



Hochschule Neubrandenburg
University of Applied Sciences

Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaften
Fachgebiet Agrarwirtschaft

Bachelor-Studienarbeit

urn:nbn:de:gbv:519-thesis2010-0370-4

Auswirkungen der konservierenden Bodenbearbeitung auf leichten Standorten

Eingereicht von:
Hans Frodl

Erstprüfer:
Herr Prof. Dr. Seggewiß

Zweitprüfer:
Herr Schulze

Vorwort

„Keine Schuld ist dringender, als die, Dank zu sagen“
von *Marcus Tullius Cicero*

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Personen bedanken, die mich bei der Erstellung dieser Bachelorarbeit unterstützt haben.

Mein Dank gilt meinem Erstgutachter Herrn Prof. Dr. Seggewiß für die Betreuung und Unterstützung während dieser Bachelorarbeit sowie Herrn Schulze für seine Bereitschaft, als Zweitgutachter zu agieren.

Des Weiteren möchte ich mich bei meiner Freundin Sandra Schiewe für ihre große Geduld, ihre moralische Unterstützung und ihr Interesse bei der Erstellung dieser Arbeit bedanken.

Ein herzliches Dankeschön geht besonders an meine Eltern, die mich in jeglicher Hinsicht während der Dauer der Bachelorarbeit und des Studiums moralisch und finanziell unterstützt haben.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	II
Abkürzungsverzeichnis	III
1. Einleitung	1
2. Definitiorische Grundlagen	2
2.1 Boden und Bodenfruchtbarkeit	2
2.2 Bodenbewirtschaftungssysteme	3
3. Auswirkungen der konservierenden Bodenbearbeitung	6
3.1 Veränderungen im Boden	6
3.1.1 Bodenerosionen	8
3.1.2 Bodenverdichtung	11
3.1.3 Bodenwasser	14
3.2 Fruchtfolge	16
3.3 Düngung	20
3.4 Pflanzenschutz	23
4. Ökonomie	30
5. Diskussion	35
6. Zusammenfassung/ Summary	38
Literatur- und Quellenverzeichnis	42
Eidesstattliche Erklärung	44

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Definition und Einordnung von Bodenbearbeitungs- und Bestellverfahren	5
Abbildung 2: Mikrobielle Biomasse, Regenwurmbesatz sowie Humusgehalt in Abhängigkeit von unterschiedlicher Bodenbearbeitung.....	7
Abbildung 3: Wirkung von Nahrungsentzug auf den Regenwurmbesatz: Regenwurmbiomasse nach fünfjähriger Frässaat normal und nach Entfernen des Strohes. Im ersten Jahr Weizenstroh und im zweiten Jahr Körnermaisstroh	
Abbildung 4: Winderosionen auf Sandboden im Landkreis Barnim.....	9
Abbildung 5: Bodenbedeckung und Abfluss	10
Abbildung 6: Messungen des Durchdringungswiderstandes auf unterschiedlichen Standorten bei konventioneller Bodenbearbeitung (mit Pflug)	13
Abbildung 7: Messungen der pneumatischen Leitfähigkeit	14
Abbildung 8: Konservierende Bodenbearbeitung und Direktsaat fördern die Speicherung pflanzenverfügbaren Wassers im Boden	15
Abbildung 9: Stickstoffdüngung mit dem Cultan-Verfahren	22
Abbildung 10: HTR Blattdürre des Weizens.....	27
Abbildung 11: Einsparpotentiale beim Pflugverzicht	32

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
BF	Bodenfruchtbarkeit
BP	Bodenpunkte
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
cm	Zentimeter
d.h.	das heißt
evtl.	eventuell
ha	Hektar
HTR	Helminthosporium tritici repentis
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft
LNf	landwirtschaftliche Nutzfläche
max.	maximal
Mio.	Million
mm	Millimeter
m ³	Kubikmeter
µm	Mikrometer
N	Stickstoff
sog.	so genannt
v. a.	vor allem
z.B.	zum Beispiel
zit.	zitiert

1. Einleitung

„Das erste Gerät, dass wir an die neuen Bedingungen gewöhnen müssen, ist unser Kopf.“ (Roth, 2003)

Die über Jahrzehnte veränderten gesamtwirtschaftlichen Rahmenbedingungen führten zu einem Strukturwandel in der Landwirtschaft. Die Folgen dieses Wandels sind neben der Vereinfachung der Fruchtfolge, zunehmender Wintergetreideanteil in der Fruchtfolge sowie eine Veränderung in der Bodenbearbeitung. Gekennzeichnet sind diese Folgen durch die Kombination verschiedener Bearbeitungsgeräte sowie die Reduzierung der Bodenbearbeitungsintensität. Das konservierende Bodenbearbeitungssystem verfolgt hierbei die Ziele des Bodenschutzes sowie der Produktionskostenminimierung.

Das Verfahren der konservierenden Bodenbearbeitung steht für die reduzierte Bodenbearbeitung, Minimalbodenbearbeitung, pfluglose Bodenbearbeitung und der nicht wendenden Bodenbearbeitung. Bei diesem Verfahren wird bei der Grundbodenbearbeitung auf den Einsatz des Pfluges verzichtet, um somit die Bodenerosionen zu minimieren und eventuell Produktionskosten zu senken, welche wiederum zur Sicherung des Betriebseinkommens führen. (Arnold-Reimer, 1994) Der Boden wird mit Technik bearbeitet, die den Boden nicht wendet und die ursprüngliche Bodenstruktur beibehält. Das Ziel der konservierenden Bodenbearbeitung ist neben der Rentabilitätssteigerung, die Aufrechterhaltung und Steigerung der Bodenfertbarkeit sowie die Erfüllung der geforderten Umweltschutzbedingungen. (Friedrich et al., 2008)

Die vorliegende Bachelorarbeit soll die Auswirkungen der konservierenden Bodenbearbeitung auf leichten Standorten aufzeigen. Leichte Standorte sind in dieser Arbeit als Standorte definiert, die mindestens einen Sandanteil von 50% aufweisen. Diese Böden sind gekennzeichnet durch einen geringen Ton-, Lehm- oder Schluffanteil. Des Weiteren neigen diese Böden mit ihrem hohen Kornanteil zu Verschlammungen, Verdichtungen und sind anfällig für Winderosionen. In der nachfolgenden Arbeit wird auf die Ergebnisse einiger Versuche zur reduzierten Bodenbearbeitung eingegangen. Zunächst werden die definitorischen Grundlagen geschaffen. Im Punkt drei wird auf die Auswirkungen der konservierenden Bodenbearbeitung auf den Boden eingegangen. Hierbei werden die Auswirkungen bezüglich der Fruchtfolge, der Düngung sowie des Pflanzenschutzes betrachtet. Im Anschluss wird die Ökonomie näher beleuchtet, welche die größte Bedeutung bei der Entscheidung für oder gegen das konservierende Bodenbearbeitungsverfahren trägt. Nach der Diskussion werden die wesentlichen Erkenntnisse dieser Arbeit noch einmal zusammengefasst.

2. Definitive Grundlagen

Um sich dem Thema „Auswirkungen der konservierenden Bodenbearbeitung auf leichten Standorten“ inhaltlich zu nähern, sollen zunächst wesentliche Begriffe, die im Zusammenhang mit dieser Thematik stehen, definiert bzw. detaillierter erläutert werden. Hierbei finden Begriffe wie der Boden und die Bodenfruchtbarkeit sowie die Bodenbearbeitungssysteme eine besondere Beachtung.

2.1 Boden und Bodenfruchtbarkeit

Der Boden stellt ein selbständiges Gebilde und Lebensraum für Pflanzen und Tiere dar. Er bildet den wichtigsten Produktionsfaktor in den landwirtschaftlichen Betrieben.

Das Umweltmedium Boden dient als Speicher, Filter, Puffer und Austauschmedium für den Wasserkreislauf. Durch den Wasserhaushalt des Bodens werden chemische, physikalische sowie biologische Bodenprozesse beeinflusst. Den Bodenorganismen werden hierbei ebenfalls wichtige Vorgänge zugeteilt. Zu diesen Vorgängen gehören neben dem Abbau der Ernterückstände und das Mischen und Lockern des Bodens auch das Optimieren und Stabilisieren des Bodengefüges sowie das Mineralisieren von organischen Stoffen. Des Weiteren werden Nährstoffe durch die Organismen freigesetzt und die chemische Verwitterung sowie die Bodenfruchtbarkeit gefördert.

Um diese Vorgänge zu erhalten, muss der Boden geschützt und gepflegt werden. Die durch Landwirtschaft bedingten Wind- und Wassererosionen sowie Bodenverdichtungen müssen durch entsprechende Maßnahmen weitestgehend minimiert werden. Daher ist gerade hier die Wahl der richtigen Fruchtfolge und des angepassten Bodenbearbeitungssystems von großer Bedeutung. (*Lütke Entrup und Oehmichen, 2000*)

Die Bodenfruchtbarkeit definiert sich nach *Köppen (2002)* wie folgt: „Die BF ist ein in Grenzen offenes, dynamisches, sich selbst regulierendes System, das Kraft günstiger Bodeneigenschaften (Struktur, Nährstoffverfügbarkeit) in Wechselwirkung mit dem Umweltmedium Wasser und Luft (Niederschläge, Niederschlagsverteilung und Temperatur) unter dem Einfluss der Nutzung (Nutzungssysteme) Fruchtbarkeit einfach oder erweitert nachhaltig reproduziert. Entgegengesetzt kann eine widrige Nutzung BF bis zur Zerstörung reduzieren.“

2.2 Bodenbewirtschaftungssysteme

„Unter einem landwirtschaftlichen Bodennutzungssystem versteht man die langfristige, durch bestimmte Merkmale gekennzeichnete Struktur der Grasland- und Feldwirtschaft. Sie entsteht als Folge der Gesamtheit aller Eingriffe und Maßnahmen, die zum Zwecke der Pflanzenproduktion vorgenommen werden.“ (Diepenbrock et al., 2009)

Die Bodenbearbeitung, die die Arbeitsabschnitte Stoppelbearbeitung, Grundbodenbearbeitung und Saatbettbereitung umfasst, lässt sich bei Einbeziehung der Saat in konventionelle Bodenbearbeitung, konservierende Bodenbearbeitung und in die Direktsaat gliedern.

Bei dem **konventionellen Bodenbearbeitungsverfahren** kommt es zu einer jährlich intensiven Tiefenlockerung der Ackerkrume mit dem Pflug. Bei Bearbeitungstiefen, je nach Standort zwischen 20 cm und 35 cm, wird der Boden gewendet (Wendeeffekt). Hierbei wird organisches Material (Pflanzenreste der Vor- oder Zwischenfrucht sowie Unkräuter) auf Arbeitstiefe eingearbeitet und Bodenmaterial aus der Arbeitstiefe wieder nach oben transportiert. Es wird der sog. „reine Tisch“ geschaffen (frei von organischen Pflanzenresten). Der Pflug besitzt eine ausgeprägte Lockerungswirkung, wodurch die Gefahr der Überlockerung besteht. Dadurch wird der Einsatz des Packers erforderlich, um so eine kontrollierte Rückverfestigung zu erreichen. (Voßhenrich und Brunotte, 2008) Eine Überlockerung ist durch Probleme wie Fahrspurenvertiefungen und Schadverdichtungen bei darauf folgenden Arbeitsgängen gekennzeichnet. Messungen mit dem Penetrographen zeigen eine geringere Ladungsdichte im oberen Krumbereich, eine ausgeprägte Pflugsohle sowie eine dichtere Lagerung im Unterboden. (Lütke Entrup und Oehmichen, 2000) Durch den entstandenen „reinen Tisch“ ist die Aussaat relativ problemlos zu gewährleisten, z.B. mit einfachen Schleppscharen. Zudem ist eine Stoppelbearbeitung vor dem Pflugeinsatz notwendig, um keimfähige Samen beim Pflügen nicht einzuarbeiten und um große Mengen organisches Material zu bewältigen. (Voßhenrich und Brunotte, 2008) Als Vorteile des Systems ist der phytosanitäre Effekt zu nennen. Es kommt zur Unterdrückung von Unkrautsamen, Krankheitserregern und Schädlingen. Außerdem ist die geringere Verstopfungsgefahr für nachfolgende Geräte zu nennen. Nachteile wie eine schlechtere Rotte oder der fehlende Schutz vor Wind- und Wassererosionen sind ebenfalls zu berücksichtigen. (Lütke Entrup und Oehmichen, 2000)

Das **konservierende Bodenbearbeitungsverfahren** wird unterschieden in Bearbeitung mit und ohne zusätzliche Lockerung. Bei der Bearbeitung kann die Lockerung im Extremfall bis zu den unteren Bodenschichten erfolgen. Um die Keimung anzuregen und die Strohrotte zu fördern, wird meistens ein flacher Arbeitsgang durchgeführt, der unter idealen Bedingungen

auch mit einem Striegel erfolgen kann. Bei der konservierenden Bearbeitung, ohne Lockerung des Bodens, kommt es zu einer sehr flachen Bearbeitung (max. 10 cm). Hierbei stehen die Anregung der Keimung sowie das oberflächennahe Einmischen des organischen Materials im Vordergrund. (Voßhenrich und Brunotte, 2008) Generell ist die konservierende Bodenbearbeitung gekennzeichnet durch die etwas flachere und nicht wendende Bodenbearbeitung, in der der Boden lediglich mehr oder weniger stark grob aufgebrochen wird. Dies kann durch den Einsatz des Grubbers realisiert werden, der je nach den gegebenen Bedingungen in Tiefe und Häufigkeit des Einsatzes angepasst werden muss. (Reckleben, 2007) Die Pflanzenreste werden flach eingemischt oder verweilen auf der Bodenoberfläche und schützen den Oberboden vor Witterungseinflüssen. Bei diesem Verfahren entsteht kein scharf abgegrenzter Horizont zwischen Oberboden und nicht bearbeitetem Unterboden. Durch die verringerte Bearbeitungsintensität kommt es zu einem stabilen und gut befahrbaren Bodengefüge. So können Radverdichtungen durch z.B. den Grubbereinsatz sofort wieder aufgebrochen werden. Der Ablauf der Arbeitsgänge kann getrennt, teilweise oder vollständig kombiniert ablaufen. Es ist wichtig, auf eine verstopfungsfreie Saatgutablage sowie auf eine exakte Ablagetiefe des Saatgutes zu achten. Bei diesem Bodenbearbeitungsverfahren kommt es bei Bedarf zum Einsatz von nicht wendenden Lockerungsgeräten wie z.B. Grubber oder Scheibenegge, die tief oder flach lockern können. (Lütke Entrup und Oehmichen, 2000) Zu beachten ist, dass bei einer tiefen Lockerung, ähnlich wie bei der konventionellen Bearbeitung, die Gefahr einer Überlockerung besteht. (Voßhenrich und Brunotte, 2008) Das konservierende Bodenbearbeitungsverfahren hat aufgrund der langen Zeitspanne zwischen der Saat und der schützenden Bedeckung durch den heranwachsenden Bestand besonders große Bedeutung bei den Reihenkulturen. In dieser Zeitspanne kann es nämlich zu starken Verschlämmungen des Oberbodens und Erosionen durch Wind und Wasser kommen. Als wichtiger Baustein in diesem Konzept ist hier die Mulchsaat anzuführen. Bei diesem Teilbereich der nicht wendenden Bodenbearbeitung sollten Zwischenfrüchte angebaut werden, die dann durch das Eintreten von Frost abfrieren oder winterharte Arten, die dann im Frühjahr durch ein Herbizid abgetötet werden, wie z.B. bei Mais. In diesen entstandenen Pflanzenmulch wird mit spezieller Technik hineingesät. Je nach Standort und Zustand des Mulches kann zwischen Mulchsaat mit oder ohne Saatbettbereitung, ganzflächige oder streifenförmige Bodenvorbereitung, Schlitzsaat oder Punktsaat gewählt werden.

