Hochschule Anhalt (FH)

Fachbereich Landwirtschaft, Ökotrophologie und Landschaftsentwicklung

Bachelorarbeit

(Bachelor of Engineering)

„Vergleich verschiedener Bodenbearbeitungssysteme in Bezug auf Ertrag, Kosten und Leistungen anhand verschiedener Fruchtarten. Ist eine Systemumstellung sinnvoll oder nicht? “

Name, Vorname	Dette, Jan Christian
Matrikelnummer	4058703
Geboren am	22.02.1994
Studiengang	Landwirtschaft
Erster Gutachter	Dr. Michael Schenk
Zweiter Gutachter	M.Ssc. Siv Ahlers

Bernburg, den 10.11.2017

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis I

Abbildungsverzeichnis II

Abkürzungsverzeichnis III

1. Einleitung 1

2. Literatur 2

2.1. Direktsaat 2

2.2. Mulchsaat 6

2.3. Strip-Till 9

2.4. Düngung im Strip-Till-Verfahren 13

2.4.1. Unterflur- und Unterfußdüngung 14

2.4.2. Organische Düngung beim Strip-Till Verfahren 15

3. Zielstellung 16

4. Material und Methode 16

4.1. Standortbeschreibung 17

4.2. Versuchsdurchführung der DLG 19

4.3. Kosten 23

5. Ergebnisse 25

5.1. Winterweizen 25

5.2. Raps 28

5.3. Musterrechnung zum Einsatz von Strip-Till im Kleinbetrieb 32

6. Diskussion 34

6.1. Winterweizen 34

6.2. Raps 36

6.3. Musterrechnung zum Einsatz von Strip-Till im Kleinbetrieb 37

7. Schlussfolgerung 39

8. Zusammenfassung 41

9. Quellenverzeichnis 43

9.1. Literatur 43

9.2. Internetquellen 44

10. Selbstständigkeitserklärung 47

11. Anhänge 48

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kosten und Leistungen der DkfL, verändert nach KTBL 24
Tabelle 2: Arbeitserledigungskosten, verändert nach KTBL 24
Tabelle 3: Auswertung Winterweizen, eigene Berechnung 48
Tabelle 4: Auswertung Raps, eigene Berechnung 48
Tabelle 5: Kostenverteilung Winterweizen Betrieb Dette, eigene Berecchnung 48
Tabelle 6: Direktkosten Winterweizen Betrieb Dette, eigene Berechnung 49
Tabelle 7: Arbeitserledigungskosten Winterweizen Betrieb Dette, eigene Berechnung 49
Tabelle 8: Kostenverteilung Raps Betrieb Dette, eigene Berechnung 50
Tabelle 9: Direktkosten Raps Betrieb Dette, eigene Berechnung 50
Tabelle 10: Arbeitserledigungskosten Raps Betrieb Dette, eigene Berechnung 51
Tabelle 11: Kosten für Musterrechnung, eigene Berechnung 52

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Scheibensähschare einer Horsch Pronto, verändert nach horsch.com 5
Abbildung 2: Horsch Sprinter, verändert nach horsch.com 6
Abbildung 3: Lemken Karat 9 Grubber (lemken.de) 7
Abbildung 4: Einordnung von Bodenbearbeitungsvarianten, verändert nach KTBL 8
Abbildung 5: Prinzip des Strip-Till-Verfahrens: So können Dünger und Saatgut im Boden abgelegt werden (Kuhn ergänzt von Bischoff) 10
Abbildung 6: Köckerling Master und Horsch Focus TD (koeckerling.de/horsch.de) 11
Abbildung 7: Salzlandkreis (salzlandkreis.de) 17
Abbildung 8: Übersicht Nördliches Harzvorland (noerdliches-harzvorland.de) 18
Abbildung 9: Lageplan zur Ernte 2016 Holstein 1, nach Ahlers 19
Abbildung 10: Bodenbearbeitungs – und Düngevarianten, nach Ahlers 20
Abbildung 11: Marktleistung Winterweizen, eigene Berechnung 25
Abbildung 12: Kosten Winterweizen, eigene Berechnung 26
Abbildung 13: DkfL und PkfL Winterweizen, eigene Berechnung 27
Abbildung 14: Marktleistung Raps, eigene Berechnung 28
Abbildung 15: Kosten Raps, eigene Berechnung 29
Abbildung 16: DkfL und PkfL Raps, eigene Berechnung 31
Abbildung 17: Vergleich Anschaffungs- und Maschinenkosten, eigene Berechnung 32
Abbildung 18: Vergleich der Arbeitserledigungskosten, eigene Berechnung 33

Abkürzungsverzeichnis

bzw.	beziehungsweise
°C	Grad Celsius
ca.	circa
cm	Zentimeter
CO_2	Kohlenstoffdioxid
DAL	Direkt- und Arbeitserledigungskostenfreie Leistung
d. h.	das heißt
DkfL	Direktkostenfreie Leistung
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft
dt	Dezitonne
EUR	Euro
FAO	Food and Agriculture Organization
GPS	Global Positioning System
ha	Hektar
IPZ	Internationales DLG Pflanzenbauzentrum
K	Kalium
l	Liter
LU	Luxemburg
LWK	Landwirtschaftskammer
m	Meter
m^2	Quadratmeter

m^3	Kubikmeter
mm	Millimeter
NN	Normal Null
NRW	Nordrhein - Westfahlen
P	Phosphor
PkfL	Prozesskostenfreie Leistungen
PS	Pferdestärken
RTK	Real Time Kinematik
u. a.	unter anderem
vs	versus/gegenüber

1. Einleitung

Landwirtschaft und Bodenschutz – Symbiose oder Gegner? Eigentlich lässt sich diese Frage relativ schnell beantworten, da die Ressource Boden für die Landwirtschaft unverzichtbar und Grundlage ihrer Arbeit ist. Das heißt: Eine gute Pflanzenproduktion und ein guter Aufgang hängen unmittelbar von der Qualität der vorhandenen Böden ab.

Allerdings leidet in Zeiten der wachsenden Weltbevölkerung, Reduzierung der landwirtschaftlichen Flächen und der immer größer und breiter werdenden Maschinen in der modernen Landwirtschaft der Boden vermehrt. Außerdem erhöhen die wandelnden Verbraucherinteressen und die öffentlichen Diskussionen über Ressourcenschonung, Umweltverträglichkeit und biologische Vielfalt, den Druck auf die Politik. Daher rückt der Erhalt der Ressource Boden mit all ihren natürlichen und nützlichen Funktionen immer stärker in den Fokus sämtlicher gesellschaftlicher und politischer Gremien. Unsere Böden können nicht vermehrt werden. Sie sind zusammen mit der Luft, dem Wasser und der Sonnenenergie die Lebensgrundlage für Pflanzen und Säugetiere.

Vor diesem Hintergrund ist ein Umdenken auch in der Nutzung der Ressource Boden unvermeidlich. Die Nachhaltigkeit muss über allem stehen. Daher ist eine Optimierung sämtlicher Faktoren von Nöten. In Bezug auf die Landwirtschaft darf man sich daher nicht nur auf die ertragsreicheren Pflanzen verlassen, sondern sollte auch im Ackerbau einen Fortschritt einleiten. Die Frage nach der Durchführung der konservierenden oder konventionellen Bodenbearbeitung steht hier im Vordergrund. Daher ist ein nachhaltiger, die Qualität erhaltender oder aufwertender Umgang mit landwirtschaftlich genutzten Flächen weiterhin ständiger Gegenstand von Forschungsprojekten und Praxisversuchen. Hierbei liegt der Fokus insbesondere auf der Vermeidung von Bodenverdichtungen sowie dem Erosionsschutz und dem Erhalt der Bodennährstoffe.

Ein Verfahren zur Vermeidung von Bodenverdichtungen ist das sogenannte Strip-Till Verfahren. Es hat in den letzten Jahren in der Landwirtschaft zunehmend an Bedeutung gewonnen. Man versteht darunter eine streifenweise Bodenbearbeitung und Aussaat, bei der lediglich ein schmaler Bodenstreifen um das Säschar bearbeitet wird und nicht die komplette Oberfläche, wie bei der herkömmlichen Mulchsaat. Im Grunde verbindet es die Vorteile der Direktsaat und der Mulchsaat (AGRARTECHNIK, 2013).

In der vorliegenden Arbeit werden daher die verschiedenen Bodenbearbeitungssysteme Mulchsaat, Direktsaat und Strip-Till miteinander verglichen. Dabei soll das Hauptaugenmerk auf der ökonomischen Auswertung liegen. Es werden die prozesskostenfreien Leistungen am Beispiel der Früchte Weizen und Raps verglichen, um herauszuarbeiten, ob sich eine Umstellung von Mulchsaat auf Strip-Till, für einen ausgewählten Betrieb, lohnen würde.

2. Literatur

In den folgenden Abschnitten werden die verschiedenen Bodenbearbeitungssysteme Direktsaat, Mulchsaat und Strip-Till vom Autor dargestellt. Hierbei wird er auf die vielfältigen Möglichkeiten, aber auch Risiken und Herausforderungen eingehen.

2.1. Direktsaat

Das Anbauverfahren Direktsaat ist ein Ackerbausystem, bei dem der Eingriff in den Boden ausschließlich bei der Aussaat geschieht. Dabei wird das Saatgut direkt in den mit Pflanzenresten der Vorfrucht bedeckten, unbearbeiteten Boden gelegt. Hierfür sind Spezialmaschinen notwendig. Diese Anbaugeräte sind meist mit Scheibenscharen, bei dem ein minimaler Eingriff in den Boden erfolgt oder mit Zinkenscharen, welche den Boden stark öffnen, ausgestattet. Die Schare bewirken, dass nur ein schmaler Schlitz zum Einlegen des Saatgutes geöffnet und sofort nach der Saatgutablage wieder geschlossen wird. Dieser Schlitz sollte nur so tief und breit sein, dass eine gute Bedeckung des Saatbettes gewährleitet ist (DERPSCH, 2016; KÖLLER UND LINKE, 2001).

Diese Form der Bodenbearbeitung kann als besonders extensive Form der konservierenden Bodenbearbeitung aufgefasst werden, da der Boden weder vor- noch nachgearbeitet wird.

Das Ziel dieses Verfahrens ist es möglichst wenig Boden zu bewegen, damit Unkrautsamen in keinen keimfähigen Horizont gelangen. Zudem soll das Bodenleben gefördert und die Bodenfruchtbarkeit langfristig gewährleistet werden (DERPSCH, 2016). Der Schlüssel für eine erfolgreiche Direktsaat ist die Unkrautregulierung, welche einerseits über Herbizide und andererseits über die Vorteile einer ausgewogenen Fruchtfolge, erfolgen kann. Das Verfahren ist darauf ausgelegt, dass ein Lockern, Mischen, Belüften und Einarbeiten von organischem Material ausschließlich über die vorhandenen Bodenorganismen geschieht. Folglich wird die Bodenaktivität gefördert und das Bodenleben geschont.

Daraufhin entsteht ein hochaktiver Boden, bei dem die Bodenstruktur deutlich zunimmt. Betrachtet man die physikalischen Eigenschaften eines solchen Bodens, so nimmt das Porenvolumen zu, das Wasserhalte- und Aufnahmevermögen steigt an, die Durchlüftung und Durchwurzelbarkeit werden angehoben und Verdichtungen des Boden werden langfristig gesprengt (PETERMANN, 2016).

Geschichtlich betrachtet wurde die Direktsaat erstmals in den 1960er Jahren angewandt. Durch die Entwicklung von Breitbandherbiziden verzichtete man damals auf den Eingriff in den Boden und bekämpfte das Unkraut über diese Methode. Günstiger Nebeneffekt war der wesentlich bessere Erosionsschutz, da alle Ernterückstände an der Bodenoberfläche blieben. Dieser Effekt ist nach wie vor noch ein wesentlicher Vorteil des Verfahrens.

Da sich die Direktsaat auch unter extremen Boden- und Klimabedingungen behaupten konnte, hat sie seit den 1970er auch in anderen Regionen der Welt an Aufmerksamkeit gewonnen. Dabei spielte ein weiterer wichtiger Faktor eine große Rolle. Die Anwendung des Anbaus von Zwischenfrüchten für die Gründüngung. Denn es hat sich gezeigt, dass besonders durch die Kombination aus dem Direktsaatverfahren und vorherigem Anbau einer Zwischenfrucht der Unkrautdruck erheblich abnimmt.

Auch heute werden mit einem erfolgreichen Zwischenfruchtmanagement bzw. dem Anbau von Untersaaten, die Probleme der mechanischen Bodenbearbeitung beseitigt, da in der Zeit zwischen Ernte und Aussaat der gare Zustand des Bodens begünstigt wird. Zusätzlich fördert der intensive Zwischenfruchtanbau die Anreicherung von organischen Substanzen und demzufolge die Humusbildung. Außerdem wird das Bodenleben aktiviert, die Bodenstruktur verbessert, Bodenwasser und Nährstoffe gebunden, Unkräuter und Ausfallpflanzen unterdrückt sowie die Austrocknung und Verkrustung des Bodens verhindert (PETERMANN, 2016; LOP, 2014). Laut des Fachmagazins für den professionellen Pflanzenbau hat sich diese Kombination derart bewährt, dass dieses System heute von der FAO in der Entwicklungshilfe auch für andere Regionen der Welt empfohlen wird. Hierfür wurde die Bezeichnung „conservation agriculture“ geprägt, was an sich nur wenig mit der bei uns üblichen „konservierenden Bodenbearbeitung“ zu tun hat. Somit kann eine nachhaltige landwirtschaftliche Produktion in vielen Teilen der Länder ermöglicht werden (LOP, 2014).

In Deutschland gewinnt das Direktsaatverfahren immer mehr Beachtung, ist in der Praxis aber noch nicht sehr präsent, da die standort- und klimatischen Bedingungen in vielen Regionen nicht optimal für dieses Verfahren ausgelegt sind. Stark vertreten ist es vor allem in Nordamerika und Australien. Dort stehen der Landwirtschaft überdimensionale große Flächen zur Verfügung. Das Konzept der Direktsaat ist dort arbeitsökonomisch notwendig. Durch die deutlich höhere Flächenleistung kommt es zu Einsparungen im Energie- und Arbeitsaufwand. Dies kann als positive Nebenwirkung für den Klimawandel gesehen werden. Zusätzlich ist aufgrund der andauernden Bepflanzung eine gute Befahrbarkeit des Feldes gegeben (PETERMANN, 2016; DERPSCH, 2016). Allerdings führen diesen positiven Aspekten auch zu neuen Herausforderungen. Hier sei beispielsweise die höhere Anforderung an das Pflanzenbaumanagement genannt.

Ein regelmäßiger Fruchtwechsel und der Verzicht auf Selbstfolgen wie Weizen-Weizen sollte beachtet werden, um den Krankheitsdruck nicht deutlich zu erhöhen. Der notwendige Einsatz von Breitbandherbiziden wie Glyphosat ist vor der Bestellung ein Muss, um sämtliche Altverunkrautungen und Ausfallpflanzen zu beseitigen. Zusätzlich herrscht ein erhöhtes Risiko für Schädlinge, wie Mäuse und Schnecken. Diese können ganze Kulturen auslöschen, wobei eine chemische Bekämpfung möglich, allerdings nicht sehr effektiv ist. Zudem kann es bei der Ernte zu Einbußen in den Erträgen kommen, da es im Frühjahr zu einer Verzögerung der Oberflächenerwärmung des Bodens kommen kann. Außerdem sollte man bei der Ernte auf ein gutes Strohmanagement zurückgreifen können. Als vorbeugende Maßnahme gegen Krankheitserreger sollte das Stroh abgefahren, gemulcht oder derartig zerkleinert werden, dass ein schneller Abbau, mitsamt den Krankheitserregern, erfolgen kann.

Im Großen und Ganzen bedeutet der Verzicht der Bodenbearbeitung für den Direktsäer, dass er Nachteile, wie Erosionsgefahr, Nährstoffauswaschung, Verdichtung und Wasserverdunstung nicht mehr in Kauf nehmen muss. Die Direktsaat sollte es als ein agrarwirtschaftliches Gesamtkonzept verstanden werden, bei dem eine Umstellung in allen Bereichen stattfinden muss (LWK NRW, 2015; PETERMANN, 2016; DERPSCH, 2016).

