781.
- TULLBERG, J.N., 2000: Wheel Traffic Effects on Tillage Draught. *J. agric. Engng Res.*, **75**, 375-382.
- UPPENKAMP, N., 2008: *Dieseleinsparung in der Pflanzenproduktion*, DLG Merkblatt 339. DLG e.V., Frankfurt a.M..
- VAKALI, C., 2003: *Spross- und Wurzelentwicklung von Getreide bei reduzierter Grundbodenbearbeitung im Organischen Landbau in Deutschland und Griechenland*. Dissertation, Universität Bonn.
- VAKALI, C., SIDIRAS, N., BILALIS, D., KÖPKE, U., 2002: Possibilities and limits of reduced primary tillage in organic farming. *Proceedings of the 14th IFOAM Organic World Congress*, Victoria, Canada, p. 27.
- VAN DEN BOSSCHE, A., DE BOLLE, S., DE NEVE, S., HOFMAN, G., 2009: Effect of tillage intensity on N mineralization of different crop residues in a temperate climate. *Soil & Tillage Research*, **103**, 316-324.
- VANCE, E.D., BROOKES, P.C., JENKINSON, D.S., 1987: An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology & Biochemistry*, **19**, 703-707.
- VERCH, G., KÄCHELE, H., HÖLTL, K., RICHTER, C., FUCHS, C., 2009: Comparing the profitability of tillage methods in Northeast Germany—A field trial from 2002 to 2005. *Soil & Tillage Research*, **104**, 16-21.
- VERSCHWELE, A., 2009: *Versuche zum Falschen Saatbett bei Winterweizen*. Beiträge zur 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Zürich, Schweiz, 183-186.
- VIAN J.F., PEIGNE, J., CHAUSSOD, R., RODGER-ESTRADE, J., 2009: Effects of four tillage systems on soil

- structure and soil microbial biomass in organic farming. *Soil Use and Management*, **25**, 1-10.
- VOGELER, I., ROGASIK, J., FUNDER, U., PANTEN, K., SCHNUG, E., 2009: Effect of tillage systems and P-fertilization on soil physical and chemical properties, crop yield and nutrient uptake. *Soil & Tillage Research*, **103**, 137- 143.
- VOITL, H., GUGGENBERGER, E., WILLI, J., 1980: Das grosse Buch vom biologischen Land- und Gartenbau, Orac Pietsch, Wien.
- VON GEMMINGEN, H., HOFMANN, G., REIMANN W., 1993: Technik. In: Siebeneicher G.E. (Hrsg.): *Handbuch für den biologischen Landbau*. Naturbuch Verlag Augsburg, S. 373-406.
- VON LÜTZOW, M.; LEIFELD, J.; KAINZ, M.; ET AL., 2002: Indications for soil organic matter quality in soils under different management. *Geoderma*, **105**, 243-258.
- WAHL, N.A., BENS, O., BUCZKO, U., HANGEN, E., HÜTTL, R.F., 2004: Effects of conventional and conservation tillage on soil hydraulic properties of a silty-loamy soil. *Physics and Chemistry of the Earth*, **29**, 821–829.
- WARDLE, D.A., 1995: Impacts of disturbance on detritus food webs in agro- ecosystems of contrasting tillage and weed management practices. In: BEGON, M., FITTER, A.H. (Eds.): *Advances in Ecological Research*, Vol. 26, Academic Press, New York, p. 105-185.
- WARDLE, D.A., 1998: Controls of temporal variability of the soil microbial biomass: a global scale synthesis. *Soil Biology & Biochemistry*, **30**, 1627-1637.
- WATSON, A.G., ATKINSON, D., GOSLING, P., JACKSON, L.R., RAYNS, F.W., 2002: Managing soil fertility in organic farming systems. *Soil Use and Management*, **18**, 239-247.
- WEBER, M., EMMERLING, C., 2005: Zehn Jahre differenzierte Grundbodenbearbeitung im ökologischen Ackerbau (Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung) - Entwicklung der organischen Bodensubstanz, Nährstoffgehalte sowie bodenbiologischen Eigenschaften. In: HEß, J., RAHMANN, G. (Hrsg.): *Ende der Nische, Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau*. 5-8.
- WEICHEL, E., 1981: Neue Verfahren und Geräte zur ökologisch orientierten Bodenbearbeitung. In: *Praxis des Ökolandbaus*. Verlag C.F. Müller, Karlsruhe.
- WEIß, J., 2003: Zugkraftbedarf bei verschiedenen Pflugscharen und gängigen Abwandlung an Verschleißteilen. Bachelorarbeit, Universität Kiel.
- WEISSKOPF, P., ZIHLMANN, U., WALTHER, U., 2001: Einfluss der Bewirtschaftung auf die Stickstoffdynamik im Bodenwasser. *Agrarforschung*, **8**, 348-353.
- WHALLEY, W.R., DUMITRU, E., DEXTER, A.R., 1995: Biological effects of soil compaction. *Soil & Tillage Research*, **35**, 53-68.
- WILDMANN, R., 1989: Die Auswirkungen von reduzierter Bodenbearbeitung und Gründüngung zum Erosionsschutz auf den Zuckerrübenenertrag und die Rübenqualität im Kraichgau. Dissertation, Universität Hohenheim.
- WRIGHT, A.L., HONS, F.M., MATOCHA JR, J.E., 2005: Tillage impacts on microbial biomass and soil carbon and nitrogen dynamics of corn and cotton rotations. *Applied Soil Ecology*, **29**, 85-92.
- ZAMUNER, E.C., PICONE, L.I., ECHEVERRIA, H.E., 2008: Organic and inorganic phosphorus in Mollisol soil under different tillage practices. *Soil & Tillage Research*, **99**, 131-138.
- ZCICSI, A., 1967: Die Auswirkungen von Bodenbearbeitungsverfahren auf Zustand und Besatzdichte von einheimischen Regenwürmern. In: GREFF, O., SATCHELL, J.E. (Hrsg.): *Progress in soil biology*. Fr. Vieweg, Braunschweig, S. 290-298.
- ZHAO, B., 1995: Auswirkung konservierender Bodenbearbeitung auf die Nährstoffverlagerung und einige bodenphysikalische und pflanzenbauliche Parameter. In: SOMMER, C. (Hrsg.): *Einführung von Verfahren der konservierenden Bodenbearbeitung in der Praxis*. KTBL, Darmstadt, S. 199-204.

ZIHLMANN, U., WEISSKOPF, P., 2006: Stickstoffdynamik im Boden bei Direktsaat und Pflug. *Agrarforschung*, **13**, 198-203.

ZIMMER, J., HANFF, H., 2002: Ertragsentwicklung und -potential im Ökologischen Landbau am Beispiel der ökologischen Demonstrations-Fruchtfolge Güterfelde und ökonomische Wertung der Anbauverfahren im Erntejahr 2001, Landesamt für Verbraucherschutz und Landwirtschaft, http://www.mluv.brandenburg.de/cms/media.php/2331/oek_fru1.pdf (Abruf 16.02.2009)

Anhang I

Methoden bei der Untersuchung von Betriebsbeispielen

Auf jedem der 15 Betriebe wurden zwei Schläge ausgesucht, die schon möglichst lange ökologisch und mit reduzierter Bodenbearbeitung bewirtschaftet wurden. Für die Untersuchungen wurden in einem repräsentativen Bereich des Schlages zwei Messpunkte mit einem Abstand von ca. 10 bis 15 m festgelegt, für einzelne Parameter wurde zusätzlich ein dritter Messpunkt ausgewählt. An diesen Punkten erfolgten vom Herbst 2007 bis zum Sommer 2009 Boden- und Bestandesuntersuchungen. Die Standortbedingungen sowie die Bewirtschaftungsmaßnahmen im Untersuchungszeitraum und die langfristige Fruchtfolgegeschichte zu den Schlägen wurden vom Betriebsleiter abgefragt. Zusätzlich wurden auch die betrieblichen Ertragsschätzungen erfasst.

Bodenbonituren und bodenphysikalische Untersuchungen

An zwei Messpunkten auf jedem Schlag an mindestens zwei Terminen (z.T. Herbst 2007, Frühsommer 2008 und 2009) Bonitur von Bodenprofilen. Die Profiltiefe richtete sich nach den jeweiligen Gegebenheiten, in jedem Fall bis zehn Zentimeter weit in den Unterboden. Bonitiert wurden:

- Farbe,
- Struktur,
- Regenwürmer / Regenwurmgänge,
- Durchwurzelung,
- Besonderheiten.

Zusätzlich an zwei Terminen Bestimmung der Trockenrohdichte in drei Bodenschichten. Bei flach arbeitenden Betrieben (max. 20 cm): bearbeitete Oberkrume, unbearbeitete Unterkrume und Unterboden; bei tief lockernden Betrieben: häufig bearbeitete Oberkrume, selten gelockerte Unterkrume, Unterboden. Bei Dammkultur Untersuchung unter Damm und z.T. zusätzlich die Sohle. Je Profilgrube und Schicht Entnahme von drei 250 ml Stechzylindern, Trocknung des Bodens bei 105°C. Berechnung des Porenvolumens bei Annahme einer Dichte der mineralischen Festsubstanz von 2,65 g/cm³ und der organischen Festsubstanz von 1,3 g/cm³.

Am ersten Termin Entnahme von Bodenproben aus den drei genannten Schichten für Korngrößenanalyse. Siebung auf 2 mm und Bestimmung von Sand-, Schluff- und Tongehalt (durch LFL, Freising und Agrolab, Sarstedt).

Im Spätherbst 2008 Messung des Eindringwiderstands mit einem Penetrologger auf wenn möglich 80 cm Tiefe (Firma Eijkelkamp). An drei Messpunkten jeweils acht Einstiche in 30 cm Entfernung quer zur Bearbeitungsrichtung.

Bodenchemische Untersuchungen

Am ersten Boniturtermin Entnahme von Bodenproben aus den oben beschriebenen drei Schichten: Oberkrume, Unterkrume und Unterboden (bei Dammkultur z.T. zusätzlich Sohle). An zwei Messpunkten jeweils sechs Einstiche mit einem Bohrstock. Siebung der lufttrockenen Proben auf 2 mm. Untersuchte Parameter in Tab. 1.

Tabelle 1: Chemische Bodenparameter auf den Untersuchungsschlägen

Parameter	Methode	Quelle	Durchführung
Corg, Nt	Elementar-Autoanalyser	DIN ISO 13878	Agrolab, Sarstedt
Org. Substanz	Corg x 1,724		
pH	0,01 M CaCl ₂		
P ₂ O ₅ , K ₂ O	CAL	VDLUFA 1A6.2.1.1	
Mg	0.01 M CaCl ₂	VDLUFA 1A6.2.4.1	
Bor, Cu, Mn, Zn	CAT/ICP		

Bodenbiologische Untersuchungen

Entnahme von Bodenproben im Frühsommer 2008 auf allen Untersuchungsschlägen an jeweils drei Messpunkten Bei flach arbeitenden Betrieben (max. 20 cm): bearbeitete Oberkrume und unbearbeitete Unterkrume; bei tief lockernden Betrieben: häufig bearbeitete Oberkrume und selten gelockerte Unterkrume (meist 0-15 cm und 15-30 cm). Bei Dammkultur Untersuchung unter Damm und z.T. zusätzlich die Sohle. In einem Kreis mit 3 m Radius 8 Einstiche pro Messpunkt für eine Mischprobe. Im Frühjahr 2009 Wiederholung der Beprobung auf Untersuchungsschlägen mit Wintergetreide an zwei Messpunkten. Durchführung der Untersuchungen vom Fachgebiet Bodenbiologie und Pflanzenernährung der Universität Kassel Witzenhausen in Kooperation mit der Stiftung Ökologie & Landbau.

Tabelle 2: Biologische Bodenparameter auf den Untersuchungsschlägen

Parameter	Methode	Quelle	Durchführung
Corg, Nt	Elementar-Autoanalyser	DIN ISO 13878	Uni Kassel ¹
Mikrobielle Biomasse: Cmic & Nmic	Chloroform-Fumigation- Extraktion	BROOKES et al. 1985; VANCE et al. 1987	
Protease-Aktivität		LADD & BUTLER 1972	
β-Glucosidase-Aktivität		TABATABAI 1982, EIVAZI & TABATABAI 1988.	
Floureszein Diacetat	FDA-HR	SCHNÜRER & ROSSWALL 1982	
Ergosterol	Äthanol-Extraktion, HPLC	DJAJAKIRANA et al. 1996	
Respirationsrate (Basalatmung)	4 Tage Inkubation bei 25°C	ISERMEYER 1952	
Quotienten:			
Cmic / Corg, Nmic / Nt, Cmic/Nmic			
Metabolischer Quotient qCO ₂ : mgCO ₂ -C (Basalatmung) /g Cmik / Tag			
Protease-Aktivität / Cmic: Prot//Cmic,			
β-Glucosidase-Aktivität / Cmic: Gluc/Cmic			
Floureszein Diacetat / Cmic: FDA/Cmic			

¹ Universität Kassel, Witzenhausen, Fachgebiet Bodenbiologie und Pflanzenernährung

Detaillierte Ergebnisse im Anhang II.

Untersuchung von Unkraut und Kulturpflanzenentwicklung

An mindestens einem Termin im Frühjahr 2008 und 2009 Bonitur des Unkrautdeckungsgrads und Ermittlung der häufigsten Unkrautarten an dreimal 0,5 m² in einem Kreis von ca. 5 m Durchmesser um zwei Messpunkten je Schlag. Beurteilung des Kulturpflanzenbestandes an mindestens jeweils zwei Terminen im Frühjahr und Sommer 2008 und 2009. Bei Getreide Beerntung auf 1,5 m² und Bestimmung der Anzahl Halme /m², an zwei Messpunkten je Schlag kurz vor der Praxis-Ernte. Dreschen der Getreideproben mit Einzelpflanzendreschmaschine, Trockenmassebestimmung bei 60°C

Methoden bei der Messung des Zugkraftbedarfs

Durchführung von vergleichenden Zugkraftmessungen im Sommer 2008 auf einem Stoppelacker und einem Kleegrasschlag der Domäne Frankenhausen sowie Einzelmessungen auf ausgewählten Praxisbetrieben. Angaben zu den Standorten und zu den geprüften Verfahren in Tabelle 1, 2 und 3. Detaillierte Ergebnisse im CD-Anhang (Verz. 2-2).

Durchführung der Untersuchungen vom Fachgebiet Agrartechnik der Universität Kassel Witzenhausen in Kooperation mit der Hessischen Staatsdomäne Frankenhausen, dem Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim und der Stiftung Ökologie & Landbau.

Tabelle 1: Bodeneigenschaften an den Standorten der Zugkraftmessung

Betrieb	Boden	Feuchte ¹	Betrieb	Boden	Feuchte ¹
Domäne Frankenhausen			Betrieb C	toniger Lehm	13,6
Stoppelacker	Lößlehm	12,9	Betrieb D	lehmiger Sand	15,6
Klee gras	toniger Lehm	8,6	Betrieb E	sandiger Lehm	13,8
Betrieb A	Lehm	19,6	Betrieb F	Lehm	15,4
Betrieb B	toniger Lehm	13,3			

¹ Bodenfeuchte in Gewichts-%

Auf der Domäne Frankenhausen wurden alle Geräte von einem 270 PS-Schlepper (Fendt 927 Vario) gezogen. Auf den Praxisbetrieben waren die betriebseigenen Schlepper im Einsatz. Die Zugkraftmessung wurde mit dem Zugkraftmessrahmen des Instituts für Agrartechnik der Universität Hohenheim durchgeführt: Sechs-Komponenten-Messrahmen, bei dem zwei dreieckförmige Rahmenelemente mit Kraftmessdosen (Genauigkeitsklasse 0,5 %) verbunden sind und der zwischen Schlepper und zu prüfendem Gerät montiert wird (SCHUTTE, 2005). Ausgewertete Zugstrecke in Frankenhausen 350 und 800 m, auf Praxisbetrieben mindestens 200 m. Durchführung mit gerätetypischen Arbeitsgeschwindigkeiten in einem Bereich von 4 bis 12 km/h (detaillierte Angaben in Ergebnissen, CD-Anhang Verz. 2-2). Ausgewertet wurde je Arbeitsgang der Median aus den gemessenen Werten (Messintervall = 0,5 Sekunden) für Zugkraft und Geschwindigkeit (GPS-Messung). umgerechnet auf einen Meter Arbeitsbreite. Als Arbeitstiefe wurde die Distanz von Oberfläche des ungestörten Bodens bis zum tiefsten bearbeiteten Punkt definiert.

Tabelle 2: Geräte, Bearbeitungsgänge und -tiefen bei der vergleichenden Zugkraftmessung auf der Domäne Frankenhausen

Gerät Hersteller / Arbeitsbreite	Stoppelacker				Kleegras	
	Tiefe [cm]				Tiefe [cm]	
Pflug, Kverneland, 2 m, 4 Schare	20				20	
Ecomat, Kverneland, 2,1 m, 7 Schare & Packomat	10	15			10	15
Stoppelhobel, Zobel, 2 m, 6 Schare, 2. Arbeitsgang nach 5 cm / 8 cm	5	8	11		5	8
Grubber, Pöttinger (Synkro), 3 m, 11 Flügelschare, 3 Balken, Hohlscheiben & Schneidringwalze	8	15			8	15
WeCo-Dyn-Gerät, 3 m, 9 schmale Schare (10 cm), 3 Balken, Krümelwalze, Striegel	5	7,5			4	
WeCo-Dyn-Gerät, 9 Gänsefußschare (36 cm)	4				4 ¹	
Dammkulturgerät, Turiel, 3,6 m, (4* 90 cm-Dämme), 5 Lockerungsschare, 4 Dorne & Häufelkörper	15	25	30	15 ²	15 ³	15 ²
Dammkulturgerät, FB (Frost), 4,8 m (6* 80 cm-Dämme), 6 Lockerungsschare, 7 Schare & Häufelkörper	15	25	30	15 ²	15 ³	15 ²

¹ nach Vorarbeit mit WeCo-Dyn-Gerät (10 cm breite Schare, 4 cm Tiefe)

² 2. Arbeitsgang, gleiche Tiefe (Versetzen der Dämme um halbe Dammbreite)

³ nach Vorarbeit mit Grubber (Flügelschare, 8 cm Tiefe)

Tabelle 3: Geräte, Bearbeitungsgänge und -tiefen bei der Zugkraftmessung auf den Praxisbetrieben A bis F

Betrieb: Gerät Hersteller / Arbeitsbreite	Stoppelacker (Kleegras)		
	Tiefe [cm]		
A: Pflug, Gassner, 1,35 – 1,55 m, 4 Schare	15	20	30
A: Zweischichtenpflug, Gassner, 1,35 m, 4 Schare	15 / 30		
B: Stoppelhobel, Zobel, 2 m, 6 Schare, 2. Arbeitsgang nach 5 cm	5	8	
C: Grubber, Rabe, 4,5 m, 19 Gänsefußschare, 3 Balken, Stabwalze 2. Arbeitsgang	8	8	
D: WeCo-Dyn-Gerät, 3 m, 9 schmale Schare (10 cm), 3 Balken, Krümelwalze, Striegel	(5)		
D: WeCoDyn-Gerät, 9 Gänsefußschare (36 cm)	5	(5)	
E: Dammkulturgerät, Turiel, 5,4 m, (6* 90 cm-Dämme), Umhäufeln	15		
F: Dammkulturgerät, FB, 4,8 m, (6* 80 cm-Dämme), Umhäufeln kleine Häufelkörper	15		
große Häufelkörper	15		

Berechnung des Dieserverbrauchs für einen Arbeitsgang

Detaillierte Ergebnisse im CD-Anhang (Verz. 2-2).

Kalkulation vom Dieserverbrauch aus Zugkrafteergebnissen über einen Ansatz des KTBL (mündliche Mitteilung, 2009a):

Grundbedarf:

$$(a \times b \times c \times d)/e = G$$

G: Grundverbrauch [l/h]

a: Grundverbrauchsfaktor ("0,7 kaum Schlupf & eben" bis 1,4 "lockerer unebener Boden")

b: Traktorgewicht [t]

c: Geschwindigkeit [m/s]

d: Verbrauch Diesel je kWh (0,23 bis 0,28) [kg/kWh]

e: Dichte Diesel (0,82 bis 0,86) [kg/l]

Zugbedarf (Z):

$$(d \times f)/e = Z$$

Z: Zugbedarf [l/ha]

d: Verbrauch Diesel je kWh (0,23 bis 0,28) [kg/kWh]

f: Zugenergiebedarf [kWh/ha]

e: Dichte Diesel (0,82 bis 0,86) [kg/l]

Wendebedarf (W):

$$(G+Z/g)*h*i = W$$

W: Wendebedarf [l/ha]

G: Grundverbrauch [l/h]

Z: Zugbedarf [l/ha]

g: Zugzeit je ha [h/ha]

h: Wendezeit je ha (Anzahl Wenden x Zeit/Wendung) [h]

i: Faktor (0,2)

Gesamtbedarf (S):

$$G \times g + Z + W = S$$

G: Grundverbrauch [l/h]

g: Zugzeit je ha [h/ha]

Z: Zugbedarf [l/ha]

W: Wendebedarf [l/ha]

Beispiel (Pflug, 20 cm tief)

Grundbedarf [l/h]:

a: Grundverbrauchsfaktor ("0,7 bis 1,4):

0,7

b: Traktorgewicht [t]:

6 t

c: Geschwindigkeit [m/s]:

2,2 m/s (8 km/h)

d: Verbrauch Diesel je kWh (0,23 bis 0,28) [kg/kWh]:

0,25 kg/kWh

e: Dichte Diesel (0,82 bis 0,86) [kg/l]:

0,86 kg/l

$$(0,7 \times 6 \times 2,2 \times 0,25) / 0,86 = 2,7 \text{ l/h}$$

Zugbedarf [l/ha]:

d: Verbrauch Diesel je kWh (0,23 bis 0,28) [kg/kWh]:	0,25 kg/kWh
f: Zugenergiebedarf [kWh/ha]	35 kWh/ha
e: Dichte Diesel (0,82 bis 0,86) [kg/l]:	0,86 kg/l

$$(0,25 \times 35) / 0,86 = \mathbf{10,2 \text{ l/ha}}$$

Wendebedarf [l/ha]:

W: Wendebedarf	
G: Grundverbrauch [l/h]	2,7 l/h
Z: Zugbedarf [l/ha]	10,2 l/ha
g: Zugzeit je ha [h/ha] (2 ha-Schlag, Seiten 1:2 = 4800 m Zugfahrstrecke/ha)	0,6 h/ha
h: Wendezeit je ha (2,1 m Breite = 24 x Wenden x Zeit/Wendung 0,5 Min.)	0,2 h/ha
i: Faktor (0,2)	0,2

$$(2,7 + 10,2 / 0,6) \times 0,2 \times 0,2 = \mathbf{0,8 \text{ l/ha}}$$

Gesamtbedarf [l/h]:

G: Grundverbrauch [l/h]	2,7 l/h
g: Zugzeit je ha [h/ha]	0,6 h/ha
Z: Zugbedarf [l/ha]	10,2 l/ha
W: Wendebedarf [l/ha]	0,8 l/ha

$$2,7 \times 0,6 + 10,2 + 0,8 = \mathbf{12,6 \text{ l/ha}}$$

Berechnung von Dieserverbrauch und wirtschaftlichen Vergleichsgrößen für gesamte Ackerbausysteme

Für die Kalkulationen wurden aus den Betriebsinformationen (Betriebsbeispiele ab S. 24) vereinfachte Ackerbausysteme erstellt. Ein möglichst ähnliches System mit Pflugeinsatz galt als hypothetisches Vergleichssystem.

Für den Dieserverbrauch verwendete Daten:

- wenn möglich aus Zugkraftbedarf errechnete und an Bodenart, Arbeitstiefe, Schlag und Schleppergröße angepasste Dieserverbrauchswerte (Tab. 4),
- KTBL-Werte (KTBL 2009b & 2009c),
- z.T. extra Kalkulation mit Betriebschätzwerten, wenn vorhanden.

Für den Arbeitszeitbedarf verwendete Daten:

- KTBL-Werte (KTBL 2009 2009b & 2009c),
- Schätzwerte nach vergleichbaren Geräten (KTBL 2009 2009b & 2009c),
- z.T. extra Kalkulation mit Betriebsangaben, wenn vorhanden.