Als drittes Bodenbearbeitungsverfahren ist die **Direktsaat** zu nennen. Hier wird das Prinzip der Festbodenwirtschaft verfolgt. Es kommt zur Bestellung der Saat ohne jegliche Bodenbearbeitung. Hierbei werden spezielle Sämaschinen wie z.B. Scheibensämaschinen benötigt. Die Pflanzenreste verweilen auf der Bodenoberfläche und schützen vor Verschlämmungen und Erosionen. Die natürlich gebildete Bodenstruktur ist sehr homogen und dicht gelagert,

was auf eine hohe Tragfähigkeit und auf eine geringere Gefahr von Radverdichtungen durch Überfahrten schließen lässt. Der Übergang vom Oberboden in den Unterboden ist wie bei der konservierenden Bodenbearbeitung kontinuierlich und ungestört. Dadurch hat sich ein komplexes Netz aus vertikalen Leitbahnen gebildet und sorgt für einen günstigen Wasserhaushalt und ein hohes „Schluckvermögen“ des Bodens bei starken Niederschlägen. (Lütke Entrup und Oehmichen, 2000)

In der nachfolgenden Abbildung ist eine Geräteauswahl für die genannten Bearbeitungs- und Bestellverfahren bezüglich der Grundbodenbearbeitung und der Saatbettbereitung bzw. Saat am Beispiel des Getreidebaues dargestellt.






















Verfahren	Grundbodenbearbeitung	Saatbettbereitung	Saat	Ablauf der Arbeitsgänge
Bodenbearbeitung mit Pflug		 oder 		getrennt
		 oder 	Bodenfräse oder Rotoregge	kombiniert Saatbettbereitung u. Saat zusammengefaßt
				
Bodenbearbeitung ohne Pflug –konservierend–	 oder 			getrennt
	 oder 	 oder 		kombiniert Saatbettbereitung u. Saat zusammengefaßt
				
	—	 		ohne Grundbodenbearbeitung Saatbettbereitung und Saat kombiniert
Direktsaat	—	—		Saat ohne Bodenbearbeitung

Abbildung 1: Definition und Einordnung von Bodenbearbeitungs- und Bestellverfahren (KTBL, 1998)

3. Auswirkungen der konservierenden Bodenbearbeitung

Im folgenden Abschnitt werden die Veränderungen im Boden sowie die Auswirkungen auf die Fruchtfolge, die Düngung und den Pflanzenschutz, die durch eine reduzierte Bodenbearbeitung hervorgerufen werden, dargestellt. Die Auswirkungen beziehen sich auf leichte Standorte, die in der Einleitung definiert sind. Des Weiteren fließen, parallel zur Theorie, Ergebnisse aus Versuchen ein.

3.1 Veränderungen im Boden

Jeder Eingriff in das Bodengefüge in Form der Bodenbearbeitung stellt eine Veränderung der Wachstumsbedingungen für die Kulturpflanze dar. (Reckleben, 2007) Durch einen mehrjährigen Pflugverzicht kommt es im System der konservierenden Bodenbearbeitung zu Veränderungen bei den biologischen, physiologischen und chemischen Bodeneigenschaften. Diese Veränderungen sind mit sichtbaren Vorteilen verbunden. So ist durch den Verbleib von Pflanzenresten auf der Bodenoberfläche eine deutlich erhöhte Humusanreicherung in der Ackerkrume zu beobachten. Diese Anreicherung ist mit einer Erhöhung der mikrobiellen Aktivität verbunden (siehe Abb. 2). Bei der Abbildung ist zu beachten, dass bei der konservierenden Bodenbearbeitung ein Grubbereinsatz mit einer Bearbeitungstiefe von 20 cm gewählt wurde. Die Reduzierung der Bearbeitungstiefe könnte höhere Werte bei der mikrobiellen Biomasse, den Regenwurmbesatz und schließlich bei der Humusanreicherung erzielen. Dies hat mehrere Effekte, so wird z.B. die Stabilität der Bodenaggregate erhöht, wodurch die Widerstandsfähigkeit gegen Erosionen und Verschlammungen gesteigert wird. Dies ist gerade auf leichten Sandstandorten von großer Bedeutung. (Reckleben, 2007; Ellmer und Epperlein, 2006) Wesentlich sind neben einem standortgerechten Gehalt an organischer Substanz ein günstiges Bodengefüge sowie ein reiches und vielseitiges Bodenleben. Untersuchungen zeigen, dass die Anreicherung von organischer Substanz auf eher leichten Standorten mehr Zeit benötigt als auf schweren Böden. Die Luftleitfähigkeit des Bodens steigt tendenziell, trotz des geringeren Grobporenvolumens bei der reduzierten Bodenbearbeitung. Darauf reagieren die Pflanzen mit einer tieferen und intensiveren Durchwurzelung. Aufgrund dieser Situation können die Bestände auch Trockenperioden sichtbar besser überstehen. (Ellmer und Epperlein, 2006)

Ein immer wieder beobachtetes Phänomen ist der Anstieg der Regenwurmpopulation bei der verringerten Bearbeitungsintensität. Je geringer die Bearbeitungsintensität, desto höher ist die Biomasse und biologische Aktivität des Bodens und somit die Regenwurmpopulation (siehe Abb. 2). Durch die erhöhte Aktivität der Regenwürmer kommt es nachhaltig zu einer

Verbesserung der Bodenstruktur. Neben dem Durchmischen des Bodens und Transportieren von Stroh und Nährstoffen in tiefere Bodenschichten kommt es durch die Regenwürmer zur Auflockerung von verdichtetem Boden. Die Röhren, die sie hinterlassen, bilden ein stabiles von Ober- in den Unterboden übergehendes Porensystem, welches durch eine höhere Luftdurchlässigkeit und verbesserte Infiltration bei erhöhten Niederschlagsmengen gekennzeichnet ist.

Parameter	Bodenbearbeitungssysteme		
	Pflug	Konservierend*	Direktsaat
Mikrobielle Biomasse (mg g⁻¹ TS)			
0–5 cm	246,7	524,5	677,8
5–10 cm	276,1	438,2	435,2
Regenwurmbesatz (Tiere m ⁻²)	64	110	256
Humusgehalt (%)			
0–5 cm	1,9	2,3	2,6
5–10 cm	2,0	2,0	2,1
* Grubber bis 20 cm			

Abbildung 2: Mikrobielle Biomasse, Regenwurmbesatz sowie Humusgehalt in Abhängigkeit von unterschiedlicher Bodenbearbeitung
(Diepenbrock et al., 2009)

Bei der Umstellung auf konservierende Bodenbearbeitung und Direktsaat gilt es gerade auf den leichten Sandstandorten Geduld zu haben, denn bis zur Entstehung einer komplexen Regenwurmpopulation müssen einige Jahre vergehen. Der Grund für eine ungünstige Regenwurmpopulation liegt nicht nur in der mechanischen Beanspruchung, wie oftmals angenommen, sondern in der Verringerung des Nahrungspotentials der Regenwürmer an der Bodenoberfläche (siehe Abb. 3). Bei dem Pflugeinsatz werden z.B. Ernterückstände tief vergraben, wodurch nur kleine Regenwurmpopulationen erreicht werden. Wie bereits erwähnt besitzen die Regenwürmer bei der konservierenden Bodenbearbeitung und bei der Direktsaat wichtige bodenlockernde und stabilisierende Funktionen. Nicht nur die Zahl der Regenwürmer steigt erheblich an, sondern auch die Zahl vieler anderer Organismen, die im und auf dem Boden leben. So entsteht ein komplexes artenreiches Ökosystem, das in besonders großem Ausmaß bei der Direktsaat zu finden ist.

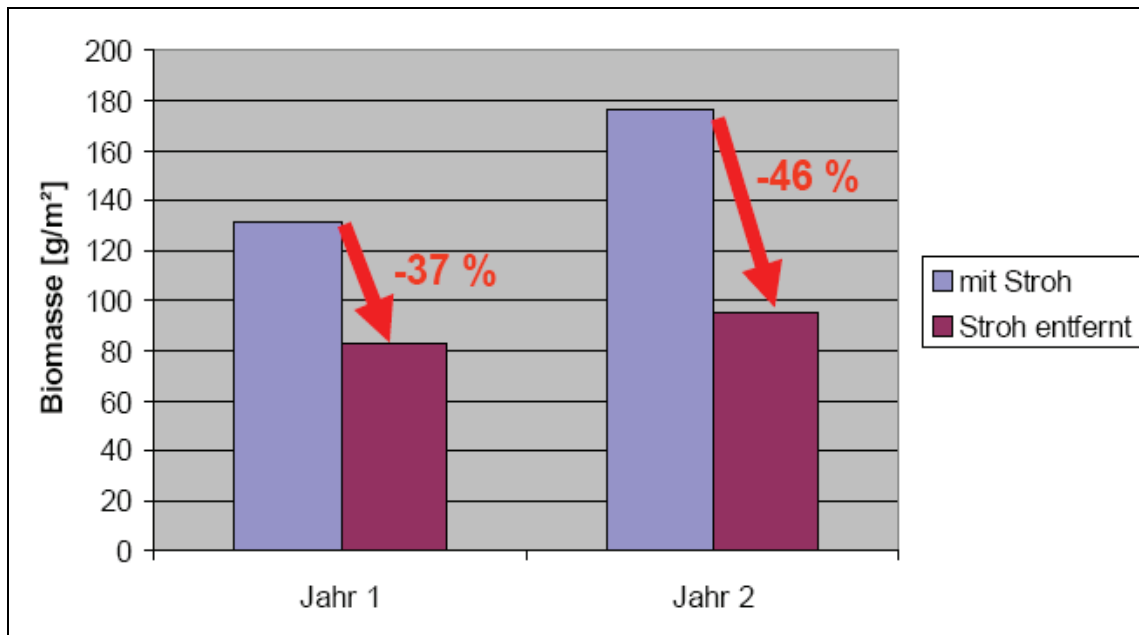


Abbildung 3: Wirkung von Nahrungsentzug auf den Regenwurmbesatz: Regenwurmbiomasse nach fünfjähriger Frässaat normal und nach Entfernen des Strohes. Im ersten Jahr Weizenstroh und im zweiten Jahr Körnermaisstroh
(Fründ, 2008)

Bei einer intensiven Bodenbearbeitung sind die Voraussetzungen für mineralisierende Organismen günstig, jedoch nimmt die Humusbildung dadurch stark ab. Dagegen wird bei der reduzierten Bodenbearbeitung bis hin zur Direktsaat die Mineralisierung nicht geringer, jedoch nimmt die Humusbildung deutlich zu. Dieser Prozess der Humusbildung läuft extrem langsam ab. Untersuchungen hierzu ergaben, dass auch unter intensiver Zufuhr von organischer Substanz max. eine Tonne Dauerhumus auf günstigen mitteleuropäischen Böden zusätzlich gebildet wird. Die Bildung auf den Grenzstandorten ist dementsprechend geringer. Diese Aussage bedeutet, dass es etwa 30 Jahre nach der Umstellung von Pflug auf Direktsaat dauert, um den Humusgehalt auf günstigen mitteleuropäischen Böden um ein Prozent ansteigen zu lassen. Hierbei wird ersichtlich, dass der Aufbau von Humus ein Generationengeschäft ist. Humus bildet sich vor allem in der oberflächennahen Schicht, also in den ersten 10 cm. In den darunter liegenden Schichten kommt es nur zu sehr geringen Veränderungen.
(Köller und Linke, 2001)

3.1.1 Bodenerosionen

Bodenerosionen spielen gerade in der Landwirtschaft eine zentrale Rolle. Diese gilt es mit moderner Technik und modernen Bearbeitungsverfahren sowie der Fruchtfolge so gering wie möglich zu halten.

Richter definiert Bodenerosion als „alle Erscheinungen der Abtragung und Akkumulation von Boden, die den Haushalt einer Landschaft über ein naturgegebenes Maß hinaus verändern. Sie werden vom Menschen ausgelöst und durch Wind, Wasser und Schwerkraft bewirkt.“ (*Köller und Linke, 2001*)

Bei Erosionen werden fruchtbarer Boden und Nährstoffe abgetragen, wodurch dann die Produktivität des Bodens im Laufe der Zeit merkbar abnimmt. Es werden aber auch Schadstoffe abgetragen. (*Köller und Linke, 2001*) Das Auftreten von Bodenerosionen hat vielseitige Ursachen. Einige Gründe sind immer größere, einheitlich bewirtschaftete Geländeschläge sowie die Beseitigung von Schutzzonen (z.B. Windschutzpflanzungen), wodurch der Wind eine zunehmende Angriffsfläche erhält. (*Diepenbrock et al., 2009*) Daher sind gerade auf den gefährdeten Flächen einige Vorsorgestrategien von aufsteigender Bedeutung. Die Bodenerosionen sollten dabei auf einem Niveau liegen, welches sich unter der Bodenneubildung befindet. (*Friedrich et al., 2008*)

Durch den Einsatz konservierender Bodenbearbeitungsverfahren nimmt das Verlustpotential von Erosion gerade auf den leichten Sandstandorten erheblich ab. Aufgrund der Einzelkornstruktur von Sandböden sind diese extrem anfällig für Winderosionen (siehe Abb. 4). Des Weiteren neigen diese Böden zur Verschlämmung. Um Winderosionen und Verschlämmungen weitestgehend zu vermeiden, sind der Aufbau eines stabilen Bodengefüges, die Anreicherung von Humus sowie die Entwicklung einer Krümelstruktur bei der konservierenden Bodenbearbeitung wichtig. (*Ellmer und Epperlein, 2006*)



Abbildung 4: Winderosionen auf Sandboden im Landkreis Barnim
(*Ellmer und Epperlein, 2006*)

Eine weitere Vermeidungsstrategie wird mit dem Bedeckungsgrad der Vorfrucht und deren Rückständen erreicht. Der Bodenbedeckungsgrad und der Oberflächenabflussgrad sind negativ miteinander korreliert (siehe Abb. 5). Hieraus wird ersichtlich, dass der grundlegende Ansatzpunkt zur Vermeidung von Bodenerosionen der Grad der Bodenbedeckung ist. Dies bedeutet, umso mehr organisches Material sich auf oder an der Bodenoberfläche befindet, desto geringer sind die Oberflächenverschlümmungen, die als Auslöser für Oberflächenabfluss und -abtrag gelten. (Diepenbrock et al., 2009) Durch konservierende Verfahren lassen sich Verschlümmungen und Erosionsgefährdung durch Wasser und Wind nachhaltig reduzieren. (Brunotte und Wagner, 2001) Untersuchungen zeigten, dass durch Winderosionen sandige Standorte stärker gefährdet sind als lehmige Standorte. Dagegen weisen sandige Standorte ein geringeres Gefährdungspotential gegenüber Wassererosionen auf. (Mohr, 2006) Gerade auf den Sandstandorten sollte daher als kurz- und mittelfristiges Ziel eine Erhöhung des Widerstandes gegen Erosionen durch Erhöhung der Aggregatstabilität und Infiltrationsleistung realisiert werden. (Ellmer und Epperlein, 2006)

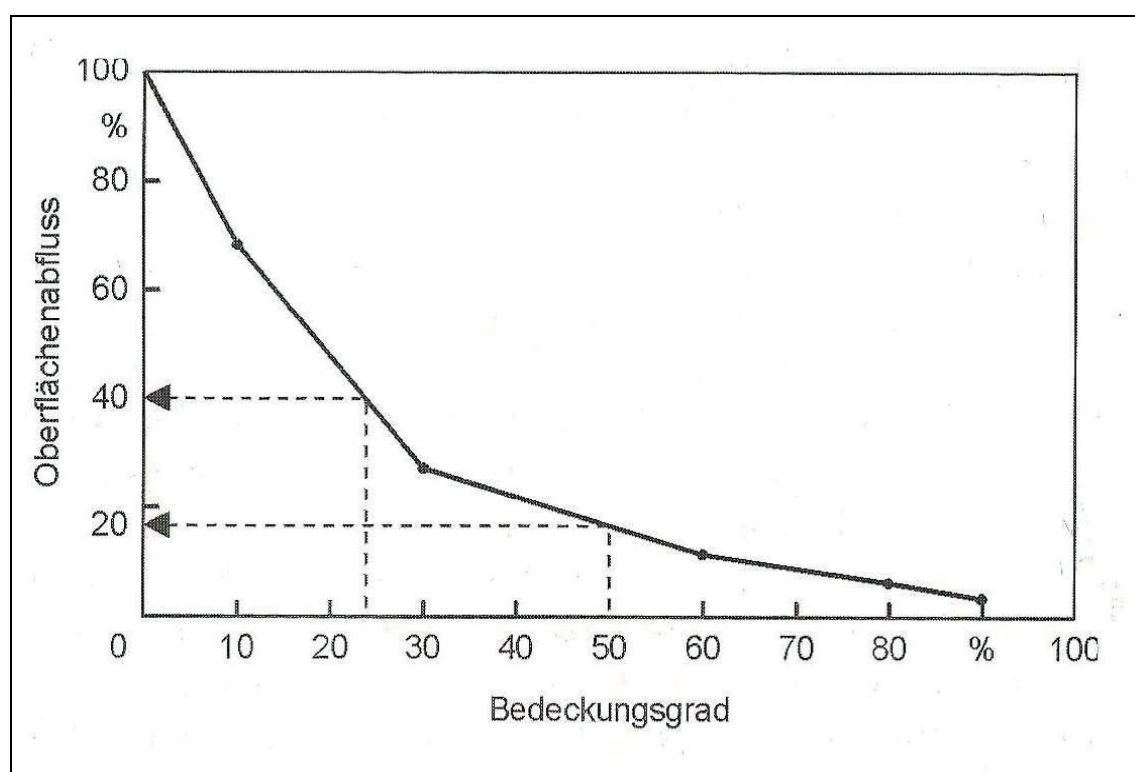


Abbildung 5: Bodenbedeckung und Abfluss
(Roth et al., 1990, zit. in Diepenbrock et al., 2009)

Die Voraussetzung für einen entsprechenden Bedeckungsgrad bildet die angepasste Fruchtfolge. Hierbei ist darauf zu achten, dass die Halmfrucht vor der Blattfrucht steht, um den erforderlichen Bedeckungsgrad für die weitreihige und spät reihenschließende Blattfrucht (z.B.