Der Erfolg der Direktsaat hängt stark vom Standort und den eingesetzten Maschinen ab. Heutzutage gibt es von den Herstellern verschiedene technische Konzepte, um für den Agronom eine perfekte Saatbettbereitung zu schaffen. Dabei unterscheiden sich die Geräte in der Art und Weise ihrer Arbeit. Aufgrund der permanenten Bedeckung des Bodens müssen die Maschinen die schlechten Saatbettbedingungen kompensieren. Dabei muss auf die Charakteristik des Bodens, die Kulturanforderung und die Art der Vorfrucht geachtet werden.

Abbildung 1: Scheibensähschare einer Horsch Pronto, verändert nach horsch.com

Scheibensäschare (Abbildung 1) sind die am weit verbreiteten Säschare für Direktsaatmaschinen. Je nach Hersteller wird der Säschlitz durch ein, zwei oder drei Säscheiben für die Saatgutablage geöffnet. Aufgrund der minimalen Bodenstörung kann von einem Direktsaatverfahren gesprochen werden. Besonders bei trockenen Bedingungen spielen sie ihre Vorteile aus. So werden Wasserverluste minimiert und die Verstopfungsgefahr ist bei hohem organischem Material an der Oberfläche gering. Unter feuchten Bedingungen und bei zähem Stroh besteht allerdings die Gefahr, dass die Mulchschicht nicht durchschnitten und das Saatgut ohne Bodenkontakt abgelegt wird, da zu wenig Feinerde zur Saatgutabdeckung zur Verfügung steht. Ist der Boden mit reichlich Steinen versetzt oder herrschen nach der Ernte tiefe Fahrspuren, aufgrund von Abfuhr, Düngung oder ähnlichen Maßnahmen, ist eine Direktsaat mit Scheibenscharen nicht empfehlenswert, da das Einebnen des Bodens über die Direktsaat nicht vollzogen werden kann (LWK LU, 2014).

Abbildung 2: Horsch Sprinter, verändert nach horsch.com

Die Alternative zu den Scheibensäscharen sind die Zinkensähscharen (Abbildung 2). Hierbei wird der Boden stärker als bei der vorherigen Variante gelockert. Dies führt zu einer besseren Erwärmung, Infiltration und Durchlüftung des Bodens, besonders bei feuchten Bedingungen. Im Gegensatz zu den Scheibenscharen ist bei den Zinkenscharen eine störungsfreie Saatgutablage bei größeren Massen von organischem Material an der Oberfläche nicht gewährleistet. Aufgrund der stärkeren Durchmischung und Lockerung wird eine ungleichmäßige Bodenoberfläche hinterlassen. Dies führt zu einer ungleichmäßigen Saatgutablage und demzufolge zu einem ungleichmäßigen Bestand. Außerdem wird durch die intensivere Bodenbearbeitung das Auflaufen von Unkräutern angeregt. Zudem kritisieren Anwender, dass die intensivere Bodenbearbeitung mit diesen Scharen, den Anforderungen der Direktsaat nicht mehr genügen und man hier von einer Mulchsaat sprechen kann (LWK LU, 2014).

2.2. Mulchsaat

Der Begriff Mulchsaat beschreibt eine nichtwendende Lockerung des Bodens und wird auch als konservierende Bodenbearbeitung bezeichnet. Aufgrund der Lockerung des Bodens kommt es zu einer Durchmischung des Oberbodens mit den Ernterückständen der Vor- oder Zwischenfrucht. Diese Durchmischung sorgt für eine oberflächliche Einarbeitung, welche die Humus- und Nährstoffverteilung unterstützt und Bodenorganismen fördert. Um als Mulchsaat durchzugehen, muss mindestens 30 % der Bodenoberfläche mit Pflanzenrückständen bedeckt sein (LWK NRW, 2015).

Der Grundgedanke der Mulchsaat ist es Bodenerosionen zu vermeiden sowie den Abbau des organischen Materials und des Bodenlebens zu schützen. Dies soll zu einer längeren Bodenruhe führen, damit ein stabiles und tragfähiges Bodengefüge geschaffen werden kann, um für nachfolgende Arbeiten einer Verdichtung des Bodens vorzubeugen. Erreicht wird dies über die Reduzierung der Intensität der Bodenbearbeitung nach Art, Tiefe und Häufigkeit.

Im Gegensatz zur konventionellen Bodenbearbeitung, bei der der Boden zwischen einer Tiefe von 15 bis 35 cm einmalig gewendet wird, wird bei der konservierenden Bodenbearbeitung zwischen Tiefenlockerung und flachgrundiger Bodenbearbeitung unterschieden. Hierbei erfolgt der Eingriff in den Boden schon bei Tiefen von 5 cm. Im Allgemeinen liegt die maximale Tiefenlockerung bei 25 cm. Allerdings kann diese je nach Anforderung und Standort bis zu 50 cm gehen, um Schadverdichtungen aufzubrechen und so eine bessere Durchwurzelbarkeit herzustellen (LWK SACHSEN, 2016; LWK NRW, 2015; KRAUß, 2016a, 2016b).

Abbildung 3: Lemken Karat 9 Grubber (lemken.de)

Die Geräte für eine konservierende Bodenbearbeitung sind je nach Art und Tiefe der Bearbeitung unterschiedlich. Für die Tiefenlockerung wird hauptsächlich ein Grubber (Abbildung 3) verwendet. Besonders auf verdichteten Böden oder bei großen Mengen an Ernterückständen spielt der Grubber seine Vorteile aus. Je nachdem ob Mischen, Aufbrechen von Verdichtungen oder das reine Lockern durchgeführt werden sollen, können beim Grubber unterschiedliche Schare zur Anwendung kommen, so dass der Landwirt auf jegliche Situationen reagieren kann.

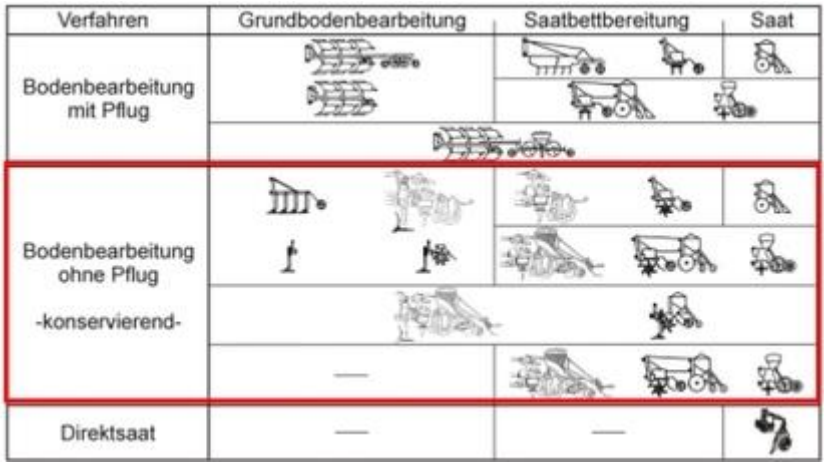


Abbildung 4: Einordnung von Bodenbearbeitungsvarianten, verändert nach KTBL

Die flachgrundige Bodenbearbeitung wird meistens mit einer Scheibenegge durchgeführt. Die Tiefe beträgt 5-10 cm. Diese Bearbeitung erfolgt im ersten Bearbeitungsschritt zum Stoppelbruch. Hierbei soll die Keimung vom Ausfallgetreide und Unkraut angeregt, die Strohrotte gefördert und Krankheiten vermindert werden (LWK SACHSEN, 2016).

Der konsequente Pflugverzicht hat nicht nur eine bodenschützende Wirkung. Zusätzlich ergeben sich auch betriebswirtschaftliche Vorteile, insbesondere durch die Verringerung des Arbeitseinsatzes und des Dieselkraftstoffverbrauchs. Aufgrund der geringeren Intensität der Bodenbearbeitung nimmt laut dem SÄCHSISCHEN LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE (2016) „der Kraftstoffbedarf von 35 l/ha für das Pflügen und nachgelagerten Bodenbearbeitungsgängen in Abhängigkeit vom Verfahren der konservierenden Bodenbearbeitung um 10 bis 21 l/ha ab“. Die größeren Arbeitsbreiten erhöhen die Schlagkraft des Betriebes und lassen agrotechnische Termine besser einhalten. Dabei ergeben sich, bezogen auf den Ertrag, keine gravierenden Einbußen. Es bleibt festzuhalten, dass bei einer konsequenten Umsetzung der konservierenden Bodenbearbeitung ökonomische und ökologische Vorteile ineinander übergehen (LWK SACHSEN, 2016; LWK NRW, 2015; KRAUß, 2016a).

Dennoch können bei dieser Art der Bodenbearbeitung eine Reihe acker- und pflanzenbaulicher Probleme auftreten, die negative Auswirkungen auf die folgende Marktfrucht hätten und den Erfolg deutlich schmälern können. Diese können Ährenfusarien, tierische Schaderreger und Unkräuter sein. Bei den Ährenfusarien geht die Infektion von der jeweiligen Vorfrucht aus.

Aufgrund der geringeren Intensität der Bodenbearbeitung und der daraus folgenden Mulchschicht auf der Bodenoberfläche, können sich bei entsprechender Witterung zahlreiche Fruchtkörper an die Pflanzenreste setzen. Gelangen die Sporen auf eine geschädigte Getreidepflanze führt dies zu einer Infektion. Die Folge dieser Infektionen sind Fusariosen welche erhebliche Ertrags- und Qualitätseinbußen durch höhere Schmachtkornanteile sowie niedrigere Tausendkorngewichte, Fallzahlen oder Sedimentationswerte bewirken. Daher sollte auf eine passende Fruchtfolge geachtet werden. (LFL, 2014) Ähnlich, wie bei der Direktsaat, hat auch die konservierende Bodenbearbeitung mit tierischen Schaderregern, wie Schnecken und Mäusen, zu kämpfen, die ihren Lebensraum in den vorhandenen Hohlräumen des Bodens haben. Da das pfluglose Verfahren die Bodenruhe fördert, werden Nester nicht mehr zerstört. Daher ist ein erhöhtes Aufkommen von Schnecken und Mäusen, besonders an den Fressschäden der jungen Pflanzen zu erkennen. Auch hier ist ein vielseitiges Fruchtfolgemanagement zu beachten, um Schäden vorzubeugen. Wie oben benannt können auch einkeimblättrige Unkräuter, wie Trespe, Jährige Rispe und Ackerfuchsschwanz zum Problem werden. Daher ist eine erhöhte Herbizidanwendung möglich. Ebenso sind fruchtfolgetechnische Möglichkeiten, wie der Wechsel von Halm- und Blattfrucht, auszunutzen und eine schnelle Keimförderung nach der Ernte sollte oberste Priorität haben (LWK SACHSEN, 2016).

2.3. Strip-Till

Das Strip-Till Verfahren beschreibt die streifenförmige Bodenbearbeitung, welches in der Regel zusammen mit einer Unterfuß- oder Unterflurdüngung stattfindet. Der Grundstein dieses Verfahrens liegt in Nordamerika. Nachdem Trockenperioden zu deutlichen Ertragsausfällen führten, brauchte man ein Verfahren was den Boden lockert, aber gleichzeitig die Verdunstung des Bodenwassers vermindert und die Wasserspeicherkapazität verbessert. Laut BISCHOFF (2012) „kombiniert die Streifenbearbeitung (Strip-Tillage oder Strip-Till) die Vorteile der Direktsaat mit denen der konventionellen Bodenbearbeitung unter gleichzeitiger Minimierung der Nachteile beider Ansätze“ (HERMANN, W; BAUER, B; BISCHOFF, J; 2012).

Wie schon aus dem Namen erkennbar, erfolgt die Bodenbearbeitung ausschließlich auf einer partiell gelockerten Saatreihe. Es wird also auf eine ganzflächige Lockerung des Bodens verzichtet. Zwischen den gelockerten Streifen bleibt der Boden unbearbeitet und mit den Pflanzenresten bedeckt. Damit bleiben zwei Drittel der Fläche unberührt. Diese dienen dann als Erosions- und Verdunstungsschutzschicht (Abbildung 5).

Durch die an der Oberfläche befindliche, dichte, organische Mulchdecke sowie dem Offenhalten der Bodendecke und der raschen Wasserableitung in größere Tiefen können über den Winter die Wasserreserven aufgefüllt werden, so dass kurzfristige Trockenperioden leichter zu überstehen sind. Darüber hinaus verbessert die erhöhte Regenwurmaktivität die Wasserinfiltration, da mehr Nahrung durch die Mulchdecke vorhanden ist. So werden über die Lockerung und Räumung der späteren Saatreihe optimale Bedingungen für das Pflanzenwachstum geschaffen.

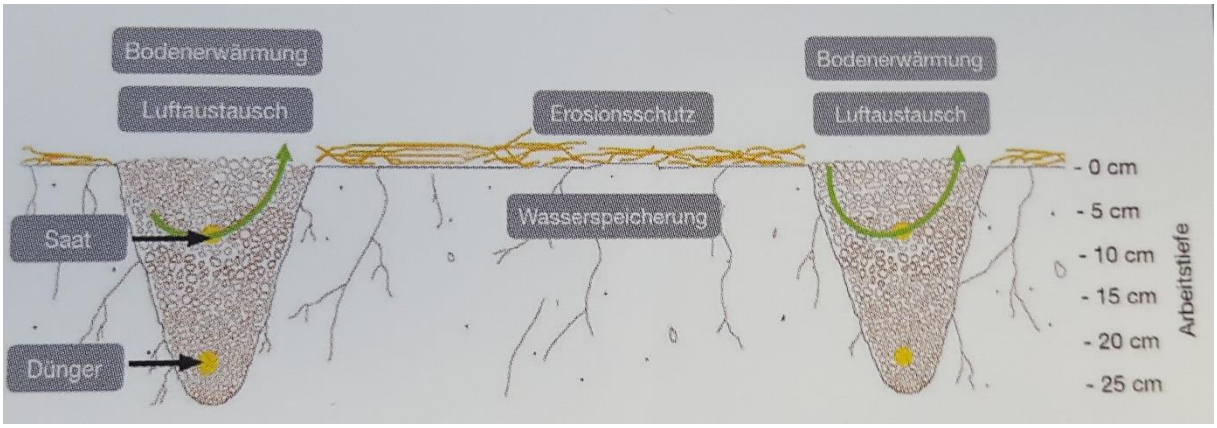


Abbildung 5: Prinzip des Strip-Till-Verfahrens: So können Dünger und Saatgut im Boden abgelegt werden (Kuhn ergänzt von Bischoff)

Weitere Vorteile gegenüber der Mulch- und/oder Direktsaat sind die Einsparpotentiale hinsichtlich den Arbeitsgängen und der Flächenleistung, sowie der Gewinn an Tragfähigkeit und Stabilität im unbearbeiteten Bereich. Zusätzlich wird nach BISCHOFF; „das Wurzelwachstum in die Tiefe durch die tief eingreifende Bearbeitung in und unter der Reihe, das Ausräumen etwaiger Verdichtungen, sowie die Schaffung eines von Ernteresten geräumten Bodens gefördert“ (HERMANN, et al. 2012).

Die notwendige Lockerungstiefe bei der Streifenbearbeitung wird durch die vorhandene Bodenart bestimmt. Optimal sind schuttfähige leichte und mittlere Böden. Allerdings funktioniert sie auch auf schweren Böden mit bis zu 30 % Tonanteil. Auf leichten Böden sollte eine Tiefenlockerung von bis zu 35 cm erfolgen. Bei schweren Böden hingegen ist eine Lockerung bis maximal 25 cm zu empfehlen. Des Weiteren ist auf die Bodenfeuchte zu achten. Eine Streifenbearbeitung sollte nur dann stattfinden, wenn der Boden in der Lockerungstiefe so trocken ist, dass keine Schmierschicht entsteht und perfekte Bedingungen für das Pflanzenwachstum hergestellt werden können. Deshalb sollte bei feuchten Bedingungen nur eine flache Bodenbearbeitung durchgeführt werden um Hohlräume zu vermeiden.

Wie bereits erwähnt führen diese Hohlräume nicht nur zur Vermehrung von Schadnagern sondern können auch nachteilige Auswirkungen auf das Wurzelwachstum haben, da in diesen nicht genug Nährstoffe zur Verfügung stehen.