Für Abschreibung, Versicherung, Reparaturen, Lohnarbeit und Maschinenmieten verwendete Daten:

- KTBL-Werte (KTBL 2006 2008 2009),
- Schätzwerte nach vergleichbaren Geräten (KTBL 2009 2009b & 2009c),
- Schätzwerte nach Neupreis des Gerätes und KTBL-Angaben zu vergleichbaren Geräten (KTBL 2009 2009b & 2009c)

Durchgeführt wurde eine Vollkostenkalkulationen in Anlehnung an DLG-Betriebszweigauswertung (DLG 2004) unter Verwendung der vom KTBL vorgeschlagenen Abgrenzung von Elementen der Arbeitserledigungskosten (KTBL 2009, MaKost Online). Im Rahmen des Projekts wurden nur die auf dem Acker durchgeführten Arbeitsschritte einbezogen. Transporte, Aufarbeitung, Lagerung sowie Kosten für Gebäude und innerbetriebliche Verrechnungen (u.a. Futterproduktion) blieben unberücksichtigt. Zielgrößen der Berechnungen waren:

- Dieserverbrauch,
- Arbeitszeitbedarf,
- Arbeitserledigungskosten,
- kalkulatorisches Betriebszweigergebnis

jeweils für das gesamte Ackerbausystem und für ein Anbaujahr Getreide (Umbruch Leguminosenvorfrucht bis Getreideernte).

Durchführung der Kalkulationen vom Fachgebiet Betriebswirtschaft, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften der Universität Kassel Witzenhausen in Kooperation mit der Stiftung Ökologie & Landbau.

Detailliert ist die Datengrundlage in den Excel-Dateien im CD-Anhang (Verz. 1-B1 bis 1-B15) aufgeführt. Enthalten sind je Betriebsbeispiel:

- Tabelle *Basisdaten & Quellen*,
- Tabelle *Fruchtfolge Pfluglos*: Vereinfachte für die Kalkulation verwendete Fruchtfolge, Produktionsverfahren und Erträge,
- Tabelle *Arbeitsgänge Pfluglos*: Basisdaten und errechnete Maschinenkosten für die einzelnen Arbeitsgänge,
- Tabelle *Fruchtfolge Pflug*: Vereinfachte für die Kalkulation verwendete Fruchtfolge, Produktionsverfahren und Erträge,
- Tabelle *Arbeitsgänge Pflug*: Basisdaten und errechnete Maschinenkosten für die einzelnen Arbeitsgänge,
- Tabelle *BZA Pfluglos*: Betriebszweigabrechnung (Transporte, Aufarbeitung, Lagerung, Kosten für Gebäude, innerbetriebliche Verrechnungen (u.a. Futterproduktion) blieben unberücksichtigt).
- Tabelle *BZA Pflug*: Betriebszweigabrechnung (Transporte, Aufarbeitung, Lagerung, Kosten für Gebäude, innerbetriebliche Verrechnungen (u.a. Futterproduktion) blieben unberücksichtigt).

Tabelle 4: Anpassung des berechneten Dieserverbrauchs an konkrete Betriebsbedingungen

Referenzgerät Pflug:	Ermittlung des Dieserverbrauchs für die gegebenen Bedingungen nach KTBL Feldarbeitsrechner (2009c) (Arbeitstiefe 30 cm, nach KTBL 2009a). Ermittlung der prozentualen Differenz zwischen KTBL-Wert und dem nach Zugkraftbedarfsmessung für den Pflug errechneten Wert.
Gerät nach Zugkraftbedarfsmessung:	Auf- bzw. Abschlag der ermittelten prozentualen Differenz vom errechneten Dieserverbrauch.
Anpassung Pflugtiefe:	Für den Dieserverbrauch des Pfluges in den hypothetischen Ackerbausystemen wurde bei geringerer Arbeitstiefe als 30 cm bei 25 cm 12,5% und bei 20 cm Arbeitstiefe 25% des KTBL-Verbrauchswertes abgezogen.

Anhang II

Betriebsbeispiel 1 (B1)

Energie & Ökonomie (Datengrundlage auf CD)

Modellrechnung: Vergleich von einem Ecomat-System (in Anlehnung an Betriebsleiterangaben) und einem theoretischen Pflug-System (25 cm Arbeitstiefe, bis auf Bodenbearbeitung dem Ecomat-System möglichst ähnlich) in einer vereinfachten, für beide Systeme identischen Fruchtfolge. Datengrundlage: Betriebsleiterangaben, eigene Zugkraftbedarfsmessungen, Schätzwerte, KTBL- und andere Literaturangaben.

Anbauanteile im geprüften Ackerbausystem: vereinfachtes System!

Kleegras	34 %
Winterweizen	32 %
Triticale	17 %
Ackerbohnen	17 %

Eckdaten der Bodenbearbeitung:

	Ecomat	Pflug
Maximale Arbeitstiefe [cm]	14	25
Arbeitsbreite Grundbodenbearbeitung [m]	3,0	2,1

Ergebnisse:

Gesamtes Ackerbausystem			
	Ecomat	Pflug	Einsparung
Dieserverbrauch [l/ha pro Jahr]	70	80	10
Überfahrten [je ha und Jahr]	6,3	6,5	0,2
Arbeitszeitbedarf ¹ [Akh/ha pro Jahr]	3,4	3,9	0,5
Arbeiterledigungskosten ¹ [€/ha pro Jahr]	353	382	29

Produktionsverfahren Wintergetreide nach Kleegras (Umbruch bis Ernte)			
	Ecomat	Pflug	Einsparung
Dieserverbrauch [l/ha pro Jahr]	74	84	10
Überfahrten [je ha und Jahr]	7,5	7,5	0
Arbeitszeitbedarf ¹ [Akh/ha pro Jahr]	4,0	4,6	0,6

¹ unberücksichtigt: Transporte, Betriebsführung und allgem. Betriebsarbeiten

Bodenbiologie auf Schlägen 1 & 2 (15.05.2008 & 14.04.2009, Daten in Anhang III)**Gehalte im Boden:**

Mikrobiologische Belebung des Bodens durchschnittlich bei überdurchschnittlicher Umsatzaktivität ; Interpretation:

- die relativ hohe Aktivität des Bodens kann u.a. mit der regelmäßigen Mistdüngung zusammen hängen

Unterschiede zwischen Ober- und Unterkrume lagen unter dem Durchschnitt; mögliche Ursachen:

- die flachere Bearbeitung erfolgt erst seit relativ kurzer Zeit, so dass die Differenzierung zwischen Ober- und Unterkrume noch wenig ausgeprägt ist

Eigenschaften der organischen Substanz & des mikrobiellen Bodenlebens:

Belebtheit der organischen Substanz und Aktivität der mikrobiellen Biomasse durchschnittlich bis überdurchschnittlich bei relativ hohem Pilzanteil; Interpretation:

- Mistdüngung kann zu einer hohen Aktivität führen
- Gründe für die relativ hohen Pilzanteile trotz Strohabfuhr sowie Mist- und Gölledüngung wurden nicht deutlich

Unterschiede zwischen Ober- und Unterkrume lagen im Durchschnitt

➤ Schlag 1

Bewirtschaftung 2007-2009:

Zeitraum	Gerät	Tiefe ¹
26.09.07	Düngung: Gülle 40 m ³ /ha (80kg N/ha)	
28.09.07	Düngung: Mist 20 t/ha	
08.10.07	Ecomat: Umbruch Klee gras	14
12.10.07	Triticalesaat: Kreiselegge & Drillmaschine ('Benetto', 144 kg/ha)	6
28.07.08	Ernte Triticale (45,7 dt/ha)	
01.08.08	Grubber	8
25.09.08	Ecomat	13
30.09.08	Wintererbsensaat mit Stützfrucht Roggen ('LFB33', 50 kg/ha & Roggen 50 kg/ha)	
07.08.09	Ernte Wintererbsen-Roggen-Gemenge (37,3 dt/ha)	
20.08.09	Ecomat (sehr guter Garezustand, feinkrümeliges Saatbett)	12
22.08.09	Kleegrassaar: Kreiselegge & Drillmaschine (30 kg/ha, sehr guter Garezustand, feinkrümeliges Saatbett)	5/1
24.08.09	Cambridgewalze	

¹ in cm

➤ Schlag 2

Bewirtschaftung 2007-2009:

Zeitraum	Gerät	Tiefe ¹
05.09.08	Stoppelhobel: Klee gras umbruch	8
09.09.08	Kreiselegge	5
18.09.08	Sä kompaktor	7
12.10.08	Triticalesaar: Kreiselegge & Drillmaschine ('Benetto' Basis 150 kg/ha, 260 Körner/m ²)	5/3-4
05.09	Striegel	
31.07.09	Ernte Triticale (38,7 dt/ha)	
06.08.09	Stoppelhobel	7
07.08.09	Kreiselegge	5
31.08.09	Sä kompaktor	6
22.09.09	Sä kompaktor	15
29.09.09	Wintererbsensaar mit Triticale: Kreiselegge & Drillmaschine ('E.F.B. 33', 70kg/ha & 'Benetto', 80 kg/ha)	

¹ in cm

Betriebsbeispiel 2 (B2) Buch S. 38

Energie & Ökonomie (Datengrundlage auf CD)

Modellrechnung: Vergleich von einem Stoppelhobel-System (in Anlehnung an Betriebsleiterangaben) und einem theoretischem Pflug-System (20 cm Arbeitstiefe, bis auf Bodenbearbeitung dem Grubber-System möglichst ähnlich) in einer vereinfachten für beide Systeme identischen Fruchtfolge. Datengrundlage: Betriebsleiterangaben, Schätzwerte, KTBL- und andere Literaturangaben.

Anbauanteile im geprüfte Ackerbausystem: vereinfachtes System!

Luzerne 1. Jahr	13 %
Luzerne 2. Jahr	13 %
Rotklee	13 %
Winterweizen	33 %
Dinkel	28 %

Eckdaten der Bodenbearbeitung:

	Stoppelhobel	Pflug
Maximale Arbeitstiefe [cm]	12	20
Arbeitsbreite Grundbodenbearbeitung [m]	2,45	1,4

Ergebnisse:

Gesamtes Ackerbausystem			
	Stoppelhobel	Pflug	Einsparung
Dieserverbrauch [l/ha pro Jahr]	73 (71) ²	81	8 (10)
Überfahrten [je ha und Jahr]	7,5	7,0	0,5
Arbeitszeitbedarf ¹ [Akh/ha pro Jahr]	5,1 (7,3)	5,7	0,6 (-1,6)
Arbeiterledigungskosten ¹ [€/ha pro Jahr]	425 (446)	447	22 (1)

Produktionsverfahren Wintergetreide nach Klee gras (Umbruch bis Ernte)

	Stoppelhobel	Pflug	Einsparung
Dieserverbrauch [l/ha pro Jahr]	82 (64)	82 (96)	30 (32)
Überfahrten [je ha und Jahr]	8,0	7,5	1
Arbeitszeitbedarf ¹ [Akh/ha pro Jahr]	6,4 (3,7)	6,4 (6,2)	2,5 (2,5)

¹ unberücksichtigt: Transporte, Betriebsführung und allgem. Betriebsarbeiten

² in Klammern: Verwendung von Betriebsschätzwerten für Diesel- & Zeitbedarf

Bodenbiologie auf Schlägen 1 & 2 (24.06.2008 & 07.04.2009, Daten Anhang III)**Gehalte im Boden:**

Mikrobiologische Belebung des Bodens und Umsatzaktivität durchschnittlich, nur Glucosidase-Aktivität relativ gering; Interpretation:

- die trotz Rinderhaltung nur mittlere Belebung hängt evtl. mit der Düngung von Biogasgülle zusammen, bei Mistdüngung wären höhere Werte zu erwarten;
- geringe Glucosidase-Aktivität kann mit dem Abfahren von Stroh und Futter und der Ausbringung von vergorenen Rückständen zusammen hängen: wenig Zufuhr von frischem, cellulosereichem, organischem Material;

Unterschiede zwischen Ober- und Unterkrume lagen im Durchschnitt;

mögliche Ursachen:

- nur flache Bearbeitung, keine Einmischung von organischem Material in die Unterkrume, deshalb in Oberkrume meist höhere Belebung

Eigenschaften der organischen Substanz & des mikrobiellen Bodenlebens:

Belebtheit der organischen Substanz durchschnittlich bei unterdurchschnittlicher Aktivität der mikrobiellen Biomasse und geringem Pilzanteil; mögliche Ursachen:

- wie oben

Unterschiede zwischen Ober- und Unterkrume lagen im Durchschnitt

➤ Schlag 1

Penetrologger: leichter Verdichtungshorizont zwischen 20 und 30 cm

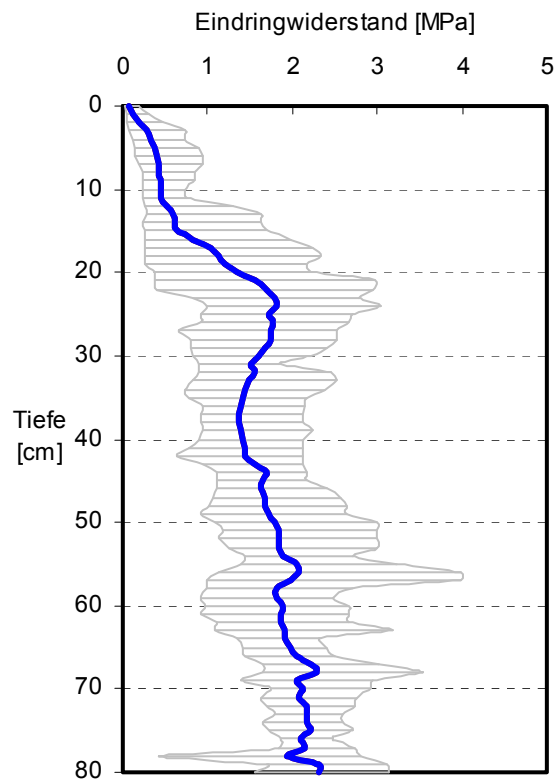


Abbildung: Betrieb 2, Schlag 1; Ergebnisse der Penetrologgermessungen vom 04.12.2008 (flach); fette Linie: Mittelwert von 16 Messungen; grauer Bereich: Minimum - Maximum

Bewirtschaftung 2007-2009:

Zeitraum	Gerät	Tiefe ¹
10.07	Pflug (130 PS, 4 Schar, 1,6 m Arbeitsbreite)	10
10.07	Hornmist-Präparat (50 PS, 18 m Arbeitsbreite)	
10.07	Weizensaat: Kreiselegge & Drillmaschine (130 PS, 4 m Arbeitsbreite)	ca. 6
04.08	Hornmist-Präparat (50 PS, 18 m Arbeitsbreite)	
04.08	Maschinenhacke (50 PS, 4m Arbeitsbreite)	3
04.08	Gülleinjektor (80 PS 5 m Arbeitsbreite) 15m ³ /ha	
05.08	Gülleinjektor (80 PS 5 m Arbeitsbreite) 15m ³ /ha	
05.08	Hornkiesel-Präparat (50 PS, 18 m Arbeitsbreite)	
08.08	Getreideernte Mähdrescher (60 PS, 2,6m Arbeitsbreite)	
08.08	Stoppelhobel (130 PS 2,5 m Arbeitsbreite)	6
08.08	Kreiselegge + Römer Walze (130 PS, 4 m Arbeitsbreite)	4
09.08	Stoppelhobel	8
09.08	Kreiselegge + Prismenwalze	4
10.08	Gülledüngung (80 PS, 10 m Arbeitsbreite) 15m ³ /ha	
10.08	Pflug	10-12
10.08	Weizensaat: Kreiselegge & Drillmaschine	6
10.08	Hornmist-Präparat	
04.09	Gülleinjektor 15m ³ /ha	
04.09	Hornmist-Präparat	
04.09	Maschinenhacke 4m, Arbeitsbreite, 50 PS	
05.09	Gülleinjektor 15m ³ /ha	
05.09	Hornkiesel-Präparat	
07.09	Ernte Mähdrescher	
08.09	Stoppelhobel	6
08.09	Kreiselegge + Prismenwalze	4

¹ in cm

➤Schlag 2

Penetrologger: an einzelnen Punkten deutlicher Verdichtungshorizont zwischen 20 und 30 cm

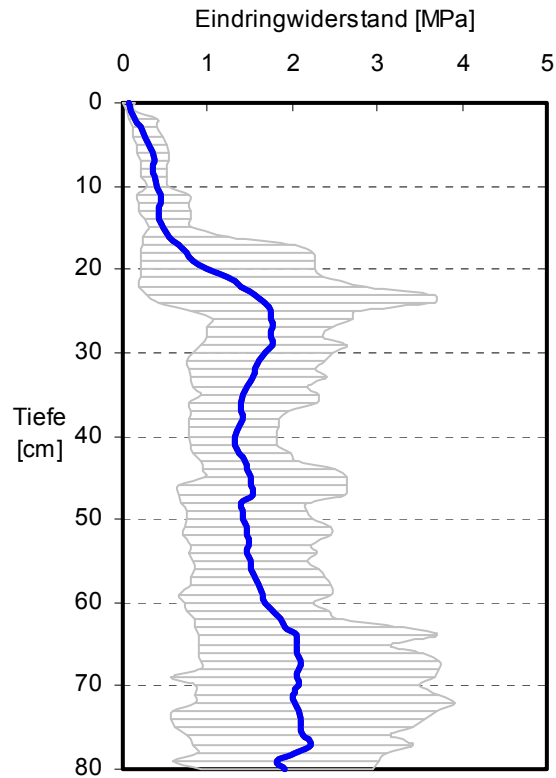


Abbildung: Betrieb 2, Schlag 2; Ergebnisse der Penetrologgermessungen vom 04.12.2008 (flach); fette Linie: Mittelwert von 16 Messungen; grauer Bereich: Minimum - Maximum

Bewirtschaftung 2007-2009:

Zeitraum	Gerät	Tiefe¹
10.07	Stoppelhobel (130 PS 2,5 m Arbeitsbreite)	6
08.07	Kreiselegge + Prismenwalze (130 PS, 4 m Arbeitsbreite)	4
08.07	Rotkleesaat: Drillmaschine 25 kg/ha Rotklee (50 PS, 2,8m Arbeitsbreite)	
08.07	Prismenwalze (80 PS, 4 m Arbeitsbreite)	
10.07	Hornmist-Präparat (50 PS, 18 m Arbeitsbreite)	
04.08	Hornmist-Präparat	
05.08	Hornkiesel-Präparat	
05.08	1. Schnitt	
06.08	2. Schnitt	
08.08	3. Schnitt	
09.08	4. Schnitt	
10.08	Pflug (130 PS, 4 Schar, 1,6 m Arbeitsbreite)	10
10.08	Weizensaat: Kreiselegge & Drillmaschine (130 PS, 4 m Arbeitsbreite)	4
10.08	Hornmist-Präparat, 18 m Arbeitsbreite, 50 PS	
04.09	Hornmist-Präparat	
05.09	Gülleinjektor (80 PS, 5 m Arbeitsbreite) 15m ³ /ha	
05.09	Hornkiesel-Präparat	
07.09	Getreideernte Mähdrescher (60 PS, 2,6m Arbeitsbreite)	
08.09	Stoppelhobel	6
08.09	Kreiselegge + Prismenwalze	4

¹ in cm

Betriebsbeispiel 3 (B3)

Energie & Ökonomie (Datengrundlage auf CD)

Modellrechnung: Vergleich von einem Stoppelhobel-System (in Anlehnung an Betriebsleiterangaben) und einem theoretischen Pflug-System (20 cm Arbeitstiefe, bis auf Bodenbearbeitung dem Stoppelhobel-System möglichst ähnlich) in einer vereinfachten, für beide Systeme identischen Fruchtfolge. Datengrundlage: Betriebsleiterangaben, eigene Zugkraftbedarfsmessungen, Schätzwerte, KTBL- und andere Literaturangaben.

Anbauanteile im geprüften Ackerbausystem: vereinfachtes System!

Rotklee	19 %	Hafer	19 %
Winterweizen	16 %	Dinkel	11 %
Roggen	16 %	Sommergerste	19 %

Eckdaten der Bodenbearbeitung:

	Stoppelhobel	Pflug
Maximale Arbeitstiefe [cm]	8	20
Arbeitsbreite Grundbodenbearbeitung [m]	2,1	1,1

Ergebnisse:

Gesamtes Ackerbausystem			
	Stoppelhobel	Pflug	Einsparung
Dieserverbrauch [l/ha pro Jahr]	56	78	22
Überfahrten [je ha und Jahr]	5,9	6,0	0,1
Arbeitszeitbedarf ¹ [Akh/ha pro Jahr]	5,2 (5,6) ²	6,5	1,3 (0,9)
Arbeiterledigungskosten ¹ [€/ha pro Jahr]	335 (339)	386	51 (47)

Produktionsverfahren Wintergetreide nach Kleegrass (Umbruch bis Ernte)

	Stoppelhobel	Pflug	Einsparung
Dieserverbrauch [l/ha pro Jahr]	69	93	24
Überfahrten [je ha und Jahr]	6,0	6,0	0
Arbeitszeitbedarf ¹ [Akh/ha pro Jahr]	6,2 (6,6)	7,8	1,6 (1,2)

¹ unberücksichtigt: Transporte, Betriebsführung und allgem. Betriebsarbeiten

² in Klammern: Verwendung von Betriebsschätzwerten für den Zeitbedarf

Bodenbiologie auf Schlägen 1 & 2 (24.06.2008 & 07.04.2009, Daten in Anhang III)**Gehalte im Boden:**

Mikrobiologische Belegung des Bodens und Umsatzaktivität meist überdurchschnittlich;

Interpretation:

- die relativ hohe Belegung des Bodens ist wahrscheinlich v.a. auf die hohen Tongehalte und die dadurch hohen Gehalte an organischer Substanz zurückzuführen;

Unterschiede zwischen Ober- und Unterkrume lagen meist im Durchschnitt;

mögliche Ursachen:

- nur flache Bearbeitung, keine Einmischung von organischem Material in die Unterkrume, deshalb in Oberkrume meist höhere Belegung

Eigenschaften der organischen Substanz & des mikrobiellen Bodenlebens:

Bei überdurchschnittlicher Belebtheit der organischen Substanz relativ geringe Aktivität der mikrobiellen Biomasse und durchschnittlicher Pilzanteil; Interpretation:

- keine klaren Zusammenhänge mit Standort- oder Bewirtschaftungsfaktoren,

Unterschiede zwischen Ober- und Unterkrume lagen im Durchschnitt

➤ Schlag 1

Penetrologger: keine Verdichtungshorizonte erkennbar

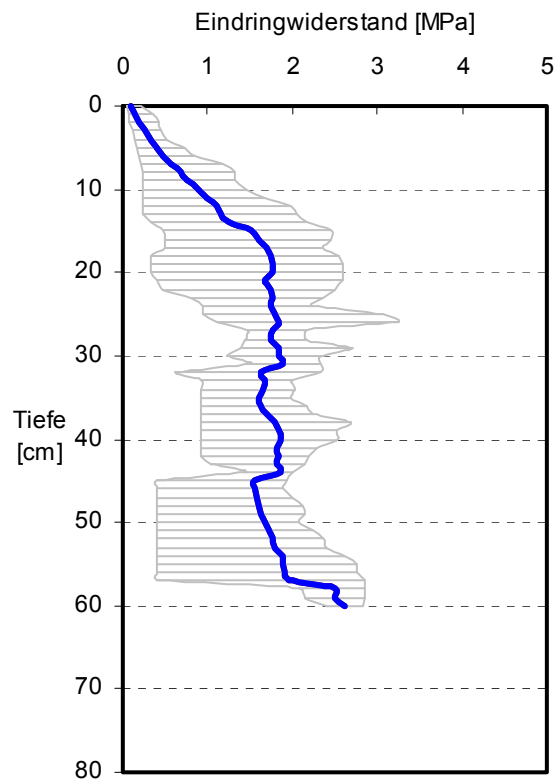


Abbildung: Betrieb 3, Schlag 1; Ergebnisse der Penetrologgermessungen vom 04.12.2008 (flach); fette Linie: Mittelwert von 16 Messungen; grauer Bereich: Minimum - Maximum