Zuckerrübe) zu gewährleisten. Eine weitere Variante ist eine Bodenbedeckung durch Zwischenfruchtresten. Hier muss jedoch eine schnelle Räumung der Halmfrucht erfolgen, um die Zwischenfrucht zeitnah zu etablieren. (Brunotte, 2007)

Zudem ist anzufügen, dass es durch die erhöhte biologische Aktivität, die bei der reduzierten Bodenbearbeitung zu beobachten ist, zur Verklüftung der Bodenpartikel und damit zu einer erhöhten Stabilität der Bodenaggregate kommt. Ein weiteres Kriterium für das aktivere Bodenleben liegt in der höheren Bodenruhe, welche bei dem Verzicht auf wendende Verfahren erreicht wird. Zu den Vorteilen gehört ebenfalls das stärkere Nahrungsangebot an der Oberfläche, wodurch die Population an Regenwürmer merklich zunimmt. Die dadurch verstärkt auftretenden Vertikalporen wirken sich positiv auf die Infiltrationsleistung des Bodengefüges aus. Diese Verzahnung von Ober- und Unterboden kann somit eine Minderung des Bodenabflusses bis zu 35% zum herkömmlichen Pflugeinsatz bewirken. In Anbetracht dieser Fakten ist gerade eine konservierende Bodenbearbeitung in Kombination mit der Mulchsaat auf Problemstandorten wie leichte Sandstandorte und bei spät reihenschließenden Fruchtarten wie Zuckerrüben und Mais eine vernünftige Wahl, um Erosionen vorzubeugen. (Brunotte und Wagner, 2001)

3.1.2 Bodenverdichtung

Durch den Einsatz von immer größeren und leistungsstärkeren Maschinen und Geräten in der Landwirtschaft wird die Sorge um Bodenschadverdichtungen immer stärker. Der Gesetzgeber hat im Bundesbodenschutzgesetz nach § 17 Regelungen zur Vorsorge und Abwehr von entstehenden schädlichen Veränderungen des Bodens getroffen. Dort heißt es: „Bodenverdichtungen sollen, insbesondere durch Berücksichtigung der Bodenart, Bodenfeuchtigkeit und des von den zur landwirtschaftlichen Bodennutzung eingesetzten Geräten verursachten Bodendrucks, so weit wie möglich vermieden werden.“ (Brunotte, 2007)

„Unter Bodenschadverdichtungen versteht man die bewirtschaftungsbedingte Beschädigung des Bodengefüges, welche zeitweilig oder dauerhaft die Regulationsfunktion (Puffer, Speicher und Leiter für Wasser, Sauerstoff, Nähr- und Schadstoffe), die Lebensraumfunktion (Mikroorganismen und Bodentiere) und dadurch schließlich auch die Produktionsfunktion (landwirtschaftliche Nutzung, Ertrag, Kosten) des Bodens negativ beeinträchtigt.“ (Weyer, 2008)

Durch Verfahren wie die nicht wendende Bodenbearbeitung kommt es zur Erhöhung der Tragfähigkeit des zu bewirtschaftenden Bodens. Die erhöhte Tragfähigkeit resultiert aus der

verringerten Bearbeitungsintensität, also Verzicht auf eine ständige, tiefe und intensive Lockerung. Zusätzlich können Zwischenfrüchte, mehrjähriges Ackerfutter und die Einordnung von begrüntem Rotationsbrachen zur Strukturstabilisierung beitragen. (Diepenbrock et al., 2009) Dadurch wird die Gefahr der Bodenschadverdichtung reduziert und der Boden kann z.B. zeitiger im Frühjahr bewirtschaftet werden. (Weyer, 2008; Köller und Linke, 2001) Die Bodenfestigkeit variiert und unterliegt jahreszeitlichen Schwankungen. Aufgrund der Überlockerung ist im Herbst gerade die Lagerungsdichte (zeigt an, wie stark ein Boden verdichtet ist und wie groß sein Porengehalt ist) bei der wendenden Bearbeitung sehr gering. Im Unterboden kommt es durch die Pflugsohle an der Grenze zwischen Ober- und Unterboden zur Verdichtung, wodurch es zur Behinderung beim Austausch von Wasser, Nährstoffen, Sauerstoff und Wärme sowie einer tiefen Durchwurzelung kommen kann. Durch den Verzicht auf den Pflug wird das Bodengefüge weniger tief gestört und unterhalb der Bearbeitungstiefe bildet sich ein dauerhaftes Aggregatgefüge durch natürliche Strukturierungsprozesse aus. Die so erhöhte Eigenstabilität des Grundbodens führt zu einer höheren Belastbarkeit des Bodens, da der Boden die Belastung bzw. den Druck besser abpuffern kann. (Reckleben, 2007)

Das Ziel der konservierenden Bodenbearbeitung, hinsichtlich der Verdichtung auf den leichten Sandstandorten, ist eine Verminderung und Auflösung von Pflugsohlen und Fahrspurenverdichtungen. Daher ist die Erhaltung und Förderung einer guten Bodenstruktur für Sandböden von prägnanter Bedeutung. Aufgrund seiner natürlichen Textur (Horizontabfolge im Profil) und seinem eher geringen Humusgehalt lagert der Sandboden relativ dicht. Ein Versuch zur Bodenfestigkeitsmessung auf einem Sand- und einem Lössboden zeigt deutliche Unterschiede im Durchdringungswiderstand (siehe Abb. 6). Hier ist zu erkennen, dass sich bei dem Sandboden nach einer mehrjährigen Bodenbearbeitung mit dem Pflug eine deutliche Pflugsohlenverdichtung eingestellt hat. Daher birgt das pfluglose Verfahren trotz seiner natürlichen Dichtlagerung und Eigenfestigkeit große Vorteile, die nicht nur zuletzt in der Einsparung von Produktionskosten begründet sind. (Ellmer und Epperlein, 2006) Weitere Ergebnisse lassen die Schlussfolgerung zu, dass die Pflug- und Furchenradsohle sich zunehmend auflöst. Erklärungen dieses Phänomens liegen in der Regenwürmeraktivität, in den Austrocknungsprozessen und Wirkungen von Pflanzenwurzeln sowie im tiefen Frost begraben. Der zunächst höhere Widerstand bei dem konservierenden Verfahren nimmt im Laufe der Jahre zur konventionellen Bearbeitung ab. Wie Untersuchungen dazu zeigten, dauert dieser Effekt auf Sandböden etwas länger als auf Lössböden. (MLUR, 2003)

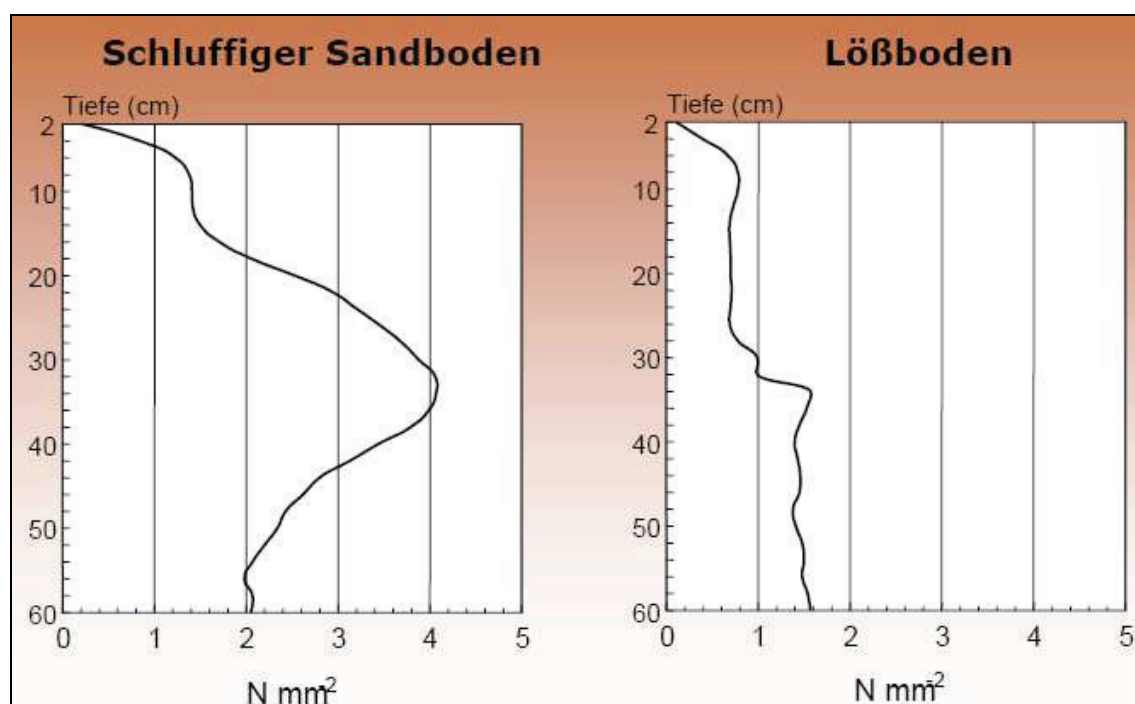


Abbildung 6: Messungen des Durchdringungswiderstandes auf unterschiedlichen Standorten bei konventioneller Bodenbearbeitung (mit Pflug)
(Diepenbrock et al., 2009)

Entscheidend bei der reduzierten Bodenbearbeitung sind die Bodenfunktionen wie der Grobporenanteil und die Porenkontinuität. Untersuchungen zeigen, dass es durch den Pflugverzicht zu einer höheren Lagerungsdichte des Bodens kommt. Mit dem Anstieg der Lagerungsdichte wird auch das Grobporenvolumen reduziert, jedoch ist die Luftdurchlässigkeit zur Pflugvariante gleich hoch. Es kommt beim Pflugverzicht zu einer höheren, aber gleichmäßigeren Dichtlagerung des Bodens. Die dadurch entstandene Bodentragfähigkeit wird durch die Entwicklung eines verbundenen kontinuierlichen Porensystems mit hoher drainierter Funktionalität erhöht. (Reckleben, 2007) Generell stellen Bearbeitungshorizonte für den kontinuierlichen Verlauf der Bodenporen ein Problem dar. Hierbei wird die Wasserdurchlässigkeit zwischen Krume und Unterboden gestört. So ist bei pneumatischen Leitfähigkeitsmessungen auf lehmigen Sandstandorten bei konventioneller Bearbeitung mit dem Pflug, eine deutliche Reduzierung der Leitfähigkeit im Pflugsohlebereich festzustellen (siehe Abb. 7). Weiterhin ist zu beobachten, dass die Bildung von solchen Bearbeitungshorizonten auch auf gegrubberten Flächen entstehen kann. Jedoch ist die Lagerungsdichte in den einzelnen Bereichen bei der Bearbeitung mit dem Pflug wesentlich höher als bei dem Grubbereinsatz. Generell entstehen Bearbeitungshorizonte in gleich bleibender Arbeitstiefe. Als wirksame Maßnahme sollte eine Bearbeitung mit wechselnder Arbeitstiefe verwendet werden.

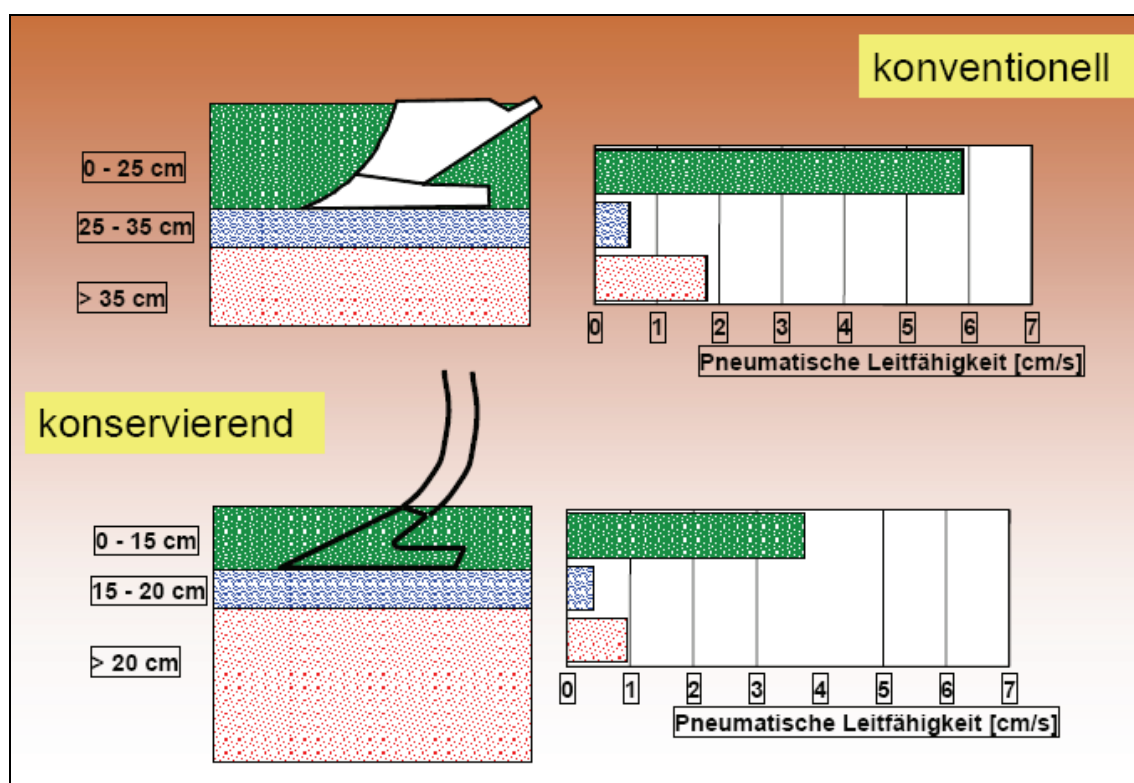


Abbildung 7: Messungen der pneumatischen Leitfähigkeit
(Ellmer und Epperlein, 2006)

3.1.3 Bodenwasser

Bodenwasser bzw. pflanzenverfügbares Wasser ist essentiell für eine gute Entwicklung des Pflanzenbestandes. Durch die Reduzierung oder gar Verzicht auf die Bodenbearbeitung steht mehr pflanzenverfügbares Wasser bereit (siehe Abb. 8). Zudem sind Wasserverluste durch Verdunstung wesentlich geringer. Durch das Verweilen der Pflanzenreste auf und an der Bodenoberfläche wird eine sog. Isolierschicht aufgebaut. Durch diese Schicht kommt es zur geringeren Erwärmung der Bodenoberfläche, was zur Minderung der Verdunstungsrate führt. Zum anderen wirkt z.B. die Strohschicht auch als Dampfsperre. Dieser Effekt ist auf feuchte, kühle Böden zu sehen, die nach der Ernte mit Stroh bedeckt sind. Im Vergleich zur Pflugfurche ist zu sehen, dass beim Pflugeinsatz etwa 20 mm Wasser verloren gehen. Gerade bei trockenen Standorten ist dieser Effekt beim Auflaufen der Folgefrucht deutlich zu erkennen. Dieser Aspekt ist ein wichtiger Bestandteil des Bodenschutzes, da durch die Erntereste und der höheren Aggregatstabilität der Anteil an Verschlammungen und Verkrustungen stark reduziert wird.