Das Strip-Till Verfahren bietet zwei Möglichkeiten der Durchführung. Zum einen das absätzige Verfahren, bei dem die Bodenbearbeitung und die Aussaat getrennt voneinander erfolgen und zum anderen das kombinierte Verfahren. Vorteilhaft beim kombinierten Verfahren ist, dass auf einen Einsatz von automatischen Lenksystemen verzichtet werden kann, da die Aussaat zeitgleich mit Bodenbearbeitung erfolgt. Beim absätzigen Verfahren muss gewährleistet sein, dass die Aussaat exakt in die gelockerten Streifen erfolgt. Dies ist ohne Lenksysteme kaum möglich. Daher ist die Anschaffung eines RTK-GPS-Systems bei dem die Genauigkeit auf ± 2,5 cm beziffert ist äußerst empfehlenswert. Es verbirgt sich hinter dem Begriff Strip-Till eine Art der Präzisionsbodenbearbeitung. Aufgrund dessen ist die technische Ausstattung, neben den Bodenverhältnissen entscheidend für den Erfolg des Verfahrens (HERMANN et al; 2012).

Abbildung 6: Köckerling Master und Horsch Focus TD (koeckerling.de/horsch.de)

Die Aussaat erfolgt üblicherweise mit einer Einzelkorndrillmaschine. Für dieses Verfahren bieten sich Reihenkulturen, wie Zuckerrübe, Mais und Raps besonders an. Aber auch der Anbau von Getreide wird getestet, wobei hier der Fokus auf der platzierten Düngung liegt, da Strichabstände unter 45 cm in der Regel nur mit schmalen Scharen und modifizierten Grubbern möglich sind, sonst würde man in die Richtung der Mulchsaat gehen. Somit ist der limitierende Faktor der minimale Strichabstand der Lockerungsgeräte.

Ähnlich wie bei der Mulchsaat und der Direktsaat können bei dieser Art der Bodenbearbeitung eine Reihe acker- und pflanzenbaulicher Probleme auftreten, welche negative Auswirkungen auf die nachfolgende Marktfrucht hätten. Es ist daher wichtig, die Unkrautbekämpfung an die gegebenen Umstände anzupassen. Durch den Verzicht der Bodenbearbeitung zwischen den Reihen, sollte insbesondere auf das Ausfallgetreide reagiert werden. Spätestens 14 Tage vor der Aussaat sollte dieses mit einem nichtselektiven Herbizid bekämpft werden. Eine Alternative stellt ein dichter Zwischenfruchtanbau dar, welcher das Ausfallgetreide sowie die Unkräuter unterdrückt. Auch Bodenherbizide sind durch die vorhandene Mulchdecke in ihrer Wirkung eingeschränkt. Deshalb empfiehlt sich Einsatz von Blattwirkstoffen (BAUER, B; 2012,).

Bereits im Wirtschaftsjahr 2012 untersuchte Dr. Hansgeorg Schönberger die Vorteile einer Streifensaat mit Einzelkornablage. Dazu wurde im Landkreis Regensburg ein Versuch gestartet, welcher die Breitsaat mit der Strip-Till-Variante, am Beispiel Raps, vergleichen sollte. Laut Dr. Schönberger liegen die Vorteile der Strip-Till-Variante in dem Entwicklungsvorsprung der Pflanzen im Herbst. Aufgrund der größeren Reihenweiten (50 cm vs. 16 cm) haben die Pflanzen mehr Platz, um sich zu entwickeln und stehen unter einem geringeren Konkurrenzdruck für die Nährstoffe. Es wurde festgestellt, dass im Gegensatz zur Breitsaat, die Pflanzen mehr Blätter und Seitentriebe aufweisen und der Wurzelhalsdurchmesser deutlich kräftiger entwickelt sind. Dies hat den Vorteil, dass die Pflanze mehr Reserven zur Verfügung hat, um den Winter gut zu überstehen. Außerdem wird die geringere Pflanzenzahl kompensiert. Bei der Strip-Till Variante wurden nämlich nur 25 Körner/m² gepflanzt, wo hingegen bei der Breitsaat 45 Körner/m² in den Boden appliziert wurden (SCHÖNBERGER, H; 2012).

Als weiterer wesentlicher Beweggrund für die Anwendung des Strip-Till Verfahrens wurde die Möglichkeit aufgezeigt, dass gleichzeitig mit der Bodenbearbeitung eine Unterflurdüngung in definierten Tiefen durchgeführt werden kann. Laut Dr. Schönberger, verarmt bei andauernder, pflugloser Bodenbearbeitung der untere Krumenbereich mit Nährstoffen, wie Phosphor und Kali, die weniger beweglich sind. Mit Hilfe der Strip-Till Technik kann der Gehalt von Bodennährstoffen im Wurzelbereich gezielt angehoben werden. Die Effizienz der eingesetzten Düngemittel steigt, da sie direkt unter der Wurzel platziert werden (HERMANN et al., 2012). Dr. Schönberger sieht bei dieser platzierten Düngung einen weiteren Vorteil.

Mittels der Unterflurdüngung und des nach unten stark gelockerten Bodens, wird die Wurzel der Pflanze gezwungen in den unteren Krumenbereich zu wachsen. Der Vorteil liegt hierbei in der Feuchtigkeit dieser Regionen. Daher ist auch in trockenen Perioden eine hohe Nährstoffaufnahme gewährleistet. Zusätzlich beschäftigte sich Dr. Schönberger mit der Bestandsführung im Frühjahr. Trotz einer höheren Aufwandmenge bei der Breitsaat, erlitt der Raps deutlich schnellere Stickstoff-Mangelerscheinungen als bei dem Strip-Till Verfahren. Dies liegt laut Dr. Schönberger an der unterschiedlichen Bodenbearbeitung und Aussaat. Die Breitsaat hat eine höhere Pflanzenzahl, aber auch den Zehrer Stroh im Wurzelbereich der Pflanze. Deshalb ist eine erhöhte Aufwandmenge der logische Schritt. Bei der Strip-Till Variante hingegen ist der Wurzelbereich ist von etwaigen Pflanzenresten befreit. Dadurch steht den Pflanzen, die ohnehin in geringerer Anzahl vorhanden sind, mehr Stickstoff zur Verfügung. Aufgrund dessen wirkte der Raps in der Strip-Till Variante mit seinen robusten Stängeln sehr fit und gesund. Hierfür ist die Empfehlung von Dr. Schönberger, dass man mit Wachstumsregulatoren im Strip-Till Verfahren verhalten verfahren sollte. Bei der Breitsaat hingegen muss ein intensiver und rechtzeitiger Einsatz gegeben sein. Durch die höhere Pflanzenzahl erhöht sich das Risiko eines Lagers, da die Stängel zu wenig ausgebildet sein könnten (SCHÖNBERGER, H; 2012).

2.4. Düngung im Strip-Till-Verfahren

Der Hauptgrund für die Anwendung des Strip-Till Verfahrens ist die mögliche Kombination aus der Bodenbearbeitung in Streifen und der Unterfuß- und/oder Unterflurdüngung. Diese Form der Düngung bewirkt, dass Stickstoffverluste vermieden werden. Stickstoffverluste sind z. B. Auswaschungen und Verdunstungen.

Bei der Strategie der Düngung unterscheidet man zwei Verfahren. Je nach Intensität der Strip-Till Anwendung erfolgt eine unterschiedliche Ausbringung des Düngers. Bei dem intensiven Verfahren, wo das Strip-Till Verfahren die Grundbodenbearbeitung ersetzt, bleibt der Oberboden zum Einmischen von Nährstoffen erhalten. Das Einmischen erfolgt in der Stoppelbearbeitung. Dies hat den Vorteil, dass man die Aufwandmengen einteilen kann. Einerseits in Form der breit gestreuten und flach eingearbeiteten Düngung. Andererseits in Form der platzierten Düngung bei der Streifenbearbeitung. Die Folge ist ein typisches Wurzelbild, bei welchem sich die Wurzeln gleichmäßig im Boden verteilen.

Bei der klassischen Variante des Strip-Till Verfahrens, wo Stoppelbearbeitung, Grundbodenbearbeitung und Saatbettbereitung ersetzt werden, muss der Dünger zu 100% in platzierter Form abgelegt werden. Düngt man Nährstoffe platziert, so erwartet man, dass die Wurzel in diesen Bereich schnell reinwächst und den Boden deutlich besser durchwurzelt (BAUER, B; 2012).

Das unterschiedliche Wurzelbild bzw. die unterschiedliche Wurzelstruktur verändert sich nicht nur nach der Art der Platzierung bzw. Einarbeitung, sondern auch je nach Art der chemischen Zusammensetzung des platzierten Düngers. Kalzium und Magnesium beeinflussen die Wurzel nicht. Bei Ammonium hingegen fängt die Wurzel an schnellstmöglich sehr viele Seitenwurzeln zu bilden. Währenddessen werden bei Phosphat nur längere Seitenwurzeln gebildet. Diese Erkenntnis spielt für den Landwirt eine entscheidende Rolle. Denn bei der Planung einer Unterfuß- und/oder Unterflurdüngung sollten nur Nährstoffe verwendet werden, die die Wurzelarchitektur beeinflussen, also eine Attraktionswirkung besitzen (BAUER, B; 2012).

Typische Dünger sind Ammonium, Phosphat und Kalium. Alle sind sehr gut platzierbar, wo hingegen leicht lösliche Nährstoffe, wie Kalzium und Magnesium, kaum platzierbar sind. Gar nicht platzierbar sind Nitrat, Sulfat und Chlorid. Die Löslichkeit im Bodenwasser ist hier von entscheidender Bedeutung. Je löslicher ein Nährstoff ist, desto schlechter lässt er sich für eine platzierte Düngung verwenden.

2.4.1. Unterflur- und Unterfußdüngung

Die Unterfußdüngung wird klassisch mit der Saat ausgebracht und bezieht sich auf den Bereich zwischen 5-10 cm. Dabei wird der Dünger idealerweise unter die Saatreihe oder leicht daneben appliziert. Bei engen Reihenabständen, wie beim Getreide, ist es möglich die platzierte Form des Düngers zwischen die Reihen zu legen.

Die Unterflurdüngung stellt die Düngung im Bereich zwischen 15-25 cm dar. Diese wird im absätzigen Verfahren angewendet. Dabei muss beachtet werden, dass beide Düngeformen auf unterschiedliche Entwicklungsabschnitte der Kulturpflanze abzielen. Daher ist es beim Strip-Till Verfahren üblich die Unterfußdüngung mit der Unterflurdüngung zu kombinieren. Das Ziel ist es, mit der flachen Düngung die Jugendentwicklung und die Etablierung der Pflanze zu fördern und mit der tiefen Düngung die Wasser- und Nährstoffversorgung unter Trockenheit zu verbessern. Die Wurzel ist dadurch gezwungen in die Tiefe zu wachsen.

Die Kombination der beiden Formen ist vor allem dann von Vorteil, wenn der Keimling keine optimalen Bedingungen für das Wurzelwachstum vorfindet, weil dem Strukturprobleme, Nässe oder nährstoffbindende Erntereste entgegenstehen. Somit können zeitlich begrenzte Engpässe der Nähstoffversorgung überbrückt werden (BAUER, B; 2012).

2.4.2. Organische Düngung beim Strip-Till Verfahren

Das Strip-Till Verfahren wird nicht nur bei der mineralischen Düngung angewendet. Es findet auch in der organischen Düngung immer mehr Zuspruch, da die effiziente Nutzung von organischem Dünger, wie Gülle oder Gärsubstrate, bei den steigenden Preisen für die mineralischen Dünger, eine gute Alternative darstellt. Ein weiterer Vorteil ist die Einhaltung der Vorgaben der Dünge- und Gülleverordnung. Sobald die Streifenbodenbearbeitung mit einer Gülle-Injektion kombiniert wird, lassen sich mittels der direkten Einarbeitung, Nährstoffverluste und gasförmige Ammoniak- und Geruchsemissionen verringern. Allerdings ist eine vollständige Bereitstellung der notwenigen Nährstoffe für die Pflanze über ein Gülleband nicht ausreichend. Somit sollte ein Aufmischen der Gülle mit Mineraldüngern stattfinden, besonders wenn keine weitere Bodenbearbeitung erfolgt.

Eine weitere Herausforderung ist die platzierte Menge. Die Gülle sollte sich im Schlitz nicht aufstauen. Die Bodenstruktur würde leiden und es entsteht eine Schicht, die nur schwer durchwurzelbar ist. Dies würde einen negativen Effekt verursachen, welcher das Wurzelbild beeinflusst. Praxisversuche zeigten, dass eine Gülledüngung mit ca. 15-20 m^3/ha im Streifen ausreichend ist. Somit könnte noch eine mineralische Grunddüngung in das System integriert werden. Hierfür wäre die sinnvollste Variante das Strip-Till Verfahren im absätzigen Verfahren. Somit könnte der organische und mineralische Dünger in zwei Schichttiefen hochkonzentriert abgelegt werden. Zudem ist es sinnvoll der Gülle einen Nitrifikationshemmstoff beizumischen, um Auswaschungsverluste zu vermeiden (HERMANN et al.; 2012).

3. Zielstellung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Auswertung verschiedener Bodenbearbeitungssysteme. Dabei werden die drei Varianten Mulchsaat, Direktsaat und Strip-Till verglichen. Das Hauptaugenmerk wird auf der ökonomischen Auswertung liegen. Hierfür werden die prozesskostenfreien Leistungen am Beispiel der Früchte Weizen und Raps herangezogen und in Zusammenhang gestellt und der Frage nachgegangen, ob sich eine Umstellung von Mulchsaat auf Strip-Till für einen ausgewählten Betrieb lohnt.

Als Vergleichswerte werden Werte der DLG am Standort Bernburg verwendet. Hierbei werden von der DLG die verschiedenen Anbauvarianten verglichen. Dieser Versuch wird, seit 2012, jährlich von der DLG auf dem Versuchsfeld „Holstein 1“ durchgeführt.

Folgende Fragen gilt es nachzugehen:

- Ist die Strip-Till Variante gegenüber der Mulchsaat und Direktsaat, in Bezug auf die prozesskostenfreien Leistungen günstiger?
- Ist durch die Grunddüngung mit P/K als Unterfuß- bzw. Unterflurdüngung mit einem Mehrerlös zu rechnen?
- Rechnet sich die Umstellung von Mulchsaat auf Strip-Till für einen Kleinbetrieb (<300 ha)?

4. Material und Methode

In dem folgenden Abschnitt erläutert der Autor die einzelnen Schritte zur Ergebnisfindung. Ebenso wird auf den Langzeitversuch der DLG eingegangen. Des Weiteren werden beide Standorte analysiert; der Standort der Versuchsfläche der DLG und der Standort des Kleinbetriebes.

Sämtliche Daten, Informationen und Ergebnisse wurden von der Versuchsfeldleiterin, Frau Siv Ahlers, vom Internationalen Pflanzenbauzentrums der DLG erfasst und ausschließlich dem Autor dieser Arbeit zur Verfügung gestellt. Diese Datensätze bilden die Grundlage der kommenden Gliederungspunkte, sofern keine anderen Quellen benannt werden.

4.1. Standortbeschreibung

Das IPZ wurde im Jahr 2010 gegründet, mit dem Ziel u. a. die anwendungsorientierte pflanzenbauliche Forschung zu fördern und den Wissenstransfer in die praktische Landwirtschaft zu verbessern.