Bewirtschaftung 2007-2009:

Zeitraum	Gerät	Tiefe ¹
2007	Rotklee	
M 09.08	Stoppelhobel & Kreiselegge	4-5
23.09.08	Stoppelhobel	6-8
25.09.08	Weizensaat: Kreiselegge & Sämaschine	
A 08.09	Ernte (54 dt/ha)	

¹ in cm

➤ Schlag 2

Penetrologger: keine Verdichtungshorizonte erkennbar

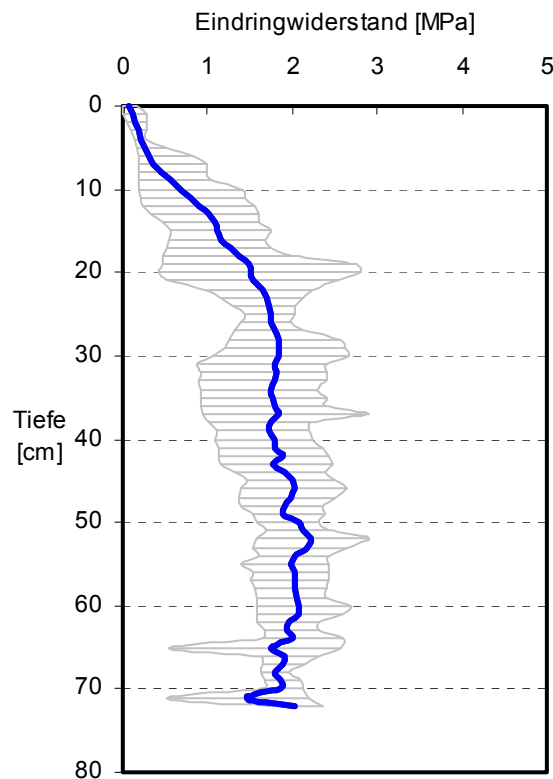


Abbildung: Betrieb 3, Schlag 2; Ergebnisse der Penetrologgermessungen vom 04.12.2008 (flach); fette Linie: Mittelwert von 16 Messungen; grauer Bereich: Minimum - Maximum

Bewirtschaftung 2007-2009:

Zeitraum	Gerät	Tiefe ¹
A 09.07	Zwischenfruchtsaat (Senf, Perserklee, Buchweizen)	
28.01.08	Stoppelhobel	8-10
28.02.08	Hafersaat: Kreiselegge & Sämaschine (Hälfte des Schlags mit Messpunkten, 1. März Unwetter, 100 mm Regen in 12 Stunden)	
26.04.08	Hafersaat: Kreiselegge & Sämaschine (Rest des Schlags, Boden war wochenlang verhärtet bis Ende Mai)	
08.08	Ernte (15-20 dt/ha)	
M 09.08	Stoppelhobel & Kreiselegge	5-6
27.09.08	Stoppelhobel	8-10
30.09.-08.10.08	Dinkelsaat: Kreiselegge Sämaschine	
E 04.09	Jauche gedüngt (17 cm ³ /ha)	
A 08.09	Ernte (37 dt/ha)	

¹ in cm

Betriebsbeispiel 4 (B4)

Energie & Ökonomie (Datengrundlage auf CD)

Modellrechnung: Vergleich von einem Grubber-System (in Anlehnung an Betriebsleiterangaben) und einem theoretischen Pflug-System (20 cm Arbeitstiefe, bis auf Bodenbearbeitung dem Grubber-System möglichst ähnlich) in einer vereinfachten, für beide Systeme identischen Fruchtfolge. Datengrundlage: Betriebsleiterangaben, eigene Zugkraftbedarfsmessungen, Schätzwerte, KTBL- und andere Literaturangaben.

Anbauanteile im geprüften Ackerbausystem: vereinfachtes System!

Rotklee	14 %	Triticale	14 %
Winterweizen	14 %	Hafer	14 %
Sommergerste	14 %	Roggen	14 %
Körnererbsen	14 %		

Eckdaten der Bodenbearbeitung:

	Grubber	Pflug
Maximale Arbeitstiefe [cm]	10	20
Arbeitsbreite Grundbodenbearbeitung [m]	4,5	1,8

Ergebnisse:

Gesamtes Ackerbausystem			
	Grubber	Pflug	Einsparung
Dieselvebrauch [l/ha pro Jahr]	67	97	30
Überfahrten [je ha und Jahr]	9,5	10,1	0,6
Arbeitszeitbedarf ¹ [Akh/ha pro Jahr]	5,0 (4,9) ²	6,6	1,6 (1,7)
Arbeiterledigungskosten ¹ [€/ha pro Jahr]	361 (360)	457	96 (97)

Produktionsverfahren Wintergetreide nach Klee gras (Umbruch bis Ernte)			
	Grubber	Pflug	Einsparung
Dieselvebrauch [l/ha pro Jahr]	71	89	18
Überfahrten [je ha und Jahr]	9,0	8,0	-1
Arbeitszeitbedarf ¹ [Akh/ha pro Jahr]	5,0 (5,3)	6,0	1,0 (0,7)

¹ unberücksichtigt: Transporte, Betriebsführung und allgem. Betriebsarbeiten

² in Klammern: Verwendung von Betriebsschätzwerten für Diesel- & Zeitbedarf

Bodenbiologie auf Schlägen 1 & 2 (26.06.2008 & 14.04.2009, Daten in Anhang III)**Gehalte im Boden:**

Mikrobiologische Belegung des Bodens und Umsatzaktivität überdurchschnittlich;

Interpretation:

- keine klaren Zusammenhänge mit Standort- oder Bewirtschaftungsfaktoren,
Unterschiede zwischen Ober- und Unterkrume lagen im Durchschnitt;

mögliche Ursachen:

- seit über 20 Jahren flache Bearbeitung, keine Einmischung von organischem
Material in die Unterkrume, deshalb in der Oberkrume höhere Belegung

Eigenschaften der organischen Substanz & des mikrobiellen Bodenlebens:

Belebtheit der organischen Substanz durchschnittlich bei z.T. unterdurchschnittlicher

Aktivität der mikrobiellen Biomasse und mittlerem Pilzanteil; mögliche Ursachen:

- keine klaren Zusammenhänge mit Standort- oder Bewirtschaftungsfaktoren,
Unterschiede zwischen Ober- und Unterkrume lagen im Durchschnitt

➤ Schlag 1

Bewirtschaftung 2007-2009:

Zeitraum	Gerät	Tiefe¹
08.07	Dyna Drive nach der Ernte	3
08.07	Schwergrubber nach ca. 8 Tagen	6-8
09.07	Schwergrubber	8
10.07	Schwergrubber	8
04.08	Schwergrubber	6
04.08	Sommergerstensaart: Rototiller & Drillmaschine	
04.08	2 x Striegel	
08.08	Ernte Sommergerste	3
08.08	Dyna Drive nach der Ernte	3
08.08	Schwergrubber	6-8
09.08	Schwergrubber	6-8
09.08	Roggensaart: Rototiller & Drillmaschine	3
07.09	Ernte Roggen	6-8
07.09	Schwergrubber	6-8
08.09	Schwergrubber	6-8
10.09	Schwergrubber	6-8

¹ in cm

➤ Schlag 2

Bewirtschaftung 2007-2009:

Zeitraum	Gerät	Tiefe¹
08.07	Dyna Drive nach der Ernte	3
08.07	Schwergrubber nach ca. 8 Tagen	6
09.07	Schwergrubber	8
09.07	Zwischenfruchtsaat: Rototiller & Drillmaschine (Gelbsenf 15 kg/ha)	2
04.08	2 x Schwergrubber zum Zwischenfrucht-Umbruch	6
04.08	Hafersaat: Rototiller & Drillmaschine	3
Frühjahr	2 x Striegel	3
08.08	Ernte Hafer	3
08.08	Dyna Drive nach der Ernte	3
08.08	2 x Schwergrubber	6-8
09.08	Düngung Hühnermist (ca. 40 kg N/ha)	
09.08	Wintergerstensaart: Rototiller & Drillmaschine	3
10.08	Striegel	
03.09	Düngung Hühnermist (ca. 40 kg N/ha)	
07.09	Ernte Gerste	1-3
07.09	Dyna Drive	1-3
08.09	Schwergrubber	6
08.09	Rotkleesaat: Rototiller & Drillmaschine	2
08.09	Ackerwalze	

¹ in cm

Betriebsbeispiel 5 (B5)

Energie & Ökonomie (Datengrundlage auf CD)

Modellrechnung: Vergleich von einem Grubber-System (in Anlehnung an Betriebsleiterangaben) und einem theoretischen Pflug-System (25 cm Arbeitstiefe, bis auf Bodenbearbeitung dem Grubber-System möglichst ähnlich) in einer vereinfachten, für beide Systeme identischen Fruchtfolge. Datengrundlage: Betriebsleiterangaben, Schätzwerte, KTBL- und andere Literaturangaben.

Anbauanteile im geprüften Ackerbausystem: vereinfachtes System!

Luzerne / Weißklee	27 %
Winterweizen	19 %
Dinkel	18 %
Roggen	18 %
Sommergerste	18 %

Eckdaten der Bodenbearbeitung:

	Grubber	Pflug
Maximale Arbeitstiefe [cm]	15	25
Arbeitsbreite Grundbodenbearbeitung [m]	6	2,1

Ergebnisse:

Gesamtes Ackerbausystem			
	Grubber	Pflug	Einsparung
Dieserverbrauch [l/ha pro Jahr]	64	81	17
Überfahrten [je ha und Jahr]	6,7	7,1	0,4
Arbeitszeitbedarf ¹ [Akh/ha pro Jahr]	3,7 (2,4) ²	5,1	1,4 (2,7)
Arbeiterledigungskosten ¹ [€/ha pro Jahr]	323 (310)	411	88 (101)

Produktionsverfahren Wintergetreide nach Klee gras (Umbruch bis Ernte)

	Grubber	Pflug	Einsparung
Dieserverbrauch [l/ha pro Jahr]	63	83	20
Überfahrten [je ha und Jahr]	6,5	7,0	0,5
Arbeitszeitbedarf ¹ [Akh/ha pro Jahr]	3,5 (2,3)	4,9	1,4 (2,6)

¹ unberücksichtigt: Transporte, Betriebsführung und allgem. Betriebsarbeiten

² in Klammern: Verwendung von Betriebsschätzwerten für den Zeitbedarf

Bodenbiologie auf Schlägen 1 & 2 (24.06.2008 & 07.04.2009, Daten in Anhang III)**Gehalte im Boden:**

Mikrobiologische Belebung des Bodens und Umsatzaktivität variiert zwischen den Schlägen; eine Zuordnung zu Standort- oder Bewirtschaftungseinflüssen wurde nicht deutlich;

Unterschiede zwischen Ober- und Unterkrume lagen meist über dem Durchschnitt; mögliche Ursachen:

- langjährig flache Bearbeitung, keine Einmischung von organischem Material in die Unterkrume, deshalb in Oberkrume meist höhere Belebung

Eigenschaften der organischen Substanz & des mikrobiellen Bodenlebens:

Belebtheit der organischen Substanz und Pilzanteil meist über dem Durchschnitt, Aktivität der mikrobiellen Biomasse unterdurchschnittlich; mögliche Ursachen:

- hoher Pilzanteil kann mit der intensiven Strohzufuhr zusammenhängen
- geringe Aktivität hängt evtl. mit der fehlenden Düngung mit Wirtschaftsdüngern zusammen

Unterschiede zwischen Ober- und Unterkrume lagen im Durchschnitt

➤ Schlag 1

Penetrologger: Deutlicher Unterschied zwischen bearbeitetem und unbearbeitetem Boden, jedoch kein ausgeprägter Verdichtungshorizont

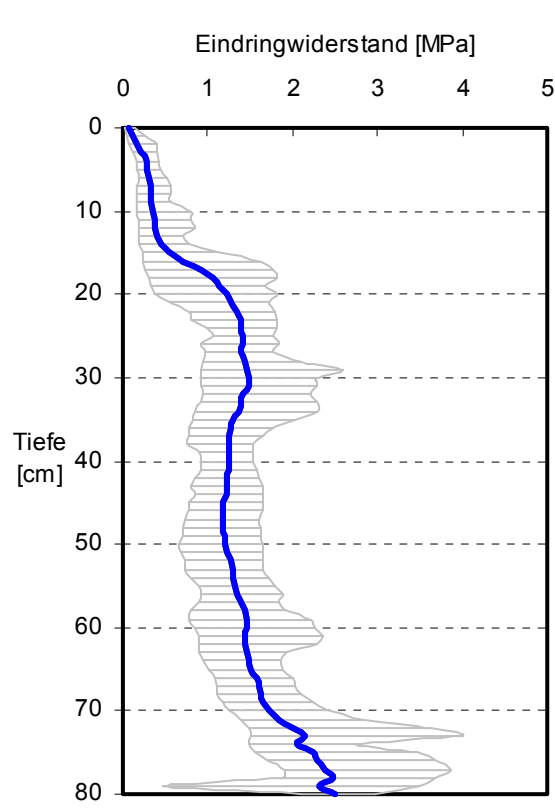


Abbildung: Betrieb 5, Schlag 1; Ergebnisse der Penetrologgermessungen vom 04.12.2008 (flach); fette Linie: Mittelwert von 16 Messungen; grauer Bereich: Minimum - Maximum

Bewirtschaftung 2008-2009:

Zeitraum	Gerät	Tiefe ¹
E 07.08	Ernte Weizen (48 dt/ha)	
E 07.08	Flügelschargrubber	10
A 08.08	Zwischenfruchtsaat: Saatkombination (Ackerbohnen & Erbsen, 250 kg/ha)	
M 09.08	Flügelschargrubber	10
E 09.08	Flügelschargrubber	20
A 10.08	Dinkelsaat: Saatkombination (200 kg/ha, 30 cm Reihe)	
M 04.09	Hacke	
E 07.09	Ernte Dinkel (35 dt/ha)	

¹ in cm

➤ Schlag 2 (Reichster Hölle)

Penetrologger: ein z.T. stark ausgeprägter Verdichtungshorizont zwischen 20 und 35 cm

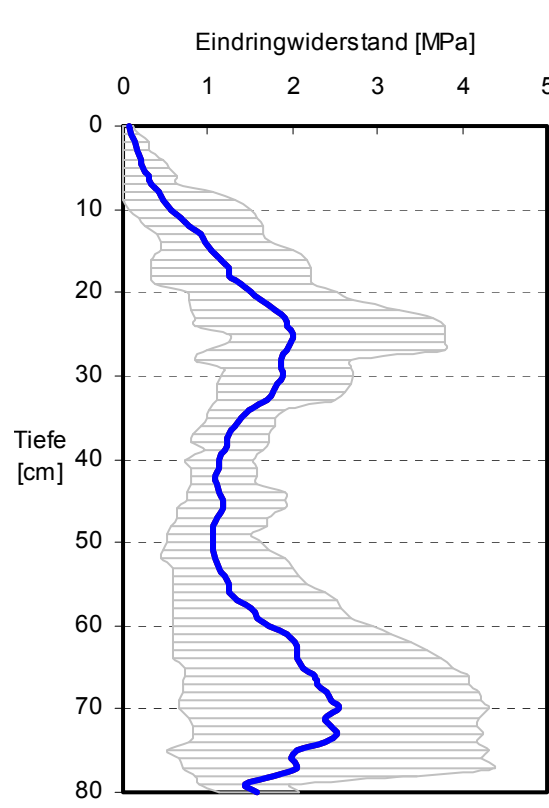


Abbildung: Betrieb 5, Schlag 2; Ergebnisse der Penetrologgermessungen vom 04.12.2008 (flach); fette Linie: Mittelwert von 16 Messungen; grauer Bereich: Minimum - Maximum

Bewirtschaftung 2008-2009:

Zeitraum	Gerät	Tiefe ¹
M 09.08	Fräse: Umbruch Klee gras	8
E 09.08	Flügelschargrubber	20
A 10.08	Feingrubber	10
M 10.08	Weizensaat: Saatkombination (200 kg/ha, 30 cm Reihe)	
M 04.09	Hacke	
E 07.09	Weizenernte (44 dt/ha)	

¹ in cm

Betriebsbeispiel 6 (B6)

Energie & Ökonomie (Datengrundlage auf CD)

Modellrechnung: Vergleich von einem Grubber-System (in Anlehnung an Betriebsleiterangaben) und einem theoretischen Pflug-System (25 cm Arbeitstiefe, bis auf Bodenbearbeitung dem Grubber-System möglichst ähnlich) in einer vereinfachten, für beide Systeme identischen Fruchtfolge. Datengrundlage: Betriebsleiterangaben, Schätzwerte, KTBL- und andere Literaturangaben.

Anbauanteile im geprüften Ackerbausystem: vereinfachtes System!

Rotklee	25 %
Winterweizen	50 %
Körnererbsen	25 %

Eckdaten der Bodenbearbeitung:

	Grubber	Pflug
Maximale Arbeitstiefe [cm]	10	25
Arbeitsbreite Grundbodenbearbeitung [m]	5,4	2,1

Ergebnisse:

Gesamtes Ackerbausystem			
	Grubber	Pflug	Einsparung
Dieselverbrauch [l/ha pro Jahr]	54 (52) ²	69	15 (17)
Überfahrten [je ha und Jahr]	8,9	9,0	0,1
Arbeitszeitbedarf ¹ [Akh/ha pro Jahr]	3,4 (3,6)	4,3	0,9 (0,7)
Arbeiterledigungskosten ¹ [€/ha pro Jahr]	298 (297)	349	51 (52)

Produktionsverfahren Wintergetreide nach Kleegras (Umbruch bis Ernte)

	Grubber	Pflug	Einsparung
Dieselverbrauch [l/ha pro Jahr]	66 (61)	78	12 (13)
Überfahrten [je ha und Jahr]	10,0	10,0	0
Arbeitszeitbedarf ¹ [Akh/ha pro Jahr]	3,7 (3,9)	4,6	0,9 (0,7)

¹ unberücksichtigt: Transporte, Betriebsführung und allgem. Betriebsarbeiten

² in Klammern: Verwendung von Betriebsschätzwerten für den Zeitbedarf

Bodenbiologie auf Schlägen 1 & 2 (14.05.2008, Daten in Anhang III)**Gehalte im Boden:**

Mikrobiologische Belebung des Bodens relativ gering bei durchschnittlicher Umsatzaktivität; Interpretation:

- keine klaren Zusammenhänge mit Standort- oder Bewirtschaftungsfaktoren

Unterschiede zwischen Ober- und Unterkrume waren meist durchschnittlich;

mögliche Ursachen:

- die seit acht Jahren durchgeführte flache Bearbeitung führte zu einer deutlichen Differenzierung in der Krume

Eigenschaften der organischen Substanz & des mikrobiellen Bodenlebens:

Belebtheit der organischen Substanz meist relativ niedrig, Pilzanteil stark variierend, Aktivität der mikrobiellen Biomasse überdurchschnittlich; Interpretation:

- keine klaren Zusammenhänge mit Standort- oder Bewirtschaftungsfaktoren

Unterschiede zwischen Ober- und Unterkrume lagen im Durchschnitt

➤ Schlag 1

Penetrologger: deutlich dichter Boden ab ca. 18 cm; kein Verdichtungshorizont

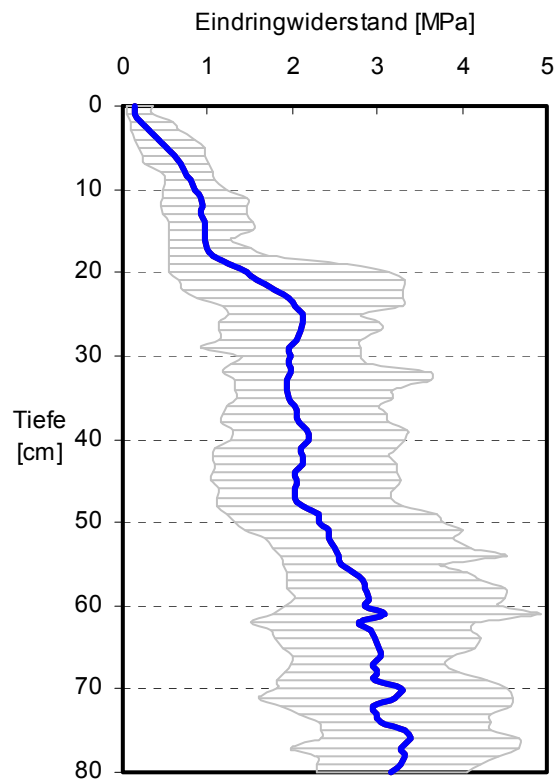


Abbildung: Betrieb 6, Schlag 1; Ergebnisse der Penetrologgermessungen vom 17.03.2009; fette Linie: Mittelwert von 16 Messungen; grauer Bereich: Minimum - Maximum

Bewirtschaftung 2007-2009:

Zeitraum	Gerät	Tiefe¹
08.08.2007	Rotkleedirektsaat: Köckerling Ultima (Bandsaat) Rotklee 100g/ha tetra Maro 5 kg/ha di Milous	0,5
20.08.2007	Cambridgewalze	
05.09.2007	Düngung kohlenaurer Kalk 80% CaCo3 34 dt/ha, breitwürfig Miststreuer	
21.04.2008	Glattwalze	
06.06.2008	Mahd 239 dt/ha	
16.07.2008	Mahd 126 dt/ha	
03.09.2008	Mahd 158 dt/ha	
15.09.2008	Scheibenegge: Kleeumbruch	6
27.09.2008	Schwergrubber (o.k. teilw. Klee nicht sauber abgeschnitten)	8
05.10.2008	Winterweizensaat: Saatkombination + pneumat. Drille ('Capo' Nachbau 250K/m ² ; 40cm Reihenabstand, rauhes Saatbett)	2,5
13.10.2008	Striegel (blind, harte Einstellung, gute Wirkung)	0,5
22.04.2008	Striegel (Weizen in Bestockung, Unkraut o.k., Kleedurchwuchs)	0,5
07.05.2009	Scharhacke (Beginn Schossen, gute Schneidewirkung, Klee hängt an Klumpen)	3
08.08.2009	Ernte Weizen (ca. 12 dt/ha, RP 12%, viel Kleedurchwuchs dadurch feucht); Stroh abgefahren	
30.08.2009	Scheibenegge: Stoppelbearbeitung (starker Kleebewuchs)	6
11.09.2009	Schwergrubber (gute Wirkung gg. Klee, trockenes Wetter)	8

¹ in cm

➤ Schlag 2

Penetrologger: kontinuierlicher Anstieg der Bodendichte bis 30 cm, Verdichtungshorizont zwischen 28 und 38 cm (alte Pflugsohle?)