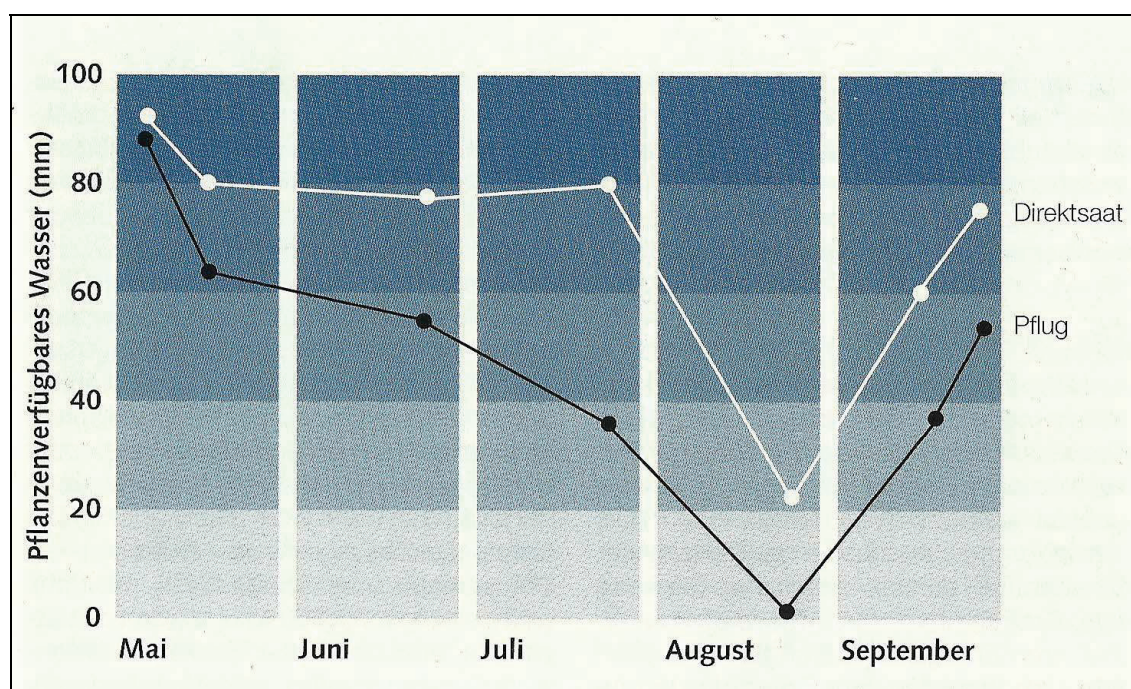


Abbildung 8: Konservierende Bodenbearbeitung und Direktsaat fördern die Speicherung pflanzenverfügbaren Wassers im Boden
(Köller und Linke, 2001)

Durch die kontinuierlichen Vertikalporen in den Leitbahnen kann deutlich mehr Niederschlagswasser in den Boden ablaufen (Wasserinfiltration). (Köller und Linke, 2001) Die Verringerung des Porendurchmessers bewirkt eine festere Wasserbindung in den Poren. Daraus resultiert, je geringer der Durchmesser der Poren, desto größer ist die Saugspannung, mit der das Wasser in den Kapillaren gehalten wird. Der sog. pF-Wert ist hierbei das Maß der Wasserbindung im Boden. Ist dieser Wert über 50 μm , kann entgegen der Schwerkraft kein Wasser gehalten werden. (Diepenbrock et al., 2009)

Die Wasserversorgung kann gerade bei pflugloser Bewirtschaftung durch den ungestörten kapillaren Wasseraufstieg auf sehr trockenen Grenzstandorten oder in trockenen Jahren gesichert werden. Aufgrund dieser Tatsachen halten Böden mit reduzierter Bodenbearbeitung bis hin zur Direktsaat deutlich mehr Wasser. (Köller und Linke, 2001) So ist durchschnittlich 30% mehr pflanzenverfügbares Wasser bei Pflugverzicht zu realisieren. Es kann je Prozent organischer Substanz ca. $150 \text{ m}^3/\text{ha}^{-1}$ mehr pflanzenverfügbares Wasser gespeichert werden. Dadurch kommt es zur Verbesserung der Bodenstruktur, des Bodenvolumens und zum Anstieg des Zugriffes auf Nährstoffe. (Friedrich et al., 2008) Ein darauf aufbauender Effekt ist, dass der Welkpunkt auf diesen Flächen in Trockenperioden deutlich herausgezögert werden kann. Auf feuchten oder sehr nassen Standorten hat die erhöhte Wasserversorgung Nachteile. Hierbei kann es nämlich schnell zum Sauerstoffmangel kommen. In diesem

Fall ist eine Bodenbearbeitungsmaßnahme von Vorteil, da der Boden durchlüftet wird und die Sauerstoffversorgung sichergestellt ist. Ein weiterer Nachteil, v. a. bei der Direktsaat, ist die verlangsamte Bodenerwärmung bei höherem Wassergehalt. (Köller und Linke, 2001)

Als besonders problematisch sind hierbei die Grenzstandorte bzw. die leichten Sandstandorte, wie sie in Brandenburg zur Genüge vorkommen. Diese Böden sind zum größten Teil (21% der 1,3 Mio. ha LNf) grundwasserferne Standorte und gekennzeichnet durch Trockenheit, Nährstoffarmut und eine schlechte Wasserleitung mittels Kapillarwirkung auf tiefere Schichten. Ziel der konservierenden Bodenbearbeitung auf diesen leichten Standorten ist eine Erhöhung der Anbausicherheit durch die Verminderung der unproduktiven Verdunstung. Durch die schon genannten stabilen und kontinuierlichen Porensysteme kann eine höhere Wasserinfiltration und ein Anstieg des Sauerstoffgehaltes gewährleistet werden. Zudem lässt sich durch eine Mulchschicht z.B. aus abgestorbenen Zwischenfrüchten ein deutlich reduzierter Wasserverlust hervorrufen und somit kann mehr pflanzenverfügbares Wasser bereitgestellt werden. (Ellmer und Epperlein, 2006)

3.2 Fruchtfolge

„Die Fruchtfolge ist der geordnete, sinnvolle zeitliche Wechsel der Pflanzenbestände auf dem Ackerland. Damit stellt sie die grundlegende Ordnungsfunktion für alle ackerbaulichen Maßnahmen dar. Sie soll die effektive Nutzung des Bodens während der gesamten Vegetationszeit und somit hohe Biomasseproduktion gewährleisten, die bestmögliche Nutzung von Vorfrucht- und Fruchtfolgewirkungen unterstützen, zur Gesunderhaltung der Pflanzenbestände beitragen sowie die Vermehrung von bodenbürtigen Schaderregern verhindern. Sie hat zum Ziel, die Bodenfruchtbarkeit nachhaltig zu reproduzieren.“ (Diepenbrock et al., 2009)

Die Gestaltung der Fruchtfolge hat im System der pfluglosen Bodenbearbeitung einen großen Stellenwert. Dies wurde bereits 1976 im Buch von Kahnt „Die Bedeutung einer angepassten Fruchtfolge für den Erfolg von nicht wendenden Bodenbearbeitungssystemen“ beschrieben. In dem System wirkt die Fruchtfolge in den Bereichen:

- Unkrautbekämpfung,
- Krankheits- und Schädlingsbekämpfung,
- Bodenlockerung durch Wurzeln,
- Humusversorgung durch Bodenruhe,
- Stickstoff-Akkumulation,
- bessere Nutzung von organischen Düngern,

- Vermeidung von Ertragsdepressionen durch Düngung oder Pflanzenschutzmittel,
- Arbeitsausgleich,
- Nutzung des Standortertragspotentials sowie
- Ertragsmaximierung.

Diese zahlreichen Auswirkungen der Fruchtfolge sind vielfältiger als die Auswirkungen, die mit den unterschiedlichen Bodenbearbeitungsverfahren erreicht werden. (MLUR, 2003; Friedrich et al., 2008)

Besonders bei der reduzierten Bodenbearbeitung können durch den Anbau von geeigneten Fruchtfolgen eine ganze Reihe von Problemen gelöst werden. So können bei einem genügenden Abstand zwischen der Ernte und der Saat Erntereste weit genug abgebaut werden, um die Saat problemlos in den Boden zu bringen. Das Hauptaugenmerk liegt wieder beim Erosionsschutz durch das Verweilen der Ernterückstände an der Bodenoberfläche. Die Kontrolle der Unkräuter und Ungräser kann ebenfalls durch eine vielseitige Fruchtfolge vereinfacht werden, da genügend Zeit zwischen Ernte und Saat für die Bekämpfung von Unkraut und Ausfallgetreide bleibt (Totalherbizid). Gerade Problemunkräuter, Krankheiten und Schädlinge haben bei gezielten, vielfältigen Fruchtfolgen keine bzw. nur geringe Chancen zur Ausbreitung. So können höhere Erträge erreicht werden und unter Einbeziehung von Leguminosen erhebliche Mengen an Stickstoffdünger gespart werden. (Köller und Linke, 2001; MLUR, 2003)

Um die Fruchtfolgen so vielseitig wie möglich zu gestalten, ist ein Wechsel zwischen Halm- und Blattfrucht, Sommer- und Winterungen sowie die Einbeziehung von Zwischenfrüchte und Untersaaten gerade bei den konservierenden Verfahren und der Direktsaat von großer Bedeutung. Mit einigen Fruchtfolgen lassen sich auch die Aussaatzeitspannen optimieren oder ermöglichen einen Verzicht auf Bodenbearbeitungsgänge, z.B. Raps als Vorfrucht für Wintergetreide. (MLUR, 2003) Weiterhin ist bei der konservierenden Bodenbearbeitung ein Wechsel zwischen Kulturen mit unterschiedlichen Wurzelsystemen von Bedeutung, so dass über den Verlauf der Fruchtfolge ein möglichst großes Bodenvolumen erschlossen werden kann. Das aktuelle Marktgeschehen beeinflusst ebenfalls die Wahl der Fruchtfolge. Dieser Faktor sollte jedoch nicht als alleiniges Auswahlkriterium gelten. Ebenso von Bedeutung bei der Wahl der Fruchtfolge sind neben Arbeitsverteilung Pflanzengesundheit sowie Wirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit und der Wasserbedarf. Das Ziel sollte hier eine Maximierung des Ertrages über die gesamte Fruchtfolge sein und nicht das Realisieren von Höchstertrege einzelner Jahre. (Friedrich et al., 2008) Ein Nachteil verbirgt sich in den ökonomischen Vor-

teilen einer Spezialisierung einzelner Früchte. Hierbei müssen aber dann sehr enge bzw. einfache Fruchtfolgen bis hin zur Monokultur in Kauf genommen werden. Die Bewirtschaftung solcher einseitiger Fruchtfolgen gestaltet sich mit Verringerung der Bodenbearbeitungsintensität äußerst schwierig und bringt ein hohes Risiko mit sich.

Um das Ziel der Einkommenssicherheit zu gewährleisten, stellten viele Betriebe auf eine engere Fruchtfolge um. Wie Untersuchungen zeigen, ist es auch möglich diese engeren Fruchtfolgen mit Verfahren ohne Pflugeinsatz zu bewältigen. Dies gestaltet sich jedoch aufgrund der geringeren Regulierung von Unkräutern, Krankheiten und Schädlingen relativ schwierig. Die Auswahl von Fruchtarten für den Anbau ist ökonomisch bestimmt. Neben den Ertrag und Pflanzenschutz muss auch die arbeitswirtschaftliche Organisation und Mechanisierung beachtet werden.

So kommt es dazu, dass auch ein hoher Raps- und Wintergetreideanteil in pfluglosen Betrieben dominiert. Nur wenige Landwirte arbeiten allein mit Getreidefruchtfolgen. In vielen Betrieben laufen auch mehrere Fruchtfolgen parallel nebeneinander, die je nach Bodengüte auf unterschiedlichen Teilflächen abgestimmt sind. Mögliche Schwierigkeiten bestehen bei dem Durchwuchs von Ausfallgetreide. Dies kann wiederum durch entsprechende Zeiträume zwischen Ernte und Saat für eine wirksame Beseitigung oder durch die Umstellung der Fruchtfolge gelöst werden, z.B. Ersatz von Wintergerste durch eine Sommerung. In den meisten Betrieben reicht ein bereits erwähnter Wechsel zwischen Halm- und Blattfrüchten bzw. zwischen Winter- und Sommerungen aus, um Probleme mit Durchwuchs, Verunkrautungen und Pflanzenkrankheiten zu begrenzen. Besonders zu erwähnen sind Früchte wie Mais, der arbeitswirtschaftliche Engpässe beseitigt, oder Leguminosen, die die Ausnutzung der Stickstoffvorräte im Boden verbessert.

Zu ernsthaften Problemen im Rahmen der Fruchtfolge kommt es häufig bei der Umstellungsphase auf das konservierende Bodenbearbeitungsverfahren. So kann es z.B. in der Rapsfruchtfolge zu Problemen mit der Strohverteilung in der Getreideernte kommen, was Schwierigkeiten bei der darauf folgenden Rapssaat hervorbringen kann. (Köller und Linke, 2001)

Auch bei der reduzierten Bodenbearbeitung kann es zur Unterdrückung der Infektionskette kommen, die im Sinne des integrierten Pflanzenbaues mit einer Mindestmenge an Pflanzenschutzmitteln auskommt. (Köller und Linke, 2001; MLUR, 2003) Hierbei muss die Infektionskette durch geeignete Fruchtwechsel unterbrochen werden. Um den Unkrautdruck zu regulieren, können auch bestimmte Fruchtarten mit entsprechender unterdrückender Wirkung

gegen Unkraut angebaut werden. Andere Kulturen weisen auch krankheits- und schädlingsunterdrückende Wirkungen auf. So zeigen Untersuchungen, dass sich Feldmäuse in Erbsen und in Buchweizen nicht vermehren. Des Weiteren sind Wurzelausscheidungen auf Nematoden oder Tiefenlockerungswirkung einiger Wurzelsysteme bekannt.

Es ist von Vorteil, wenn sich Kulturen mit hohen Mengen an Ernterückständen mit Kulturen mit geringen Mengen an Ernterückständen abwechseln. Gerade bei der Direktsaat ist eine permanente Bedeckung der Bodenoberfläche von Bedeutung. Hierbei sollen Ernterückstände eine möglichst lange Bedeckung des Feldes gewährleisten und soviel wie möglich und regelmäßig organische Substanz den Boden zuführen. Kulturen wie Getreide haben relativ stabile Rückstände, die ungehäckselte relativ lange an der Bodenoberfläche verweilen. Dagegen besitzen andere eine hohe Biomasse, die jedoch sehr schnell umgesetzt wird. Bei einigen Leguminosen verhält es sich so, dass relativ wenige Rückstände hinterlassen werden und diese zudem relativ schnell umgesetzt werden. Solche Kulturen sollten bevorzugt vor Kulturen stehen, die den Boden wieder bedecken. Kulturen mit einer langen Jugendentwicklung und einem großen Reihenabstand (z.B. Mais) sollten hingegen nach Kulturen mit reichlichen und stabilen Rückständen stehen.