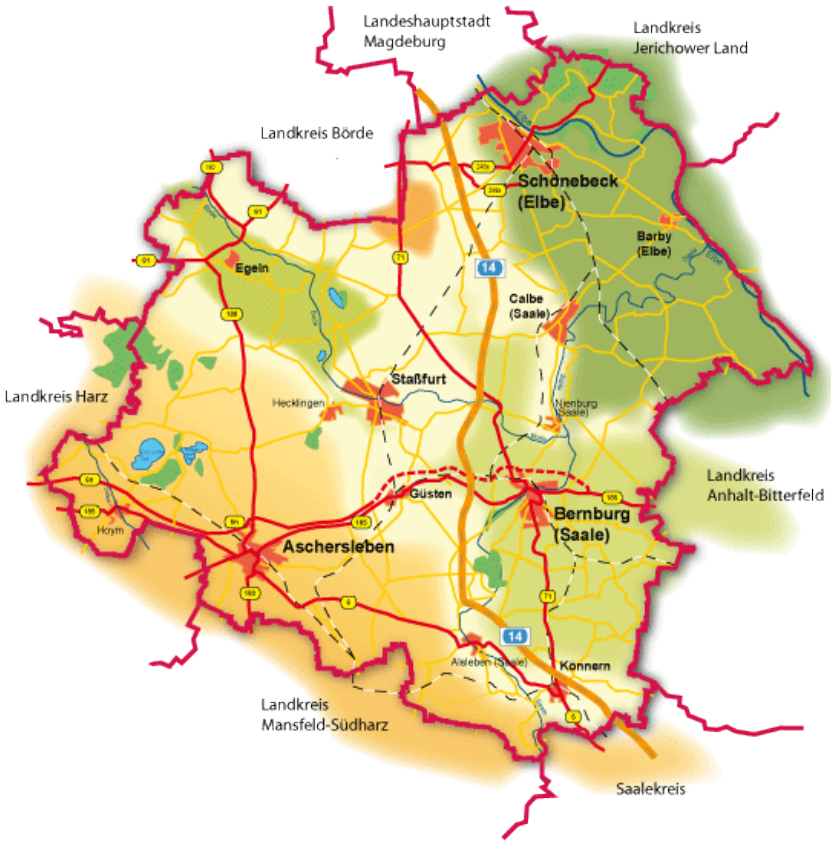


Abbildung 7: Salzlandkreis (salzlandkreis.de)

Das Zentrum liegt in Sachsen-Anhalt am Südrand der Magdeburger Börde, in Bernburg-Strenzfeld. Der Stadtteil Strenzfeld liegt ca. 5 km nördlich des Stadtzentrums von Bernburg/Saale und stellt den Campus der Hochschule Anhalt und der Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau in Sachsen-Anhalt dar. Der Standort liegt im Mitteldeutschen Trockengebiet auf einer Höhe von 80 m über NN und wird durch den Regenschatten des Harzes geprägt. Der mittlere Jahresniederschlag beträgt 511 mm und die Jahresdurchschnittstemperatur liegt bei 9,7 °C. Der vorherrschende Bodentyp ist Löß-Schwarzerde mit einer nutzbaren Feldkapazität von 250 mm und 85 Bodenpunkten.

Die Bodenart kann als schluffiger Lehm (uL) bezeichnet werden und hat folgende Anteile:

Ton: 22%,

Schluff: 70%,

Sand: 8%.

Die Inklination ist eben und der pH-Wert liegt mit 7,4 leicht über dem Neutralpunkt.

Der landwirtschaftliche Betrieb der im Rahmen dieser Arbeit herangezogen wird, liegt im südöstlichen Niedersachsen in der Nähe der Stadt Goslar, im Bezirk Braunschweig. Das Klima im Bezirk Braunschweig ist gemäßigt, aber warm. Es gibt das ganze Jahr über deutliche Niederschläge. Selbst der trockenste Monat weist noch hohe Niederschlagsmengen auf. Der durchschnittlichen Monatsniederschläge reicht von 35,9 mm in dem Monat Februar auf bis zu 73,9 mm im Juni. Über das Jahr verteilt gibt es im Schnitt 618 mm Niederschlag. Die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt 8,8°C. Der Boden ist im Mittel mit 85 Bodenpunkten bewertet. Die Bodenart wird als toniger-Lehm beschrieben.

Abbildung 8: Übersicht Nördliches Harzvorland (noerdliches-harzvorland.de)

4.2. Versuchsdurchführung der DLG

Diese Arbeit bezieht sich auf einen Langzeitversuch der DLG am Standort Bernburg, welcher im Anbaujahr 2015/2016 erfolgte. Die Zielstellung lautete wie folgt: „*Systemvergleich von Streifenbearbeitung, Mulchsaat und Direktsaat sowie Untersuchung langfristiger Effekte konsequenter Streifenbearbeitung und Düngerapplikation*“ (DLG-IPZ).

Die folgende Abbildung 9 zeigt den Schlag Holstein 1, mit einem Versuchsumfang von 96 Parzellen auf 12 ha Ackerfläche. Die Fläche wurde in zwei Faktoren unterteilt. Der erste Faktor bezieht sich auf die Großparzellen, welche farblich gekennzeichnet sind und die Fruchtart darstellen. Die Fruchtfolge lautet Winterraps – Winterweizen – Silomais – Winterweizen. Der zweite Faktor beinhaltet, die in den Großparzellen integrierten Kleinparzellen, um die verschiedenen Bodenbearbeitungsvarianten zu kennzeichnen.

Je sechs Kleinparzellen ergaben eine Großparzelle. Insgesamt sollte der Versuch über acht Erntejahre gehen.

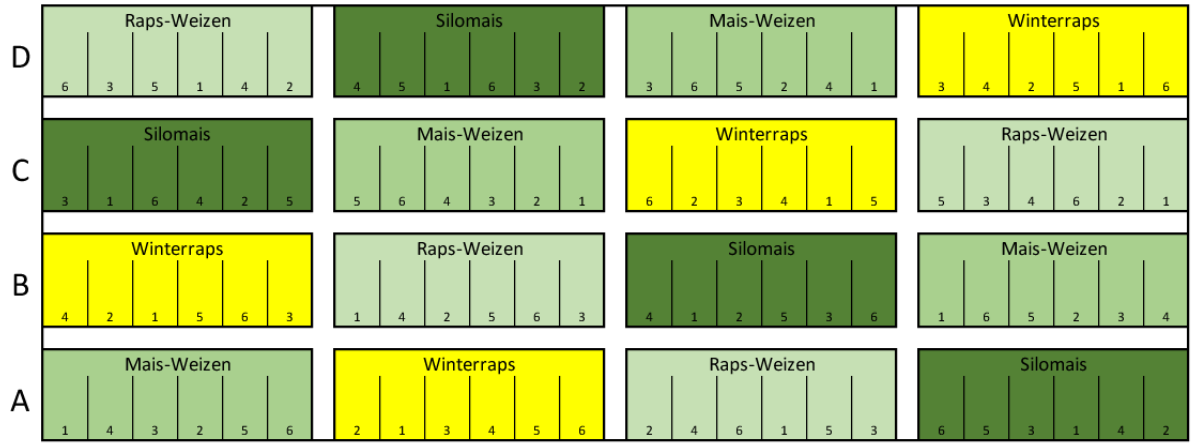


Abbildung 9: Lageplan zur Ernte 2016 Holstein 1, nach Ahlers

Um die verschiedenen Varianten auseinander zu halten, wurden die Kleinparzellen von eins bis sechs nummeriert. Alle Varianten sind vierfach wiederholt (A – D) und randomisiert angelegt. In Abbildung 10 sind die für die Auswertung betrachteten Varianten schematisch dargestellt.

Varianten (Bodenbearbeitung und Düngung)

1. Mulchsaat alle Kulturen (Mu)
2. Streifenbearbeitung bei Raps und Mais, Mulchsaat bei Getreide (St-Mu)
3. Streifenbearbeitung für alle Kulturen, Getreide wird mit Doppelschar in die gelockerte Reihe gedrillt (Lichtschacht) (St)
4. wie 2, PK-Düngung zur BB in die Reihe (St-Mu-Dü)
5. wie 3, PK-Düngung zur BB in die Reihe (St-Dü)
6. Direktsaat (Di)

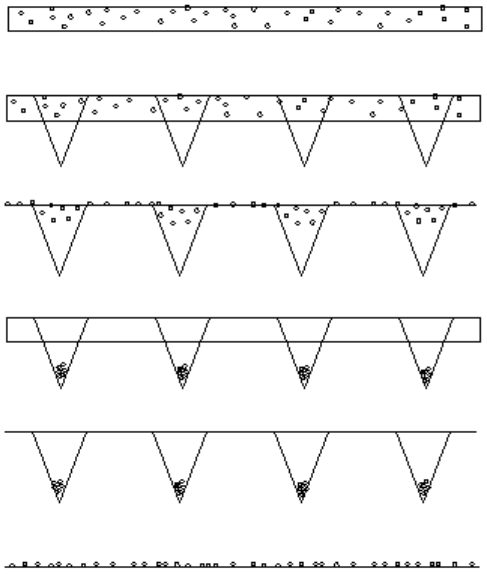


Abbildung 10: Bodenbearbeitungs – und Düngevarianten, nach Ahlers

Bei allen Varianten wurden die Pflanzenschutz- und Düngemaßnahmen, sowie die Bodenbearbeitungs- und Aussaatmaßnahmen von den betriebseigenen Schleppern und Anbaugeräten der DLG durchgeführt.

Betrachtet man die mineralische Grunddüngung bei allen sechs Varianten, so wurde diese jeweils vor der Blattfrucht, also vor Silomais und Winterraps, appliziert. Als Grunddünger wurde Phosphor (P), in Form von Triple-Superphosphat und Kali (K) in Form von 40er Standard-Kali ausgebracht.

Bei den Varianten 1 bis 3 und 6 wurde die mineralische Grunddüngung mit einem pneumatischen Düngerstreuer auf die unbearbeitete Ackerfläche gestreut. Anschließend wurde bei Variante 1 der Grunddünger beim Grubbern eingearbeitet. Bei den Varianten 2 und 3 wurde der Dünger nur teilweise eingearbeitet, da die Streifenbodenbearbeitung eine komplette Bearbeitung der Fläche ausschließt. Bei der Direktsaatvariante 6 wurde der verteilte Dünger auf der unbearbeiteten Fläche liegen gelassen. Bei den Varianten 4 und 5 wurden P und K infolge der Streifenbodenbearbeitung in den wurzelnahen Boden appliziert.

Durch die verschiedenen Fruchtarten und Varianten ergaben sich differenzierte Ausbringungstermine. Bei Winterraps wurde der Dünger für die Varianten 1,2,3 und 6 am 25. August 2015 ausgebracht; am Folgetag wurden die Varianten 4 und 5 abgearbeitet.

Bei Silomais wurde der Dünger für die Varianten 1, 2, 3 und 6 am gleichen Tag, den 29. September 2015, gestreut. Für die Varianten 4 und 5 wurde er einen Monat später in den Boden appliziert.

Aufgrund der Tatsache, dass im Verlauf dieser Arbeit zusätzlich ein Kleinbetrieb mit einbezogen wird, dessen Fruchtfolge Winterraps/Zuckerrübe – Winterweizen – Stoppelweizen ist, wird im Folgenden nicht auf jede Fruchtart des Versuches der DLG eingegangen. Der Fokus wird auf den Früchten Winterraps und Winterweizen liegen.

Unterscheiden tun sich die sechs Varianten hauptsächlich in der Bodenbearbeitung. Variante 1 beschäftigt sich mit der klassischen Mulchsaat (vgl. 2.2.). Bei Raps und Winterweizen wurde am 14. August 2015 eine Stoppelbearbeitung mit der Kurzscheibenegge durchgeführt. Anschließend wurde ein Grubberstrich vollzogen, welche fruchtartspezifisch unterschiedliche Tiefe aufweist. Die Bearbeitungstiefe beim Raps (25.08.2015) lag bei 25 cm und beim Weizen (01.09.2015) bei 10 cm.

Unabhängig von der Kultur fand bei den Strip-Till Varianten (2-5) das absätzige Verfahren Anwendung (vgl. 2.3.). Daher ist für die Aussaat ein mit RTK-GPS geführter Schlepper notwendig. Vorher fand die Streifenbodenbearbeitung mit einem Reihenabstand von 50 cm statt. Die Bearbeitungstiefe erfolgte fruchtartspezifisch und die Streifenbreite betrug ca. 20 cm. Zusätzlich erfolgte in den Varianten 4 und 5, eine Unterfußdüngung mit P und K.

Um eine Vergleichbarkeit herzustellen, erfolgte bei allen Varianten die Aussaat am gleichen Tag. Ausgesät wurde jede Frucht mit der gleichen Sorte. Der Winterraps „Sherpa Z“ von der Firma Rapool wurde am 27. August 2015 mit einer Einzelkornsämaschine gedrillt. Die Keimfähigkeit belief sich auf 100 %, bei einer Aussaatmenge von 30 Körner/m². Beim Winterweizen wurde die Sorte „JB Asano Z“ von der Firma Limagrain am 13. Oktober 2015 mit einer mechanischen Drillmaschine ausgesät. Bei einer Keimfähigkeit von 97 %, wurden bei den Varianten 1,2,4 und 6 je 300 Körner/m² gepflanzt. Da bei den Varianten 3 und 5 konsequenterweise die Bearbeitungsstreifen mit einem 50 cm Reihenabstand angelegt werden mussten, fielen 50 % der Saatreihe weg. Um dennoch die Drillmaschineneinstellungen beibehalten zu können, wurden die Saatmengen halbiert und mit 150 Körner/m² gedrillt.

Die Düngungs- und Pflanzenschutzmaßnahmen erfolgten ebenfalls am gleichen Tag. Der Düngebedarf wurde anhand von der DLG angefertigten Bonitäten ermittelt. Der Aufwand für den Einsatz des Pflanzenschutzes erfolgte nach den jeweiligen Schadschwellen der Kultur.

Am Ende dieses Versuchs stand die Ernte sämtlicher sechs Varianten. Diese wurden versuchsspezifisch am gleichen Tag gedroschen. Der Drusch erfolgte bei dem Winterraps und Weizen mit dem eigenen Großparzellendrescher der DLG. Durch die automatische Wiegeeinrichtung ermöglicht dieser exakte Ergebnisse für die Ertragsmessung. Somit konnten der Winterraps am 20. Juli 2016 und der Winterweizen am 19. Juli 2016 gedroschen werden.

Der für diese Arbeit als Vergleich herangezogene Betrieb baut in folgender Fruchtfolge an: Zuckerrüben/Winterraps – Winterweizen – Stoppelweizen.

Alle drei Jahre erfolgt das Ausbringen des Grunddüngers vor der jeweiligen Blattfrucht. Auch hier wurde im Herbst 2015 vor dem Raps Triple-Superphosphat und Kali gestreut. Aufgrund der dreijährigen Ausbringung sind die Aufwandmengen etwas höher gegenüber den Varianten der DLG. Die Durchführung ist ähnlich, so dass P und K mittels der Stoppelbearbeitung flach eingearbeitet werden. Der Betrieb verwendet die Variante der klassischen Mulchsaat. Hier wird je nach Beschaffenheit des Bodens zwei- oder dreimal gegrubbert und gegebenenfalls mit einer Kreiselegge zur Aussaat vorgearbeitet. Alle Maschinen gehören dem eigenen Fuhrpark an. Mit einem 200 PS Schlepper der Marke Fendt erfolgt der erste Einsatz mit einem 4 m-Grubber der Firma Lemken, ca. 10 cm tief. Der nachfolgende Grubberstrich wird etwas tiefer ausgeführt mit ca. 15 cm. Ist ein dritter Arbeitsgang erforderlich, so wird dieser zur Saatbettbereitung wieder flach ausgeführt.

Die Aussaat für alle Kulturen erfolgte mit einer 3 m pneumatischen Drillmaschine von Lemken. Der Raps „Visby“ wurde mit 45 Körner/m² und einer Keimfähigkeit von 98 %, am 26. August 2015, gedrillt. Die Aussaat des Winterweizens erfolgte am 28. September 2015. Dieser wurde mit 320 Körnern/m² gedrillt. Der Stoppelweizen wurde am 02. Oktober 2015 mit 320 Körnern/m² ausgesät. Die Düngungs- und Pflanzenschutzmaßnahmen erfolgten nach eigenem Ermessen. Dabei wurden die Bonitäten und Schadschwellen beachtet, so dass Ertragsverluste vermieden wurden. Die Ernte erfolgte mit dem eigenen Mähdrescher. Der Claas Lexion 750 mit seinem 7,70 m großen Schneidwerk startete die Ernte am 23.07.2016. Dabei wurde je nach Wetter, Kultur und Reifegrad entschieden, welche Frucht auf welchem Schlag geerntet werden soll.

4.3. Kosten

Die Kostenkalkulation für die in Punkt 4.2. aufgelisteten Varianten wurden dem Autor vom Internationalen Pflanzenbauzentrum der DLG mitsamt der Versuchsdurchführung übermittelt. Unter Annahme der Richtwerte von KTBL wurden sämtliche Kosten pro ha umgerechnet. Zusätzlich wurden vergleichbare Kalkulationswerte aus dem Erfahrungsschatz der Landwirte und der Literatur zu Rate gezogen, um ein optimales Ergebnis präsentieren zu können. Diese Kalkulationen sind Grundlage des kommenden Abschnittes. Die Kosten der jeweiligen Kulturen unterscheiden sich hauptsächlich in Art und Anzahl der Arbeitsgänge, sowie der Arbeitskraftstunden. Zudem können je Kultur Maßnahmen für notwendig erachtet oder auf sie verzichtet werden.

Es wird in der vorliegenden Arbeit zusätzlich eine Kalkulation zur Anwendung des Strip-Till Verfahrens für einen Kleinbetrieb erstellt. Um diese Kalkulation durchführen zu können orientiert sich der Autor an den veröffentlichten Kostenkalkulationen des Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) sowie an den Kennzahlen verschiedener Quellen. Insbesondere in Bezug auf die Anschaffungskosten der eingesetzten Maschinen wurde auf Werte aus der Literatur zurückgegriffen.