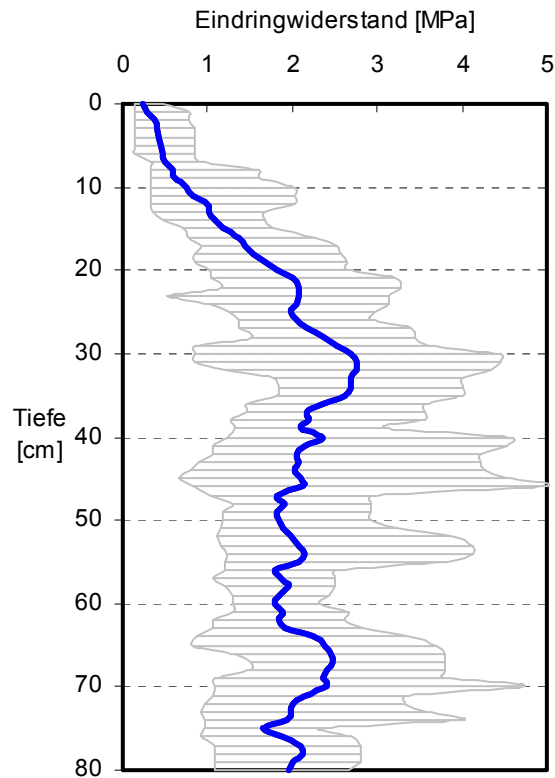


Abbildung: Betrieb 6, Schlag 2; Ergebnisse der Penetrologgermessungen vom 17.03.2009; fette Linie: Mittelwert von 16 Messungen; grauer Bereich: Minimum - Maximum

Bewirtschaftung 2007-2009:

Zeitraum	Gerät	Tiefe¹
15.08.2007	Scheibenegge	8
27.08.2007	Schwergrubber (leicht gekreuzte Fahrtrichtung)	8
27.08.2007	Zwischenfruchtsaat: Saatbettkombination + pneumat. Drille (Gelbsenf 18 kg/ha)	2
28.02.2008	Schwergrubber (Senf abgestorben, eingearbeitet)	8
27.04.2008	Schwergrubber (leicht gekreuzte Fahrt, Boden teilweise nass)	10
28.04.2008	Körnererbsensaat: Saatbettkombination + pneumat. Drille ('Rocket' Nachbau 85 K/m ² , nasses Saatbett, schlechte Ablage)	4
28.04.2008	Leindotteruntersaat: Cambridgewalze + pneumat. Streuer, (39 kg/ha)	
05.2008	sehr schlechter Feldaufgang: Erbsenbestand 20-30 Pfl./m ² , trockener Mai, Leindotter gut	
06.2008	Leindotterbestand gut, Erbsen schlecht, Unkrautdruck	
21.08.2008	Ernte (Erbsen 3 dt/ha, Leindotter 2,6 dt/ha, feuchtes Erntegut) Stroh bleibt auf Schlag	
28.08.2008	Schwergrubber (teilweise schlechter Durchgang wegen org. Masse)	8
14.09.2008	Schwergrubber (weniger org. Masse, Grubber o.k.)	10
26.09.2008	Schwergrubber (o.k.)	12
03.10.2008	Winterweizensaat: Saatkombination + pneumat. Drille (verschiedene Sorten: 'Akteur', 'Copa', 'Achat', Gemenge 'Capo' & 'Akteur', 250 K/m ² , weite Reihe 40cm)	2,5
20.04.2009	Striegel (3-Blattstadium - Bestockung, weichere Einstellung)	0,5
29.04.2009	Scharhacke (Beginn Schossen, gutes Abschneiden aber klumpig)	3
09.08.2009	Ernte Weizen (ca. 20dt/ha, RP 11.8 %, Unkrautbesatz: Kamille Quecke), Stroh abgefahren	
28.08.2009	Scheibenegge (Boden nass)	6
10.09.2009	Schwergrubber (trockenes Wetter: gute Wirkung gegen Quecke)	8

¹ in cm

Betriebsbeispiel 7 (B7)

Energie & Ökonomie (Datengrundlage auf CD)

Modellrechnung: Vergleich von einem WeCo-Dyn-System (in Anlehnung an Betriebsleiterangaben) und einem theoretischen Pflug-System (25 cm Arbeitstiefe, bis auf Bodenbearbeitung dem WeCo-Dyn-System möglichst ähnlich) in einer vereinfachten, für beide Systeme identischen Fruchtfolge. Datengrundlage: Betriebsleiterangaben, eigene Zugkraftbedarfsmessungen, Schätzwerte, Schätzwerte, KTBL- und andere Literaturangaben.

Anbauanteile im geprüften Ackerbausystem: vereinfachtes System!

Weißklee	20 %
Dinkel / Winterweizen in Weißklee	20 %
Dinkel / Winterweizen	20 %
Winterackerbohnen	20 %
Roggen	20 %

Eckdaten der Bodenbearbeitung:

	WeCo-Dyn	Pflug
Maximale Arbeitstiefe [cm]	4 / 9	25
Arbeitsbreite Grundbodenbearbeitung [m]	3,0	1,4

Ergebnisse:

Gesamtes Ackerbausystem			
	WeCo-Dyn	Pflug	Einsparung
Dieserverbrauch [l/ha pro Jahr]	40 (47) ²	53	13 (6)
Überfahrten [je ha und Jahr]	5,6	7,1	1,5
Arbeitszeitbedarf ¹ [Akh/ha pro Jahr]	3,5 (3,2)	6,1	2,6 (2,9)
Arbeiterledigungskosten ¹ [€/ha pro Jahr]	281 (286)	335	54 (49)

Produktionsverfahren Wintergetreide nach Klee gras (Umbruch bis Ernte)

	WeCo-Dyn	Pflug	Einsparung
Dieserverbrauch [l/ha pro Jahr]	48 (57)	55	7 (-2)
Überfahrten [je ha und Jahr]	6,5	6,0	-0,5
Arbeitszeitbedarf ¹ [Akh/ha pro Jahr]	4,2 (3,7)	6,0	1,8 (2,3)

¹ unberücksichtigt: Transporte, Betriebsführung und allgem. Betriebsarbeiten

² in Klammern: Verwendung von Betriebsschätzwerten für den Dieserverbrauch und Zeitbedarf

Bodenbiologie auf Schlägen 1 & 2 (12.06.2008 & 07.04.2009, Daten in Anhang III)**Gehalte im Boden:**

Schlag 1 durchschnittliche mikrobiologische Belebung des Bodens und Umsatzaktivität, Schlag 2 sehr hohe Werte; Interpretation:

- Schlag 2 häufig überschwemmter Auenstandort

Unterschiede zwischen Ober- und Unterkrume lagen oft über dem Durchschnitt; mögliche Ursachen:

- langjährige flache Bearbeitung, keine Einmischung von organischem Material in die Unterkrume, deshalb in der Oberkrume eine höhere Belebung

Eigenschaften der organischen Substanz & des mikrobiellen Bodenlebens:

Belebtheit der organischen Substanz durchschnittlich bis überdurchschnittlich bei unterdurchschnittlicher Aktivität der mikrobiellen Biomasse und geringem Pilzanteil; mögliche Ursachen:

- keine klaren Zusammenhänge mit Standort- oder Bewirtschaftungsfaktoren

Unterschiede zwischen Ober- und Unterkrume variierten stark

➤Schlag 1**Bewirtschaftung 2007-2009:**

Zeitraum	Gerät	Tiefe ¹
12.10.07	Winterweizensaat: Eco-Dyn, 36cm Schare (Capo '120 kg/ha & 5 kg/ha Leindotter, bei Saat noch mal ganzflächige Bearbeitung, guter und gleichmäßiger Auflauf, jedoch viel Ackerfuchsschwanz -->Fehler bei Saatbettvorbereitung), Dieserverbrauch ca. 8 Liter/ha, Zeit ca. 20 Min/ha	ca. 4-5
19.10.07	Spritzen: biolog.-dyn. Präparat Hornmist, 80g/ha auf 40 Liter H ₂ O, Anwendung abends	
5.11.07	Spritzen biolog.-dyn. Präparat Hornkiesel, 3g/ha auf 40 Liter H ₂ O, Anwendung in Morgendämmerung	
24.04.08	Spritzen: biolog.-dyn. Präparat Hornmist, 80g/ha auf 40 Liter H ₂ O, Anwendung abends	
28.4.08	Spritzen: biolog.-dyn. Präparat Hornkiesel, 3g/ha auf 40 Liter H ₂ O, Anwendung in Morgendämmerung	
16.7.08	Ernte Winterweizen (ca. 20 dt/ha, nicht befriedigend)	
26.07.08	Zwischenfruchtsaat: Eco-Dyn, 10 cm Schare mit Mischblech (Erbsen, Hafer, Sonnenblumen, Soja, Hirse, Ölrettich, Phacelia, Alexandrinerklee, Perserklee; sehr guter Aufgang, schneller Bestandesschluss, Erbsen, Hafer, Ölrettich dominieren), Dieserverb. ca. 10 l/ha, Zeit ca. 25 Min/ha,	ca.4-5
28.7.08	Spritzen: biolog.-dyn. Präparat Hornmist mit Kompostpräparaten, 80g/ha auf 40 Liter H ₂ O, Anwendung abends	
18.09.08	Eco-Dyn, 36 cm Schar: Schälen (ohne vorheriges Mulchen, ging gut aber bei weiteren Arbeitsgängen gab es keinen Erdfluss durch Maschine → ständiges Verstopfen), Dieserverbrauch ca. 10 Liter/ha, Zeit ca. 25 Min/ha	ca. 4-5
27.09.08	Eco-Dyn 36cm Schar mit Mischblech: 2. Bearbeitungsgang (sehr schlechte Arbeitsqualität, ständiges Verstopfen, Tiefenführung schlecht)	ca. 4-5

09.10.08	Dinkelsaat: Eco-Dyn, 36 cm Schare ('Oberkulmer' im Spelz, 170 kg/ha, Tiefenablage nicht immer befriedigend, etwas ungleichmäßiger Aufgang, Ackerfuchsschwanz sehr stark vorhanden - konnte aufgrund der zu geringen und unpräzisen Bearbeitung nicht sicher erfasst werden)	ca. 4-5
10.10.08	Spritzen: biolog.-dyn. Präparat Hornmist, 80g/ha auf 40 Liter H ₂ O, Anwendung abends	
12.11.08	Spritzen biolog.-dyn. Präparat Hornkiesel, 3g/ha auf 40 Liter H ₂ O, Anwendung in Morgendämmerung	
12.11.08	Spritzen biolog.-dyn. Präparat Hornmist, 80g/ha auf 40 Liter H ₂ O, Anwendung abends	
16.04.09	Spritzen biolog.-dyn. Präparat Hornkiesel, 3g/ha auf 40 Liter H ₂ O, Anwendung in Morgendämmerung	
04.05.09	Spritzen biolog.-dyn. Präparat Hornmist, 80g/ha auf 40 Liter H ₂ O, Anwendung abends	
22.7.09	Ernte Dinkel (ca. 20 dt/ha, Hektolitergewicht 45,7 kg)	
23.7.09	Scheibenmähwerk: Stoppeln mähen	
23.7.09	Eco-Dyn, 36 cm Schare mit Mischblech: 1. Bearbeitungsgang, Dieserverbrauch ca. 10 Liter/ha, Zeit ca. 25 Min/ha	4-5
12.08.09	Eco-Dyn, 36 cm Schare mit Mischblech: 2. Bearbeitungsgang, Dieserverbrauch ca. 10 Liter/ha, Zeit ca. 25 Min/ha	4,5
25.08.09	Rotkleesaat: Eco-Dyn ohne Krümelwalze (12 kg/ha, Saatgutvermehrung), nach Saat Cambrigde-Walze	1-2

¹ in cm

➤ Schlag 2

Bewirtschaftung 2007-2009:

Zeitraum	Gerät	Tiefe¹
17.10.07	Dinkelsaat: Eco-Dyn, 10 cm Schare ('Oberkulmer' im Spelz, 190 kg/ha) Streifensaat in Weißklee; Dieserverbrauch: ca. 8 Liter/ha, Zeit ca. 20 Min/ha	4-5
19.10.07	Spritzen: biolog.-dyn. Präparat Hornmist, 80g/ha auf 40 Liter H ₂ O, Anwendung abends	
24.04.08	Spritzen: biolog.-dyn. Präparat Hornkiesel, 3g/ha auf 40 Liter H ₂ O, Anwendung in Morgendämmerung	
24.04.08	Spritzen: biolog.-dyn. Präparat Hornmist, 80g/ha auf 40 Liter H ₂ O, Anwendung abends	
21.07.08	Ernte Dinkel (ca. 15 dt/ha, nicht befriedigend, Hektolitergewicht 43,5 kg), Stroh bleibt gehäckselt auf dem Feld	
25.07.08	Scheibenmähwerk: Stoppeln mähen	
E08.08	Eco-Dyn, 15 cm Schare mit Mischblech (trocken): 1. Bearbeitungsgang, Dieserverbrauch ca. 10 Liter/ha, Zeit ca. 25 Min/ha	ca. 4
28.07.08	Spritzen: biolog.-dyn. Präparat Hornmist mit Kompostpräparaten, 80g/ha auf 40 Liter H ₂ O, Anwendung abends	
M09.08	Eco-Dyn, 36 cm Schare mit Mischblech; 2. Bearbeitungsgang (diagonal), Dieserverbrauch ca. 8 Liter/ha, Zeit ca. 20 Min/ha	ca. 4
25.09.08	Roggensaar: Eco-Dyn, 36 cm Schare (120 kg/ha, bei Saat noch mal ganzflächige Bearbeitung, guter und gleichmäßiger Auflauf), Dieserverbrauch ca. 8 Liter/ha, Zeit ca. 20 Min/ha	ca. 4
29.09.08	Spritzen: biolog.-dyn. Präparat Hornmist, 80g/ha auf 40 Liter H ₂ O, Anwendung abends	
08.10.08	Spritzen: biolog.-dyn. Präparat Hornkiesel, 3g/ha auf 40 Liter H ₂ O, Anwendung in Morgendämmerung	
04.05.09	Erbsensaar: Direktsaat Sommerfuttererbse in Roggen (Vollblatttyp 100 kg/ha); Grund: sehr schlechte Roggenentwicklung, kein Ertrag zu erwarten	
14.08.09	Ernte Erbsen & Roggen (ca. 8 dt/ha, ca. 80% Erbsen, 20% Roggen)	
15.08.09	Eco-Dyn, 10 cm Schare mit Mischblech: 1. Bearbeitungsgang, Dieserverbrauch ca. 10 Liter/ha, Zeit ca. 25 Min/ha, Ziel: Einarbeiten Ausfallroggen u. Erbsen: sehr guter Aufgang der „Zwischenfrucht“ Spritzen: biolog.-dyn. Präparat Hornmist, 80g/ha auf 40 Liter H ₂ O, Anwendung abends	ca. 5
11.09.09	Eco-Dyn, 36 cm Schare mit Mischblech: 2. Bearbeitungsgang, ganzflächig schälen (geschlossener Erbsen-Roggen-Bestand wurde gut unterschritten und eingemischt)	ca. 5
26.09.09	Eco-Dyn, 36 cm Schare mit Mischblech: 3. Bearbeitungsgang, Dieserverbrauch ca. 8 Liter/ha, Zeit ca. 20 Min/ha	ca. 5
14.10.09	Wintererbsen-Winterweizen-Gemengesaar (50 kg/ha Weizen 'Capo' und 80 kg/ha Wintererbsen 'EFB 33')	ca. 5

¹ in cm

Betriebsbeispiel 8 (B8)

Energie & Ökonomie (Datengrundlage auf CD)

Modellrechnung: Vergleich von einem Fräse-System (in Anlehnung an Betriebsleiterangaben) und einem theoretischen Pflug-System (20 cm Arbeitstiefe, bis auf Bodenbearbeitung dem Fräse-System möglichst ähnlich) in einer vereinfachten, für beide Systeme identischen Fruchtfolge. Datengrundlage: oben genannte Betriebsleiterangaben, Schätzwerte, KTBL- und andere Literaturangaben.

Anbauanteile im geprüften Ackerbausystem: vereinfachtes System!

Klee/Kräuter 1. Jahr	28 %
Klee/Kräuter 2. Jahr	14 %
Hafer	30 %
Winterweizen	14 %
Winterroggen	14 %

Eckdaten der Bodenbearbeitung:

	Fräse	Pflug
Maximale Arbeitstiefe [cm]	7	20
Arbeitsbreite Grundbodenbearbeitung [m]	1,8 – 2,3	1,1

Ergebnisse:

Gesamtes Ackerbausystem			
	Fräse	Pflug	Einsparung
Dieserverbrauch [l/ha pro Jahr]	48 (43) ²	54	6 (17)
Überfahrten [je ha und Jahr]	7,5	7,7	0,2
Arbeitszeitbedarf ¹ [Akh/ha pro Jahr]	7,5 (6,5)	8,0	0,5 (0,7)
Arbeiterledigungskosten ¹ [€/ha pro Jahr]	321 (303)	362	41 (59)

Produktionsverfahren Getreide nach Klee gras (Umbruch bis Ernte)

	Fräse	Pflug	Einsparung
Dieserverbrauch [l/ha pro Jahr]	56 (53)	63	7 (10)
Überfahrten [je ha und Jahr]	6,5	6,0	-0,5
Arbeitszeitbedarf ¹ [Akh/ha pro Jahr]	7,4 (6,2)	7,4	0 (1,2)

¹ unberücksichtigt: Transporte, Betriebsführung und allgem. Betriebsarbeiten

² in Klammern: Verwendung von Betriebsschätzwerten für Diesel- & Zeitbedarf

Bodenbiologie auf Schlägen 1 & 2 (11.06.2008 & 03.04.2009, Daten in Anhang III)

Gehalte im Boden:

Mikrobiologische Belebung des Bodens und Umsatzaktivität z.T. deutlich über dem Durchschnitt; Interpretation:

- hoher Anteil an Klee gras in der Fruchtfolge und Düngung mit Mist können zu einer starken Belebung des Bodens führen
 - die aufgrund des Bodentyps (Auenböden, z.T. anmoorig) hohen Gehalte an organischer Substanz tragen wahrscheinlich erheblich zu der hohen Belebung bei
- Unterschiede zwischen Ober- und Unterkrume lagen im Durchschnitt;

Interpretation:

- im Gegensatz zu den boden-chemischen Parametern zeigt sich in den bodenbiologischen Kenngrößen die charakteristische Differenzierung von bearbeiteter Oberkrume zur unbearbeiteten Unterkrume

Eigenschaften der organischen Substanz & des mikrobiellen Bodenlebens:

Belebtheit der organischen Substanz durchschnittlich bei unterdurchschnittlicher Aktivität der mikrobiellen Biomasse und geringem Pilzanteil; Interpretation unklar; Unterschiede zwischen Ober- und Unterkrume lagen im Durchschnitt

➤ Schlag 1

Penetrologger: leichter Verdichtungshorizont in 25 bis 35 cm Tiefe → wahrscheinlich alte Pflugsohle

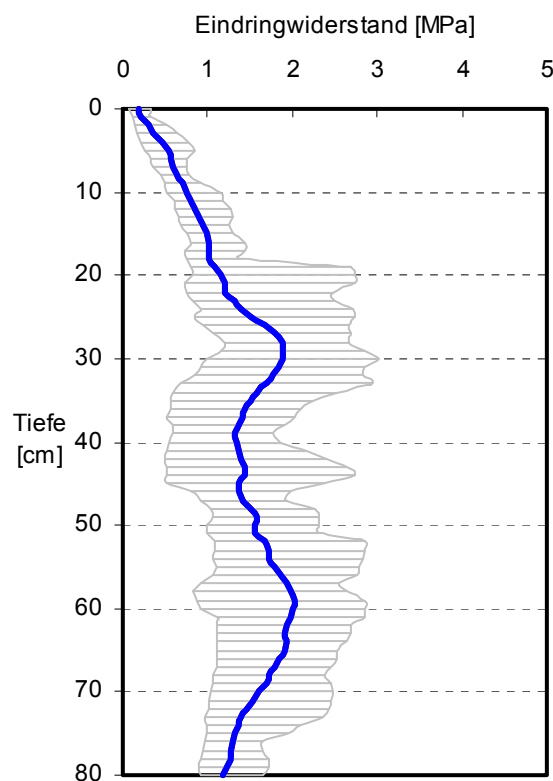


Abbildung: Betrieb 8, Schlag 1; Ergebnisse der Penetrologgermessungen vom 03.12.2008; fette Linie: Mittelwert von 16 Messungen; grauer Bereich: Minimum - Maximum

Bewirtschaftung 2007-2009:

Zeitraum	Gerät	Tiefe ¹
01.08.2007	Fräse	7
06.08.2007	Kreiselgrubber	7
16.08.2007	Stoppelhobel	7
25.08.2007	Kreiselgrubber	7
01.09.2007	Roggensaat+ Klee gras	
11.03.2008	Bäume gepflanzt mit Hand -> Agroforst	
25.07.2008	Ernte Roggen (Dominator 38; 20 dt/ha), Rundballenpresse, Kreiselzeltwende, Kreiselschwader	
10.09.2008	Mulcher	
04.04.2009	Striegel	
07.04.2009	Wiesenwalze	
22.04.2009	Mulcher	
08.06.2009	Mähwerk, Kreiselzeltwender, Kreiselschwader, Rundballenpresse	
22.07.2009	Mähwerk, Kreiselzeltwender, Kreiselschwader, Rundballenpresse	

¹ in cm

➤ **Schlag 2 (Moosacker)**

Penetrologger: kein Verdichtungshorizont zu erkennen

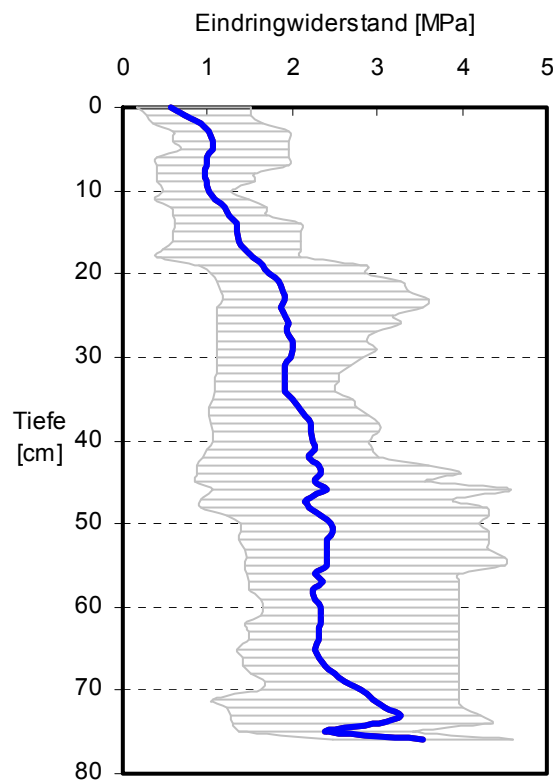


Abbildung: Betrieb 8, Schlag 2; Ergebnisse der Penetrologgermessungen vom 03.12.2008 (flach); fette Linie: Mittelwert von 16 Messungen; grauer Bereich: Minimum - Maximum

Bewirtschaftung 2007-2009:

Zeitraum	Gerät	Tiefe¹
17.12.07	Fräse	7
25.02.08	Kreiselgrubber	7
31.03.08	Hafersaat	
29.07.08	Ernte (Dominator 38; 42 dt/ha)	
06.08.08	Fräse	7
18.08.08	Kreiselgrubber	7
27.08.08	Kreiselgrubber	7
29.08.08	Kleegrassaat	
27.09.08	Roggensaat	
27.07.09	Ernte Roggen (38dt/ha)	
08.09.09	Kleegras gemäht, abends gewendet	
10.09.09	Kreiselschwader, Rundballenpresse	

¹ in cm

Betriebsbeispiel 9 (B9)

Energie & Ökonomie (Datengrundlage auf CD)

Modellrechnung: Vergleich von einem Grubber-System (in Anlehnung an Betriebsleiterangaben) und einem theoretischen Pflug-System (30 cm Arbeitstiefe, bis auf Bodenbearbeitung dem Grubber-System möglichst ähnlich) in einer vereinfachten, für beide Systeme identischen Fruchtfolge. Datengrundlage: oben genannte Betriebsleiterangaben, Schätzwerte, KTBL- und andere Literaturangaben.

Anbauanteile im geprüften Ackerbausystem: vereinfachtes System!