Für die Bedeutung der Bodenbedeckung und den Aufbau von Bodenfruchtbarkeit sowie für mögliche Kompensierungen für Kohlenstoffbindungen im Boden ist es ratsam die gesamte zur Verfügung stehende Wachstumsperiode zu nutzen. Selbst zum Zweck der Bodenbedeckung und zur Anreicherung des Kohlenstoffkreislaufes kann dies gerade in Gegenden mit einem geringeren Niederschlagsaufkommen von Vorteil sein. Grund hierfür ist die Anreicherung der organischen Substanz, mit der mehr Wasser zu Verfügung gestellt werden kann, als in den meisten Fällen von den Zwischenfrüchten verbraucht wird. Wichtig ist, dass mindestens die Hälfte der angebauten Kulturen Winterfrüchte sind. Denn auch vor Sommerung oder Blattfrüchten ist eine Bedeckung des Bodens im Winter zu realisieren. (Friedrich et al., 2008)

Die Bedingungen für eine sinnvolle Fruchtfolge sind nicht auf allen Standorten garantiert. So ist erst auf Standorten mit einer mittleren Bodenwertzahl von mindestens 30 bis 35 BP die Anbauwürdigkeit für eine vielseitige Gestaltung von Anbaufolgen gewährleistet. Diese Betriebe haben die Möglichkeit besser auf eventuelle Problemsituationen beim pfluglosen System durch Veränderungen in der Fruchtfolge zu reagieren. Jedoch ist die Möglichkeit mit der Anbaufolge bei Problemen zu reagieren, gerade während der Umgestaltung auf dem nicht wendenden System auf Standorte mit geringer Bodengüte, stark eingeschränkt. Gerade auf Standorten oder in Situationen mit hohen Mengen mineralischen Stickstoff nach der Ernte

oder bei der Gefährdung der Böden durch Verschlämmungen oder Erosionen ist ein Anbau von Zwischenfrüchten in der Umstellungsphase von größter Bedeutung. Die Bedeutung dieses Kriteriums bezüglich der Erosion kann jedoch im Laufe der Zeit durch die Entwicklung eines stabilen Bodenaggregates abnehmen. Im Hinblick auf die Verunkrautungen ist die Fruchtfolgegestaltung eine wirksame Gegenmaßnahme.

Im pfluglosen System ist der Anbau von Wintergetreide als Artenfolge nur bedingt möglich. Das Hauptproblem stellt hierbei der Durchwuchs von Fremdgetreide in der Nachfrucht dar. Nach Triticale wäre der Anbau von Roggen denkbar. Der Grund hierfür liegt in der Vermeidung der Monokultur und im vereinfachten Management des Pflanzenschutzes.

Besonders günstig ist der Anbau von Wintergetreide nach dem Drusch der Blattfrucht. Eine erhöhte Ertragsleistung ist hierbei durch den hohen Vorfruchtwert der Blattfrucht zu erzielen. Zwischen der Ernte der Vorfrucht und der Saat des Wintergetreides kann eine unterschiedlich lange Periode der nicht bedeckten Bodenoberfläche entstehen. Diese Periode kann für Bodenbearbeitungs-, Grunddüngungs- oder Unkrautbekämpfungsmaßnahmen genutzt werden. Hierbei kann Ausfallraps anstelle einer gesonderten Zwischenfrucht durch die Selbstbegrünung zur Erosionsminderung, Nährstoffbindung und zum Schutz des Bodens vor Verschlämmungen bei Starkregen genutzt werden. Aber auch auf die Beanspruchung des Bodenwassers und die Keimbedingungen der Nachfrucht muss geachtet werden. Ein Problem, welches durch die lange Vegetationszeit des Rapses hervorgerufen wird, ist die Steigerung der Mauspopulation. Durch die meist fehlende Tiefenlockerung und die krümelige Oberfläche des Rapses entstehen hier ideale Lebensräume für diese Tiere. Dieses Problem sollte mit der erforderlichen Aufmerksamkeit betrachtet werden. (MLUR, 2003)

3.3 Düngung

„Unter Düngung versteht man die Zufuhr von Pflanzennährelementen zum Ausgleich der bei der ackerbaulichen Bodennutzung entstehenden Entzüge, Verluste und Veränderungen sowie zur Verbesserung der Nährstoffversorgung der Böden. Dazu werden Düngemittel in organischer und mineralischer Form eingesetzt. Dies sind Stoffe, welche Pflanzennährstoffe enthalten und dazu bestimmt sind, unmittelbar oder mittelbar Nutzpflanzen zugeführt zu werden, und deren Wachstum zu fördern, den Ertrag zu erhöhen und die Qualität der Ernteprodukte zu verbessern.“ (Diepenbrock et al., 2009)

Durch die Verringerung der Bodenbearbeitungsintensität und dem damit verbundenen Verzicht auf das Wenden des Bodens kommt es zu deutlichen Auswirkungen auf den Nährstoff-

gehalt des Bodens. Es ist eine Anreicherung von Nährstoffen gerade in den obersten Bodenschichten zu beobachten. Der Humusgehalt sowie die biologische Aktivität sind ebenfalls erhöht und die Nährstoffe sind zu einem höheren Anteil organisch gebunden. (Köller und Linke, 2001) Durch die Erhöhung der Bodenaktivität und die Wirkung der organischen Substanz ist die Verfügbarkeit an Nährstoffen im Boden erhöht. Außerdem kommt es auf langer Sicht zu einem deutlich geringeren Düngereinsatz, aufgrund der Verminderung von Auswaschungs- und Erosionsverlusten. (Friedrich et al., 2008) Zusammenhänge wie die Beeinflussung der Mineralisation durch feuchtere und kühlere Böden müssen bei der Düngung berücksichtigt werden.

Um den Nährstoffbedarf der Böden zu ermitteln, müssen regelmäßig Bodenuntersuchungen stattfinden. Entscheidend bei der Untersuchung ist die Tiefe der Probenentnahme. Es ist sinnvoll die Beprobung des A-Horizontes in mehreren Tiefenabschnitten zu unterteilen, da die Nährstoffe nicht gleichmäßig im Boden verteilt sind, wie beim konventionellen Verfahren, wo der Boden bis auf Pflugtiefe durchmischt wird. Die Düngerempfehlungen sind hierbei nur begrenzt einsetzbar, da diese meist von gepflügten Böden abgeleitet sind. Regelmäßige Bodenuntersuchungen, genaue Bestandsbeobachtungen und Blattanalysen haben besonders bei der konservierenden Bodenbearbeitung und bei der Direktsaat oberste Priorität.

Im konservierenden Verfahren tritt die größte Veränderung hinsichtlich der Düngung bei der Stickstoffdynamik auf. In der Umstellungsphase wird Stickstoff durch das Ansteigen des Humusgehaltes immobilisiert, wodurch Mindererträge auftreten können. (Köller und Linke 2001) Daher sollte bei restriktiver Düngung in der Umstellungsphase etwas mehr gedüngt werden, um eine ausreichende Versorgung und damit den Aufbau von organischer Substanz zu gewährleisten. (Friedrich et al., 2008) Auf Böden, die eine gute Versorgung und ein hohes Düngerniveau besitzen, ist keine zusätzliche Düngung nötig, da die Stickstoffverluste tendenziell niedriger sind als bei der konventionellen Bearbeitungsvariante. Untersuchungen zeigen, dass bei gleichem Versorgungsniveau der höhere Anteil an organisch gebundenem Stickstoff tendenziell zu niedrigen N_{\min} -Werten führt. Gegenüber der Pflugvariante ist es sinnvoll, v. a. in kühlgemäßigten Regionen, die erste Stickstoffgabe im Frühjahr zu erhöhen. Die darauf folgenden Gaben sollten wieder reduziert werden, da die benötigte Gesamtstickstoffmenge nicht höher ist als bei gepflügten Flächen. (Köller und Linke, 2001) Es ist dennoch wichtig, die wenig mobilen Nährstoffe im Boden zu platzieren, da die Einarbeitung sich bei konservierenden Verfahren schwierig gestalten kann bzw. beim Direktsaatverfahren nicht möglich ist. An dieser Stelle ist das Cultan-Verfahren zu nennen, bei dem sog. „Unterfuß-Depots“ von Stickstoffdünger im Boden platziert werden. Dieses Verfahren lässt sich mit der

Nullbodenbearbeitung kombinieren und ist daher gerade in diesem Bereich ein interessantes System (siehe Abb. 9). (Friedrich et al., 2008)



Abbildung 9: Stickstoffdüngung mit dem Cultan-Verfahren
(Janssen, 2008)

Von den Elementen Phosphor und Kalium gibt es eine oberflächennahe Konzentration bei pflugloser Bewirtschaftung. Hierzu sind keine negativen Erfahrungen bekannt. Es kann damit gerechnet werden, dass durch die erhöhte Regenwurmpopulation eine Verlagerung dieser Nährstoffe möglich ist, die einer weiteren Akkumulation entgegenwirken. (Köller und Linke, 2001) In der Praxis sind zum konventionellen Bearbeitungsverfahren bei der Düngung von Phosphat und Kalium keine wesentlichen Veränderungen zu beobachten. Eine Veränderung der zu düngenden Menge ist daher nicht nötig. Aufgrund der eher schlechten Beweglichkeit von Phosphat im Boden kann hier eine flache Einarbeitung sinnvoll sein. So können gerade bei größeren Mengen Phosphat Salzsäuren verhindert werden.

Der Bedarf an Kalk ist im Boden eigentlich unverändert, jedoch kann es durch den Einsatz von physiologisch sauer wirkenden Stickstoffdüngern und der fehlenden Durchmischung des Bodens durch den Pflug zu einer Absenkung des pH-Wertes, gerade in der obersten Boden-

schicht, kommen. Um Ertragseinbußen zu vermeiden, wird in diesem Fall eine regelmäßige Kalkgabe notwendig. Aufgrund des hohen Verlustpotentials ist das Einarbeiten von größeren Kalkgaben Pflicht. Von Vorteil ist es eher kleinere Kalkmengen zu geben und dafür öfters zu kalken. Bei der Düngung von Magnesium, Schwefel und Mikronährstoffe ist bis auf Einzelfällen keine Anpassung nötig.

Gerade bei der konservierenden Bodenbearbeitung und bei der Direktsaat ist eine Förderung des Bodenlebens und die Verbesserung der Bodenstruktur durch die Zufuhr von organischer Substanz in Form von organischem Dünger wie Festmist, Gülle, Kompost und Klärschlamm von Vorteil. Um Ammoniakverluste zu reduzieren, ist hierbei auf die Einarbeitung zu achten. (Köller und Linke, 2001)

3.4 Pflanzenschutz

„Die Pflanzenerzeugung nimmt in der Gemeinschaft einen wichtigen Platz ein. Der Ertrag dieser Pflanzenerzeugung ist ständig durch Schadorganismen, einschließlich Unkräuter, bedroht, und es ist unbedingt erforderlich, die Pflanzen vor diesen Gefahren zu schützen, um eine Ertragsminderung zu verhindern und die Versorgung sicherzustellen. Eines der wichtigsten Mittel zum Schutz der Pflanzen und Pflanzenerzeugnisse und zur Verbesserung der Produktion der Landwirtschaft ist die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. Diese Pflanzenschutzmittel haben nicht nur nützliche Auswirkungen auf die Pflanzenerzeugung, sie bringen auch Risiken und Gefahren für den Menschen, die Tiere und die Umwelt mit sich, insbesondere dann, wenn sie ungeprüft und ohne amtliche Zulassung in den Verkehr gebracht und unsachgemäß angewandt werden“. (Lütke Entrup und Oehmichen, 2000)

Die Verringerung der Konkurrenz zwischen Unkraut und Nutzpflanze ist das wichtigste Ziel der Unkrautkontrolle. Hierbei werden die Wachstumsbedingungen zu Gunsten der Nutzpflanze geschaffen. Des Weiteren werden bei dieser Maßnahme Zwischenwirte für Krankheiten oder Schädlinge beseitigt. Untersuchungen zeigen, dass sich auch Unkräuter und Ungräser ohne einen höheren Pflanzenschutzmittelaufwand beherrschen lassen.

Bei der konservierenden Bodenbearbeitung kommt es zu einer erhöhten Artenvielfalt und häufig zum früheren Auflaufen der Kultur. Demzufolge ist häufiger ein höherer Anteil an monokotyledon (einkeimblättrigen), mehrjährigen Unkräutern zu finden. Ein verstärktes Auftreten von Quecke, Ackerfuchsschwanz, taube Trespe, Löwenzahn sowie Ackerdistel ist beim Pflugverzicht zu beobachten. Zudem sind die Termine des Auflaufens der Unkräuter verändert. Auf diese neuen Bedingungen muss der Herbizideinsatz eingestellt werden. Aber nicht

nur der Herbizideinsatz allein, sondern auch die Gestaltung der Fruchtfolge sowie die mechanischen Unkrautbekämpfungsmöglichkeiten haben einen großen Einfluss auf die Population von Unkräutern und Ungräsern. (Köller und Linke, 2001) Durch eine vielseitige Fruchtfolge kann der Unkrautflora die Möglichkeit genommen werden, sich an bestimmte Bedingungen anzupassen. (Friedrich et al., 2008) Zu größeren Problemen bei der Unkrautbekämpfung kann es in der Umstellungsphase von der konventionellen zur konservierenden Bodenbearbeitung kommen, gerade in wintergetreidebetonte Fruchtfolgen, bei sehr kurzen Zeitspannen zwischen Ernte der Frucht und Saat der Folgefrucht oder im Anbau von Monokulturen. Hier ist dann mit einer erhöhten Entwicklung von Ungräser wie z.B. Tresse oder Ackerfuchsschwanz zu rechnen, ebenso wie mit einem erheblichen Fremdbesatz.

Der erhöhte Unkrautdruck bei der konservierenden Bodenbearbeitung resultiert aus dem Verweilen und nicht tief Eingraben der Ernterückstände in den Boden. Entgegen läuft bei der Direktsaat durch die fehlende Bodenbearbeitung und damit ungünstigen Keimbedingungen wesentlich weniger Unkraut auf. Die bestehenden Unkräuter können auch nicht durch Bodenbearbeitung zerstört werden. Die Beschattung kann hier aufgrund der permanenten Bodenbedeckung und der Mulchschicht das Unkrautwachstum erheblich reduzieren. (Köller und Linke, 2001) Um den Samendruck im Feld langfristig zu reduzieren, ist es wichtig die Blüte und Abreife von Samenunkräutern zu verhindern. So kann schon nach wenigen Jahren bei einem guten Unkrautmanagement der geringere Unkrautdruck verzeichnet werden. Bei der Direktsaat bzw. der Nullbodenbearbeitung sollte man darauf achten, dass kein Unkrautpotential mit der Saat an die Bodenoberfläche transportiert wird. (Friedrich et al., 2008) Die unterschiedlichen Bearbeitungssysteme beeinflussen die Lebensdauer der Unkrautsamen erheblich. So kommt es bei der konservierenden Bodenbearbeitung zu einer relativ kurzen Lebensdauer, da sich hier das Samenpotential an der Oberfläche befindet, wo es gute Keim- und Auflaufbedingungen bekommt. Außerdem wirken der Sauerstoffgehalt und die erhöhte biologische Aktivität negativ auf die Lebensdauer der Unkrautsamen. Zu den ackerbaulichen Maßnahmen gehören eine vielfältige, spezielle, angepasste Fruchtfolge und die Einbeziehung von Zwischenfrüchten und Untersaaten. Durch einen Wechsel zwischen Blatt- und Halmfrüchten und/oder Wechsel zwischen Sommer- und Winterungen ist auch im pfluglosen Anbau eine preiswerte und effektive Unkrautkontrolle möglich. Die gezielte Sortenwahl und entsprechende Düngung zählen ebenfalls zu ackerbaulichen Maßnahmen. Bei der mechanischen Unkrautkontrolle ist darauf zu achten, dass trotz der Ernterückstände auf der Bodenoberfläche ein störungsfreies Arbeiten ermöglicht wird (z.B. mit Rollhacken). Durch die mechanische Bodenbearbeitung, gerade bei der möglichst flachen Stoppelbearbeitung, kann die Unkrautkontrolle sowie die Bekämpfung von Ausfallgetreide gewährleistet werden. Unter günstigen Bedingungen, die auf den leichten Standorten eher selten vorzufinden sind, kann

dies auch mit einer schweren Walze geschehen. Wenn die Zeitspanne zwischen Ernte und Saat groß genug ist, lassen sich auf diesem Weg Herbizidaufwendungen reduzieren.