Die Auswertung erfolgt auf Grundlage der Prozesskostenfreien Leistungen (PkfL). Diese oder die nach DLG-Nomenklatur Direkt- und Arbeitserledigungskostenfreie Leistung (DAL) ist eine relevante Kennzahl zur Einschätzung der Wettbewerbsfähigkeit von Produktionsverfahren im Ackerbau. Sie dient zum einen der Nachkalkulation vergangener Rechnungsperioden, zum anderen der Planung von Produktionsverfahren und der Ermittlung von langen- und kurzfristigen Preisuntergrenzen. Diese Methode wird auch zur Teilkostenrechnung eingesetzt. Dabei werden betriebsindividuelle Faktoren, wie Zahlungsansprüche, Pachten oder Abschreibungen von Gebäuden, nicht mit berücksichtigt.

Die Kosten der Produktionsverfahren sind in Kostengruppen eingeteilt. Prozesskostenfreie Leistungen setzten sich aus Leistungen, Direktkosten und Arbeitserledigungskosten zusammen.

Die Kostenblöcke setzen sich wie folgt zusammen:

Leistung – Direktkosten = Direktkostenfreie Leistungen (DkfL)

Tabelle 1: Kosten und Leistungen der DkfL, verändert nach KTBL

Leistungen	Ertrag x Marktleistung + öffentliche Direktzahlungen
Direktkosten	Saatgut + Dünger + Pflanzenschutz + Trocknung + Lagerung + Vermarktung + Wasser (Beregnung) +Zinsansatz Feldinventar/Lagervorräte

Die Direktkostenfreie Leistung ist unabhängig von der Art der Arbeitserledigung des Produktionsverfahrens. Sämtliche technischen und maschinelle Ausstattungen sowie die Arbeitserledigungskosten finden keine Berücksichtigung. In der Landwirtschaft dient diese Kennzahl als Vergleich von einzelnen Produkten, beispielsweise zur Kalkulation der Wettbewerbsfähigkeit unterschiedlicher Weizensorten oder zum Vergleich einzelner Düngestrategien.

DkfL – Arbeitserledigungskosten = Prozesskostenfreie Leistung

Tabelle 2: Arbeitserledigungskosten, verändert nach KTBL

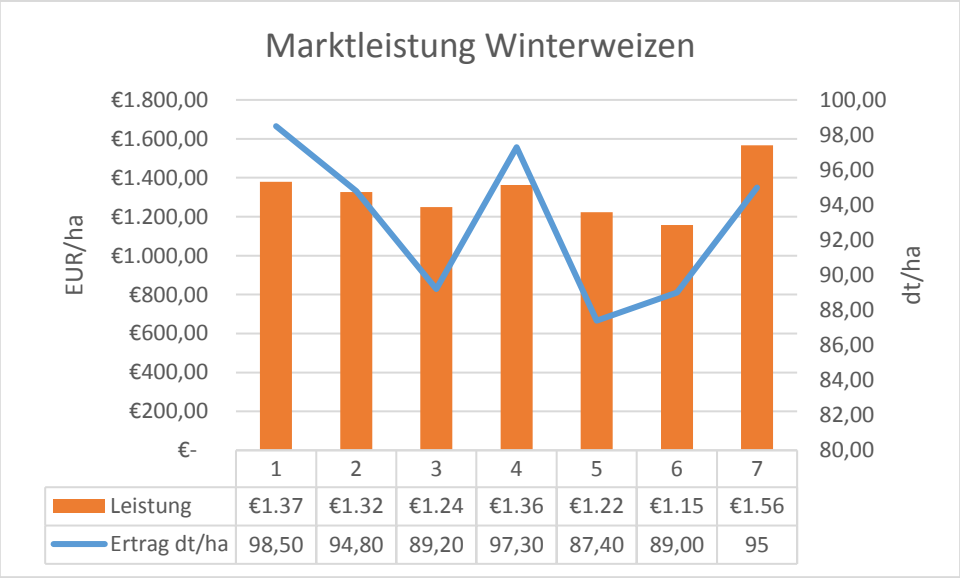
Arbeitserledigungskosten	Personal + Lohnansatz + Berufsgenossenschaft + Lohnarbeit/Maschinenmiete + Treib – und Schmierstoffe + Unterhaltung Maschinen + Afa Maschinen + Strom + Maschinenversicherung

Die Arbeitserledigungskosten umfassen sämtliche Kosten die bei der Durchführung eines Produktionsverfahrens anfallen - Subtrahiert man diese nun von den Direktkostenfreien Leistungen, ergibt sich die Prozesskostenfreie Leistung.

5. Ergebnisse

In diesem Abschnitt der Arbeit stellt der Autor die Ergebnisse für das Wirtschaftsjahr 2015 dar. Wie bereits erwähnt, liegt der Fokus auf den beiden Kulturen Raps und Winterweizen. Verglichen werden die jeweiligen Marktleistungen, Kosten, Direktkostenfreien Leistungen und Prozesskostenfreien Leistungen der sechs Varianten. Zur besseren Veranschaulichung werden sämtliche Ergebnisse in Grafiken dargestellt und beschrieben. Die Ziffern 1 bis 6 stellen die verschiedenen Varianten dar, die bereits im Kapitel 4.2. erläutert wurden. Zusätzlich wird auch das Wirtschaftsjahr des vorgestellten Betriebes graphisch dargestellt. Die Zusatzvariante 7 zeigt die Auswertung des Betriebes. Die Arbeitserledigungskosten wurden mit Hilfe der Werte von KTBL bestimmt. Die Preise und Aufwandmengen für die Düngung und den Pflanzenschutz wurden dem Autor von dem Betriebsleiter übergeben. Der Betrieb praktiziert die Mulchsaat. Jedoch wird bei der Auswertung der Betrieb einzeln betrachtet, da aufgrund der räumlichen Entfernung nur eine ungefähre Vergleichbarkeit hergestellt werden kann.

5.1. Winterweizen



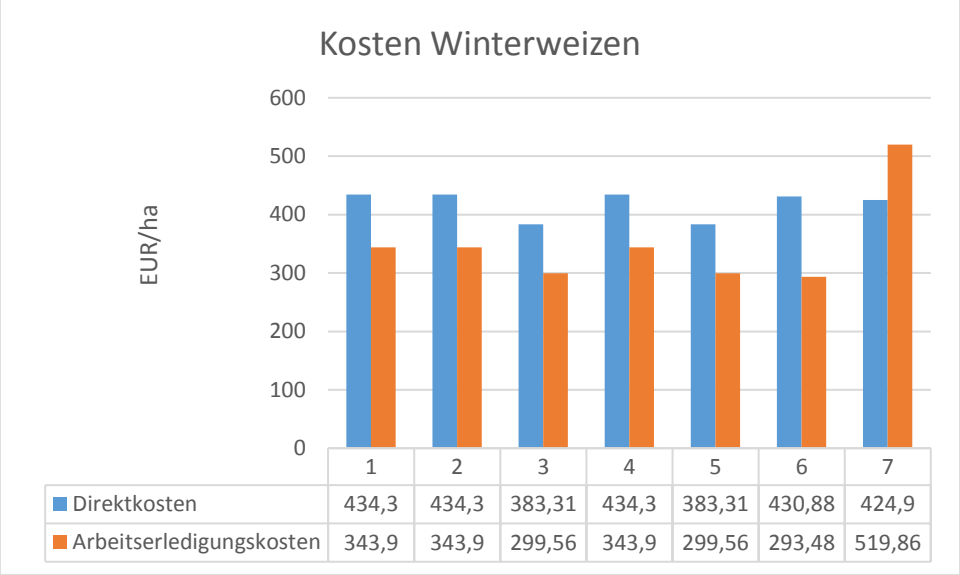
	1	2	3	4	5	6	7
Leistung	€1.37	€1.32	€1.24	€1.36	€1.22	€1.15	€1.56
Ertrag dt/ha	98,50	94,80	89,20	97,30	87,40	89,00	95

Abbildung 11: Marktleistung Winterweizen, eigene Berechnung

In Abbildung 11 wird die Marktleistung vom Winterweizen dargestellt. Die primäre Achse stellt die Marktleistung in EUR/ha dar. Auf der sekundären Achse kann man die Erträge in dt/ha der jeweiligen Varianten ablesen. Den höchsten Ertrag weist die Mulchsaatvariante 1 mit 98,5 dt/ha auf. Die Varianten 2 und 4 konnten ähnlich gute Erträge erzielen. Die Varianten 3,5 und 6 sind auf einem ähnlichen Niveau, allerdings deutlich niedriger als die Spitzenvarianten. Die Marktleistung der verschiedenen Varianten verläuft parallel zum Ertrag, d. h. die Varianten mit den Spitzenerträgen erreichten auch die höchsten Marktleistungen.

Dies ist darauf zurück zu führen, dass der Weizen für denselben Preis verkauft wurde. Einzig der Weizen der Direktsaat wurde für einen Euro weniger verkauft. Da der Gehalt an Protein deutlich schlechter war als bei den restlichen Varianten.

Variante 7 zeigt, dass der Betrieb auf dem hohen Niveau des Versuches der DLG mithalten kann. Mit einer Ertragsleistung von 95 dt/ha und einer Marktleistung von ca. 1568 EUR/ha ist er auf einem ähnlichen Niveau wie die Mulchsaatvariante der DLG.



	1	2	3	4	5	6	7
Direktkosten	434,3	434,3	383,31	434,3	383,31	430,88	424,9
Arbeitserledigungskosten	343,9	343,9	299,56	343,9	299,56	293,48	519,86

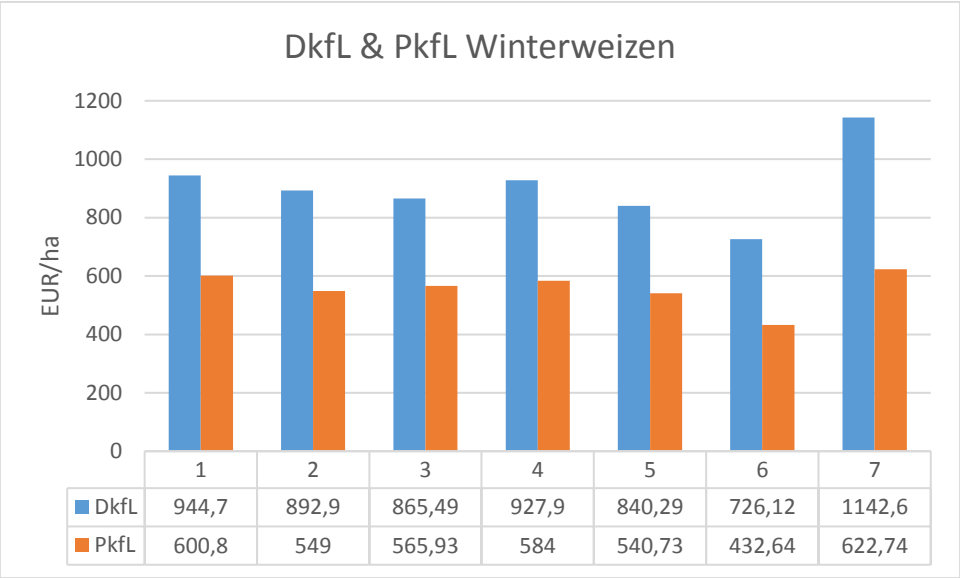
Abbildung 12: Kosten Winterweizen, eigene Berechnung

Abbildung 12 stellt die Direktkosten und Arbeitserledigungskosten dar. Dabei fällt auf, dass sich die Direktkosten und die Arbeitserledigungskosten die Waage halten. Die Varianten 1,2 und 4 sind auf einem gleich teuren Niveau von ca. 434 EUR/ha und bilden somit die Spitzengruppe.

Auch bei den Arbeitserledigungskosten sind diese drei Varianten mit ca. 344 EUR/ha die kostenintensivsten. Ebenfalls auf einem gleichen Niveau liegen die Varianten 3 und 5. Allerdings sind sie rund 50 Euro/ha günstiger.

Auffällig ist, dass die Direktsaatvariante 6 bei den Direktkosten nur 4 EUR/ha günstiger ist, als die Varianten 1,2 und 4. Hingegen sind die Arbeitserledigungskosten bei dieser Variante mit ca. 293 EUR/ha am preiswertesten.

Ganz aus dem Schema fällt Variante 7. Die Arbeitserledigungskosten sind im Vergleich zu den Direktkosten höher. Allerdings sind im Vergleich zu allen anderen Varianten die Direktkosten mit ca. 425 EUR/ha am preiswertesten. Dies liegt vor allem an dem Nachbau der Saat, welcher der Betrieb praktiziert. Da kein teures Saatgut gekauft werden muss, sind hier Kostenersparnisse von bis zu 100 EUR/ha zu verbuchen. Die Arbeitserledigungskosten liegen bei ca. 520 EUR/ha. Diese höheren Kosten sind dem Anbauverfahren geschuldet. Da der Betrieb einen höheren Aufwand in der Boden – und Saatbettbereitung aufbringt.



	1	2	3	4	5	6	7
DkfL	944,7	892,9	865,49	927,9	840,29	726,12	1142,6
PkfL	600,8	549	565,93	584	540,73	432,64	622,74

Abbildung 13: DkfL und PkfL Winterweizen, eigene Berechnung

In Abbildung 13 sind die Direktkostenfreien und Prozesskostenfreien Leistungen des Winterweizen abgebildet. Obwohl sich die Direktkosten in den verschiedenen Varianten auf einem ähnlichen Niveau befinden, sind die DkfLs sehr unterschiedlich. Das beste Ergebnis in den Varianten 1-6 erzielte die Variante 1 mit ca. 945 EUR/ha, gefolgt von der Variante 4 mit ca. 928 Euro/ha. Das niedrigste Ergebnis stellt die Direktsaatvariante 6 mit ca. 726 EUR/ha dar.

Die Variante 7 erzielte ein Ergebnis von ca. 1143 EUR/ha. Dies liegt vor allem an den niedrigen Direktkosten dieses Verfahrens und an der hohen Marktleistung. Im Vergleich zu den DLG-Varianten wurde hier das beste Ergebnis erzielt.

Betrachtet man die prozesskostenfreien Leistungen der Varianten 1 bis 6 erzielte das beste Endresultat die Variante 1 mit einem Ergebnis von ca. 601 EUR/ha. Am wenigsten überzeugte die Direktsaatvariante 6 mit ca. 433 EUR/ha. Auffällig ist, dass alle Strip-Till Varianten auf einem ähnlichen Niveau liegen. Die Spanne liegt zwischen 584 EUR/ha und 541 EUR/ha. Der Unterschied beträgt lediglich 7 %.

Die Prozesskostenfreie Leistung der Variante 7 liegt bei ca. 623 EUR/ha. Obwohl die Arbeitserledigungskosten im Vergleich zur DLG sehr hoch waren, erzielte der Betrieb hier ein herausragendes Ergebnis. Zurückzuführen ist dies auf das gute Ergebnis der Direktkostenfreien Leistung.

5.2. Raps

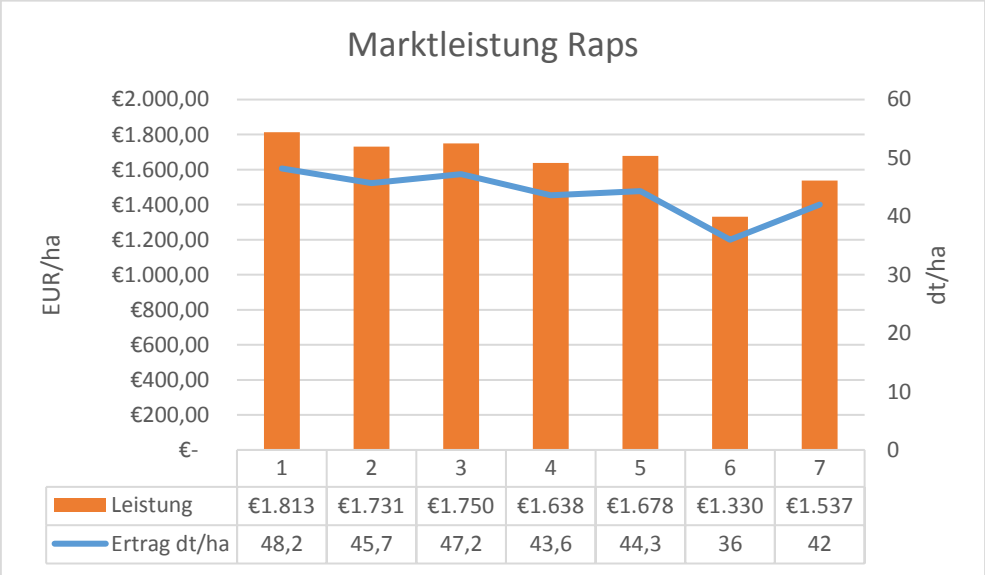


Abbildung 14: Marktleistung Raps, eigene Berechnung

Abbildung 14 zeigt die Marktleistung vom Raps. Die primäre Achse stellt die Marktleistung in EUR/ha dar. Auf der sekundären Achse kann man die Erträge in dt/ha der jeweiligen Varianten ablesen. Den höchsten Ertrag weist die Mulchsaatvariante 1 mit ca. 48 dt/ha auf, gefolgt von der Strip-Till Variante 3 mit ca. 47 dt/ha. Die übrigen Strip-Till Varianten konnten mit über 43 dt/ha ähnlich gute Erträge erzielen.