Luzerngras	31 %	Winterroggen	25 %
Kleegras	19 %	Kartoffeln	5 %
Winterweizen	14 %	Möhren	6 %

Eckdaten der Bodenbearbeitung:

	Grubber	Pflug
Maximale Arbeitstiefe [cm]	30-35	30
Arbeitsbreite Grundbodenbearbeitung [m]	3	1,4

Ergebnisse:

Gesamtes Ackerbausystem			
	Grubber	Pflug	Einsparung
Dieserverbrauch [l/ha pro Jahr]	61 (55) ²	60	-1 (5)
Überfahrten [je ha und Jahr]	6,9	6,6	-0,3
Arbeitszeitbedarf ¹ [Akh/ha pro Jahr]	8,7	9,7	1,0
Arbeiterledigungskosten ¹ [€/ha pro Jahr]	392 (385)	418	26 (33)

Produktionsverfahren Wintergetreide nach Kleegras (Umbruch bis Ernte)

	Grubber	Pflug	Einsparung
Dieserverbrauch [l/ha pro Jahr]	95 (80)	101	6 (21)
Überfahrten [je ha und Jahr]	10,0	10,5	0,5
Arbeitszeitbedarf ¹ [Akh/ha pro Jahr]	5,9	7,9	2,0

¹ unberücksichtigt: Transporte, Betriebsführung und allgem. Betriebsarbeiten

² in Klammern: Verwendung von Betriebsschätzwerten für Dieselbedarf

Bodenbiologie auf Schlägen 1 & 2 (16.05.2008 & 20.05.2009, Daten in Anhang III)**Gehalte im Boden:**

Mikrobiologische Belebung des Bodens unter dem Durchschnitt, Umsatzaktivität in der Oberkrume maximal durchschnittlich, in der Unterkrume erheblich unter dem Durchschnitt; Interpretation:

- durch umsatzaktive Standortbedingungen niedrige Gehalte an organischer Substanz und damit auch an mikrobiellem Bodenleben;
- zu Verdichtungen neigender Boden kann im Unterboden ungünstige Bedingungen für mikrobielles Bodenleben aufweisen (z.B. schlechte Durchlüftung)

Unterschiede zwischen Ober- und Unterkrume stärker ausgeprägt als im Durchschnitt; mögliche Ursachen:

- langjährige nicht wendende Bearbeitung kann zu einer starken Differenzierung von Ober- und Unterkrume führen

Eigenschaften der organischen Substanz & des mikrobiellen Bodenlebens:

Belebtheit der organischen Substanz unterschiedlich; Aktivität der mikrobiellen Biomasse relativ hoch; Pilzanteil in der Oberkrume überdurchschnittlich, in der Unterkrume gering; mögliche Ursachen:

- unklar

➤Schlag 1

Penetrologger: z.T. verdichtete Bereiche zwischen 15 und 25 cm; im Bereich der Bearbeitungsgrenze bei ca. 30 cm dichterem Horizont zu erkennen aber schwach ausgeprägt

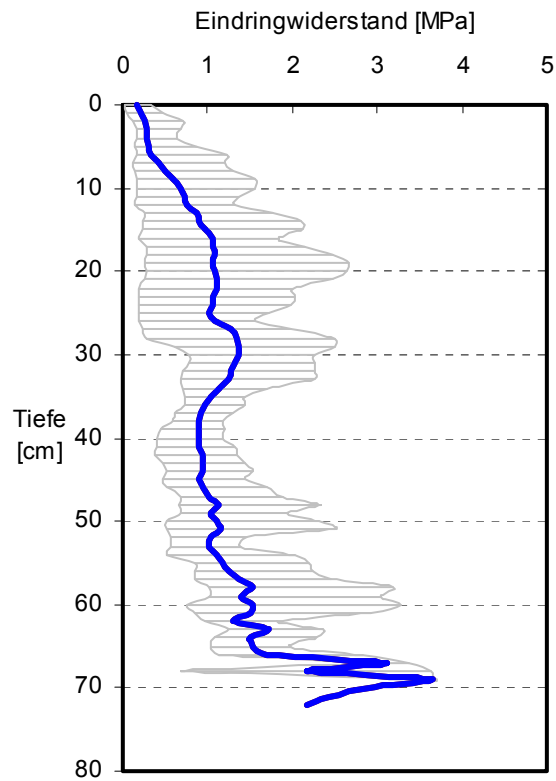


Abbildung: Betrieb 9, Schlag 1; Ergebnisse der Penetrologgermessungen vom 10.12.2008 unter Luzernegras; fette Linie: Mittelwert von 16 Messungen; grauer Bereich: Minimum - Maximum

Bewirtschaftung 2007-2009:

Zeitraum	Gerät	Tiefe¹
07.08.2007	Grubber (6 cm Meißelschare)	8
19.09.2007	Mistkompost (20 t/ha)	
21.09.2007	Grubber (24 cm Gänsefußschare)	10
09.10.2007	Grubber (24 cm Gänsefußschare)	12
26.10.2007	Roggensaat mit Kombination (120 kg/ha)	15/30
02.08.2008	Ernte (Mähdrescher, 3m; Kornertrag 31,6 dt/ha; Strohertrag 55dt/ha)	
12.08.2008	Mist (Tieflaufstall, 25 t/ha)	
13.08.2008	Scheibenegge	8
26.08.2008	Grubber (6 cm Meißelschare)	8
04.09.2008	Grubber (24 cm Gänsefußschare)	12
17.09.2008	Kleegrassaat mit Kombination	12/25
18.09.2008	Walze	
15.04.2009	Mulcher	
12.06.2009	1. Schnitt (20 dt/ha Heu)	
29.07.2009	2. Schnitt (25 dt/ha Heu)	
21.09.2009	3. Schnitt (10 dt/ha Silage)	

¹ in cm

➤Schlag 2

Penetrologger: aufgrund des lang anhaltenden Wasserentzugs durch die Rote Beete ist der Boden auch Mitte Dezember noch nicht bis 80 cm durchfeuchtet: Messungen zeigen v.a. die nach unten abnehmende Feuchtigkeit

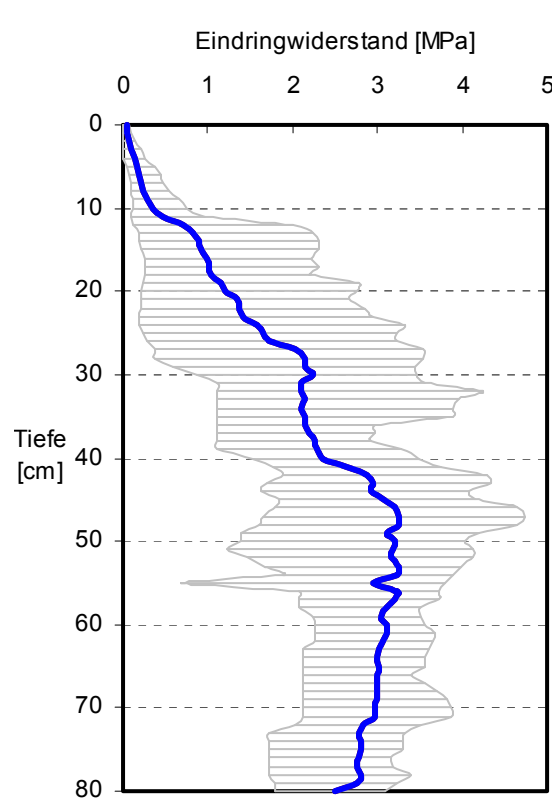


Abbildung: Betrieb 9, Schlag 2; Ergebnisse der Penetrologgerrmessungen vom 10.12.2008 ;
fette Linie: Mittelwert von 12 Messungen; grauer Bereich: Minimum - Maximum

Bewirtschaftung 2007-2009:

Zeitraum	Gerät	Tiefe¹
24.10.2007	Grubber (6 cm Meißelschare)	8
28.10.2007	Grubber (24 cm Gänsefußschare)	10
15.01.2008	Grubber (6 cm Meißelschare)	12
02.04.2008	Grubber (24 cm Gänsefußschare)	10
12.04.2008	Grubber (24 cm Gänsefußschare)+ Netzege	12
26.04.2008	Kombination	12/25
03.05.2008	Kombination	15/30
20.05.2008	Beetbereiter	
30.05.2008	Rote Beete-Saat (1,8 m-Beet, 4 Reihen)	
Vegetation	Abflammer- Bürsten- Hacken	
28.09.2008	Ernte (Asalift einreihig, 35 t/ha Konsumware)	
25.10.2008	Grubber (24 cm Gänsefußschare)	8
05.11.2008	Grubber (24 cm Gänsefußschare)	10
20.11.2008	Weizensaat mit Kombination (200kg/ha)	15/30
05.04.2009	Striegel	
25.04.2009	Striegel	
15.08.2009	Ernte (Mähdrescher, 3m; Kornertrag 58,8 dt/ha; Strohertrag 50dt/ha)	

¹ in cm

Betriebsbeispiel 10 (B10)

Energie & Ökonomie (Datengrundlage auf CD)

Modellrechnung: Vergleich von einem Dammkultursystem (in Anlehnung an Betriebsleiterangaben) und einem theoretischen Pflug-System (25 cm Arbeitstiefe, bis auf Bodenbearbeitung dem Dammkultursystem möglichst ähnlich) in einer vereinfachten, für beide Systeme identischen Fruchtfolge. Datengrundlage: Betriebsleiterangaben, eigene Zugkraftbedarfsmessungen, Schätzwerte, KTBL- und andere Literaturangaben.

Anbauanteile im geprüften Ackerbausystem: vereinfachtes System!

Ackerbohnen	20 %
Winterweizen	20 %
Sommergerste / Hafer	20 %
Kartoffeln	20 %
Dinkel	20 %

Eckdaten der Bodenbearbeitung:

	Dammkultur	Pflug
Maximale Arbeitstiefe [cm]	30	25
Arbeitsbreite Grundbodenbearbeitung [m]	5,4	2,8

Ergebnisse:

Gesamtes Ackerbausystem			
	Dammkultur	Pflug	Einsparung
Dieserverbrauch [l/ha pro Jahr]	82 (78) ²	95	13 (17)
Überfahrten [je ha und Jahr]	9,3	9,5	0,2
Arbeitszeitbedarf ¹ [Akh/ha pro Jahr]	3,6 (3,1)	3,9	0,3 (0,8)
Arbeiterledigungskosten ¹ [€/ha pro Jahr]	443 (433)	469	26 (36)

Produktionsverfahren Wintergetreide nach Klee gras (Umbruch bis Ernte)

	Dammkultur	Pflug	Einsparung
Dieserverbrauch [l/ha pro Jahr]	86 (82)	94	8 (12)
Überfahrten [je ha und Jahr]	12	12	0
Arbeitszeitbedarf ¹ [Akh/ha pro Jahr]	3,5 (2,6)	3,4	-0,1 (0,8)

¹ unberücksichtigt: Umrüstzeiten Dammkultur, Transporte, Betriebsführung & allgem. Betriebsarbeit.

² in Klammern: Verwendung von Betriebsschätzwerten für Diesel- & Zeitbedarf

Bodenbiologie auf Schlägen 1 & 2 (13.05.2008, Daten in Anhang III)**Gehalte im Boden:**

Mikrobiologische Belebung des Bodens und Umsatzaktivität meist unterdurchschnittlich, nur Glucosidase-Aktivität relativ hoch; Interpretation:

- ein Grund für die Ergebnisse kann das Fehlen von Wirtschaftsdüngern in Verbindung mit Stroh- und Gründüngung sein, hohe Mengen frischer organischer Materialien können zu der hohen Glucosidase-Aktivität führen;

Unterschiede zwischen Ober- und Unterkrume lagen unter dem Durchschnitt; mögliche Ursachen:

- die intensive Bearbeitung bis 30-35 cm kann zu einer erheblichen Vermischung von Ober- und Unterkrume führen und somit eine deutlichere Differenzierung verhindern

Eigenschaften der organischen Substanz & des mikrobiellen Bodenlebens:

Belebtheit der organischen Substanz unterdurchschnittlich bei z.T. unterdurchschnittlicher Aktivität der mikrobiellen Biomasse (Ausnahme: hohe Glucosidase-Aktivität) und hohem Pilzanteil; Interpretation Ursachen:

- wie oben

Unterschiede zwischen Ober- und Unterkrume lagen unter dem Durchschnitt, Interpretation:

- wie oben

➤ Schlag 1

Penetrologger: Verdichtungshorizont bzw. Bearbeitungssohle zwischen 28 und 40 cm, relativ schwach ausgeprägt

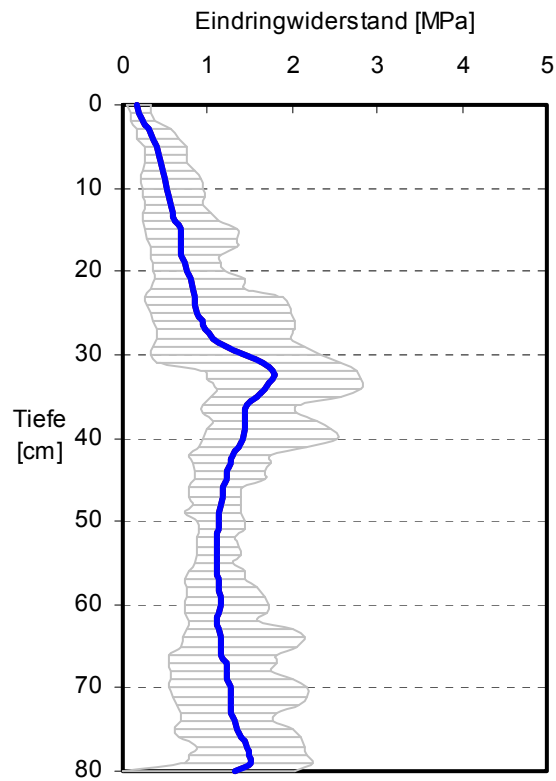


Abbildung: Betrieb 10, Schlag 1; Ergebnisse der Penetrologgermessungen vom 20.03.2009; fette Linie: Mittelwert von 16 Messungen; grauer Bereich: Minimum - Maximum

Bewirtschaftung 2007-2009:

Zeitraum	Gerät	Tiefe¹
15.11.06	Düngung: 250 kg/ha Akrakorn	
15.03.07	Hafersaat: Dammkulturgerät (45 cm Reihenabstand, 100 kg/ha, 'Flämingsfit' Teilschlag mit Messpunkten: Ackerbohrensaat	
01.06.07	Spritzen: 1 l/ha N-Bakt., 2 l/ha Akrablatt, 0.5 l/ ha Plus 9, 3kg/ ha Schwefel , 0.2 l/ha Öl	
01.08.07	Ernte Hafer (21 dt/ha)	10
01.08.07	Flügelschargrubber	10
M 08.07	Düngung: 300 kg/ha Akrakorn, 400kg/ha 40er Kali	
M 08.07	Zwischenfruchtsaat Erbse	
1.12.07	Mulcher	
1.12.07	Grubber	15
.05.08	2 x Dammkulturgerät (5,4 m)	30
.05.08	1 x Dammkulturgerät (3,6 m)	12
20.05.08	Kartoffellegen (4 x 90 cm) (Teilschlag mit Messpunkten: Hafersaat) 2 x Dammkulturgerät (3,6 m): Pflüge 2 x Dammfräse Krautschlägler	15
~1.11.08	Ernte Kartoffeln (360dt/ha)	
07.11.08	Düngung: 200 kg/ha Akrakorn	
08.11.08	Pflug	25
08.11.08	Federzinkengrubber mit Krümelwalzen	5
08.11.08	Winterweizensaat: Dammkulturgerät (260 Körner/m ² , 'Capo', 45cm Reihenabstand)	
03.04.09	Striegel	
27.05.09	Spritzen: 2.5 kg/ha Schwefel, 2 l/ha Akra Blatt, 2 l/ha Akra Plus 9, 0.4 l/ha Akra WD	
03.06.09	Spritzen: 0.5 l/ha Plus 9, 0.3 l/ha WD, 20 l/ha Akra Org. Flüssigdünger	
8-15.08.09	Ernte Winterweizen (gesamter Schlag: 40 dt/ha)	

¹ in cm

➤ Schlag 2 (Friemar 5)

Penetrologger: kein ausgeprägter Verdichtungshorizont zu erkennen, insgesamt im Bereich von 15 bis 45 cm Tiefe höherer Eindringwiderstand als bei Schlag 1

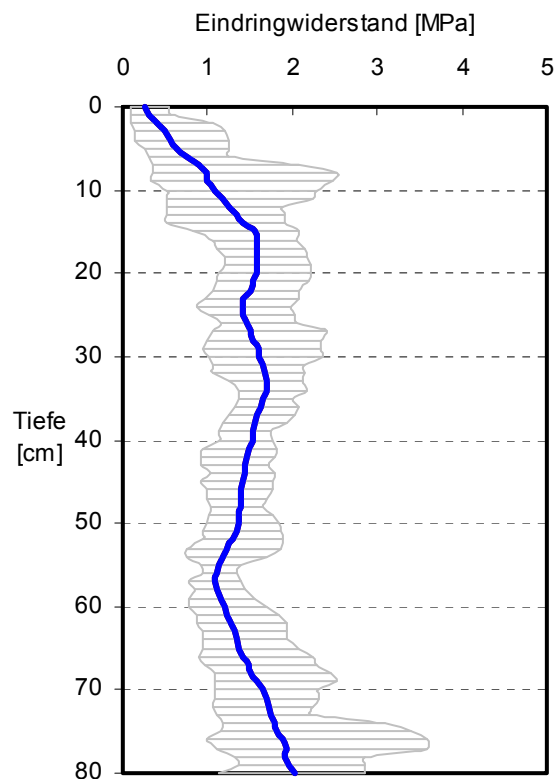


Abbildung: Betrieb 10, Schlag 2; Ergebnisse der Penetrologgermessungen vom 20.03.2009; fette Linie: Mittelwert von 16 Messungen; grauer Bereich: Minimum - Maximum

Bewirtschaftung 2007-2009:

Zeitraum	Gerät	Tiefe¹
	Vorfrucht Kartoffel, wie Schlag 1	
25.10.08	Winterweizensaat: Dammkulturgerät (260 Körner/m ² , 'Capo', 45 cm Reihenabstand)	
22.10.08	Scheibenegge	12
22.10.08	Düngung: 200 kg/ha Akrakorn	
03.04.09	Striegel (weitere Pflegemaßnahmen wie hacken aufgrund zu hoher Feuchtigkeit nicht möglich)	
27.05.09	Spritzen: 2.5 kg Schwefel, 2 l Akra Blatt, 2 l Plus 9, 0.4 l WD (Produkte der Firma Karner) in 200l Wasser	
03.06.09	Spritzen: 0.5 l Plus 9, 0.3 l WD, 20 l Organischen Dünger in 200l Wasser	
07.08.09	Ernte Winterweizen (48,6 dt/ha)	

¹ in cm

Betriebsbeispiel 11 (B11)

Bodenbiologie auf Schlägen 1 & 2 (12.06.2008 & 07.04.2009, Daten in Anhang III)

Gehalte im Boden:

Mikrobiologische Belebung des Bodens und Umsatzaktivität durchschnittlich bis unterdurchschnittlich; Interpretation:

- die trotz Rinderhaltung (Kleegrass in der Fruchtfolge und Mistdüngung) nur mittlere bis geringe Belebung hängt evtl. mit der intensiven Bearbeitung durch den hohen Hackfruchtanteil zusammen
- weitere mögliche Einflussfaktoren waren nicht ersichtlich

Unterschiede zwischen Ober- und Unterkrume lagen unter dem Durchschnitt; mögliche Ursachen:

- erst seit kurzer Zeit nicht wendende Bearbeitung und weiterhin z.T. intensive Bodenmischung durch Hackfruchtanbau

Eigenschaften der organischen Substanz & des mikrobiellen Bodenlebens:

Belebtheit der organischen Substanz durchschnittlich bei unterdurchschnittlicher Aktivität der mikrobiellen Biomasse und geringem Pilzanteil; mögliche Ursachen:

- niedriger Pilzanteil charakteristisch für Systeme ohne direkte Strohdüngung, aber mit Zufuhr von Mist

Unterschiede zwischen Ober- und Unterkrume lagen im Durchschnitt; Interpretation:

- im Gegensatz zu den absoluten Gehalten zeigt die Aktivität der mikrobiellen Biomasse schon nach relativ kurzer Zeit nicht wendender Bearbeitung eine Differenzierung in Ober- und Unterkrume

Betriebsbeispiel 12 (B12)

Energie & Ökonomie (Datengrundlage auf CD)

Modellrechnung: Vergleich von einem Dammkultur-System (in Anlehnung an Betriebsleiterangaben) und einem theoretischem Pflug-System (25 cm Arbeitstiefe, bis auf Bodenbearbeitung dem Dammkultur-System möglichst ähnlich) in einer vereinfachten, für beide Systeme identischen Fruchtfolge. Datengrundlage: oben genannte Betriebsleiterangaben, eigene Zugkraftbedarfsmessungen, Schätzwerte, KTBL- und andere Literaturangaben.

Anbauanteile im geprüften Ackerbausystem: vereinfachtes System!

Kleegras	12,5 %	Zuckerrüben	12,5 %
Kleegras	12,5 %	Dinkel	12,5 %
Winterraps	12,5 %	Buschbohnen	12,5 %
Winterweizen	12,5 %	Winterweizen	12,5 %

Eckdaten der Bodenbearbeitung:

	Dammkultur	Pflug
Maximale Arbeitstiefe [cm]	25	25
Arbeitsbreite Grundbodenbearbeitung [m]	3,6 / 5,4	1,4

Ergebnisse:

Gesamtes Ackerbausystem			
	Dammkultur	Pflug	Einsparung
Dieserverbrauch [l/ha pro Jahr]	56 (41) ²	75	19 (34)
Überfahrten [je ha und Jahr]	8,8	10,6	1,8
Arbeitszeitbedarf ¹ [Akh/ha pro Jahr]	6,6 (5,7)	9,7	3,1 (4,0)
Arbeiterledigungskosten ¹ [€/ha pro Jahr]	514 (484)	556	42 (72)

Produktionsverfahren Wintergetreide nach Kleegras (Umbruch bis Ernte)			
	Dammkultur	Pflug	Einsparung
Dieserverbrauch [l/ha pro Jahr]	89 (60)	88	-1 (28)
Überfahrten [je ha und Jahr]	10,5	10,5	0
Arbeitszeitbedarf ¹ [Akh/ha pro Jahr]	7,0 (5,4)	7,7	0,7 (2,3)

¹ unberücksichtigt: Transporte, Umrüstzeiten, Betriebsführung und allgem. Betriebsarbeiten

² in Klammern: Verwendung von Betriebsschätzwerten für Diesel- & Zeitbedarf

Bodenbiologie auf Schlägen 1 & 2 (29.05.2008 & 14.04.2009, Daten in Anhang III)**Gehalte im Boden:**

Biologische Aktivität des Bodens eher unter dem Durchschnitt; mögliche Ursachen:

- relativ warmer Standort mit leichtem Boden (Umsatz fördernd), kaum Mistdüngung → wenig organische Substanz & wenig mikrobielle Biomasse;
- relativ große Arbeitstiefe

Unterschiede zwischen Ober- und Unterkrume geringer als im Durchschnitt;

mögliche Ursachen:

- relativ häufige und tiefe Lockerung und Mischung des Bodens

Eigenschaften der organischen Substanz & des mikrobiellen Bodenlebens:

Belebtheit der organischen Substanz durchschnittlich, geringer Pilzanteil (evtl. wenig Strukturstabilität) und mittlere bis überdurchschnittliche Aktivität der mikrobiellen

Biomasse; mögliche Ursachen:

- v.a. Zufuhr von organischem Material mit hoher Nährstoffkonzentration (Hühnerkot, Haarmehlpellets, Zwischenfrüchte);
- Umsatz fördernde Standortbedingungen

Unterschiede zwischen Ober- und Unterkrume geringer als im Durchschnitt;

mögliche Ursachen:

- relativ häufige und tiefe Lockerung und Mischung des Bodens

Fazit: Standortbedingungen, relativ intensive Bodenbearbeitung und Zufuhr von organischen Düngemitteln mit hoher Nährstoffkonzentration → Bedingungen für schnellen Umsatz von organischen Materialien → gute Bedingungen für schnelle Umsätze aber keine große Anreicherung von organischer Substanz und mikrobieller Biomasse im Boden zu erwarten → Nährstofffreisetzung gut, Bodenstruktur / Lebendverbauung mäßig

➤ Schlag 1 (Teilschlag von D1)

Penetrologger: zum Teil verdichtete Bereiche unterhalb der bearbeiteten Bodenschicht