Bei dem Problemungras Trespe ist die sicherste Bekämpfung mit dem Pflug, in dem sie vergraben wird. Jedoch kann diese mittlerweile auch im pfluglosen Verfahren kontrolliert und ausgeschaltet werden. Dies geschieht am besten mit diversen Gräsermitteln im Raps oder in den Ackerbohnen. Eine der effektivsten vorbeugenden Maßnahmen ist die Behandlung der Feldränder. So ist die Trespe auch ohne Herbizideinsatz oder durch das Einschalten einer Sommerung in die Fruchtfolge zu kontrollieren. Bei der Wahl der Herbizide gilt es bei veränderten Bedingungen einiges zu beachten. So muss auf die Schonung des Bodenlebens geachtet werden. Speziell die Regenwurmpopulation darf nicht durch Herbizide oder andere Pflanzenschutzmittel belastet werden. Aufgrund der veränderten Auflaufzeiten ist der optimale Termin von großer Bedeutung. Dazu ist eine regelmäßige Beobachtung der Bestandsentwicklung und speziell der Unkrautentwicklung entscheidend. Weiterhin ist zu beachten, dass die Wirkung der Pflanzenschutzmittel durch die auf der Oberfläche verweilenden Ernterückstände oder der Mulchdecke beeinflusst wird. So kann es durch die organischen Rückstände und Humusstoffe zur Bindung der Wirkstoffe an der Bodenoberfläche kommen, wodurch die Wirkung reduziert werden kann oder im Extremfall die Wirkstoffe inaktiviert werden können. Zudem kommt es durch die höhere biologische Aktivität zu einem schnelleren Abbau. Daher sollten in diesem Fall eher Blattherbizide, d.h. Kontaktherbizide oder systemische Herbizide eingesetzt werden. (Köller und Linke, 2001) Der Herbizideinsatz ist bei der konservierenden Bodenbearbeitung weniger bedenklich als bei der konventionellen Bodenbearbeitung. Die Mittel die bei dem pfluglosen Verfahren eingesetzt werden, besitzen oft eine wesentlich geringere Persistenz und haben damit eine kürzere Umweltwirkung wie Herbizide, die wie Bodenherbizide bei der Pflugbearbeitung eingearbeitet werden. (Friedrich et al., 2008) Die veränderte Unkrautdynamik hat zur Folge, dass vorhandene Schadschwellen, die für gepflügte Flächen entwickelt wurden, nicht mehr anwendbar sind. Daher ist hier, wie bereits erwähnt ein besonders gutes Beobachten mit einer möglichst frühen Bekämpfung unabdingbar. Wie schon genannt muss es nicht zwangsläufig zu einem höheren Herbizidaufwand kommen. Die Untersuchungen und Praxiserfahrungen zeigen, dass gerade durch die Gestaltung der Fruchtfolge sowie der mechanischen Unkrautbekämpfung eine Reduzierung der chemischen Maßnahmen zu erreichen ist. (Köller und Linke, 2001)

Die konservierende Bodenbearbeitung besitzt, wie schon genannt, neben der höheren biologischen Aktivität auch eine größere Artenvielfalt. Dies bedeutet ein Ansteigen des günstigeren Schädling-Nützling-Verhältnisses, wodurch der Einsatz von Schädlingsbekämpfungsmitteln reduziert werden kann. (Friedrich et al., 2008) Durch die Reduzierung von Wasser-

stress ist auf leichten Standorten ein Rückgang der Krankheitsanfälligkeit zu sehen. Der Grund hierfür ist ein höherer Gehalt an pflanzenverfügbarem Wasser. Bei den Arbeiten mit einer Mulchdecke kann die Infektionsgefahr durch das Hochspritzen von Regentropfen, die vom Boden direkt infiziertes Material an die Pflanze weiter geben, reduziert werden. Wiederum verbirgt sich in der Mulchdecke auch ein Nachteil, denn das infektiöse Material von den Ernterückständen, das sich auf der Bodenoberfläche befinden kann, kann auf diesem Wege leichter an die Pflanze herankommen und zu einem höheren Befall führen. Aber auch die Krankheitserreger, die beim Einsatz des Pfluges in tiefere Bodenschichten vergraben werden, verbleiben hier an der Bodenoberfläche. Bei den Pflanzenkrankheiten ist bei der konservierenden Bodenbearbeitung sowie auch bei der Direktsaat ein weitaus geringerer Befall von z.B. Halmbasiserkrankungen (Schwarzbeinigkeit und Halmbruch) zu verzeichnen als bei der gewendeten Variante. Dies ist die Aussage zahlreicher Studien. Der Anteil an oberflächennaher organischer Substanz in Verbindung mit dem höheren Sauerstoffangebot führt, wie bereits erwähnt, zu einer Steigerung der Aktivität des Bodenlebens sowie zur Entwicklung der Antagonisten und damit zum beschleunigten Abbau von infizierten Stroh- und Wurzelresten. Diese erhöhte Aktivität von Gegenspielern und Konkurrenten wirkt einer Vermehrung von Schadpilze entgegen, wodurch sich der verringerte Fungizidaufwand rechtfertigen lässt. Untersuchungen zeigen, dass sich der Mittelaufwand in einigen Fällen bis auf 60% reduzieren lässt. (Köller und Linke, 2001) Beim konventionellen Verfahren kommt es in den tieferen Bodenschichten zum Überdauern der Fußkrankheiten. Anschließend kommt es im Folgejahr zum Hochpflügen des infektiösen Materials und damit zu einem erhöhten Befall des angebauten Getreides. Beim pfluglosen Einsatz können die oberflächennahen, eingearbeiteten oder auf der Oberfläche belassenen Ernterückstände zur Stärkung der Mikroflora und –fauna sowie zur Förderung des antiphytopathogenen Potentials führen. Praktiker bestätigen diese Versuchsergebnisse und berichten in ihren langjährigen pfluglosen Erfahrungen, dass sie teilweise keine Fungizide gegen Fußkrankheiten einsetzen. Der Fungizidaufwand für Blatt- und Ährenerkrankungen wie z.B. Mehltau, Gelb- und Braunrost ist ähnlich wie der Aufwand beim konventionellen Bearbeitungsverfahren. Bei Fusarien ist der Einfluss der Fruchtfolgegestaltung und die Sortenwahl von wesentlich größerer Bedeutung als die Wahl des Bearbeitungsverfahrens. Dennoch ist der Befall von Fusarien im Getreide in den letzten Jahren gerade in der pfluglosen Bodenbearbeitung als großes Problem dargestellt worden. Dieses Problem kann laut Untersuchungen in den meisten Betrieben durch ausreichende Kontrolle in den Bereichen Fruchtfolgegestaltung, Sortenwahl, Stoppelbearbeitung und Fungizideinsatz erreicht werden. Ein hoher Befall von HTR-Blattfleckendürre (*Helminthosporium tritici repentis*) wird in der Praxis bei dem Anbau von Weizen in Fruchtfolgen mit hohem Weizenanteil bei der konservierenden Bodenbearbeitung beobachtet (siehe Abb. 10). Dieser hohe Befall resultiert aus der direkten Infektion über die Ernterückstände in den engen

Fruchtfolgen. Ähnlich ist es auch mit dem Anbau von Gerste nach Gerste, hier kann es vermehrt zum Befall von Netzflecken kommen. Zur Infektion kommt es durch die Ernterückstände. Ein weiteres Problem kann bei der flachen Bearbeitung oder der Direktsaat die Mutterkornproblematik bei Roggen darstellen. Denn die Mutterkorn-Sklerotien wachsen unmittelbar über dem Erdboden. Erfahrungen aus der Praxis zeigen, dass teilweise die Bestände mit reduzierter bis hin zum Verzicht auf Bodenbearbeitung gesünder sind, als Bestände bei dem es zum Pflugeinsatz kommt. So ist der Krankheitsbefall von Halmbasiserkrankungen bei der reduzierten Bodenbearbeitung geringer. (Köller und Linke, 2001) Jedoch ist weiterhin zu beobachten, dass andere Krankheiten insbesondere bei engen Fruchtfolgen oder sogar Monokulturen vermehrt auftreten. Gerade in der Umstellungsphase, von der konventionellen zur konservierenden Bodenbearbeitung, kann es zu einem erhöhten Krankheitsbefall kommen, der sich jedoch wieder nach mehrjähriger pflugloser Bearbeitung deutlich verringern lässt. Des Weiteren sollte neben der Gestaltung der Fruchtfolge auch auf die Sortenwahl geachtet werden, welche resistente Sorten bevorzugen. (Friedrich et al., 2008) Beim Einsatz von Fungiziden ist, wie bereits erwähnt, auf die Schonung des Bodenlebens zu achten, insbesondere auf die Regenwurmpopulation.



Abbildung 10: HTR Blattdürre des Weizens
(Oldenburg, A., 2006)

Die geringere Bearbeitungsintensität hat ebenfalls Auswirkungen auf die Fauna und damit auch auf die Schädlinge. Die Veränderungen wie die erhöhte Biomasse, die Artenzahl der Fauna, Nützlingszahl, Pflanzenentwicklung, Blühtermin oder eine Mulchdecke führen dazu, dass einige Schädlinge vermindert andere jedoch in einem höheren Maß auftreten. Gerade in feuchteren Regionen kann es vermehrt zum Auftreten von Schnecken kommen. Entgegen in trockenen Regionen ist das Auftreten von Nagern erhöht. Abgesehen von den Mäusen und Schnecken ist kein deutlich höherer Aufwand zur konventionellen Bearbeitung zu verzeichnen. Wichtig sind hier genaue Beobachtungen der Bestände. Ähnlich wie beim Einsatz von Fungiziden muss auch hier bei den Maßnahmen auf die Schonung des Bodenlebens und der Nützlinge geachtet werden. Untersuchungen ergaben, dass gerade bei der Direktsaat weniger Nematoden auftreten als auf gepflügten Flächen. Gerade bei Nematoden hat die Gestaltung der Fruchtfolge eine große Bedeutung. Der Einsatz von Nematizide sollte aufgrund der Schonung des Bodenlebens eher vermieden werden. Neben der Gestaltung der Fruchtfolge können auch resistente Sorten zur Lösung des Problems beitragen. Einige Untersuchungen zeigen, dass das Auftreten von dem gefürchteten Maiszünsler auch durch die verringerte Bodenbearbeitung sowie durch das Belassen der Erntereste an der Bodenoberfläche gering gehalten werden kann. Dies ist jedoch nicht generell zu sagen. Maßnahmen zur Vermeidung und Reduzierung von Maiszünslerbefall sind eine weite Fruchtfolge, eine höhere Aufwendung durch Fungizide oder das Ausbringen von Parasiten. Auch das frühe Beernten der Fläche sowie die Beräumung der Rückstände können effizient gegen den Maiszünsler wirken. Schnecken können unabhängig von dem Bearbeitungssystem in den Beständen große Schäden anrichten. Gerade an sehr feuchten oder staunassen Standorten häufen sich die Schneckenprobleme. Der feuchtere Boden fördert im Zusammenhang mit einer Mulchdecke den Befall. Selbst die verminderten Hohlräume bei der Direktsaat haben keine große Wirkung auf den Schneckenbefall. Neben dem Einsatz von Molluskizide, die wiederum das Bodenleben und damit die Regenwürmer stark beeinträchtigen, ist zur Bekämpfung eine gezielte Fruchtfolge sowie alle Maßnahmen, die zu einer schnelleren Jugendentwicklung der Kultur führen, zu nennen. (Friedrich et al., 2008) Weitere vorbeugende Maßnahmen sind eine Saatablage nur in ausreichend abgetrockneten Böden und die Reduzierung des Nahrungsangebotes der Schnecken, sprich die Beseitigung von Unkraut und Ausfallgetreide in der Zeit zwischen Ernte und Saat (z.B. durch ein Totalherbizid). Größere Schäden, gerade bei der Direktsaat, können Nager wie Mäuse verursachen. Dabei kann es durch Fraßschäden zu erheblichen Ertragseinbußen kommen. Bei einem noch nicht zu hohen Befall kann es zur Reduzierung der Nager durch natürliche Räuber wie Greifvögel, Marder, Füchse kommen. Maßnahmen wie eine Reduzierung der Oberflächenbedeckung tragen zu einer Minderung der Population bei, denn der gewohnte Schutz ist bei dem kurzen Stoppelein erheblich gemindert. Eine weitere Maßnahme ist eine gute Unkrautbekämpfung. Dabei

wird nicht nur der eben genannte Schutz reduziert, sondern auch das Nahrungspotential gemindert. Der Einsatz von Rodentizide ist zu überdenken, da auch hier wieder das Bodenleben in Mitleidenschaft gezogen wird. Der Bereich der Bekämpfung stellt sich als sehr arbeitsintensiv dar, deshalb sollte das Augenmerk auf die Förderung der natürlichen Feinde, der Nager, setzen. Insgesamt kann man nicht von einem erhöhten Aufwand zur Schädlingskontrolle bei der reduzierten Bewirtschaftung sprechen. Einige Schädlinge treten vermehrt auf und andere weniger, daher kann nicht von einem Mehraufwand bei der Schädlingskontrolle gesprochen werden. Eine umfassende Beobachtung der Bestände sollte immer gewährleistet werden und ist von entscheidender Bedeutung, um einen Befall im größeren Ausmaß zu verhindern. Des Weiteren muss bei der Schädlingskontrolle auf das Bodenleben geachtet werden. Besonders große Bedeutung hat hierbei die Förderung der Nützlinge. (Köller und Linke, 2001)

4. Ökonomie

Die bisherige und absehbar auch zukünftige Agrarpolitik bewirkt auf eine Vielzahl von Ackerbauprodukten einen langjährigen Preisdruck. Dadurch wird neben dem Strukturwandel auch eine deutliche Verschiebung des Anbauspektrums der Kulturpflanzen gefördert. Viele Landwirte versuchen die eingefallenen Deckungsbeiträge durch ertragsstarke Kulturen wie z.B. Weizen und durch Steigerung der Erträge auszugleichen. Dabei entstehen jedoch hohe Direktkosten und zwangsläufig auch Arbeitsspitzen und damit höhere Kosten für die Arbeitserledigung. Bei der Umsetzung, die Arbeitserledigungskosten zu sparen, steigen die Anforderungen an ein modernes Unternehmensmanagement. Als Lösungsansatz ist hier das konservierende Bodenbearbeitungsverfahren in Kombination mit Fruchtfolgegestaltung zu nennen. Solche Verfahren lassen sich jedoch nur in der Praxis etablieren, wenn sie auch wirtschaftlich tragfähig sind. (*Lütke Entrup et al.*) Gerade auf den leichten Grenzstandorten müssen weiterhin für eine rentable Bewirtschaftung Kosten gespart werden. So ist das Hauptanliegen auf den leichten Sandstandorten mit der Umstellung auf die konservierende Bodenbearbeitung eine langfristige Senkung der Produktionskosten. (*Ellmer und Epperlein, 2006*)

Eine umfassende ökonomische Darstellung ist notwendig, da die Optimierung der Bodenbearbeitung nicht nur aus ackerbaulicher, sondern auch aus ökonomischer Sicht erfolgen muss. Einfache Berechnungen der Maschinenkosten und des Deckungsbeitrages sind hierbei unzureichend. Um eine ausreichende ökonomische Beurteilung im Rahmen der Optimierung der Bodenbearbeitung zu bekommen, muss die Vollkostenrechnung angewandt werden. Hierbei kommt es zur Betrachtung von Faktoren wie Anpassung der Fruchtfolge oder Veränderung des Risikos. Diese Vollkostenrechnung sollte nach Möglichkeit mehrere Jahre oder zu mindestens eine Rotation widerspiegeln.

Ein Eingriff wie die Optimierung und Anpassung des Bodenbearbeitungssystems, muss ausreichend geplant und vorbereitet werden. Diese Planungen beinhalten die Beschaffung von Informationen, Analyse des Ist-Zustandes sowie Aufstellung einer umfangreichen Planung für die Umstellung. (*Köller und Linke, 2001*) Im Tabellenwerk des KTBL sind zwar Kostenanalysen enthalten, diese können jedoch sehr stark von der spezifischen Situation in den einzelnen Betrieben abweichen. Daher ist für eine genaue Kostenanalyse die Erhebung von betriebseigenen Daten von größter Wichtigkeit. (*MLUR, 2003*) Neben erheblichem Mehraufwand bzw. Kosten für Informations- und Weiterbildungsveranstaltungen oder Kosten für einen speziellen Berater ist solch eine Umstellung auch mit einem erheblichen Zeitaufwand verbunden. Daher ist der Zeitpunkt der Umstellung genau zu bedenken. Hierbei sollten keine

größeren Investitionsmaßnahmen oder Umstrukturierungen bzw. der Aufbau eines weiteren Betriebszweiges anstehen.