Auffällig ist die große Differenz zwischen der Spitzenvariante Mulchsaat und der schlechtesten Variante Direktsaat. Die Direktsaat erzielte nur einen Ertrag von 36 dt/ha, was eine Differenz von 25 % zur Mulchsaat bedeutet.

Betrachtet man die Marktleistung der jeweiligen Varianten, so fällt auf, dass die Leistungen parallel der Erträge ausfallen. Das heißt die beste Leistung erzielte Variante 1 mit ca. 1813 EUR/ha, gefolgt von Variante 3 mit 1750 EUR/ha. Das geringste Ergebnis erzielte die Direktsaatvariante 6 mit gleich 26 % weniger als Variante 1.

Variante 7 beschreibt die Marktleistung des ausgewählten Betriebs. Aufgrund von standortbedingten Faktoren ist der Ertrag von 42 dt/ha akzeptabel, da man hier von einem Grenzstandort für den Rapsanbau sprechen kann. Im Vergleich zur Mulchsaatvariante im Versuch ist dieses Ergebnis mit ca. 12 % weniger Ertrag nicht genügend. Die Marktleistung ist auf ca. 1537 EUR/ha beziffert, welche, wie beim Ertrag, im unteren Niveau liegt.

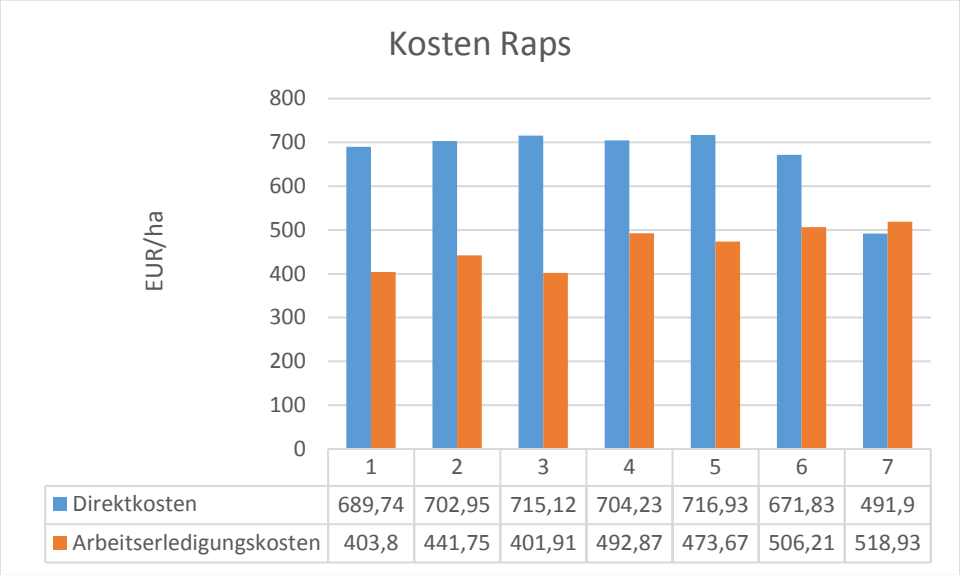


Abbildung 15: Kosten Raps, eigene Berechnung

Die Direktkosten und Arbeitserledigungskosten werden in Abbildung 15 graphisch beschrieben. Bei den Direktkosten liegen die Strip-Till Varianten 2 bis 5 auf einem ähnlichen Niveau von durchschnittlichen ca. 710 EUR/ha. Dabei liegt die kostenintensivste Variante 5 bei ca. 717 EUR/ha und die preisgünstigste Variante 2 des Strip-Till Verfahrens bei 703 EUR/ha. Auch die beiden anderen Verfahren liegen nah beieinander. Hier ist insgesamt die Direktsaatvariante 6, mit ca. 672 EUR/ha, von allen Verfahren am kostengünstigsten.

Betrachtet man die Arbeitserledigungskosten, so schwanken diese im Vergleich zu den Direktkosten sehr stark. Erstaunlicherweise ist die Direktsaatvariante 6, bei der die geringste Intensität und die wenigsten Arbeitsgänge erforderlich waren, mit ca. 506 EUR/ha am kostenintensivsten. Laut der DLG lag dies insbesondere an den erhöhten Kosten zur Mäusebekämpfung, welche in der Schlagkartei gesondert geführt wurden. Auch hier stellt die Mulchsaat mit ca. 404 EUR/ha die preiswerteste Variante dar. Allerdings waren hier die meisten Arbeitsgänge in der Bodenbearbeitung erforderlich. Gefolgt wird die Mulchsaatvariante von der Strip-Till Variante 3 mit ca. 402 EUR/ha. Die übrigen Strip-Till Varianten liegen auf einem ähnlichen Niveau, wobei der Durchschnitt dieser Variante bei 470 EUR/ha liegt.

Die Variante 7 gehört bei dem Kostenpunkt Arbeitserledigung zum teuersten. Die Kosten liegen bei ca. 519 EUR/ha. Dies ist auf die intensivere Bodenbearbeitung zurückzuführen.

Betrachtet man allein die Direktkosten, so sind diese mit ca. 492 EUR/ha am kostengünstigsten. Jedoch täuscht dieses Ergebnis. Denn der Autor teilte die Kosten für die Grunddüngung bei seiner Berechnung auf, was die DLG nicht tat. Denn die Grunddüngung dient nicht nur der Kultur Raps, sondern auch den anderen Kulturen. Dies wurde bei der Berechnung für die Variante 7 miteinbezogen.

Der Betrieb verfolgt eine 3 jährige Düngestrategie, d. h. jedes dritte Jahr wird vor der jeweiligen Blattfrucht eine Grunddüngung mit Kali und Phosphor ausgeführt. Deshalb sind aufgrund des dreijährigen Rhythmus die Aufwandmengen prinzipiell höher als bei dem zweijährigen Verfahren der DLG. Würde man diese Kosten einmalig sehen, so lägen die Direktkosten bei ca. 716 EUR/ha und somit auf einem ähnlichen Niveau, wie die kostenintensivste Variante 5 der DLG.

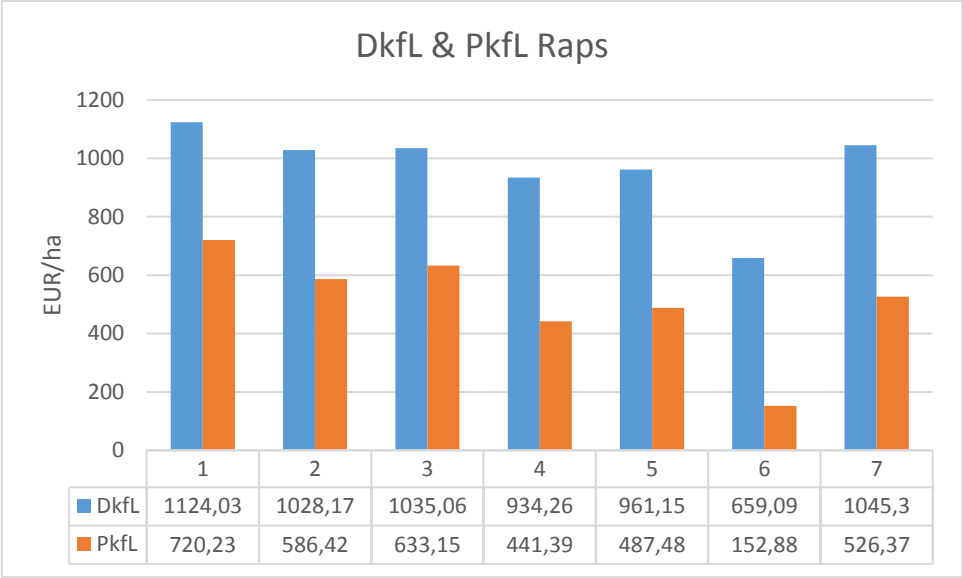


Abbildung 16: DkfL und PkfL Raps, eigene Berechnung

In Abbildung 16 werden die Direktkostenfreie und die Prozesskostenfreie Leistung dargestellt. Dies sind ökonomische Kennzahlen, um den Prozess des Rapsanbaus besser kontrollieren zu können.

Betrachtet man beide Ergebnisse ist zu erkennen, dass sowohl die Direktkostenfreien wie auch die Prozesskostenfreien Leistungen in allen Varianten in Abhängigkeit zueinander stehen. Die Mulchsaatvariante 1 erzielte in beiden Kategorien das beste Ergebnis, mit einer Direktkostenfreien Leistung von 1124 EUR/ha und einer Prozesskostenfreien Leistung von 720 EUR/ha, gefolgt von den Varianten 3 und 2. Das geringste Ergebnis in beiden Kennzahlen weist die Direktsaatvariante 6, mit einer Direktkostenfreien Leistung von 659 EUR/ha und einer Prozesskostenfreien Leistung von 153 EUR/ha auf. Die Varianten 4 und 5 sind auf einem ähnlichen Niveau.

Vergleicht man die Mulchsaatvariante 1 der DLG mit der Mulchsaatvariante 7 des Betriebes, so fällt auf, dass die beiden Kostenpunkte nicht stark voneinander abweichen. Variante 7 erzielt mit einer Direktkostenfreien Leistung von ca. 1045 EUR/ha das zweitbeste Ergebnis hinter der Mulchsaatvariante 1. Die Prozesskostenfreien Leistungen liegen bei ca. 526 EUR/ha. Das sind knapp 27 % weniger als das Ergebnis der Mulchsaatvariante 1. Dieses lässt sich insbesondere durch die unterschiedlichen Intensitäten im Anbauverfahren und die Unterschiede in den Standortbedingungen beider Varianten erklären.

5.3. Musterrechnung zum Einsatz von Strip-Till im Kleinbetrieb

In diesem Abschnitt stellt der Autor eine Musterrechnung zum Einsatz eines Strip-Till Gerätes im Kleinbetrieb dar. Der Betrieb befindet sich aktuell in einer Maschinengemeinschaft. Hier werden mit den vorhandenen Maschinen 280 ha bewirtschaftet. Verglichen werden sowohl die Anschaffungskosten als auch die Arbeitserledigungskosten einer Strip-Till Maschine und eines Grubbers.

Als Basispreis für diesen Vergleich erstellte die Firma AgrarMarkt Deppe ein Angebot für einen Kuhn Striger 8 R. Um eine realistische Grundlage herzustellen, wurde die Maschine mit nötigen Zusatzfunktionen ausgestattet. Für die Grunddüngung besitzt der Striger eine Düngeausrüstung mit Tank. Zudem sollte die Maschine für den Transport hydraulisch klappbar sein. Spurenreißer wurden abbestellt, da man das absätzige Verfahren nutzt und hierfür mit RTK arbeitet. Zusätzlich wurde der Anschaffungspreis eines Lemken Karat 9/400 als Basispreis für den Grubber herangezogen. Es wurde darauf geachtet, dass beide Maschinen eine ähnliche Arbeitsbreite (4m) zur besseren Vergleichbarkeit aufweisen.

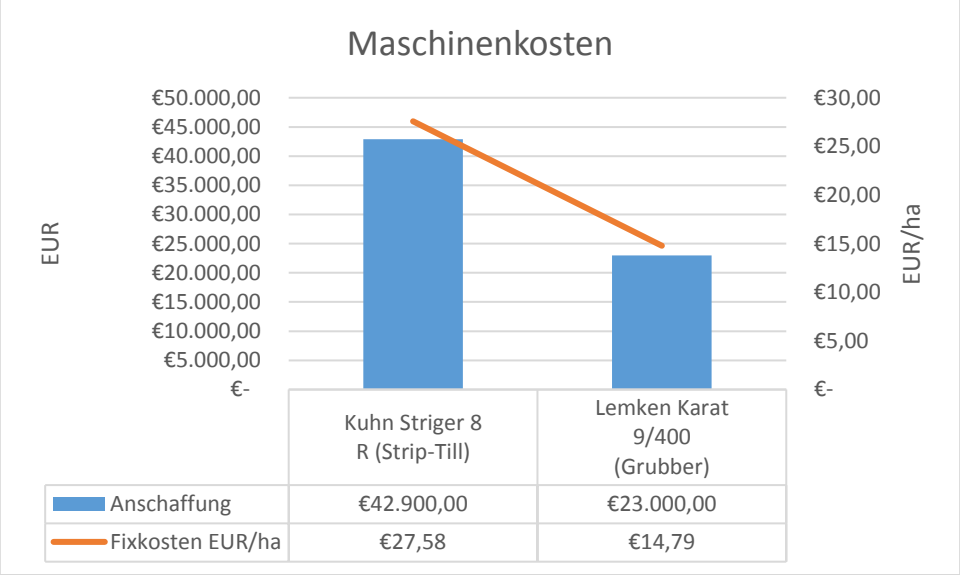


Abbildung 17: Vergleich Anschaffungs- und Maschinenkosten, eigene Berechnung

Abbildung 17 zeigt die Anschaffungs- und Maschinenkosten beider Varianten. Dabei stellt die primäre Achse die Anschaffungskosten in EUR dar; auf der sekundären Achse kann man hingegen die Maschinenkosten in EUR/ha ablesen.

Es fällt auf, dass beide Kostenpunkte einen deutlichen Unterschied aufweisen. Denn die Strip-Till Maschine ist rund 45% teurer ist, als der Grubber. Jedoch besitzt die Strip-Till Variante eine Düngeausrüstung, welche der Grubber nicht hat.

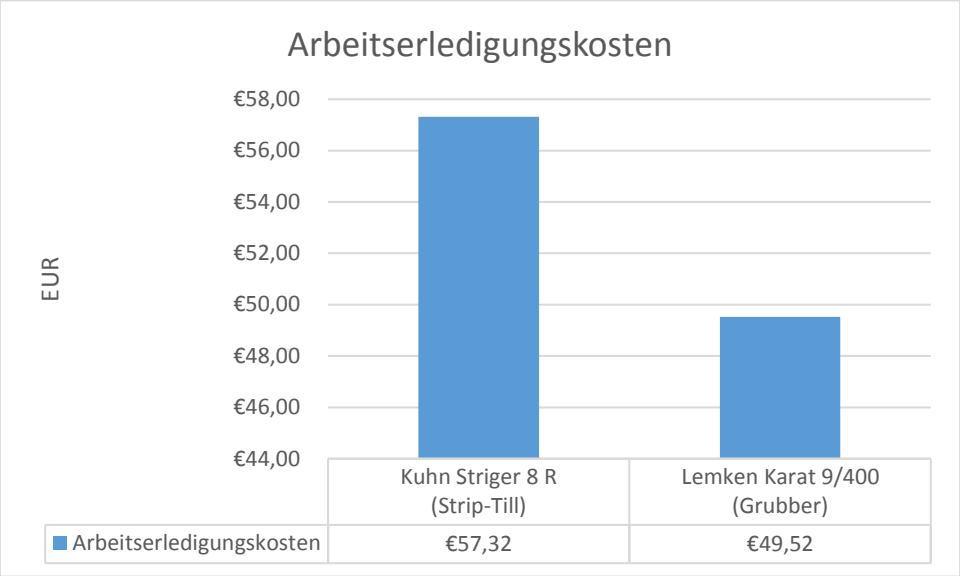


Abbildung 18: Vergleich der Arbeitserledigungskosten, eigene Berechnung

Die Arbeitserledigungskosten für die Grundbodenbearbeitung in EUR/ha sind in Abbildung 18 graphisch dargestellt. Als Zugmaschine wurde ein Fendt 820 mit 200 PS festgelegt, da die Maschinengemeinschaft diese Maschine in diesem Jahr gebraucht gekauft hat und die PS Zahl für beide Varianten ausreichend ist. Der Traktor kostete 75.000 EUR und hat bereits 3.800 Betriebsstunden geleistet. Die Kosten für den Kraftstoffverbrauch wurden mit 1 EUR/l beziffert. Der Kuhn-Striger ist mit einem Reihenabstand von 50 cm ausgestattet. Einerseits um die Anwendung im Getreide und Raps durchführen zu können, andererseits um eine bessere Vergleichbarkeit mit dem Versuch der DLG zu erreichen. In dieser Betrachtung beziehen sich die Arbeitserledigungskosten auf 280 ha. Der Einsatz des Grubbers ist auf dieser Flächengröße um ca. 7,80 EUR/ha günstiger, dies entspricht einer Kostenersparnis von 13 %, bei gleicher Flächenleistung.