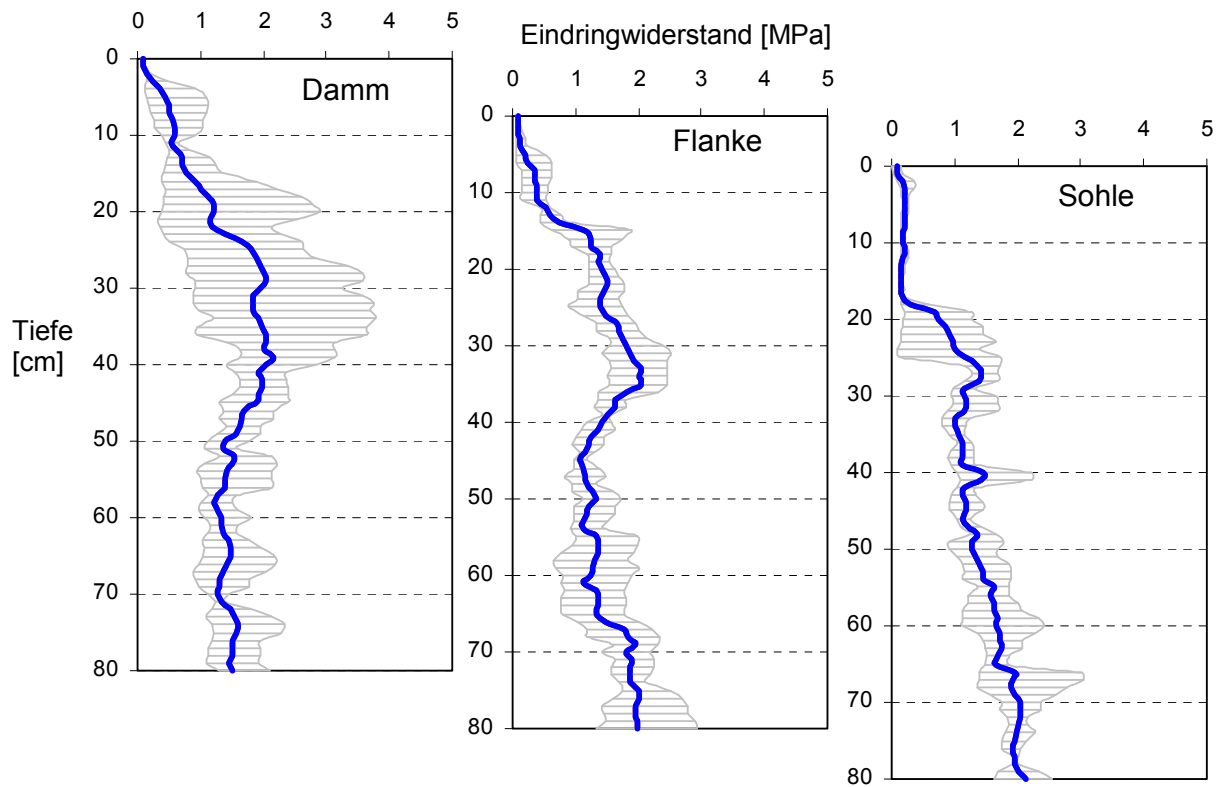


Abbildung: Ergebnisse der Penetrologgermessungen vom 28.11.2008 (Dammhöhe 20-30 cm); fette Linie: Mittelwert von 4 Messungen; grauer Bereich: Minimum - Maximum

Bewirtschaftung 2007-2009:

Zeitraum	Gerät	Tiefe¹
nach Dinkel		
12.09.07	Kreiselegge & Drillmaschine: Aussaat Leguminosengemenge Wicken-Erbesen-Phacelia,	5
05.11.07	Kurzscheibenegge	5-8
17.03.08	Ökomat Flügelschargrubber	10
19.04.08	Ökomat Flügelschargrubber	12
21.04.08	Turiel Dammkulturg.: Dämme aufhäufeln	25
24.04.08	FB Dammkulturg.: Dämme nachhäufeln	10
27.04.08	Kartoffeln gepflanzt	
10.05.08	FB Dammkulturg.: Dämme anhäufeln & Striegel	5-10
06.06.08	FB Dammkulturg.: Dämme anhäufeln & Striegel & Fronthacke	5
Sommer 08	5 x Cu-Spritzung, insgesamt 2.500 g Cu/ha	
07.09.08	Kartoffelernte, 280 dt/ha Rohware	
20.10.08	FB Dammkulturg.: Dämme nachhäufeln & Spuren lockern	15
25.10.08	FB Dammkulturg.: Dinkelsaat	10
10.04.09	Fronthacke & Striegel	
01.05.09	Fronthacke & Striegel	
10.06.09	Fronthacke	
25.07.09	Ernte 34 dt/ha Dinkel	

¹ in cm

➤ Schlag 2 (D2)

Penetrologger: Unterm Damm in zwei von vier Fällen Verdichtungshorizonte in unterschiedlichen Tiefen. Unter der Dammflanke leichter Verdichtungsbereich (15-35 cm von halber Dammhöhe). Unter der Sohle kein deutlicher Verdichtungshorizont.

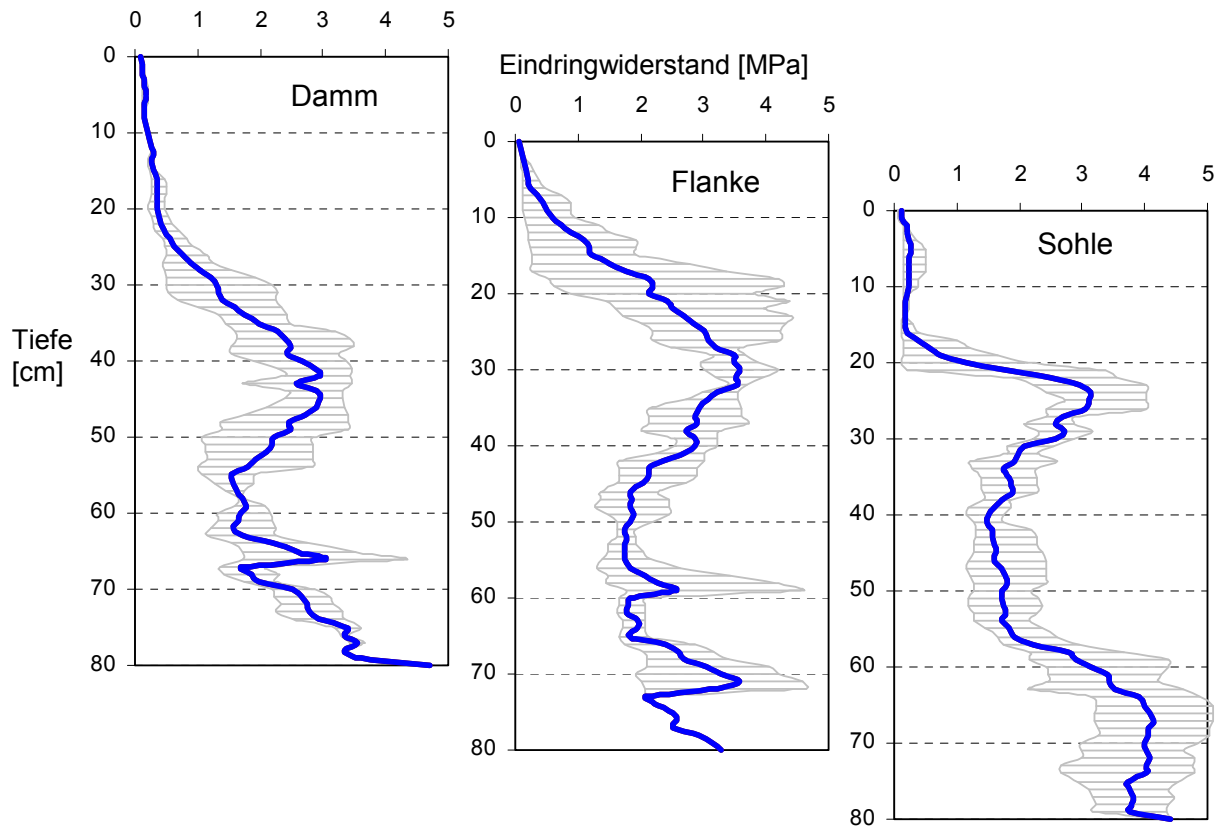


Abbildung: Ergebnisse der Penetrologgermessungen vom 28.11.2008 (Dammhöhe 20-30 cm); fette Linie: Mittelwert von 4 Messungen; grauer Bereich: Minimum - Maximum

Bewirtschaftung 2007-2009:

Zeitraum	Gerät	Tiefe¹
2. Jahr Klee gras		
10.05.08	1. Schnitt 45 dt TM/ha	
25.07.08	2. Schnitt 45 dt TM/ha	
09.08.08	Kurzscheibenegge	5-8
11.08.08	Flügelschargrubber	12
24.08.08	Turiel Dammkulturg.: Dämme aufhäufeln	25
30.08.08	FB Dammkulturg.: Dämme nachhäufeln	10-15
15.10.08	FB Dammkulturg.: Dämme nachhäufeln	10
20.11.08	FB Dammkulturg.: Winterweizensaat, Sorte Akteur 200 kg/ha	
01.04.09	Fronthacke & Striegel	3-5
02.05.09	Fronthacke & Striegel	3
12.06.09	Fronthacke & Striegel	3
06.08.09	Ernte, ca. 29 dt/ha Weizen, 10,9%RP, 330 F, 23% FK	

¹ in cm

Betriebsbeispiel 13 (B13)

Energie & Ökonomie (Datengrundlage auf CD)

Modellrechnung: Vergleich von einem Dammkultursystem (in Anlehnung an Betriebsleiterangaben) und einem theoretischem Pflug-System (25 cm Arbeitstiefe, bis auf Bodenbearbeitung dem Dammkultursystem möglichst ähnlich) in einer vereinfachten, für beide Systeme identischen Fruchtfolge. Datengrundlage: oben genannte Betriebsleiterangaben, eigene Zugkraftbedarfsmessungen, Schätzwerte, KTBL- und andere Literaturangaben.

Anbauanteile im geprüften Ackerbausystem: vereinfachtes System!

Ackerbohnen	20 %
Weißkohl	20 %
Lauch	20 %
Zuckerrüben	20 %
Dinkel	20 %

Eckdaten der Bodenbearbeitung:

	Dammkultur	Pflug
Maximale Arbeitstiefe [cm]	20	25
Arbeitsbreite Grundbodenbearbeitung [m]	4,8	1,4

Ergebnisse:

Gesamtes Ackerbausystem			
	Dammkultur	Pflug	Einsparung
Dieserverbrauch [l/ha pro Jahr]	77 (75) ²	112 (120)	35 (45)
Überfahrten [je ha und Jahr]	9,6	12,3	2,7
Arbeitszeitbedarf ¹ [Akh/ha pro Jahr]	161 (162)	165 (165)	4 (3)
Arbeiterledigungskosten ¹ [€/ha pro Jahr]	2.032 (2.041)	2.129 (2.136)	97 (95)

Produktionsverfahren Wintergetreide nach Klee gras (Umbruch bis Ernte)

	Dammkultur	Pflug	Einsparung
Dieserverbrauch [l/ha pro Jahr]	57 (64)	87 (96)	30 (32)
Überfahrten [je ha und Jahr]	6,5	7,5	1
Arbeitszeitbedarf ¹ [Akh/ha pro Jahr]	3,9 (3,7)	6,4 (6,2)	2,5 (2,5)

¹ unberücksichtigt: Transporte, Umrüstzeiten, Betriebsführung und allgem. Betriebsarbeiten

² in Klammern: Verwendung von Betriebsschätzwerten für Diesel- & Zeitbedarf

Bodenbiologie auf Schlägen 1 & 2 (29.05.2008, Daten in Anhang III)**Gehalte im Boden:**

Mikrobiologische Belebung des Bodens eher unter dem Durchschnitt, jedoch mit hoher Umsatzaktivität; Interpretation:

- kühle Temperaturen und mittlere Gehalte an organischer Substanz am Standort sprächen eher für eine höhere Belebung
- Ursachen für geringe Belebung & hohe Aktivität könnten die niedrigen pH-Werte, der intensive Hackfruchtanbau, der geringe Kleeergrasanteil und die geringe Mistdüngung sein;

Unterschiede zwischen Ober- und Unterkrume lagen im Durchschnitt;
mögliche Ursachen:

- meist flache Lockerung und wenig Mischung von organischem Material in die Unterkrume, deshalb in Oberkrume meist höhere Belebung

Eigenschaften der organischen Substanz & des mikrobiellen Bodenlebens:

Belebtheit der organischen Substanz unterdurchschnittlich bei überdurchschnittlicher Aktivität der mikrobiellen Biomasse; mögliche Ursachen: wie oben
Unterschiede zwischen Ober- und Unterkrume lagen im Durchschnitt

➤ Schlag 1 (Eichholz)

Penetrologger: Kein deutlicher Verdichtungshorizont. Viele Steine ab 40 bis 45 cm

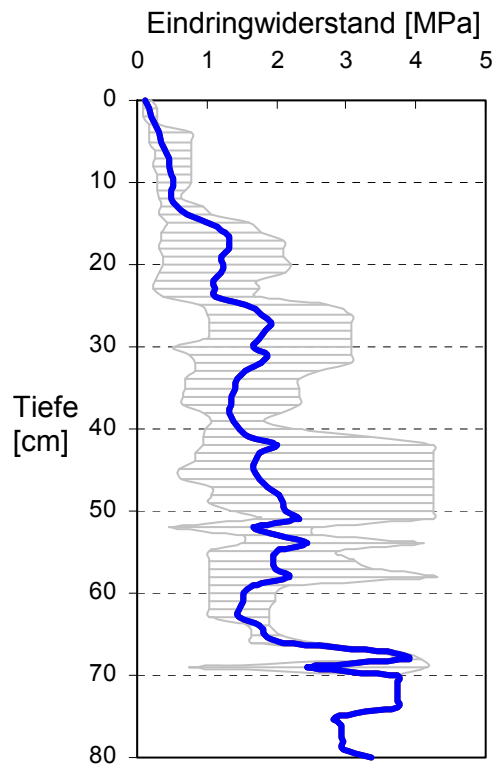


Abbildung: Ergebnisse der Penetrologgermessungen vom 28.11.2008 (flach); fette Linie: Mittelwert von 4 Messungen; grauer Bereich: Minimum - Maximum

Bewirtschaftung 2007-2009:

Zeitraum	Gerät	Tiefe ¹
Sept. 07	Nachhäufeln	
20.09.07	Dammkultur.: Aussaat Dinkel 'Altold' 180 kg/ha, 4 Reihen auf Damm	6
10.10.07	Striegel im 2-Blattstadium	
20.04.08	Striegel	
14.05.08	Dammkultur.: Lockern + Reihenstriegel (normalerweise US Weißklee + Rotklee, nicht in 2008)	
20.05.08	Jauche ca. 10m ³ /ha auf Teilflächen (starke Wirkung)	
10.08.08	Ernte ca. 20 dt/ha ohne Jauche, 30 dt/ha mit Jauche	
20.08.08	Stroh gehäckselt, 2 x Scheibenegge, 1 x Grubber	
25.08.08	Aussaat Klee gras ca. 4 kg Weißklee, 5 kg Rotklee, 10 kg Dt. Weidelgras + Walze	
20.05.09	1. Mahd	
01.07.09	2. Mahd	
01.09.09	3. Mahd	

¹ in cm

➤ Schlag 2 (Ewers)

Penetrologger: Verdichtungshorizonte zwischen 15 und 20 cm, aber vor allem zwischen 25 und 35 cm (von Dammkrone). Insgesamt sind die Verdichtungen ungleichmäßig verteilt

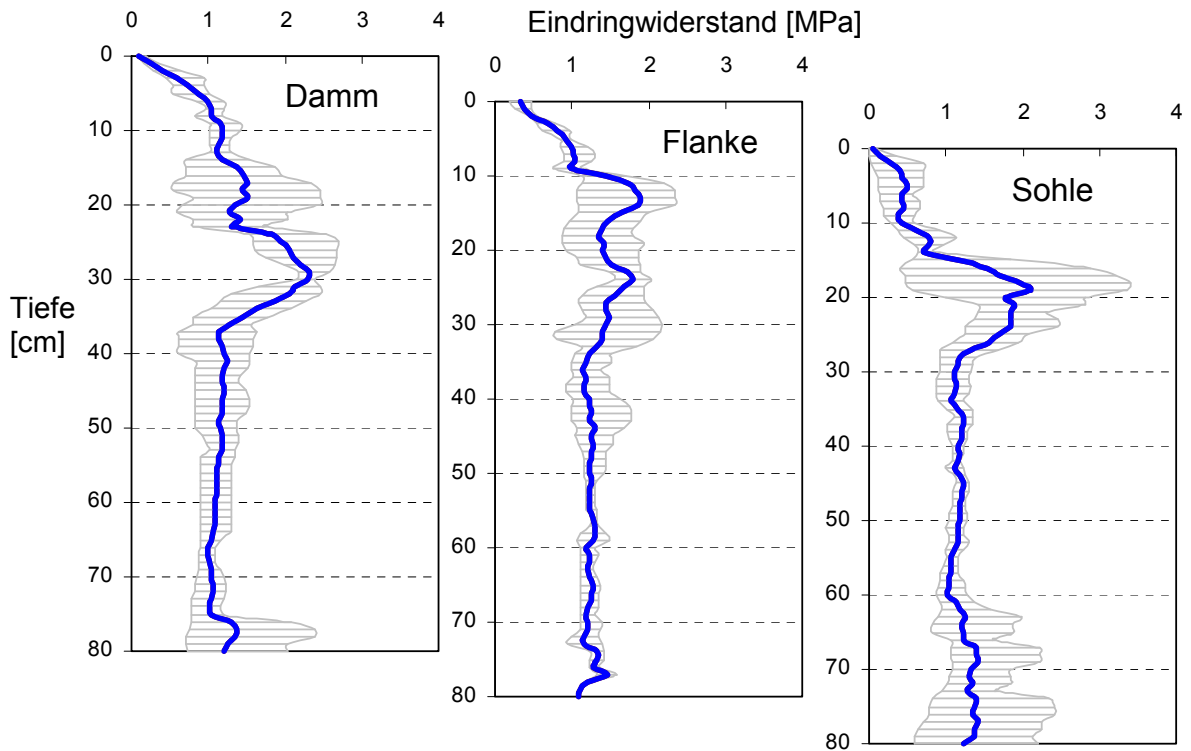


Abbildung: Ergebnisse der Penetrologgermessungen vom 28.11.2008 (Dammhöhe 10-15 cm); fette Linie: Mittelwert von 4 Messungen; grauer Bereich: Minimum - Maximum

Bewirtschaftung 2007-2009:

Zeitraum	Gerät	Tiefe¹
Okt. 07	Nach Aberntung von Industrieweißkohl, Beweidung durch Schafe und abmulchen der Reststrünke	
März 08	1 x Grubber flach	8-10
20.03.08	Dammkultur.: Aussaat S-Weizen 'Eminent' ca. 250 Körner/m ² in 4 Reihen auf den Rumpfdamm mit Einstriegeln	6
22.04.08	Striegel	
29.04.08	Dammkultur.: Lockern + Reihenstriegel + KS Aussaat (4 kg Weißklee + 2 kg Rotklee)	
25.08.08	Ernte S-Weizen ca. 35 dt/ha, Stroh gehäckselt	
27.08.08	Stoppel + Klee nachgemulcht	
25.09.08	1 x Schafbeweidung	
20.10.08	Stallmist 15 t/ha	
20.04.09	Stallmist 15 t/ha + 15 t Grünschnittkompost	
22.04.09	Dammkultur.: Damm Abschälen und Hochhäufeln + Haarmehlpellets 50 kg N /ha	
20.05.09	Dammkultur.: Damm nochmals Abschälen und Hochhäufeln	
24.05.09	Auspflanzung Porree ca. 120.000/ha	10-12
07.06.09	Dammkultur.: Hacken und leichtes Häufeln	2
29.06.09	Dammkultur.: Hacken und starkes Häufeln	4
20.07.09	Dammkultur.: letztes Hochhäufeln	
Ab Okt.	Ernte von Hand ca. 30 t/ha	

¹ in cm

➤ **Weiterer Schlag** (2008 Lauch)

Penetrologger: Deutlicher Verdichtungshorizont unter Damm und Sohle zwischen 25 und 45 cm (von Dammkrone).

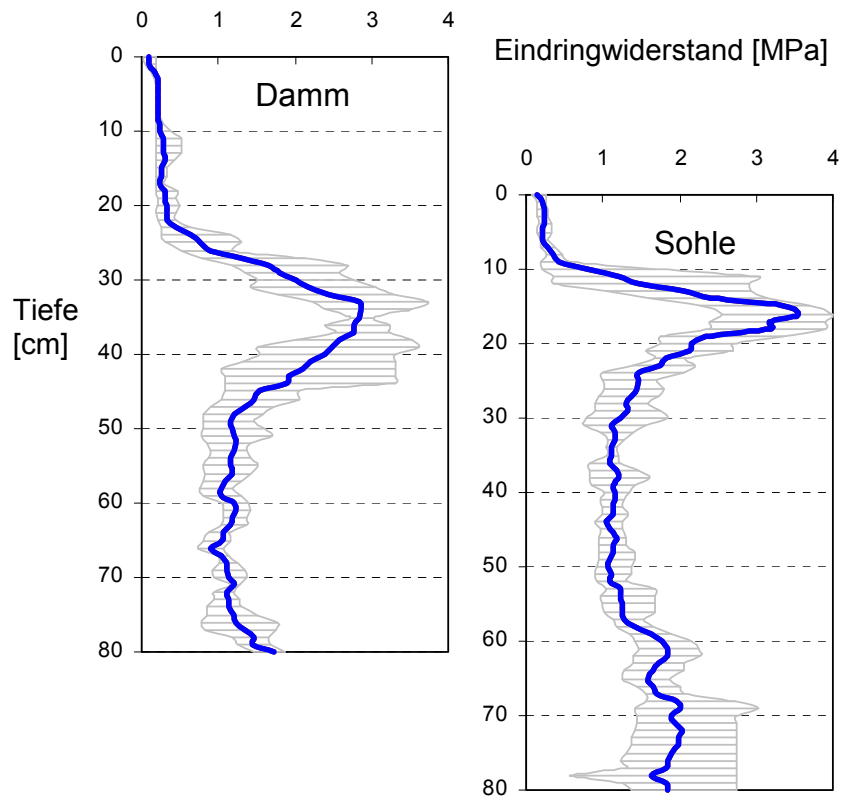


Abbildung: Ergebnisse der Penetrologgermessungen vom 28.11.2008 (Dammhöhe 20-25 cm); fette Linie: Mittelwert von 4 Messungen; grauer Bereich: Minimum - Maximum

Betriebsbeispiel 14 (B14)

Energie & Ökonomie (Datengrundlage auf CD)

Modellrechnung: Vergleich von einem Dammkultur-System (in Anlehnung an Betriebsleiterangaben) und einem theoretischen Pflug-System (25 cm Arbeitstiefe, bis auf Bodenbearbeitung dem Dammkultur-System möglichst ähnlich) in einer vereinfachten, für beide Systeme identischen Fruchtfolge. Datengrundlage: oben genannte Betriebsleiterangaben, eigene Zugkraftbedarfsmessungen, Schätzwerte, KTBL- und andere Literaturangaben.

Anbauanteile im geprüften Ackerbausystem: vereinfachtes System!