Die detaillierte Beurteilung des Bodenzustandes wird ebenfalls für die Umstellung benötigt. Dazu werden Labor- und Felduntersuchungen durchgeführt, die zusätzliche Kosten und Zeit beinhalten. Um eine problemlose Bodenbearbeitung mit den flach arbeitenden Geräten oder die Arbeit mit der Sämaschine zu ermöglichen, können weitere Investitionen für die eventuelle Einebnung des Bodens nach mehrjährigem Pflugeinsatz entstehen. Nach den letzten Bodenuntersuchungsergebnissen sollte der Boden entsprechend aufgedüngt und aufgekalkt werden, um eine optimale Versorgung des Bodens sicherzustellen. Gerade auf den leichten Standorten, wo nur geringe Humuswerte zu verzeichnen sind, sollte eine gute Versorgung mit organischem Dünger (z.B. Hühnertrockenkot, Gülle) gewährleistet werden, um die Umstellung auf das konservierende Bodenbearbeitungsverfahren zu erleichtern.

Wie schon unter Punkt 3.2 erörtert ist eine angepasste Fruchtfolge ein wesentlicher Baustein bei der Umstellung auf die pfluglose Bodenbearbeitung. Sie kann dazu beitragen, dass die Umstellung sicherer und effizienter abläuft. Die Kosten für die Aufwendungen können möglichst gering gehalten werden, wenn z.B. in eine Winterfruchtfolge eine Sommerung eingebaut wird. Aufgrund des geringeren Erlöses für die Sommerung kann zwar mit einem geringeren Deckungsbeitrag gerechnet werden, jedoch ist auch ein Rückgang des Unkrautdruckes zu verzeichnen. Evtl. werden Infektionskreisläufe unterbrochen und die Schwierigkeiten bei der Saat können gering gehalten werden. (Köller und Linke, 2001) Damit bekommen die Sommerungen eine Schlüsselfunktion, weil sie das Anbauisiko und die Produktionskosten der Folgefrucht senken. Ökonomisch betrachtet sind sie daher im konservierenden Verfahren unter Berücksichtigung sämtlicher Kosten durchaus tragfähig. Im Gesamtsystem müssen Kosten eingespart werden und die Erträge weiterhin maximiert werden. Das wichtigste Beurteilungskriterium ist letztendlich der ökonomische Erfolg des Systems. (Lütke Entrup et al.) Durch einige Bestellarbeiten im Frühjahr kann zusätzliche Schlagkraft gewonnen werden, wodurch die vollständige Bestellung in einem kürzeren und damit optimalen Zeitraum ermöglicht wird. (Köller und Linke, 2001) Somit sind Maschinenkapazitäten und Arbeitskräfte durch eine angepasste Fruchtfolge besser ausgelastet. (Lütke Entrup et al.) Hierbei werden die Folgen und Auswirkungen der veränderten Fruchtfolge sichtbar. Neben den ackerbaulichen Aspekten sind auch Faktoren wie Absatzmöglichkeiten und Preisgefüge zu beachten.

Die Mechanisierung spiegelt im Ackerbau den größten Kostenblock wider. Hier können auch die meisten Kosten eingespart werden. Neben den Abschreibungskosten für Technik fallen auch Kosten für Verschleißteile, Reparaturen und Versicherungen an. (Köller und Linke,

2001) Das Pflügen im konventionellen Verfahren verursacht im Vergleich zum Einsatz von Kreiselegge und Grubber den höchsten Kostenanteil und bietet somit das höchste Einsparpotential (siehe Abb.11). Beim Grubbereinsatz ist eine Einsparung von 30% zur konventionellen Bearbeitung mit dem Pflug zu erkennen. Wichtig ist hierbei die zusammenhängende Betrachtung der einzelnen Arbeitsgänge. So kann der Einsatz der Kreiselegge nach dem Einsatz mit dem Pflug, bei Pflugverzicht eingespart werden.

Kurzfristiges Einsparpotenzial durch den Verzicht auf Bodenbearbeitungsgänge				
Arbeitsgang	Einsparungen in €/ha an			Summe
	Diesel	Arbeitszeit	Verschleiß	
Pflügen	11,0 – 22,5	7,5 – 15	5 – 10,0	23,5 – 47,5
Kreiseleggen	7,5 – 11,0	5,0 – 10,0	3,0 – 5,0	15,5 – 26,0
Grubbern	3,5 – 7,5	3,0 – 7,5	2,5 – 3,5	9,0 – 18,5

Abbildung 11: Einsparpotentiale beim Pflugverzicht
(Lütke Entrup et al.)

Der denkbar günstigste Zeitpunkt für die Umstellung des Bodenbearbeitungssystems ist, wenn die alte Technik verschlissen ist und Neuinvestitionen anstehen. Hierbei ist darauf zu achten, dass die neuen Geräte so gewählt werden, dass sie möglichst universell einsetzbar sind, um auf die jährlich ändernden Bedingungen reagieren zu können und so eine Anpassung zu gewährleisten. Bei der Wahl der Maschinengröße ist zu beachten, dass trotz geringerer Arbeitsbreite eine erhebliche jährliche Einsatzfläche bereit stehen muss, um kostengünstig zu arbeiten. In der Praxis berufen sich einige Betriebe auf eine Doppelmechanisierung, um im Ernstfall, gerade in der Umstellungsphase, auf die alte Technik zurückgreifen zu können. Dies ist jedoch nur in großen Betrieben mit mehreren Mechanisierungsketten ohne wesentlichen Mehraufwand zu bewerkstelligen. Bei kleineren Betrieben besteht das Problem, dass die Kosten für die nicht ausgelastete Technik, bei Doppelmechanisierung, zu hoch sind. Daher ist die eben erwähnte Anschaffung von universellen Maschinen von sehr großer Bedeutung. Einige Alternativen können an dieser Stelle Mietmaschinen oder der überbetriebliche Maschineneinsatz (Lohnunternehmen) darstellen. Aber nicht nur die Technik für die Bodenbearbeitung und Saat sind von der Neumechanisierung betroffen, sondern auch Technik wie Breit- oder Zwillingsreifen, Spreuverteiler an Mähdrescher oder Strohstriegel. Der Kostenaufwand für Maschinen geht von konventionellen über konservierende Bodenbearbeitungsverfahren bis hin zur Direktsaat stark zurück. Die Kostenunterschiede ergeben sich vor allem durch den geringeren Bedarf an Traktorstunden pro Hektar. So werden beim Pflugeinsatz ca. 2,6 h/ha benötigt, wodurch höhere Traktorkosten entstehen als bei der Di-

rektsaat. Hier sind nur ca. 0,5 h/ha und ein kleinerer Traktor ausreichend. Ein weiterer Effekt ist die Senkung der Festkosten pro Hektar, da aufgrund der Flächenleistung in einer gegebenen Zeitspanne eine erheblich größere Fläche bearbeitet werden kann. Hier ist der größte Kostenvorteil in der Direktsaat zu sehen. Die Maschinenkosten werden natürlich auch von der betrieblichen Situation bestimmt. Denn in vielen Betrieben ist die alte, schon abgeschriebene Technik noch vollständig funktionsfähig.

Durch die Reduzierung der Bodenbearbeitung wird v. a. Arbeit eingespart und die Arbeitsproduktivität erhöht. Diese Arbeitseinsparung ist gerade in Betrieben mit Fremdarbeitskräften leicht zu überschauen. Zu berücksichtigen ist jedoch, dass bei abnehmender Bodenbearbeitungsintensität, die Anforderungen an die Qualifikation der Mitarbeiter deutlich ansteigt. Die Kosteneinsparungen durch den verringerten Arbeitsbedarf werden durch die Nutzungskosten für Arbeit bestimmt. Nutzungskosten fallen immer dann an, wenn die freiwerdende Arbeitskraft gewinnbringend eingesetzt werden kann. Dies kann z.B. durch eine Vergrößerung der Arbeitsfläche oder durch die Intensivierung der Tierhaltung geschehen.

Durch das Bodenbearbeitungssystem werden Spezialkosten für Saatgut, Dünger und Pflanzenschutz aber auch für Transport und Versicherungen nur im geringen Umfang beeinflusst. Es kann jedoch bei der Umstellung auf das konservierende Verfahren sowie auf die Direktsaat zu erhöhten Kosten für Pflanzenschutzmittel kommen. (Köller und Linke, 2001) Laut einiger Untersuchungen muss dieser Zustand nicht zwangsläufig eintreten. (MLUR, 2003) Bei den Erntekosten wird auch nicht von generellem Mehraufwand gesprochen. Bei der Direktsaat kann es zu durchschnittlich höheren Feuchtgehalten kommen, was wiederum gerade beim Körnermais zum Mehraufwand führen kann. Kosten für einen erhöhten Maschinenverschleiß und Bruch sind gerade auf steinigem, flachgründigen Böden aber auch auf speziellen Sandböden, zu verzeichnen. Gerade hier können durch die verringerte Bearbeitungsintensität erhebliche Kosten eingespart werden.

Den zweiten größten Kostenblock bilden die Kosten für Pacht. Die Pachtpreise werden durch Nachfrage bestimmt und somit hat das Bodenbearbeitungsverfahren keinen direkten Einfluss. Wichtig ist hierbei eine möglichst lange Pachtdauer zu erzielen, um aufgrund der hohen Investitionen eine möglichst lange Bearbeitung der Flächen zu sichern. In der Umstellungsphase kann es bei drastischer Verringerung der Bodenbearbeitungsintensität zu erheblichen Ertragseinbußen kommen. Ansonsten sind die Erträge sowie die Qualitäten relativ unabhängig vom Bodenbearbeitungsverfahren. Durch Prämien wird die konservierende Bodenbearbeitung sowie die Direktsaat in einigen Regionen direkt gefördert. Diese sollten außen vor gelassen werden, da diese meist an öffentlichen Haushalten orientiert sind und nicht

an sachlichen Aspekten. Des Weiteren spielt auch die finanzielle Situation der Betriebe eine wichtige Rolle in der ökonomischen Beurteilung. Wichtige Größen sind hierbei Kapitaldienstbarkeit und Liquidität des Betriebes, aufgrund der meist hohen Investitionen die getätigt werden müssen. Der wohl deutlichste Effekt tritt beim Arbeitskraftbedarf auf. Es werden nicht nur Arbeitskosten reduziert, sondern es besteht auch die Möglichkeit, Bestellarbeiten termingerechter durchzuführen. Dies macht sich in stabilen und hohen Erträgen bemerkbar.

Festzuhalten bleibt, dass die Beurteilung der Betriebe nur mit einer mehrjährigen Vollkostenrechnung erfolgen kann. Die Umstellung auf die verringerte Bodenbearbeitungsintensität ist nicht als Rettungsanker zu verstehen, sondern bringt gerade in der Umstellungsphase zusätzliche Kosten mit sich. In Betrieben, die vorher übermechanisiert waren, lassen sich v. a. Fixkosten einsparen. Durch diese Senkung der Fixkosten werden die Betriebe erheblich flexibler und anpassungsfähiger. In Zeiten sich ständig ändernder Rahmenbedingungen ist dies für das Überleben der Betriebe von überragender Bedeutung. Nach Aussagen von Praktikern, die mehrere Jahre bis Jahrzehnte auf den Pflugeinsatz verzichten, wird die deutliche Kosteneinsparung nicht durch Mindererträge oder hohen Kosten für Stickstoff oder Pflanzenschutzmittel erkaufte. Lediglich während der Umstellungsphase ist mit einem erhöhten Stickstoffaufwand und im Extremfall mit Mindererträgen zu rechnen. Selbst dieser Fall kann durch Kostenvorteile des pfluglosen Systems aufgelockert werden. (Köller und Linke, 2001) Versuche dazu zeigen, dass ein Anstieg des Deckungsbeitrages von 5 bis 15% abhängig von der Anbaufolge nach der Umstellung auf die nicht wendende Bodenbearbeitung möglich ist. (MLUR, 2003) Gerade aus ökonomischer Sicht ist es wichtig konservierende Bodenbearbeitung auf den sandigen Böden große Beachtung zu schenken, da gerade hier eine langfristige Senkung der Kosten von existenzieller Bedeutung ist.

5. Diskussion

Im folgenden Diskussionspunkt werden einige Fragen, die für die Praxis interessant sind, aufgerufen und beurteilt. Im Anschluss folgt eine Einschätzung der konservierenden Bodenbearbeitung auf leichten Sandstandorten.

Werden die Erträge durch die konservierende Bodenbearbeitung beeinträchtigt?

Bei der konservierenden Bodenbearbeitung kommt es langfristig zu keiner Beeinträchtigung der Erträge. Durch die Einsparung von Produktionskosten und den effizienteren Einsatz von Arbeitszeit kann es speziell auf den leichten Standorten zu erheblichen Einsparungen und damit zur Steigerung der Rentabilität kommen. Durch das Verweilen der Ernterückstände an oder auf der Bodenoberfläche leistet dieses System einen hohen Anteil zur Verringerung der Erosion. Weiterhin kann durch das System die unproduktive Verdunstung verringert werden und somit ein höherer Gehalt an pflanzenverfügbarem Wasser bereitgestellt werden. Dieser Aspekt ist in trockenen Jahren von ertragsentscheidender Bedeutung. Des Weiteren hat das Verfahren einen positiven Einfluss auf das Bodengefüge, auf die Anreicherung von organischer Substanz und somit auf den Humusaufbau, wodurch die Bodenfruchtbarkeit erhalten und verbessert wird. (Reckleben, 2007; Ellmer und Epperlein, 2006) In der Umstellungsphase können die Erträge zurückgehen. Die Optimierung des Anbauverfahrens ist abhängig von der Art und dem Zustand des Bodens sowie von einer bestimmten Zeitspanne. Untersuchungen zeigten, dass auf leichten Standorten dieser Prozess eine längere Dauer vorweist als auf schweren Böden. Der Grund hierfür liegt in der langsameren Entwicklung und Vermehrung der Regenwurmpopulation sowie in der Anreicherung mit organischer Substanz. (Köller und Linke, 2001) Als wirksame Gegenmaßnahme ist neben einer optimalen Versorgung der Böden auch eine angepasste und möglichst vielfältige Fruchtfolge zu gewährleisten. Denn durch die erhöhte Wasserhaltekapazität kann mehr pflanzenverfügbares Wasser bereitgestellt werden. Die Wurzeln der Kulturen können besser in den Boden eindringen und Nährstoffe sowie Feuchtigkeit aufnehmen. Somit kann die Frage positiv für das konservierende Bodenbearbeitungsverfahren beantwortet werden. (GKB e.V.)

Kann es durch die Verringerung der Bodenbearbeitungsintensität zu Schadverdichtungen kommen?

Die Böden, die mit einer reduzierten Bearbeitungsintensität bewirtschaftet werden, sind dichter gelagert als Böden, die mit dem Pflug bearbeitet wurden. Nach einiger Zeit nach der Umstellungsphase kommt es zu einem homogenen Übergang von Oberboden zu Unterboden. Bei der konservierenden Bodenbearbeitung ist eine gleichmäßige und etwas dichtere Lagerung zu beobachten, so dass eine höhere Tragfähigkeit erreicht werden kann. Das Ziel der

Umstellung ist das Vermeiden und Auflösen der Pflugsohlen- und Fahrspurverdichtungen. (Epperlein und Ellmer, 2006) Die Verdichtungshorizonte können unabhängig von der Bodenbearbeitungstiefe bei jedem Bodenbearbeitungsgerät auftauchen. Wirksame Maßnahme ist das Variieren der Bearbeitungstiefe. Aufgrund der natürlichen Textur und des geringeren Humusgehaltes sind leichte Sandstandorte besonders schnell betroffen. Auf solchen Böden ist auch der Verzicht bzw. die Umstellung auf Direktsaat als ungünstig zu bewerten. Die Antwort auf die Ausgangsfrage lautet somit „Nein“. Es kommt zwar zu einer erhöhten Bodendichte, jedoch kann nicht von Schadverdichtungen gesprochen werden. Der Durchdringungswiderstand ist auf den leichten Sandstandorten, aufgrund der natürlichen Dichtlagerung, ständig zu beobachten. (GKB e.V.)

Kommt es zu höherem Ungras und Unkrautdruck im konservierenden Bodenbearbeitungsverfahren?