6. Diskussion

In diesem Abschnitt bewertet und diskutiert der Autor die ermittelten Werte und die daraus resultierenden Ergebnisse.

6.1. Winterweizen

Der ausgewertete Winterweizen hatte Raps als Vorfrucht. Zu erkennen ist, dass bei den unterschiedlichen Varianten recht schwankende Erträge zu verzeichnen sind. Betrachtet man allein den Ertrag des Weizens, so sind sämtliche Mulchsaatvarianten am erfolgreichsten. Variante 1, der klassische Fall einer konservativen Bodenbearbeitung, bei dem der Dünger breitflächig eingearbeitet wurde, erzielte mit 98,5 dt/ha den Spitzenertrag in diesem Jahr; gefolgt von den Varianten 4 und 2. In Variante 4 wurde ebenfalls das Mulchsaatverfahren praktiziert, jedoch wurde hier die Grunddüngung mittels Streifenbodenbearbeitung in den Boden appliziert. Mit einem Ertrag von 97,3 dt/ha liegt diese Variante nur knapp hinter der Variante 1. Die letzte Mulchsaatvariante 2, wo Raps und Mais im Strip-Till Verfahren angebaut wurde und der Weizen in der Mulchsaatvariante, liegt bei 94,8 dt/ha. Das ergibt eine Ertragsdifferenz zwischen Variante 1 und 2 von 3,7 dt/ha. Dadurch, dass die Varianten 1 und 2 sich ausschließlich in der Art und Weise des Anbaus der Vorfrucht unterscheiden und nicht in der Grundbodenbearbeitung, ist zu vermuten, dass die Ursache des Minderertrags bei der Art und Weise des Anbaus der Vorfrucht liegt.

Betrachtet man allein die reinen Strip-Till Varianten 3 und 5 sind hier deutlich Mindererträge zu verzeichnen. Dabei erzielte die Streifenbodenbearbeitung 3, bei dem der Grunddünger breit und flach eingearbeitet wurde, mit 89,20 dt/ha einen höheren Ertrag, als die reine Streifenbodenbearbeitung mit der platzierten Düngung in der Saatreihe. Diese erzielte einen Ertrag von 87,40 dt/ha. Das sind rund 11 % weniger Ertrag als die Spitzenvariante 1.

Jedoch spricht dies gegen die eigentliche Wurzelbildung des Weizens. Der Weizen ist ein Intensivwurzler, d. h. seine Wurzeln können bis zu einem Meter tief in den Boden reichen. Dies müsste prinzipiell der Strip-Till Variante mit dem heterogen gelockerten Streifen zugutekommen. Allerdings waren die Monate Oktober und November sehr niederschlagsreich. Laut der Internetplattform Wetterkonter, lagen die Niederschlagsmengen in diesen Monaten weit über dem langjährigen Mittel (1981-2010). Daher stand den Pflanzen in der Jugendentwicklung viel Wasser zur Verfügung.

Auch der Dünger, welcher flach eingearbeitet wurde stand der Pflanze schneller zur Verfügung als der platzierte Dünger in der feuchteren, tieferen Bodenschicht, da auch im Oberboden eine gewisse Grundfeuchtigkeit herrschte. Hierbei spiegelt sich ein zusätzlicher Vorteil der Mulchsaatvariante wieder. Durch die homogene Bodenbearbeitung wird die Ausbildung von Seitentrieben der Pfahlwurzel im Oberboden unterstützt und die Pflanze erreicht eine stärkere und schnellere Nährstoffaufnahme.

Ein anderer Erklärungspunkt ist die Saatstärke der Strip-Till Varianten. Da bei Variante 3 und 5 nur 150 Körner/m², statt 300 Körner/m² ausgesät wurden, könnte der Minderertrag für die beiden Varianten auch hieraus resultieren. Zusätzlich könnten sich die Seitentriebe nicht so ausgebildet haben, wie es in der Mulchsaatvariante der Fall ist. Betrachtet man die allgemeine Situation der Erträge so wurden in diesem Jahr in allen Varianten sehr hohe Erträge erzielt. Eine weitere Möglichkeit Strip-Till genauer zu begutachten, wäre die Untersuchung der Ertragsstabilität im Strip-Till Verfahren über mehrere Jahre.

Betrachtet man nun die Direktkostenfreien Leistungen des Weizens, so spiegeln sich diese in den Varianten der Spitzenerträge wieder. Daraus ist zu schließen, dass es keinen großen Unterschied in der Düngestrategie der einzelnen Varianten gibt. Denn sowohl die Variante 1 wie auch die Variante 4 nutzen unterschiedliche Düngeoptionen. Variante 1 praktiziert die breitflächige und Variante 4 die applizierte Variante. Der Unterschied beider in den Kosten ist minimal. Jedoch hat die Variante 1 mit ca. 945 EUR/ha ein leicht besseres Ergebnis erzielt, als die Variante 4 mit ca. 928 EUR/ha. Diese Differenz von 17 EUR/ha ist in der Theorie viel, ist in der Praxis aber kaum von Bedeutung. Die reinen Strip-Till Varianten liegen mit rund 11 % unter dem Spitzenergebnis. Ähnlich sieht es bei den Prozesskostenfreien Leistungen aus, da es keine großen Unterschiede in den Arbeitserledigungskosten sämtlicher Varianten gibt. Einzig die Strip-Till Varianten sind aufgrund des Wegfalls der Stoppelbearbeitung günstiger. Allerdings ist auch hier zu erkennen, dass die Variante 3 mit der breitflächigen Düngestrategie leichte Vorteile gegenüber der Variante 5 mit der applizierten Düngung hat. Die Differenz beträgt hier ca. 25 EUR/ha.

6.2. Raps

Der ausgewertete Raps hatte Winterweizen als Vorfrucht. Die Erträge sind bis auf die Direktsaatvariante ähnlich hoch. Wie im Versuch des Winterweizens erreichte die klassische Mulchsaatvariante 1 einen Spitzenertrag von 48,2 dt/ha. Einen um eine dt/ha geringeren Ertrag konnte die reine Strip-Till Variante 3 verzeichnen. Mit einem fast ähnlichen Ergebnis von 45,7 dt/ha folgte die Strip-Till Variante 2. Auffällig ist, dass die Varianten bei denen der Dünger breit verstreut und flach eingearbeitet wurde, die erfolgreichsten Erträge in diesem Jahr verbuchen konnten.

Die Varianten 5 und 4, bei denen der Dünger in die Säreihen appliziert wurde, liegen 4 dt/ha unter dem Ergebnis der Spitzenvariante. Das entspricht einem Minderertrag von fast 8 %. Die Direktsaatvariante spielt bei diesem Vergleich keine nennenswerte Rolle. Sie erreichte nur einen Ertrag von 36 dt/ha. Das macht einen Minderertrag von 25 % zur Mulchsaatvariante aus.

Es ist ein klarer Trend zu erkennen. Alle Varianten, bei denen breitflächig gedüngt wurde, liegen im Spitzenbereich. Der Autor geht auch hier davon aus, dass es einen Zusammenhang zwischen den hohen Niederschlagsmengen, den Eigenschaften der Rapswurzel und dem schnell zur Verfügung stehenden Dünger gibt. Vor allem beim Raps ist die Herbstentwicklung wichtig. Es ist deshalb wichtig, den hohen Nährstoffbedarf bereits im Herbst zu decken, um eine stabile und erfolgreiche Jugend- und Wurzelentwicklung zu gewährleisten. Ansonsten ist davon auszugehen, dass minderentwickelte Jugendpflanzen Probleme haben den Winter zu überstehen. Dieses indiziert von vornherein einen geringeren Ertrag.

Auch die Verfügbarkeit des Wassers ist nicht zu unterschätzen. Prinzipiell hat die Strip-Till Variante in Bezug auf die Wurzelentwicklung Vorteile gegenüber der Mulchsaatvariante. Diese sind darin begründet, dass anders als bei der Mulchsaat, mit ihrer intensiven Bodenbearbeitung, der Boden nicht so leicht und schnell vor dem Säen austrocknen kann. Raps benötigt viel Wasser und würde im Normalfall erst dann auflaufen, wenn es regnet. Aufgrund der kürzeren Bearbeitungszeit ist bei der Strip-Till Variante davon auszugehen, dass der Boden noch leicht feucht ist und es deshalb zu einem besseren und schnelleren Feldaufgang kommt. Dieser Vorteil konnte aufgrund des niederschlagsreichen Jahres nicht nachgewiesen werden (RAISER, G, 2016).

Betrachtet man die Eigenschaften der Rapswurzel besteht diese aus einer kräftigen Pfahlwurzel, an der sich im oberen Bereich viele kurze und im unteren Bereich lange Seitenwurzeln bilden. Das bedeutet, dass der Hauptteil der Wurzel in der oberen Bodenschicht liegt. Genauer gesagt, befinden sich am Ende der Wurzelbildung ca. 80% im oberen Drittel (<30cm). Daher erscheint es sinnvoll, den Dünger breitflächig und flach einzuarbeiten, so dass er schnell der Pflanze zur Verfügung steht. Auch hier ermöglichten die hohen Niederschlagsmengen der Pflanze zusätzlich eine hohe Wasser und Nährstoffversorgung für die wichtige Jugend- und Wurzelentwicklung (UFOP; TOP AGRAR 2013).

In Bezug auf die DkfLs und PkfLs zeigt sich das gleiche Ergebnis wieder wie beim Ertrag. Die Mulchsaatvariante 1 spiegelt auch in diesen Kategorien das beste Ergebnis. Gefolgt von den beiden Strip-Till Varianten 3 und 2. Interessanterweise rangiert die Mulchsaatvariante trotz ihrer höchsten Intensität in der Bodenbearbeitung bei den Arbeitserledigungskosten mit 403,8 EUR/ha, auf dem zweiten Platz, hinter der Strip-Till Variante 3, deren Arbeitserledigungskosten mit ca. 2 EUR/ha minimal günstiger waren. Die restlichen Varianten sind im Durchschnitt 70 EUR/ha teurer als die beiden Spitzenvarianten. Die hohen Arbeitserledigungskosten resultieren aus einem hohen Bedarf an Personal zur Mäusebekämpfung (AHLERS, 2017, mündl. Mitteilung). Daher scheint eine Stoppelbearbeitung vor der Saat unverzichtbar zu sein. Ansonsten könnte es, wie in diesem Fall, zu erhöhten Kosten in der Schädlingsbekämpfung kommen. Alternativ nimmt man die Schädigungen in Kauf und muss mit einem Minderertrag rechnen.

6.3. Musterrechnung zum Einsatz von Strip-Till im Kleinbetrieb

Um den Einsatz und die Umstellung auf eine Strip-Till Maschine rechtfertigen zu können sollte man viele Faktoren beachten. Allen voran ist die gesamte wirtschaftliche Situation auszuwerten. Hierbei sind die Umstellungskosten und Folgekosten einer Umstellung zu kalkulieren. Erst dann kann man entscheiden ob eine Umstellung sinnvoll und notwendig erscheint.

In Abbildung 18 wurde der Vergleich zwischen einer Strip-Till Maschine und einem Grubber für die Mulchsaatvariante graphisch dargestellt. Der Autor entschied sich für die Strip-Till-Variante ein Angebot der Firma „AgrarMarkt Deppe“ einzuholen. Es wurde sich auf eine Maschine der Firma Kuhn geeinigt. Der Kuhn Striger kostet nach Angaben des Verkäufers 42.900,00 EUR.

Im Vergleich zu einem in der Arbeitsbreite ähnlichen Grubber ist dieser Anschaffungspreis um ca. 45 % teurer, als der eines 4m Grubbers der Firma Lemken. Betrachtet man nun die Fixkosten pro ha korrelieren diese positiv mit dem Anschaffungspreis. Daraus folgt, dass die Mulchsaatvariante mit 14,79 EUR/ha preiswerter ist, als die Strip-Till Variante.

In Bezug auf die Arbeitserledigungskosten verhält sich das Verhältnis beider Varianten ähnlich. Auch hier ist der alleinige Einsatz des Kuhn Strigers mit 57,32 EUR/ha um 13 % teurer als die Variante des Lemken Grubbers mit 49,52 EUR/ha. Jedoch ist dies nur ein theoretischer Wert. Betrachtet man die praxisnahe Anwendung beider Geräte so fällt auf, dass der Einsatz beim Strip-Till (Kuhn Striger) einmalig ist und der Einsatz bei der Mulchsaatvariante (Lemken Karat) mehrmals von statten gehen muss. Denn bei der Mulchsaat ist es praxisüblich eine flache und eine tiefe Bodenbearbeitung auszuführen. Da sich die Kosten für den Einsatz des Grubbers auf eine tiefe Bodenbearbeitung beziehen, kann der Autor die Arbeitserledigungskosten nicht einfach verdoppeln. Dies würde das Ergebnis verfälschen. Daher bezieht sich der Autor auf die Abbildung 16. Hier werden die Kosten der DLG Varianten und die Kosten des Kleinbetriebes am Beispiel Raps dargestellt. Da der Betrieb auch den Lemken Karat 9/400 verwendet ist die Vergleichbarkeit gegeben. Es fällt auf, dass aufgrund der höheren Intensität der Bodenbearbeitung auch die Arbeitserledigungskosten ansteigen. Im Vergleich zu der reinen Strip-Till Variante 5 der DLG sind die Kosten bei der Variante 7 um 9 % höher.

Einen deutlich größeren Unterschied zwischen diesen beiden Varianten zeigt die Abbildung 13. Da die Hauptkultur des Betriebes Weizen ist, sollte ein größeres Augenmerk auf diesen Vergleich gelegt werden. Ebenfalls in dieser graphischen Darstellung erkennt man, dass die Strip-Till Variante in ihrer einmaligen Anwendung deutlich günstiger ist als das Verfahren des Betriebes. Rund 42 % Unterschied beträgt hier das Ergebnis. Dies führt zu einem ähnlichen Ergebnis, wie das Ergebnis, wenn man lediglich die Arbeitserledigungskosten des Lemken Karat 9/400 verdoppelt. Sicherlich spielt hier auch ein weiterer Vorteil der Strip-Till Variante eine gewissen Rolle. Denn durch die Minimierung des Saatgutes auf 150 Körner/m², anstatt 300 Körner/m² werden die Saatgutkosten um 50 % reduziert. Jedoch sollte nicht außer Acht gelassen werden, dass die Problematik von Schadnagern, wie in Abschnitt 6.2. erwähnt, eine große Rolle spielt.

Bei der geringen Aussaatmenge können diese extreme Schäden verursachen. Allerdings konnte der Betrieb, wie die Prozesskostenfreien Leistungen in den Abbildungen 14 und 17 zeigen, deutliche Mehrerlöse, trotz höherer Kosten, im Weizen und im Raps erwirtschaften.

Im Allgemeinen ist der Einsatz des Strip-Till-Systems in einem Kleinbetrieb mit einer Flächenausstattung von 100 bis 300 ha prinzipiell möglich und nach den vorherigen Ausführungen des Autors in Bezug auf die reinen Arbeitserledigungskosten zu empfehlen. Allerdings muss bedacht werden, dass es nicht bei diesen einzelnen Kosten bleibt. Die Investition in eine RTK Anlage mit einer GPS Genauigkeit von ± 2 cm ist unverzichtbar, da ansonsten das absätzige Verfahren des Strip-Till Systems nicht funktioniert. Zusätzlich spielt der Faktor Zeit eine große Rolle, da der Einsatz eines 4 m Strigers im absätzigen Verfahren sehr zeitintensiv ist.