Kleegras	37 %
Winterweizen	11 %
Roggen	20 %
Dinkel	20 %
Hafer-Erbesen-Gem.	12 %

Eckdaten der Bodenbearbeitung:

	Dammkultur	Pflug
Maximale Arbeitstiefe [cm]	35	30
Arbeitsbreite Grundbodenbearbeitung [m]	3-3,6	1,1

Ergebnisse:

Gesamtes Ackerbausystem			
	Dammkultur	Pflug	Einsparung
Dieserverbrauch [l/ha pro Jahr]	75	78	3
Überfahrten [je ha und Jahr]	8,2	8,3	0,1
Arbeitszeitbedarf ¹ [Akh/ha pro Jahr]	6,1 (5,3) ²	7,4	1,3 (2,1)
Arbeiterledigungskosten ¹ [€/ha pro Jahr]	443 (435)	433	-10 (-2)

Produktionsverfahren Wintergetreide nach Kleegras (Umbruch bis Ernte)

	Stoppelhobel	Pflug	Einsparung
Dieserverbrauch [l/ha pro Jahr]	104	114	10
Überfahrten [je ha und Jahr]	11,0	12,1	1,1
Arbeitszeitbedarf ¹ [Akh/ha pro Jahr]	8,6 (7,3)	10,9	2,5 (3,6)

¹ unberücksichtigt: Transporte, Betriebsführung und allgem. Betriebsarbeiten

² in Klammern: Verwendung von Betriebsschätzwerten für Diesel- & Zeitbedarf

Bodenbiologie auf Schlägen 1 & 2 (11.06.2008 & 03.04.2009, Daten in Anhang III)**Gehalte im Boden:**

Mikrobiologische Belebung des Bodens und Umsatzaktivität unterdurchschnittlich bis maximal durchschnittlich; Interpretation:

- der kühle Standort und die Bewirtschaftung mit hohem Kleeanteil und mit Mistdüngung lassen einen überdurchschnittlichen Gehalt an organischer Substanz und eine relativ hohe mikrobiologische Belebung erwarten; für die unterdurchschnittlichen Werte könnte die große Arbeitstiefe sowie die geringen pH-Werte und die niedrige Phosphatverfügbarkeit mit verantwortlich sein, andere Gründe werden aus den Untersuchungsergebnissen nicht deutlich;

Unterschiede zwischen Ober- und Unterkrume waren stärker ausgeprägt als im Durchschnitt; mögliche Ursachen:

- sehr langer Zeitraum nicht wendende Bodenbearbeitung

Eigenschaften der organischen Substanz & des mikrobiellen Bodenlebens:

Belebtheit der organischen Substanz und Aktivität der mikrobiellen Biomasse durchschnittlich bei geringem Pilzanteil und niedriger Glucosidasaktivität; mögliche Ursachen:

- geringer Pilzanteil und Glucosidaseaktivität kann durch das Abfahren des Strohs und die Düngung mit verrottetem Mist zusammen hängen;

Unterschiede zwischen Ober- und Unterkrume lagen im Durchschnitt

➤ Schlag 1

Penetrologger: Kein deutlicher Verdichtungshorizont

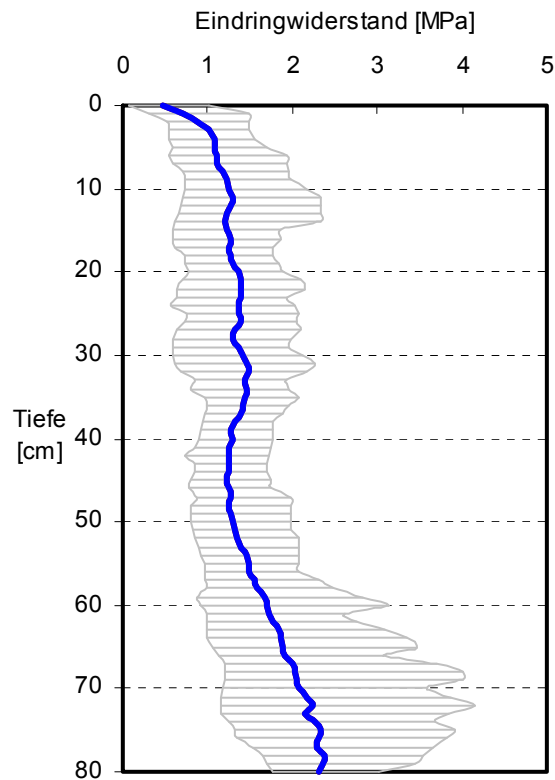


Abbildung: Betrieb 14, Schlag 1; Ergebnisse der Penetrologgermessungen vom 02.12.2008 (flach); fette Linie: Mittelwert von 16 Messungen; grauer Bereich: Minimum - Maximum

Bewirtschaftung 2007-2009:

Zeitraum	Gerät	Tiefe ¹
2007-2009	Klee gras 2. Jahr bis 2009, 3 Schnitte/Jahr, keine Düngung	
ca.28.05.09	1. Schnitt	
ab 10.06.09	1. Rotorgrubber	10
	2. Schichtengrubber	40
	3. Zwischenfruchtsaat: Kreiselegge Sämaschine (Alexandrin + Perserklee + Weidelgras)	
	4. Cambridgewalze	
	2 x geerntet (Grünfutter)	
05.09.09	120 dt Festmist	
ab 15.09.09	1. Rotorgrubber	10
	2. Schichtengrubber und Diabas-Steinmehl (3 t/ha)	40
	3. Häufelgerät	

¹ in cm

➤ Schlag 2

Penetrologger: Kein deutlicher Verdichtungshorizont aber Hinweis auf leichte Bearbeitungssohle zwischen 30 und 40 cm

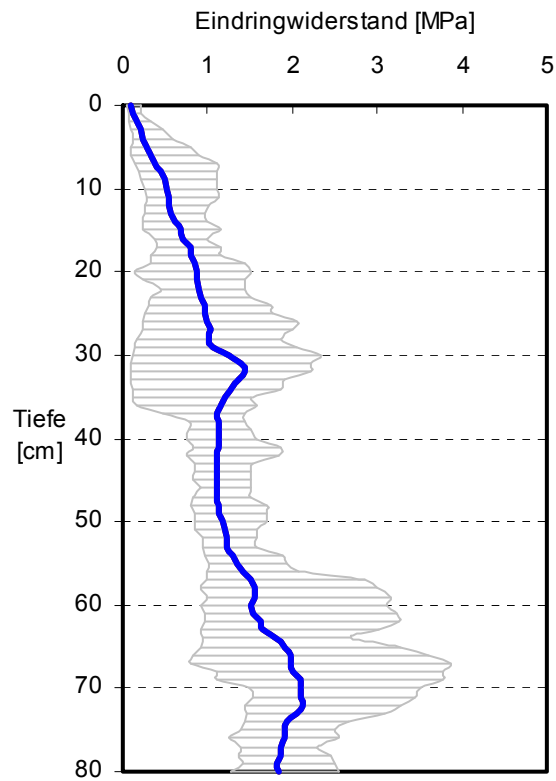


Abbildung: Betrieb 14, Schlag 2; Ergebnisse der Penetrologgermessungen vom 02.12.2008 (flach); fette Linie: Mittelwert von 16 Messungen; grauer Bereich: Minimum - Maximum

Bewirtschaftung 2007-2009:

Zeitraum	Gerät	Tiefe ¹
2007	Klee gras 3. Jahr	
26.05.07	Futterernte	
16.07.07	Futterernte Festmist ca. 140 dt/ha	
20.-27.07.07	1. Rotorgrubber	10
	2. Schichtengrubber	40
	3. Zwischenfruchtsaat: Kreiselegge / Scheibenscharsämaschine (Hafer-Erbsen Gemenge)	
09. & A10.07	Futterernte	
A10.07	2 x Meißelgrubber und Häufelgerät	
16.10.07	Winterweizensaat: Turiel-Gerät (45 cm-Dämme, 185 kg/ha)	
14.04.08	Turiel Hacke	
A08.08	Ernte ca. 40 dt/ha und Stroh 12 m ³ /ha Gülle	
	1. Rotorgrubber	
	2. Schichtengrubber	
n. 3 Wochen	3. Meißelgrubber und Häufelgerät	
15.09.08	Roggensaat: Kreiselegge und Scheibenscharsämaschine (180 kg/ha)	
26.05.09	Hagel: Totalschaden	
06.08.09	Ernte (Stroh und Reststreifen)	
16.08.09	Mist 120 dt/ha	
17.08.09	Rotorgrubber	10
	Schichtengrubber	40
15.09.09	Diabas Steinmehl (3t/ha)	
17.09.09	Aufhäufeln mit Meißelgrubber und Häufelgerät	
26.09.09	Roggensaat: Kreiselegge und Scheibenscharsämaschine (180 kg/ha)	

¹ in cm

Betriebsbeispiel 15 (B15)

Energie & Ökonomie (Datengrundlage auf CD)

Modellrechnung: Vergleich von einem Dammkultur-System (in Anlehnung an Betriebsleiterangaben) und einem theoretischen Pflug-System (25 cm Arbeitstiefe, bis auf Bodenbearbeitung dem Dammkultur-System möglichst ähnlich) in einer vereinfachten, für beide Systeme identischen Fruchtfolge. Datengrundlage: Betriebsleiterangaben, Schätzwerte, KTBL- und andere Literaturangaben.

Anbauanteile im geprüften Ackerbausystem: vereinfachtes System!

Kleegras	58 %
Winterweizen	12 %
Roggen	12 %
Hafer	6 %
Kartoffeln	12 %

Eckdaten der Bodenbearbeitung:

	Dammkultur	Pflug
Maximale Arbeitstiefe [cm]	25-30	25
Arbeitsbreite Grundbodenbearbeitung [m]	1,5	0,7

Ergebnisse:

Gesamtes Ackerbausystem			
	Dammkultur	Pflug	Einsparung
Dieserverbrauch [l/ha pro Jahr]	61	61	0
Überfahrten [je ha und Jahr]	10,8	9,6	-1,2
Arbeitszeitbedarf ¹ [Akh/ha pro Jahr]	13,0	11,6	-1,4
Arbeiterledigungskosten ¹ [€/ha pro Jahr]	515	489	-26

Produktionsverfahren Wintergetreide nach Kleegras (Umbruch bis Ernte)

	Dammkultur	Pflug	Einsparung
Dieserverbrauch [l/ha pro Jahr]	94	85	-9
Überfahrten [je ha und Jahr]	15,0	10,0	-5
Arbeitszeitbedarf ¹ [Akh/ha pro Jahr]	21,3	16,1	-5,2

¹ unberücksichtigt: Transporte, Umrüstzeiten, Betriebsführung und allgem. Betriebsarbeiten

Bodenbiologie auf Schlägen 1 & 2 (28.05.2008 & 14.04.2009, Daten in Anhang III)**Gehalte im Boden:**

Mikrobiologische Belebung des Bodens und Umsatzaktivität meist unterdurchschnittlich; Interpretation:

- die trotz hohem Kleegehalt in der Fruchtfolge und trotz Mistdüngung niedrige Belebung kann mit dem niedrigen Tongehalt und relativ geringen Gehalts organischer Substanz des Bodens zusammenhängen, wobei der niedrige Gehalt an organischer Substanz wahrscheinlich v.a. durch die umsatzfördernden Standortbedingungen (hohe Temperatur, leichter Boden, gute Wasserversorgung) hervorgerufen wird;

Unterschiede zwischen Ober- und Unterkrume lagen meist deutlich über dem Durchschnitt; mögliche Ursachen:

- durch Dichtlagerung der Unterkrume und häufig auftretender Staunässe sind die Bedingungen für das mikrobielle Bodenleben erheblich schlechter als in der Oberkrume;
- die langjährige nicht wendende Bearbeitung hat zu einer starken Anreicherung der organischen Substanz und damit auch des mikrobiellen Bodenlebens in der Oberkrume geführt

Eigenschaften der organischen Substanz & des mikrobiellen Bodenlebens:

Belebtheit der organischen Substanz, die Aktivität der mikrobiellen Biomasse und der Pilzanteil waren meist überdurchschnittlich; Gründe dafür können u.a. sein:

- der relativ warme Standort, die für die Bodenart hohen pH-Werte und der geringe Tongehalt

Unterschiede zwischen Ober- und Unterkrume variierten in einem weiten Bereich

➤ Schlag 1

Penetrologger: insgesamt ab 10-15 cm hoher Eindringwiderstand; z.T. bei Einzelmessungen starke Verdichtungen in unterschiedlichen Tiefen, kein einheitliches Bild

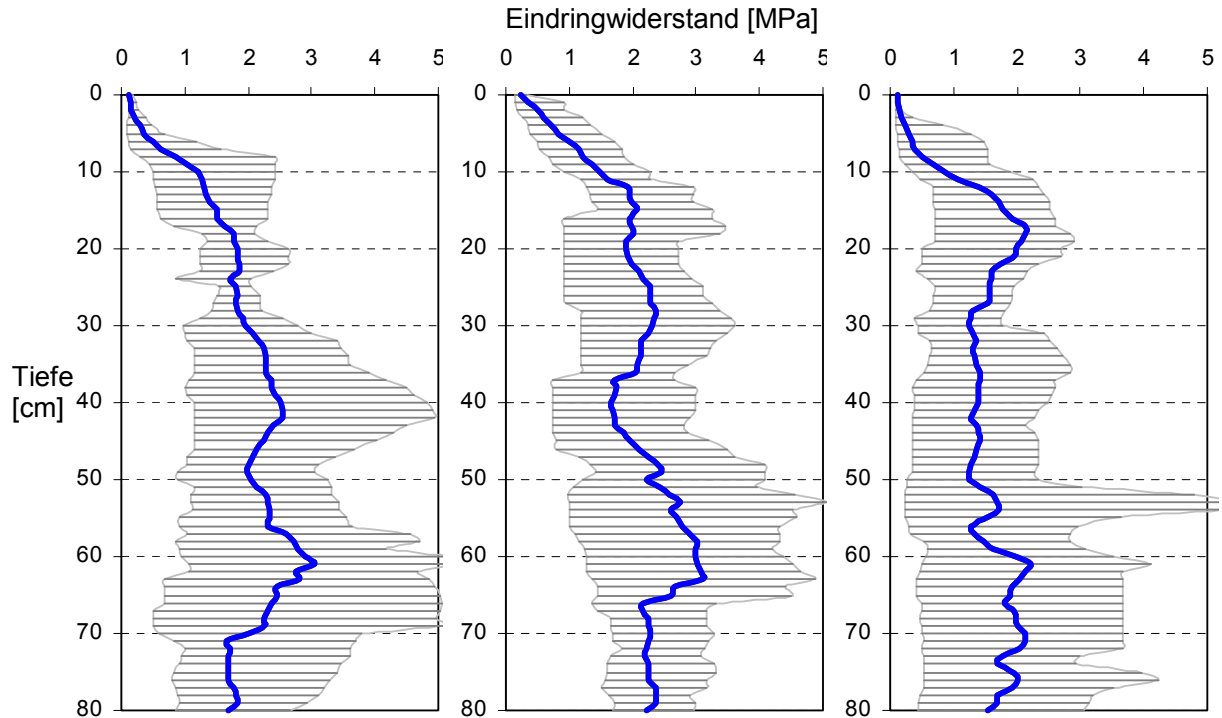


Abbildung: Betrieb 15, Schlag 1; Ergebnisse der Penetrologgermessungen vom 27.02.2009 (flacher Boden) an drei Messpunkten; fette Linie: Mittelwert von jeweils 8 Messungen; grauer Bereich: Minimum - Maximum

➤ Schlag 2

Penetrologger: insgesamt ab 10-15 cm hoher Eindringwiderstand; z.T. bei Einzelmessungen starke Verdichtungen in unterschiedlichen Tiefen, kein einheitliches Bild

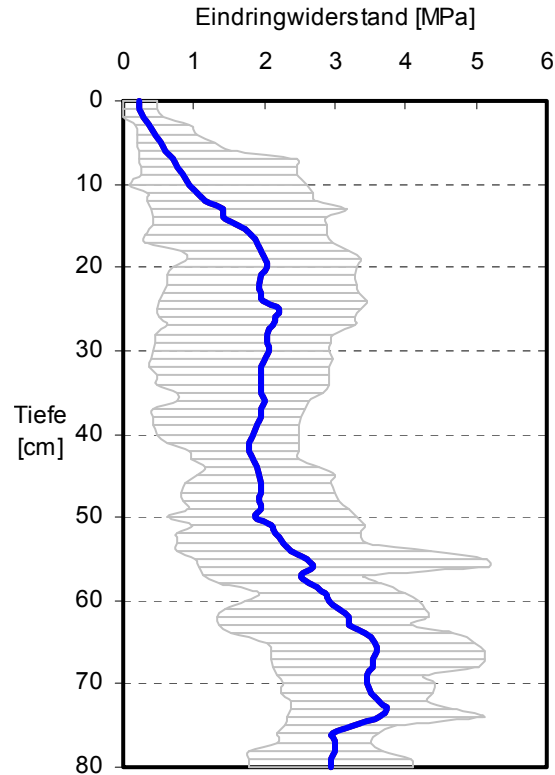


Abbildung: Betrieb 15, Schlag 2; Ergebnisse der Penetrologgermessungen vom 27.02.2009 (flacher Boden); fette Linie: Mittelwert von 16 Messungen; grauer Bereich: Minimum - Maximum

Anhang III

Mikrobiologische Eigenschaften von Böden auf Betrieben mit unterschiedlichen Bodenbearbeitungsverfahren

Tabelle 1: Ergebnisse der bodenbiologischen Untersuchungen auf den Beispielbetrieben, Schlagmittelwerte (Erklärung der Abkürzungen und Einheiten am Ende der Tabelle); 2009 wurden nur die Schläge mit Wintergetreide untersucht

			2008							2009				
Betrieb	Schlag	Tiefe	Corg	Cmic	Nmic	Ergo	Prot	Gluc	FDA	Corg	Cmic	Nmic	Ergo	Bas
Mittel		1	1,76	427	70	1,09	237	185	0,82	2,25	529	73	1,36	13,19
Mittel		2	1,41	271	47	0,56	185	108	0,55	1,76	325	47	0,56	7,17
B1	1	1	1,52	330	61	1,24	284	232	0,65	1,95	274	39	1,16	12,42
B1	1	2	1,39	261	54	0,96	232	188	0,52	1,51	248	42	1,22	5,17
B1	2	1	1,48	475	84	1,57	246	255	0,57	1,58				
B1	2	2	1,34	317	55	1,20	229	185	0,34	1,59				
B2	1	1	1,63	509	89	0,96	286	131	0,86		494	62	0,74	12,93
B2	1	2	1,27	333	62	0,46	224	72	0,64		368	49	0,45	8,03
B2	2	1	1,56	447	84	1,00	262	136	0,80	1,65				
B2	2	2	1,00	226	42	0,40	166	47	0,38	1,49				
B3	1	1	2,55	748	111	1,94	279	201	0,60		936	137	3,25	23,78
B3	1	2	2,23	574	83	1,32	313	131	0,52		645	84	1,31	16,18
B3	2	1	2,27	692	119	1,91	242	208	0,77	2,79	753	111	1,79	13,21

			2008							2009				
Betrieb	Schlag	Tiefe	Corg	Cmic	Nmic	Ergo	Prot	Gluc	FDA	Corg	Cmic	Nmic	Ergo	Bas
Mittel		1	1,76	427	70	1,09	237	185	0,82	2,25	529	73	1,36	13,19
Mittel		2	1,41	271	47	0,56	185	108	0,55	1,76	325	47	0,56	7,17
B3	2	2	2,03	547	94	1,44	246	165	0,63	1,81	466	74	0,89	11,67
B4	1	1	2,48	628	109	2,11	252	299	0,76	2,29	760	104	3,27	13,93
B4	1	2	1,84	383	67	0,86	235	139	0,48	1,95	339	45	0,47	5,04
B4	2	1	2,12	596	114	1,58	342	246	1,08	2,67	613	93	1,35	10,85
B4	2	2	1,47	318	61	0,62	285	125	0,74	1,72	307	42	0,21	4,94
B5	1	1	2,05	579	100	1,36	175	139	0,41	2,24	593	84	1,14	12,24
B5	1	2	1,62	341	59	0,65	146	68	0,21	1,61	340	44	0,69	6,32
B5	2	1	1,31	439	82	1,47	241	139	0,66	1,74				
B5	2	2	0,91	202	37	0,35	153	45	0,28	1,45				
B6	1	1	1,48	344	57	0,49	273	232	0,94					
B6	1	2	1,21	184	31	0,62	219	143	0,63					
B6	2	1	1,54	306	44	0,88	270	207	0,92					
B6	2	2	1,17	145	27	0,18	131	102	0,48					
B7	1	1	1,64	434	64	0,98	222	199	1,17		472	63	1,39	12,87
B7	1	2	1,09	276	28	0,40	142	89	0,76		409	62	0,69	4,39
B7	2	1	2,58	1285	168	1,66	437	205	1,06	1,57				
B7	2	2	1,86	795	97	0,82	297	86	0,55	1,08				
B8	1	1	2,87	870	153	0,85	574	189	1,19					
B8	1	2	2,64	606	112	0,50	400	92	0,67					

			2008							2009				
Betrieb	Schlag	Tiefe	Corg	Cmic	Nmic	Ergo	Prot	Gluc	FDA	Corg	Cmic	Nmic	Ergo	Bas
Mittel		1	1,76	427	70	1,09	237	185	0,82	2,25	529	73	1,36	13,19
Mittel		2	1,41	271	47	0,56	185	108	0,55	1,76	325	47	0,56	7,17
B8	2	1	6,06	1335	217	1,84	576	311	1,27		1392	242	1,53	36,80
B8	2	2	5,92	1028	159	1,30	541	200	0,97		1044	164	0,79	30,66
B9	1	1	1,38	311	59	1,06	204	207	0,82	7,34	251	37	0,86	9,04
B9	1	2	0,76	124	19	0,20	88	71	0,24	6,13	96	17	0,31	2,69
B9	2	1	1,48	293	35	1,05	198	225	0,92	2,00				
B9	2	2	0,91	123	15	0,12	101	78	0,45	1,18				
B10	1	1												
B10	1	2												
B10	2	1	2,28	350	61	1,18	143	252	0,44					
B10	2	2	2,21	268	47	0,97	136	214	0,31					
B10	3	1	1,60	249	41	1,63	170	223	0,46					
B10	3	2	1,42	157	27	0,90	159	165	0,35					
B11	1	1	2,10	469	57	0,78	180	128	0,74		451	58	0,58	8,50
B11	1	2	2,01	412	66	0,54	188	122	0,79		487	64	0,41	6,16
B11	2	1	1,42	331	30	0,72	178	88	0,94	1,61				
B11	2	2	1,28	264	56	0,49	183	72	0,93	1,62				
B12	1	1	1,32	284	33	0,47	190	147	0,76		410	55	1,14	12,92
B12	1	2	1,21	244	37	0,41	181	126	0,84		202	37	0,31	7,56
B12	2	1	1,25	286	54	0,51	214	155	0,94	1,42				

			2008							2009				
Betrieb	Schlag	Tiefe	Corg	Cmic	Nmic	Ergo	Prot	Gluc	FDA	Corg	Cmic	Nmic	Ergo	Bas
Mittel		1	1,76	427	70	1,09	237	185	0,82	2,25	529	73	1,36	13,19
Mittel		2	1,41	271	47	0,56	185	108	0,55	1,76	325	47	0,56	7,17
B12	2	2	1,10	225	40	0,29	175	103	0,65	1,25				
B13	1	1	2,11	238	29	0,63	100	137	1,40					
B13	1	2	1,92	166	24	0,40	87	96	1,24					
B13	2	1	1,49	314	55	0,72	153	209	0,89					
B13	2	2	1,38	253	44	0,49	129	166	0,77					
B14	1	1	1,42	368	53	0,71	219	87	0,69					
B14	1	2	0,96	182	28	0,25	140	41	0,27					
B14	2	1	1,68	444	69	0,63	284	136	0,83		483	51	0,58	12,83
B14	2	2	1,16	279	48	0,24	243	64	0,47		209	36	0,17	9,35
B15	1	1	1,77	321	75	0,97	267	171	0,76	1,57	389	55	0,46	15,89
B15	1	2	1,00	60	29	0,29	131	46	0,36	1,13	105	22	0,18	5,71
B15	2	1	1,48	306	31	1,05	180	204	0,85	1,39				
B15	2	2	0,91	119	20	0,21	101	67	0,40	0,93				

¹ Corg: organischer C [%]; Cmic & Nmic: C & N in mikrobieller Biomasse [mg/kg TM]; Ergo: Ergosterolgehalt [mg/kg TM];
 Prot: Protease-Aktivität [mg Tyrosin-Äquivalente /kg TM/2h], Gluc: β -Glucosidase-Aktivität [mg Nitrophenol/kg TM/1h],
 FDA: Floureszein Diacetat [mg/kg TM/Minute], Bas: Basalatumg [mg CO₂-C/kg TM/h]

Tabelle 2: Ergebnisse der bodenbiologischen Untersuchungen auf den Beispielbetrieben, Schlagmittelwerte von Quotienten (Erklärung der Abkürzungen und Einheiten am Ende der Tabelle); 2009 wurden nur die Schläge mit Wintergetreide untersucht