Diese Frage ist mit „Ja“ zu beantworten. Hierbei muss es jedoch nicht zwangsläufig zu einem Mehraufwand an Pflanzenschutzmitteln kommen. Bei dem Verfahren ist darauf zu achten, dass, wie bereits erwähnt, alle Bereiche der Produktion und Organisation im Betrieb umgestellt werden müssen. Speziell die Fruchtfolge ist von großer Bedeutung. Durch eine vielfältige und angepasste Fruchtfolge, insbesondere durch den Wechsel von Sommer- und Winterung oder Wechsel zwischen Halm- und Blattfrucht, kommt es schnell zu einer verbesserten und vereinfachten Unkrautkontrolle. Das Unkrautpotential im Boden wird durch die nicht wendende Bearbeitung verringert. Denn die Unkrautsamen bleiben an oder auf der Bodenoberfläche, wo sie günstige Keimbedingungen haben. Damit ist der höhere Ungras- und Unkrautdruck zu begründen. Dieser kann mit dem Einsatz von Herbiziden oder mechanischen Bodenbearbeitungsgeräten vermindert werden. Des Weiteren ist zu beachten, dass sich die Auflaufzeitpunkte verschoben haben. Generell ist zu sagen, dass die Bewirtschaftung der Flächen auf die neuen Bedingungen abgestimmt werden muss. (GKB e.V.)

Die Einschätzung der konservierenden Bodenbearbeitungsverfahren auf den leichten Standorten.

Das Verfahren der konservierenden Bodenbearbeitung wird mittlerweile von zahlreichen Landwirten angewandt. Da der Sandboden zur Dichtlagerung neigt, stellt sich die Frage, inwieweit die Bearbeitungsintensität reduziert werden kann. Ich denke, dass aufgrund der Verdichtungsproblematik auf eine Bearbeitung grundsätzlich nicht verzichtet werden sollte. Weiterhin sollte die Bearbeitung in wechselnden Arbeitstiefen durchgeführt werden, um Bearbeitungshorizonte zu vermeiden. Meiner Meinung nach besitzt das Verfahren eine Reihe von Vorteilen, die sich gerade auf den leichten Standorten aufzeigen lassen. Die Einsparung der Kosten bei der Senkung der Bearbeitungsintensität ist als erster positiver Punkt zu nennen.

Gerade bei den in der Arbeit eingegangenen Standorten ist eine langfristige Kostenminimierung notwendig, um die Anbausicherheit zu erhöhen und die Flächen auch in Zukunft rentabel zu bewirtschaften. Bei dem Verfahren gehen die ökonomischen mit den ökologischen Vorteilen Hand in Hand. Ich denke, dass die wichtigsten und auch für die Praxis entscheidenden Vorteile folgende sind: Zeitersparnis während der Bodenbearbeitung und damit das verbundene Brechen von Arbeitsspitzen, der geringere Dieselvebrauch aufgrund der geringeren Bearbeitungsintensität, bessere Befahrbarkeit aufgrund der verbesserten Bodenstruktur, die Fähigkeit Trockenphasen aufgrund des höheren Gehalts an pflanzenverfügbarem Wasser zu überstehen sowie der Schutz der Umwelt durch die Minderung von Erosionen. (GKB e.V.)

Jedoch gibt es nicht nur Vorteile, sondern auch einige Nachteile. So ist als wichtigstes Element im konservierenden Verfahren die Fruchtfolge genannt. Diese sollte möglichst vielseitig gestaltet sein. Aufgrund dieser Situation kann die Spezialisierung auf einige Kulturen nur in geringem Maße erfolgen. Weiterhin wird die Fruchtfolge nicht nur vom Bearbeitungssystem bestimmt, sondern vielmehr von der wirtschaftlichen Situation. Um den Deckungsbeitrag zu erhöhen, bauen viele Landwirte enge Fruchtfolgen mit Kulturen an, die eine entsprechende Vergütung aufzeigen. Dies geht zu Lasten des konservierenden Systems, da eine vielfältige und angepasste Fruchtfolge von größter Bedeutung ist. Des Weiteren werden höhere Ansprüche an Detailwissen und fachlicher Flexibilität gestellt. Aber auch die Kosten für eine entsprechende Mechanisierung und die langsamere Bodenerwärmung müssen vorab betrachtet werden. Dies ist jedoch stärker auf den schwereren Böden festzustellen.

Das Verfahren benötigt eine gewisse Umstellungsphase, welche auf den Grenzstandorten länger dauert als auf den besseren Böden. Zudem müssen einige Barrieren zur Anwendung dieses Verfahrens überwunden werden. Bedenken wie ein erhöhter Pflanzenschutzmitteleinsatz, ein erhöhtes Unkraut- und Ungrasaufkommen oder stärkere Verdichtungen der Böden müssen geklärt werden. Es kann zu einigen Problemen während der Umstellungsphase kommen. Der Pflanzenschutzmittelaufwand kann in dieser Phase auch erhöht sein. Hierzu bleibt zu sagen, dass es wichtig ist, bei der Entscheidung für das nicht wendende System nicht nur die Bearbeitung zu reduzieren, sondern auch den gesamten Betrieb auf das System umzustellen.

6. Zusammenfassung/ Summary

Die vorliegende Bachelorarbeit beschäftigt sich mit den Auswirkungen der konservierenden Bodenbearbeitung auf den sog. leichten Standorten. Um die Veränderungen und Auswirkungen einzuschätzen, wird näher auf die Punkte Veränderung im Boden sowie die Auswirkungen auf die Fruchtfolge, auf die Düngung sowie auf den Pflanzenschutz eingegangen. Schon diese Unterpunkte zeigen die große Komplexität dieses Themas. Die intensive Beschäftigung mit diesem Thema zeigt, dass es aufgrund der Vielseitigkeit der zu betrachtenden Fakten zu keiner Muster- oder Standardlösung kommen kann. Um die Vorteile dieses Systems nutzen zu können, muss jeder Betrieb ganz individuell auf das Verfahren der konservierenden Bodenbearbeitung eingestellt werden.

Bei der Literaturrecherche bzw. Literaturanalyse konnte festgestellt werden, dass es auf den leichten Sandstandorten schnell zu Krümenbasisverdichtungen kommen kann. Diese können eine Beeinträchtigung der Bodenfruchtbarkeit und der Ertragsfähigkeit bedeuten. Ein Ansatz zur Minderung dieser Verdichtungen stellt hier die konservierende Bodenbearbeitung, durch die Reduzierung der Bearbeitung, dar. Durch die Entstehung eines stabilen Bodengefüges sowie der oberflächennahen organischen Substanz trägt das Verfahren dazu bei Erosionen zu vermeiden. Durch den Verbleib der Erntereste auf oder an der Oberfläche kommt es zur Reduzierung von unproduktiver Verdunstung, was wiederum ein großer Vorteil für die leichten, grundwasserfernen Standorte ist. Die Gestaltung der Fruchtfolge spielt im reduzierten Bodenbearbeitungsverfahren die wohl größte Rolle. Durch eine vielfältige Fruchtfolge insbesondere durch den Wechsel von Halm- und Blattfrucht bzw. zwischen Sommer- und Winterung können erhebliche Kosten in vielen Bereichen des Pflanzenbaus gespart werden. So kann der Unkrautdruck, der Schädlingsbefall oder die Bodenstruktur positiv beeinflusst werden. Außerdem wird in der Literatur deutlich, dass die Stickstoffdynamik stark verändert ist. Hierbei sollte bei der Düngung während der Umstellungsphase auf einen ausreichenden Stickstoffgehalt geachtet werden, denn der Verbrauch steigt aufgrund der höheren biologischen Aktivität an. Jedoch ist nach einiger Zeit ein Rückgang zu verzeichnen, da im pfluglosen System mehr pflanzenverfügbarer Stickstoff bereit steht. Im Bereich des Pflanzenschutzes kommt es zum veränderten Auftreten von Unkräutern sowie tierischen und pilzlichen Schaderregern. In der Umstellungsphase kann eine erhöhte Belastungen auftreten. Untersuchungen dazu zeigen, dass es nicht zwangsläufig zu solch einem Anstieg kommen muss. Das Samenpotential im Boden kann hier durch das nicht Wenden des Bodens verringert werden. In diesem Bereich kann eine angepasste Gestaltung der Fruchtfolge Abhilfe leisten und Kosten sparen.

Das konservierende Bodenbearbeitungsverfahren kann den Faktor der Rentabilität, gerade auf den leichten Standorten, positiv beeinflussen. Dies benötigt allerdings Zeit, denn in der Umstellungsphase sollte zunächst mit einem Mehraufwand an Kosten und Zeit gerechnet werden. Nach einigen Jahren kann man mit einem Rückgang der Produktionskosten rechnen. Auf den leichten Standorten ist die ökonomische Betrachtung neben der ökologischen Betrachtung von größter Bedeutung, denn um diese Standorte in der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung auch noch in der Zukunft halten zu können, müssen Kosten eingespart werden.

„Wie auch immer, ob mit oder ohne Pflug, es gibt keine Theorie mit Anspruch auf Endgültigkeit, und es gibt kein Wissen, dass gegen Widerlegung gesichert ist.“

(Reckleben, 2007)

Summary

The written work is examining the impact of the conserved cultivation on the so-called sandy soils. To be able to value the alteration and impacts, I the author of this work will reflect a detailed description of the impacts on the ground, the impacts on the crop rotation, manuring as well as the plant protection. The mentioned points above already indicate the large complexity of this entire topic. Due to the large varieties of the contemplating facts on this issue, there is no sample- or standard solution. To benefit of this system, every single company must adjust their own individual method in the conserved cultivation.

During the literature review, I was able to find out, there can occur a fast agglomeration. These might result in derogation of the soil fertility and the earning potential. A basic approach shows, the conserved cultivation could lead to a decrease of these agglomerations by reducing the development. Through the development of a stable ground as well as a near-to-surface organic substance, this method contributes to avoid erosions. The remaining harvest on the ground level leads to a reduction of unproductive evaporation. In turn, the slight faraway-ground waters are benefiting from it. The composition of the crop rotation performs the most important role in the method of reducing cultivation. Through a varied crop rotation, in particular through the change of cereal and leaves between the summer- and winter season might save much cost within the areas of plant cultivation. Hence, the tares, the attack by pests or the structure of the ground can be positively influenced.

Besides, the literature explicitly indicates, that the dynamic of nitrogen is highly modified. In this connection, it is significant to pay attention to the manuring with sufficient nitrogen content during the stage of alteration. Due to the higher biological activity the consumption increases. But with the addition, the consumption will decrease again in a while, because of the higher availability of nitrogen within the non-plowed area. Generally, the concentration of nitrogen is within the non-plowed area higher than in the plowed area.

In the area of plant protections occur modifying tares plus animal and fungal pest. During the stage of alteration might emerge a rised contamination, but as case studies implicate, the contamination does not have to emerge. The potential of seed in the ground can be decreased by turning over the grounds. In consequence, an adjusted composition of the crop rotation can save expenses and produce relief. The method of conserved cultivation can positively influence the factor of cost-effectiveness, particularly on the sandy soils. Certainly, it requires time, the companies should consider additional expenditures in costs and time during the stage of alteration. After some years the production expenses will decline. The

economical consideration among the ecological consideration in sandy soils is of highly significance to maintain these sandy soils in the future and in turn, to maintain them costs must be reduced.

"However, if with or without a plow, there is no theory, there is no theory about the right to definitiveness and there is no knowledge to assure refutation."

(Reckleben, 2007)

Literatur- und Quellenverzeichnis

- ARNOLD-REIMER, K.: Einfluss konservierender Bodenbearbeitung auf Pflanzenkrankheiten und Unkräuter im Getreide und Konsequenzen für einen gezielten Pflanzenschutz. Göttingen: Cuvillier Verlag, 1994. S. 1.
- BRUNOTTE, J.: Konservierende Bodenbearbeitung als Beitrag zur Minderung von Bodenschadverdichtungen, Bodenerosion, Run off und Mykotoxinbildung im Getreide. Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) (Hrsg.), 2007. S. 12-13, 115.
- BRUNOTTE, J./WAGNER, M.: Bodenschonung und Kosteneinsparung. Münster-Hiltrup: KTBL-Schriften-Vertrieb im Landwirtschaftsverlag GmbH, 2001. S. 15.
- DIEPENBROCK, W./ELLMER, F./LÉON, J.: Ackerbau, Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung. 2., korrigierte Auflage, Stuttgart: Eugen Ulmer, 2009. S. 16-18, 31, 36, 79-80, 83.
- ELLMER, F./EPPERLEIN, J.: Pflugverzicht in Streusandbüchse. In: Neue Landwirtschaft 5/2006. S. 34-37.
- FRIEDRICH, Th./KIENZLE, J./EPPERLEIN, J./BASCH, G.: Konservierende Bodenbearbeitung. In: DLG e.V. (Hrsg.): Schonende Bodenbearbeitung - Systemlösungen für Profis. Frankfurt am Main: DLG Verlag, 2008. S. 57-58, 61.
- FRIEDRICH, Th./KIENZLE, J./EPPERLEIN, J./BASCH, G.: Fruchtfolge bei konservierender Bodenbearbeitung. In: DLG e.V. (Hrsg.): Schonende Bodenbearbeitung - Systemlösungen für Profis. Frankfurt am Main: DLG Verlag, 2008. S. 63-70.
- FRÜND, H.-C.: Veränderungen in der Bodenbiologie bei konservierender Bodenbearbeitung. 2008. URL: <http://www.gkb-ev.de/publikationen/2008-votr%E4ge/HasbergenR%FCdiger%20Anlauf.pdf> (Stand: 03.08.2010). S. 10.
- GKB- Gesellschaft für konservierende Bodenbearbeitung. o.J. URL: <http://www.gkb-ev.de/> (Stand 25.08.2010). o.S.
- JANSSEN, G.: Stickstoffdüngung im Cultan- Verfahren. In: Land & Forst (Nr. 8, 21 Februar 2008). URL: http://www.bollmer.de/pdf_files/bollmer_in_fachzeitschriften/luf_08_08_024_025_we.pdf. o.S.
- KÖLLER, K./LINKE, C.: Erfolgreicher Ackerbau ohne Pflug. 2., neu überarbeitete und erweiterte Auflage, Frankfurt am Main: DLG-Verlag, 2001. S. 25, 31-35, 37-39, 106-130,135-146, 164.
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.) (Hrsg.): Bodenbearbeitung und Bodenschutz. Arbeitspapier 266, Münster-Hiltrup: KTBL-Schriften-Vertrieb im Landwirtschaftsverlag GmbH, 1998. S. 18.

- LÜTKE ENTRUP, N./OEHMICHEN, J.: Lehrbuch des Pflanzenbaus. Band 2, Gelsenkirchen-Buer: Verlag Th. Mann, 2000. S. 5-7, 79-86, 194.
- LÜTKE ENTRUP, N./SCHNEIDER, M./BRAUN, J.: Konservierende Bodenbearbeitung und Fruchtfolgengestaltung – eine ökonomische Bewertung von Systemen der Bodenbewirtschaftung. o.J. URL:
http://www3.fh-swf.de/fbaw/download/Artikel_KonservierendeBodenbearbeitung.pdf. o.S.
- MLUR-Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung (Hrsg.): Leitfaden für die Umstellung auf Systeme der nicht wendenden Bodenbearbeitung. Frankfurt (Oder)-Markedorf: o.V., 2003. S. 9-11, 17, 25, 29, 32, 52.
- MOHR, H.-J.: Bodenschutz – eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe. 1. Auflage, Tellow: k.A., 2006. S. 61-62, 101.
- OLDENBURG, A.: Getreide - Helminthosporium-Blattdürre des Weizens (Helminthosporium tritici-repentis) - (DTR, HTR) (Stand 2006). URL:
<http://www.agrarfotodesign.de/getreide/dtrhtr/00379-DTR-WW.jpg.html>. o.S.
- RECKLEBEN, B.: Mehrjährige Erfahrungen mit konservierender Bodenbearbeitung und Bestellung. 1. Auflage, Rendsburg: RKL e. K., 2007. S. 3-8, 31-34.
- VOßHENRICH, H.-H./BRUNOTTE, J.: Systematik der Bodenbearbeitung und Merkmale der Intensitätsstufen. In: DLG e.V. (Hrsg.): Schonende Bodenbearbeitung - Systemlösungen für Profis. Frankfurt am Main: DLG Verlag, 2008. S. 52-54.
- WEYER, T.: Verdichtung. In: DLG e.V. (Hrsg.): Schonende Bodenbearbeitung - Systemlösungen für Profis. Frankfurt am Main: DLG Verlag, 2008. S. 31, 40.

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere, dass ich meine Bachelorarbeit ohne Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Diese Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen.

Ich bin damit einverstanden, dass diese Arbeit in der Hochschulbibliothek aufgenommen wird und für die Öffentlichkeit zugänglich ist.

Rönnebeck den, 08.09.2010

Hans Frodl