			2008							2009				
Betrieb	Schlag	Tiefe	Cmic/ Corg	Nmic/Nt	Cmic/ Nmic	Ergo/ Cmic	Prot/ Cmic	Gluc/ Cmic	FDA/ Cmic	Cmic/ Corg	Nmic/ Nt	Cmic/ Nmic	Ergo/ Cmic	Bas/ Cmic
Mittel		1	2,42	406	6,4	0,26	58	47	0,21	2,72	356	7,28	0,25	2,79
Mittel		2	1,90	327	6,0	0,22	78	46	0,25	2,15	298	6,57	0,19	2,53
B1	1	1	2,17	403	5,5	0,38	86	71	0,20	1,74	236	7,02	0,46	5,50
B1	1	2	1,87	394	4,8	0,37	89	73	0,20	1,56	261	6,05	0,49	2,02
B1	2	1	3,23	562	5,7	0,33	52	53	0,12					
B1	2	2	2,37	401	5,7	0,38	72	58	0,10					
B2	1	1	3,12	513	5,8	0,19	56	26	0,17	3,00	324	7,93	0,15	2,63
B2	1	2	2,61	449	5,3	0,14	67	22	0,19	2,47	299	7,28	0,13	2,16
B2	2	1	2,86	525	5,3	0,22	59	31	0,18					
B2	2	2	2,26	360	5,4	0,18	77	21	0,17					
B3	1	1	2,94	431	6,8	0,26	37	27	0,08	3,35	477	6,90	0,35	2,51
B3	1	2	2,58	379	6,9	0,23	55	23	0,09	3,57	404	7,70	0,20	2,51
B3	2	1	3,04	501	5,8	0,28	35	30	0,11	3,29	427	6,81	0,23	1,76
B3	2	2	2,69	436	5,9	0,26	45	30	0,12	2,39	349	6,21	0,21	2,59
B4	1	1	2,53	443	5,7	0,34	40	48	0,12	2,84	370	7,50	0,42	1,78
B4	1	2	2,08	347	5,8	0,22	62	36	0,12	1,97	255	7,27	0,15	1,50
B4	2	1	2,81	561	5,2	0,26	57	41	0,18	2,74	411	6,65	0,22	1,92
B4	2	2	2,16	422	5,2	0,20	90	40	0,24	1,90	247	7,18	0,07	1,75

			2008							2009				
Betrieb	Schlag	Tiefe	Cmic/ Corg	Nmic/Nt	Cmic/ Nmic	Ergo/ Cmic	Prot/ Cmic	Gluc/ Cmic	FDA/ Cmic	Cmic/ Corg	Nmic/ Nt	Cmic/ Nmic	Ergo/ Cmic	Bas/ Cmic
Mittel		1	2,42	406	6,4	0,26	58	47	0,21	2,72	356	7,28	0,25	2,79
Mittel		2	1,90	327	6,0	0,22	78	46	0,25	2,15	298	6,57	0,19	2,53
B5	1	1	2,87	627	5,8	0,23	30	24	0,07	3,41	469	7,02	0,20	2,10
B5	1	2	2,16	454	5,8	0,19	43	20	0,06	2,34	304	7,82	0,21	1,79
B5	2	1	3,34	588	5,4	0,34	57	32	0,15					
B5	2	2	2,23	364	5,5	0,18	79	22	0,14					
B6	1	1	2,33	389	6,2	0,14	79	67	0,27					
B6	1	2	1,54	248	6,1	0,33	118	77	0,34					
B6	2	1	1,98	290	7,0	0,29	89	68	0,30					
B6	2	2	1,24	227	5,5	0,13	92	71	0,34					
B7	1	1	2,62	404	6,8	0,23	53	46	0,28	3,01	381	7,52	0,30	2,72
B7	1	2	2,51	239	9,9	0,15	54	33	0,29	3,80	527	6,77	0,24	1,34
B7	2	1	5,01	604	7,7	0,13	34	16	0,08					
B7	2	2	4,27	464	8,2	0,10	37	11	0,07					
B8	1	1	3,03	507	5,7	0,10	66	22	0,14					
B8	1	2	2,35	488	5,4	0,08	66	15	0,11					
B8	2	1	2,21	286	6,1	0,14	44	23	0,09	1,90	318	5,77	0,11	2,64
B8	2	2	1,74	232	6,5	0,13	53	19	0,09	1,70	249	6,35	0,08	2,96
B9	1	1	2,25	418	5,3	0,34	66	67	0,26	1,25	195	6,78	0,34	3,63
B9	1	2	1,63	228	6,5	0,16	71	58	0,19	0,81	136	5,57	0,33	3,00

			2008							2009				
Betrieb	Schlag	Tiefe	Cmic/ Corg	Nmic/Nt	Cmic/ Nmic	Ergo/ Cmic	Prot/ Cmic	Gluc/ Cmic	FDA/ Cmic	Cmic/ Corg	Nmic/ Nt	Cmic/ Nmic	Ergo/ Cmic	Bas/ Cmic
Mittel		1	2,42	406	6,4	0,26	58	47	0,21	2,72	356	7,28	0,25	2,79
Mittel		2	1,90	327	6,0	0,22	78	46	0,25	2,15	298	6,57	0,19	2,53
B9	2	1	1,99	236	8,6	0,36	68	77	0,31					
B9	2	2	1,34	151	8,2	0,11	83	64	0,37					
B10	1	1												
B10	1	2												
B10	2	1	1,54	305	5,7	0,34	41	72	0,13					
B10	2	2	1,22	243	5,7	0,36	51	80	0,12					
B10	3	1	1,57	269	6,0	0,67	69	91	0,19					
B10	3	2	1,10	193	5,8	0,57	101	105	0,22					
B11	1	1	2,29	272	8,5	0,17	39	27	0,16	2,79	303	7,90	0,14	2,10
B11	1	2	2,11	335	6,2	0,13	46	30	0,20	3,00	363	7,64	0,08	1,24
B11	2	1	2,30	329	7,7	0,22	55	27	0,30					
B11	2	2	2,07	412	4,9	0,19	69	27	0,35					
B12	1	1	2,16	258	8,7	0,17	67	52	0,27	2,88	364	7,55	0,27	3,12
B12	1	2	2,02	307	6,9	0,17	74	52	0,34	1,61	273	5,49	0,15	3,88
B12	2	1	2,30	449	5,3	0,18	75	55	0,33					
B12	2	2	2,07	375	5,6	0,13	77	46	0,29					
B13	1	1	1,13	161	8,3	0,26	42	58	0,59					
B13	1	2	0,87	144	7,0	0,24	53	60	0,76					

			2008							2009				
Betrieb	Schlag	Tiefe	Cmic/ Corg	Nmic/Nt	Cmic/ Nmic	Ergo/ Cmic	Prot/ Cmic	Gluc/ Cmic	FDA/ Cmic	Cmic/ Corg	Nmic/ Nt	Cmic/ Nmic	Ergo/ Cmic	Bas/ Cmic
Mittel		1	2,42	406	6,4	0,26	58	47	0,21	2,72	356	7,28	0,25	2,79
Mittel		2	1,90	327	6,0	0,22	78	46	0,25	2,15	298	6,57	0,19	2,53
B13	2	1	2,10	384	5,7	0,23	49	67	0,28					
B13	2	2	1,83	331	5,7	0,19	51	65	0,30					
B14	1	1	2,59	354	6,9	0,19	59	24	0,19					
B14	1	2	1,88	260	6,5	0,14	79	23	0,15					
B14	2	1	2,63	398	6,4	0,14	64	31	0,19	3,08	313	9,47	0,12	2,67
B14	2	2	2,40	379	5,9	0,09	87	23	0,17	1,84	278	5,77	0,08	4,71
B15	1	1	2,15	480	4,3	0,30	85	53	0,24	2,79	404	7,11	0,12	4,03
B15	1	2	0,72	321	2,0	0,59	286	87	0,70	1,13	227	4,89	0,17	4,03
B15	2	1	2,06	221	10,6	0,34	59	67	0,28					
B15	2	2	1,31	230	5,9	0,18	85	56	0,34					

¹ Cmic/Corg: %Cmic, Nmic/Nt: %Nt, Ergo/Cmic: %Cmic, Prot/Cmic: %Cmic, Gluc/Cmic: %Cmic, FDA/Cmic: %Cmic*100, Bas/Cmic: Bas/(Cmic/1000)

Tabelle 3: Korrelationskoeffizienten der signifikanten Korrelationen von organischem C (Corg) und mikrobiologischen Größen in der Oberkrume mit Standort- und Bewirtschaftungsfaktoren, die mindestens in einem Jahr signifikant waren

Gehalte	Corg	Cmic	Nmic	Ergo	Prot	Gluc	FDA	Bas
Corg-Gehalt		0,81	0,81	0,48	0,69	0,48	0,36	0,89
Cmic-Gehalt	0,81		0,96	0,58	0,81	0,35		0,85
Ton-Gehalt	0,61	0,61	0,61	0,78		0,39		0,57
pH-Wert	0,53	0,60	0,64	0,61	0,46	0,36		0,58
Temperatur, Ø Jahresmittel	-0,26	-0,52						
Niederschlag, Ø Jahressumme				-0,49		-0,47	0,36	
Max. Arbeitstiefe	-0,42	-0,57	-0,59	-0,41	-0,51	-0,36	-0,38	
Quotienten	Cmic Corg	Nmic Nt	Cmic Nmic	Ergo Cmic	Prot Cmic	Gluc Cmic	FDA Cmic	Bas Cmic
Corg-Gehalt					-0,43	-0,38	-0,38	
Cmic-Gehalt	0,64	0,39		-0,42	-0,50	-0,64	-0,62	
Ton-Gehalt					-0,68		-0,65	
pH-Wert		0,38	-0,60				-0,63	
Temperatur, Ø Jahresmittel	0,38							
Niederschlag, Ø Jahressumme				-0,55		-0,36		
Max. Arbeitstiefe	-0,44	-0,40	0,56			0,36		

Tabelle 4: Korrelationskoeffizienten der signifikanten Korrelationen der Differenz von Oberkrume und Unterkrume mikrobiologischer Größen mit Standort- und Bewirtschaftungsfaktoren, die mindestens in einem Jahr signifikant waren

Gehalte	Corg	Cmic	Nmic	Ergo	Prot	Gluc	FDA	Bas
Differenz Corg-Gehalt		0,70	0,69	0,74	0,56	0,78	0,72	
Differenz Cmic-Gehalt	0,70		0,93	0,61	0,58	0,71	0,67	0,40
Ton-Gehalt					-0,44			
pH-Wert			-0,37					
Temperatur, Ø Jahresmittel	0,41							
Niederschlag, Ø Jahressumme				-0,54		-0,46		
Max. Arbeitstiefe		-0,36	-0,35					
Dauer der Bewirtschaftung	0,69	0,45	0,52	0,56		0,47	0,44	
Quotienten	Cmic Corg	Nmic Nt	Cmic Nmic	Ergo Cmic	Prot Cmic	Gluc Cmic	FDA Cmic	Bas Cmic
Differenz Corg-Gehalt	0,46	0,62	-0,34					
Differenz Cmic-Gehalt	0,59	0,56	-0,32					-0,62
Ton-Gehalt			-0,69				0,38	
Schluff-Gehalt			-0,51		0,54		0,47	
Sand-Gehalt			0,68		-0,55		-0,55	
pH-Wert	-0,41							
Niederschlag, Ø Jahressumme			-0,44					
Max. Arbeitstiefe				0,77				
Dauer der Bewirtschaftung		0,40						-0,53

Physikalische und chemische Eigenschaften von Böden auf Betrieben mit unterschiedlichen Bodenbearbeitungsverfahren

Tabelle 1: Korrelationskoeffizienten der signifikanten Korrelationen von Porenanteil und chemischen Größen in der Oberkrume (C/N-Verhältnis: keine Korrelationen) mit Standort- und Bewirtschaftungsfaktoren

Faktoren	Poren	OS	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	B	Cu	Mn	Zn
Ton	0,45	0,79	0,57		0,39	0,70				-0,50
Schluff				-0,42						
Sand				0,41		-0,37				
pH-Wert		0,52			0,42	0,39			-0,41	-0,38
OS	0,59		0,52			0,64				-0,36
Temperatur, Ø Jahresmittel										
Niederschlag, Ø Jahressum.			-0,46				-0,49			
Max. Arbeitstiefe		-0,40			-0,31			0,36		0,41
Dauer der Bewirtschaftung ¹										

¹ Dauer des aktuellen Bodenbearbeitungssystems in Jahren

Tabelle 5: Korrelationskoeffizienten der signifikanten Korrelationen bei der Differenz zwischen Oberkrume und Unterkrume von Porenanteil und chemischen Größen (Mg: keine Korrelationen) mit Standort- und Bewirtschaftungsfaktoren

Faktoren	Poren	OS	C/N	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	B	Cu	Mn	Zn
Ton			-0,37	0,57						-0,40
Schluff			-0,37							
Sand			0,45							0,41
pH-Wert										
Temperatur, Ø Jahresmittel			0,39							
Niederschlag, Ø Jahressum.				-0,43						
Max. Arbeitstiefe							0,57	0,45	0,52	0,50
Dauer der Bewirtschaftung ¹		0,57								0,46

¹ Dauer des aktuellen Bodenbearbeitungssystems in Jahren

Zugkraftbedarf und Dieserverbrauch beim Einsatz unterschiedlicher Bodenbearbeitungsverfahren

Tabelle 1: Ergebnisse der Messung des Zugkraftbedarfs auf der Domäne Frankenhausen und auf Praxisbetrieben im Sommer 2008 (Mediane) sowie berechneter Dieserverbrauch (Vorgaben am Ende der Parzelle)

Gerät	Arbeitstiefe	Arbeitsbreite	Arbeitsgeschwindigkeit	Zugkraft	Zugkraft / Meter Arbeitsbreite	Zugleistung	Zugleistung / Meter Arbeitsbreite	Dieserverbrauch (berechnet ¹)
Einheit	cm	m	km/h	kN	kN	kW	kW	l/ha
Ort: Domäne Frankenhausen								
Pflug	20	2,00	8,0	26,4	13,2	58,7	29,3	17,0
Pflug	25	2,00	8,1	26,2	13,1	59,0	29,5	17,0
Ecomat mit Packomat	10	2,50	9,4	44,3	17,7	115,7	46,3	20,5
Ecomat mit Packomat	15	2,50	9,3	51,5	20,6	133,0	53,2	23,1
Ecomat Packomat ausgehoben	15	2,90	9,6	32,5	11,2	86,6	29,9	14,3
Ecomat mit Packomat	10	2,90	9,7	28,5	9,8	76,7	26,4	13,0
Ecomat mit Packomat	15	2,90	9,7	30,8	10,6	83,0	28,6	13,8
Ecomat mit Packomat	15	2,90	9,7	31,2	10,8	84,2	29,0	14,0
Stoppelhobel	5	2,10	10,1	20,0	9,5	56,2	26,8	13,9
Stoppelhobel	8	2,10	10,2	35,2	16,8	99,9	47,6	20,8

Gerät	Arbeitstiefe	Arbeitsbreite	Arbeitsgeschwindigkeit	Zugkraft	Zugkraft / Meter Arbeitsbreite	Zugleistung	Zugleistung / Meter Arbeitsbreite	Dieserverbrauch (berechnet ¹)
Einheit	cm	m	km/h	kN	kN	kW	kW	l/ha
Stoppelhobel 2. Arbeitsgang nach 8 cm Tiefe	11	2,10	9,7	21,3	10,1	57,3	27,3	14,4
Stoppelhobel	5	2,10	6,0	14,1	6,7	23,5	11,2	10,8
Stoppelhobel	8	2,10	6,0	14,9	7,1	24,9	11,9	11,1
Stoppelhobel 2. Arbeitsgang nach 5 cm Tiefe	11	2,10	6,0	14,5	6,9	24,1	11,5	10,9
Flügelschargrubber	8	3,00	11,6	38,9	13,0	125,4	41,8	15,8
Flügelschargrubber	15	3,00	9,1	58,0	19,3	146,5	48,8	21,3
Flügelschargrubber	8	3,00	11,7	26,6	8,9	86,4	28,8	13,6
Flügelschargrubber	15	3,00	11,5	38,7	12,9	123,0	41,0	18,0
WeCo-Dyn 10 cm Schar	4	3,00	12,1	16,2	5,4	54,3	18,1	8,7
WeCo-Dyn 2. Arbeitsgang 36 cm Schar nach 10 cm Schar	4	3,00	12,1	12,7	4,2	42,8	14,3	7,6
WeCo-Dyn 36 cm Schar	4	3,00	12,0	15,9	5,3	53,0	17,7	9,8
WeCo-Dyn 10 cm Schar	7,5	3,00	11,9	19,1	6,4	63,0	21,0	10,9
WeCo-Dyn 10 cm Schar	5	3,00	12,2	8,4	2,8	28,5	9,5	7,1
Turiel Dammkulturg. nach 8 cm tiefem Grubber	15	3,60	5,9	42,4	11,8	69,5	19,3	13,4
Turiel Dammkulturg. 3. Arbeitsgang Umhäufeln	15	3,60	6,1	23,7	6,6	40,1	11,1	8,7

Gerät	Arbeitstiefe	Arbeitsbreite	Arbeitsgeschwindigkeit	Zugkraft	Zugkraft / Meter Arbeitsbreite	Zugleistung	Zugleistung / Meter Arbeitsbreite	Dieselverbrauch (berechnet ¹)
Einheit	cm	m	km/h	kN	kN	kW	kW	l/ha
Turiel Dammkulturg.	15	3,60	6,0	38,4	10,7	64,1	17,8	12,5
Turiel Dammkulturg. 2. Arbeitsgang Umhäufeln	15	3,60	6,0	26,8	7,4	44,7	12,4	18,5
Turiel Dammkulturg.	30	3,60	5,5	62,8	17,4	95,9	26,7	16,8
Turiel Dammkulturg.	25	3,60	5,7	56,0	15,6	88,7	24,6	9,5
FB-Frost Dammkulturg. nach 8 cm tiefem Grubber	15	4,80	7,8	35,9	7,5	77,8	16,2	8,9
FB-Frost Dammkulturg. 2. Arbeitsgang Umhäufeln	15	4,80	8,2	24,2	5,0	55,2	11,5	6,7
FB-Frost Dammkulturg.	15	4,80	8,1	36,0	7,5	81,1	16,9	9,0
FB-Frost Dammkulturg. 2. Arbeitsgang Umhäufeln	15	4,80	8,3	23,4	4,9	53,7	11,2	6,6
FB-Frost Dammkulturg.	25	4,80	7,6	60,4	12,6	126,6	26,4	13,5
FB-Frost Dammkulturg.	30	4,80	6,8	67,4	14,0	127,3	26,5	14,7
Ort: Praxisbetrieb A								
Zweischichtenpflug 15 cm wendend bis 30 lockernd	30	1,35	6,2	33,9	25,1	57,9	42,9	26,6
Pflug	15	1,35	7,3	18,9	14,0	38,4	28,5	16,9
Pflug	20	1,55	7,8	31,0	20,0	67,2	43,4	21,8
Pflug	30	1,55	6,4	39,5	25,5	70,3	45,3	26,4

Gerät	Arbeitstiefe	Arbeitsbreite	Arbeitsgeschwindigkeit	Zugkraft	Zugkraft / Meter Arbeitsbreite	Zugleistung	Zugleistung / Meter Arbeitsbreite	Dieserverbrauch (berechnet ¹)
Einheit	cm	m	km/h	kN	kN	kW	kW	l/ha
Ort: Praxisbetrieb B								
Stoppelhobel Acker 1	5	2,10	9,2	13,6	6,5	34,7	16,5	8,4
Stoppelhobel 2. Arbeitsgang nach 5 cm Tiefe	8	2,10	9,6	11,0	5,2	29,2	13,9	7,5
Stoppelhobel Acker 2	5	2,10	9,4	11,5	5,5	30,1	14,3	7,2
Ort: Praxisbetrieb C								
Gänsefußschargrubber	8	4,50	7,8	17,2	3,8	37,4	8,3	5,7
Gänsefußschargrubber 2. Arbeitsgang versetzt	8	4,50	7,8	14,3	3,2	31,1	6,9	5,1
Ort: Praxisbetrieb D								
WeCo-Dyn 36 cm Schar	5	3,00	10,8	16,0	5,3	47,9	16,0	7,5
WeCo-Dyn 10 cm Schar	5	3,00	10,8	16,7	5,6	50,2	16,7	6,9
WeCo-Dyn 36 cm Schar	5	3,00	8,9	21,4	7,1	52,9	17,6	8,1
Ort: Praxisbetrieb E								
Turiel Dammkulturg. Umhäufeln	30	5,40	3,4	35,3	6,5	33,4	6,2	6,8
Ort: Praxisbetrieb F								
FB-Frost Dammkulturg. Umhäufeln kleine Häufelkörper	15	4,80	5,4	20,0	4,2	30,0	6,3	4,7

Gerät	Arbeitstiefe	Arbeitsbreite	Arbeitsgeschwindigkeit	Zugkraft	Zugkraft / Meter Arbeitsbreite	Zugleistung	Zugleistung / Meter Arbeitsbreite	Dieselverbrauch (berechnet ¹)
Einheit	cm	m	km/h	kN	kN	kW	kW	l/ha
FB-Frost Dammkulturg. Umhäufeln großer Häufelkörper	15	4,80	7,1	21,1	4,4	41,6	8,7	5,0
FB-Frost Dammkulturg. Umhäufeln großer Häufelkörper	15	4,80	6,5	19,9	4,1	35,9	7,5	4,8

¹ Vorgaben bei der Berechnung der hier abgebildeten Dieserverbrauchswerte: keine Berücksichtigung der Fahrt vom Hof zum Schlag; 2 ha-Schlag (Breite:Länge = 1:2); 9 m Vorgewende; Grundverbrauchsfaktor 1,05; kg Diesel/kWh=0,25; Dichte Diesel 0,84 kg/l; 0,5 Min. Wendezeit; keine Überlappung bei Pflug, Stoppelhobel und Dammkulturgeräten; Überlappung bei Grubber und WeCo-Dyn-Gerät 0,3 m.

Danksagung

Mein besonderer Dank gehört allen Personen, die an dem Projekt zu reduzierter Bodenbearbeitung im Ökolandbau mitgewirkt haben. Den Betriebsleitern der evaluierten Betriebe, die durch Ihre Kooperationsbereitschaft die detaillierte Beschreibung ihrer Anbausysteme ermöglichten und mir in vielen Diskussionen tiefgehende Einblicke in die Beweggründe für ihr Handeln und die praktische Durchführung der Ackerbausysteme gewährten. Die gute Zusammenarbeit mit den Beratern für ökologischen Ackerbau war eine Voraussetzung für die schnelle und unproblematische Kontaktaufnahme zu den Betrieben sowie für die Erörterung von Themen im Bereich Bodenbearbeitung und Ökolandbau.

Dank der vielfältigen Unterstützung und großen Kooperationsbereitschaft von wissenschaftlicher Seite war eine Intensivierung der Untersuchungen möglich, die über den Rahmen des geplanten Projekts deutlich hinausging. Besonders hervorheben möchte ich dabei die Unterstützung durch die Kooperationspartner aus den Fachgebieten Agrartechnik, Bodenbiologie und Pflanzenernährung sowie Betriebswirtschaft der Universität Kassel Witzenhausen. Einen wesentlichen Anteil an der resultierenden Publikation haben auch die Autoren, die über ihre Feldversuche berichteten.

Der Austausch mit allen Beteiligten hat nicht nur zum Gelingen dieses Projekts beigetragen, sondern auch meinen persönlichen Erfahrungshorizont deutlich erweitert und mir viel Freude bereitet.

Allen Mitarbeitern der Stiftung Ökologie und Landbau danke ich für ihre Unterstützung und den Freiraum, den ich zur Durchführung des Projektes erhalten habe. Christiana Christen danke ich für ihre engagierte Mitarbeit bei der Durchführung des Projektes und die vielen interessanten Diskussionen. Ohne die Unterstützung von Eva Gehr wäre die erfolgreiche Fertigstellung der Publikation nicht gelungen.

Der Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau danke ich für die Förderung und damit Ermöglichung des Projekts „Transfervorbereitende Evaluation und Kombination von Praxiserfahrungen und Forschungsergebnissen zu Konzepten reduzierter Bodenbearbeitung im Ökologischen Landbau“. Frau Kotzia danke ich sehr für die kooperative und fundierte Betreuung.

Ganz besonders möchte ich mich bei meiner Freundin Hanna Blum für den regen Gedankenaustausch bedanken sowie für den Spielraum den sie und unsere Tochter Lea mir zur Durchführung dieses Projekts gegeben haben.