Zu einem ähnlichen Ergebnis ist auch Herr Wolf gekommen. Dieser berechnete in seiner letztjährigen Bachelorarbeit den Einsatz einer Strip-Till Maschine für einen 1000 ha und 2000 ha Betrieb. Er empfahl in Bezug auf die Ökonomie eine Umstellung auf Strip-Till. Jedoch gab auch Herr Wolf an, dass eine Umstellung ohne Probleme nicht von statten gehen kann, denn der Einsatz einer Strip-Till Maschine ist nur bedingt durchführbar. Da ausschließlich nur unter optimalen Bedingungen eine erfolgreiche Anwendung stattfindet. Unkrautnester oder nasse Stellen sollten vorweg möglichst mit einem Grubber beseitigt werden (WOLFF, 2016).

7. Schlussfolgerung

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse aus den vorherigen Kapiteln zusammengefasst und bezüglich ihrer Wichtigkeit für den Praxiseinsatz bewertet.

Bei der Verwendung des Strip-Till Verfahrens konnte die Praxistauglichkeit und die Konkurrenzfähigkeit gegenüber den Verfahren Mulchsaat und Direktsaat nachgewiesen werden. Insbesondere bei der Verwendung des Systems in Reihenkulturen konnten sich Vorteile gegenüber der Direktsaat ermitteln lassen.

Allerdings erzielte in beiden Kulturen, im Winterweizen mit Rapsvorfrucht und im Raps mit Weizen als Vorfrucht, die Mulchsaat das beste Ergebnis. Sowohl in der Kategorie Ertrag, als auch in den Prozesskostenfreien Leistungen. Jedoch kann man von einem klaren Sieg gegenüber den beiden anderen Verfahren nicht sprechen. Insbesondere im Raps sind minimale Ertragsunterschiede festzustellen. Der Unterschied zwischen applizierter Düngung und der breit gestreuten und flach eingearbeiteten Düngung ist groß. Eine Ausnahme bildet im Winterweizen die Variante 4, bei der die Mulchsaatvariante angewandt wurde, aber appliziert gedüngt wurde.

Dieses Verfahren lag im Ertrag nur eine dt/ha hinter der Mulchsaat und belegte auch in den Prozesskostenfreien Leistungen den zweiten Platz. Im Allgemeinen ist zu sagen, dass in diesem Jahr die klassische Düngevariante die bessere war. Allerdings ist zu beachten, dass die Ergebnisse nur auf das Anbaujahr 2015/2016 bezogen werden können und es keinen Aufschluss über die langjährige Entwicklung gibt.

Dennoch fällt auf, dass trotz der höheren Intensität in der Bodenbearbeitung und den daraus prinzipiell höheren Kosten in der Arbeitserledigung die Mulchsaatvariante das beste Ergebnis erzielte.

Natürlich spielen auch hier die in diesem Jahr erhöhten Kosten in der Vernichtung von Schaderregern eine große Rolle. Welches wiederum ein großer Nachteil des Strip-Till Systems und der Direktsaat darstellt.

Der Einsatz des Strip-Till Verfahrens ist definitiv auch für Kleinbetriebe geeignet, ob jedoch die konsequente Umstellung auf dieses Verfahren durchführbar ist, darf bezweifelt werden. Betrachtet man allein die Arbeitserledigungskosten, so sind diese aufgrund der einmaligen Überfahrt geringer. Jedoch sollte man auch auf die Maschinenauslastung achten, welche bei einem Mulchsaatverfahren deutlich höher ist; besonders wenn man die Stoppelbearbeitung auch mit dem Grubber durchführt. Zusätzlich sollte man die vorhin erwähnten negativen Auswirkungen nicht außer Acht lassen. Denn durch eine flächendeckende Bodenbearbeitung ist das Problem mit den Schadnagern und Schnecken, schneller eingedämmt und auch ökonomischer, da der Einsatz von Schneckenkorn oder Giftweizen zusätzlich Kosten verursacht und Arbeitszeit bindet. Zudem können Fahrspuren und die Strohverteilung bei einem Verzicht auf die Stoppelbearbeitung zum Problem werden. Des Weiteren wurde noch keine Lösung gefunden um die GPS-Steuerung der gezogenen Geräte am Seitenhang zu ermöglichen. Die größten Vorteile des Strip-Till Verfahrens sind im Raps zu verzeichnen. Es schafft einen gelockerten und strohfreien Wurzelraum; es ermöglicht die Nutzung der Bodenfeuchte unmittelbar nach der Bodenlockerung zur schnellen Rapskeimung; es spart Arbeitsgänge und ermöglicht die gezielte Düngung.

Zudem ist festzustellen, dass der betrachtete Kleinbetrieb in seiner Hauptfrucht Weizen, den Versuchsergebnissen der DLG in nichts nachsteht. Zwar sind die Arbeitserledigungskosten deutlich höher als bei allen anderen Varianten, jedoch ist dies der intensiven Bewirtschaftung geschuldet. In Bezug auf den Ertrag erreichte der Betrieb ein ähnliches Niveau, wie die Spitzenvarianten der DLG und ist um ca. 6 dt/ha besser als die Strip-Till Varianten.

Der Betrieb erreichte das beste Ergebnis in den Prozesskostenfreien Leistungen. Daher ist, nach Meinung des Autors, eine Umstellung auf Strip-Till nicht lohnenswert, da in den entscheidenden Kategorien Ertrag und PkfLs, die Mulchsaatvariante des Betriebes besser abschnitt, als die Versuchsergebnisse der Strip-Till Varianten.

Allerdings schnitt der Raps nicht so gut ab, wie der Weizen. Jedoch ist dieses aus Sicht des Autors den unterschiedlichen Standorten geschuldet. Bei dem betrachtenden Betrieb wird Raps nur ausschließlich an Grenzstandorten angebaut. Berücksichtigt man diese Tatsache, so sind die Ergebnisse des Ertrags und der PkfLs akzeptabel.

8. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden drei verschieden Bodenbearbeitungssysteme in ihren Eigenschaften verglichen und anhand der Früchte Weizen und Raps analysiert. Dabei handelte es sich um die Anwendung der konservierenden Bodenbearbeitung, der Mulchsaat und des Strip-Till Verfahrens sowie der Anwendung der Direktsaat. Neben dieser Unterscheidung wurde in den Strip-Till Varianten die Wirkung unterschiedlicher Applikationen von P/K auf die angebauten Kulturen bezüglich Kosten und Leistungen untersucht.

Das Ergebnis wurde anhand verschiedener Kennzahlen ermittelt. Diese waren Ertrag, Marktleistung, Direkt- und Arbeitserledigungskosten sowie die Direktkostenfreien und Prozesskostenfreien Leistungen. Hierbei dient letztere als entscheidende Kennzahl zum Vergleich der Wirtschaftlichkeit aller genannten Verfahren.

Als Grundlage dieses Vergleiches diente der Langzeitversuch der DLG am Standort Bernburg. Die daraus resultierenden Kosten und Erlöse wurden in einer Schlagkartei festgehalten. Zusätzlich wurde ein bestimmter Kleinbetrieb im südöstlichen Niedersachsen zum Vergleich herangezogen. Es sollte ermittelt werden, ob sich eine Umstellung von Mulchsaat auf Strip-Till lohnt.

Im Allgemeinen ist festzustellen, dass die Praxistauglichkeit der Strip-Till Varianten als „neuestes“ Verfahren nachgewiesen wurde. Jedoch erzielten im Betrachtungsjahr alle Mulchsaatvarianten in beiden Kulturen die besten Ergebnisse. Sowohl im Ertrag als auch in den Prozesskostenfreien Leistungen. Die Direktsaatvariante konnte in keiner Kulturart überzeugen, was nach Auffassung des Autors auf Anpassungsschwierigkeiten der Technik zurückzuführen

ist. Die Anwendung der Grunddüngung mit P/K als integrierte Applikation durch das Strip-Till Verfahren spielte im Betrachtungsjahr keine entscheidende Rolle. Die gestreute und flach eingearbeitete Version kann als gewinnbringender bezeichnet werden kann. Jedoch spiegelt dies nur die Ergebnisse des Anbaujahrs 2015/2016 dar. Laut DLG zeigten die Varianten mit der Unterfußdüngung in den letzten Jahren tendenziell leichte Vorteile. Da die Unterfußdüngung die Effizienz der Düngergabe erhöhen und mögliche Austräge durch Erosion vorbeugen kann (AHLERS & ROSSBERG, 2017).

9. Quellenverzeichnis

9.1. Literatur

Ahlers, S. & Rossberg, R., (02/2017); *Strip-Till-Versuch: Erste Ergebnisse aus Bernburg,* DLG-Mitteilungen 02/2017, DLG-Verlag

Ahlers, S. (2017); mündliche Mitteilung, Versuchsdaten und Versuchsergebnisse, IPZ

Bauer, B. (2012); *Strip Till – Mit Streifen zum Erfolg - Düngung,* DLG-Verlag

Hermann, W., Bauer, B., Bischoff, J., (2012); *Strip Till – Mit Streifen zum Erfolg*, DLG-Verlag

Köller, K., & Linke, C. (2001); *Erfolgreicher Ackerbau ohne Pflug- wissenschaftliche Ergebnisse- praktische Erfahrungen*, DLG-Verlag

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (2016); *Betriebsplanung Landwirtschaft 2016/17,* KTBL-Datensammlung

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (2009); *Faustzahlen für die Landwirtschaft,* KTBL-Datensammlung

Linke, C. (1995); *Direktsaat- eine Bestandsaufnahme unter besonderer Berücksichtigung technischer, agronomischer und ökonomischer Aspekte*

Wolff. S-M., (2016); *Vergleich von Winterweizen, Winterraps und Silomais in Bezug auf Ertrag, Kosten und Leistungen unter Anwendung verschiedener Bodenbearbeitungssystemvarianten,* Bachelorarbeit Hochschule Anhalt

9.2. Internetquellen

Agrartechnik (09.08.2013); *Marktübersicht Strip Till: Streifenweise erfolgreich* am 5.6.2017 von https://www.agrarheute.com/news/marktuebersicht-strip-till-streifenweise-erfolgreich

Bischoff, J., (2012a); *Strip-Till-Verfahren bei Mais* am 13.06.2017 von https://www.maiskomitee.de/web/upload/documents/Strip-Till-Verfahren_bei_Mais.pdf

Bischoff, J. (2012b); *Düngung zur Rapssaat* am 04.07.2017 von https://llg.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MLU/LLFG/Dokumente12_bischoff_raps.pdf, Bauernzeitung

B&B Agrar (01.07.2015); *Den Boden im Blick* am 08.06.2017 von https://www.bzfe.de/_data/files/sonderdruck_boden_a4_klein.pdf

DLG-IPZ (2016); *Systemvergleich: Bodenbearbeitung* am 07.09.2017 von http://www.dlg-ipz.de/forschung/systemvergleich-bodenbearbeitung/

Derpsch, R.; (20.01.2016) *Direktsaat: Nachhaltiger Ackerbau im Neuen Jahrtausend* am 05.06.2017 von http://www.rolf-derpsch.com/direktsaat

Horsch.com; *Focus TD – Streifenbearbeitung,, Düngen und Aussaat verbinden* am 13.07.2017 von http://www.horsch.com/produkte/saemaschinen/streifenbearbeitung/focus-td/

Koeckerling.de; *Master – Strip Till Technik für Profis* am 13.07.2017 von http://www.koeckerling.de/fileadmin/user_upload/Prospekte_DE/Master_DE.pdf

Krauß (2016a); *9 fakten zur Mulchsaat,* am 10.06.2017 von https://www.agrarheute.com/wissen/9-fakten-mulchsaat

Krauß (2016b); *Pfluglose Bodenbearbeitung: Pro und contra* am 10.06.2017 von https://www.agrarheute.com/news/pfluglose-bodenbearbeitung-pro-contra

Landwirtschaftskammer Luxemburg (Juni 2014); *Saatverfahren* am 08.06.2017 von https://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahUKEwjuhMHKpq_UAhWKIlAKHU5vD48QFggqMAE&url=http%3A%2F%2Fwww.lwk.lu%2Fdownload%2F154%2Fsaatverfahren-pflug-mulch-direktsaat-streifenbearbeitung-.pdf&usg=AFQjCNFhSIRRdbvzpHbHItsxu4KKFC4svw&sig2=pMm-YR55Qo0oLEWYWVCMwA&cad=rja

Landwirtschaftskammer NRW (2015); *Bodenbearbeitungssysteme* am 10.06.2017 von https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/boden/index.htm

Landwirtschaftskammer Nordrein-Westfalen (04.09.2015); *Die Direktsaat ist für Winterraps und Winterweizen gut geeignet. Allerdings sind spezielle Sämaschinen erforderlich, die Schlitze für das Saatgut öffnen. Die Vor- und Nachteile im Überblick* am 05.06.2017 von https://www.agrarheute.com/news/direktsaat-nachteile

Landwirtschaftskammer Sachsen (2016); *Bodenbearbeitung und Kultur* am 10.06.2017 von https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/8072.htm

Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (November 2013);*Unterflurdüngung mit organischen Flüssigdüngern zu Mais* am 04.07.2017 von http://www.ltz-bw.de/pb/site/pbs-bw-new/get/documents/MLR.LEL/PB5Documents/ltz_ka/Arbeitsfelder/Pflanzenbau/D%C3%BCngung/Versuche%20und%20Empfehlungen/Mais_DL/Unterflurd%C3%BCngung%20mit%20organischen%20Fl%C3%BCssigd%C3%BCngern%20zu%20Mais.pdf

Lemken.com; *Karat 9 – Intensive Arbeit in der flachen und tiefen Stoppelbearbeitung* am 08.06.2017 von https://lemken.com/de/bodenbearbeitung/stoppelbearbeitung/grubber/karat-9/

LFL-Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (November 2014); *Ährenfusariosen in Weizen* am 08.11.2017 von https://www.lfl.bayern.de/ips/getreide/072198/index.php

LOP-Landwirtschaft ohne Pflug (2016); *Konservierende Bodenbearbeitung und Direktsaat* am 08.06.2017 von https://www.pfluglos.de/Begriffe, Fachmagazin für den professionellen Pflanzenbau

LOP-Landwirtschaft ohne Pflug; *No Till erfolgreich umsetzen* am 04.07.2017 von https://www.pfluglos.de/beitraege/articles/no-till-einfuehrung, Fachmagazin für den professionellen Pflanzenbau

Noerdliches-harzvorland.de; *Übersicht Nördliches Harzvorland* am 20.08.2017 von http://www.noerdliches-harzvorland.de/noerdliches_harzvorland/

Petermann, J., (05.06.2017); *Produktivgesellschaft Dannenberg mbH – Direktsaat* am 05.06.2017 von http://www.der-dannenberger.de/seite/89469/direktsaat.html

Raiser, G. (2016); *Strip-Till: Gesetze der Bodenbearbeitung gelten weiter* am 29.10.2017 von http://www.badische-bauern-zeitung.de/strip-till-gesetze-der-bodenbearbeitung-gelten-weiter , Badische-Bauern-Zeitung

Salzlandkreis.de; *Daten und Fakten zum Salzlandkreis* am 20.08.2017 von https://www.salzlandkreis.de/verwaltung/

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2016); *Arbeitserledigungskosten* am 08.11.2017 von https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/12368.htm

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2017); *Bodenfunktionen und Bodenschutz* am 08.06.2017 von *https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/boden/13073.htm*

Schönberger, H., (2013); *Praxisversuch: Strip Till Raps* am 08.11.2017 von https://www.youtube.com/watch?v=fiy7hThrDtE

Top Agrar (09/2013); *Raps: Gute Wurzeln, bestes Wachtum* am 28.10.2017 von https://www.topagrar.com/archiv/Raps-Gute-Wurzeln-bestes-Wachstum-1229932.html

Top Agrar (10/2011); *Strip-Till statt Mulchsaat?* am 28.10.2017 von https://www.topagrar.com/archiv/Strip-Till-statt-Mulchsaat-557150.html

Union zur Förderung von OEL – und Proteinpflanzen e. v.; *Die Rapswurzel* am 02.11.2017 von https://www.ufop.de/files/7814/3895/1911/WEB_RZ_UFOP_1255_Rapswurzel_A5_ES.pdf

Vogelsang; *Bodenbearbeitung und Gülle einarbeiten mit XTill im Handumdrehen* am 04.07.2017 von http://www.vogelsang.info/de/guelle-strip-till/

WetterKontor; *Monats und Jahreswerte für Deutschland* am 29.10.2017 von https://www.wetterkontor.de/de/wetter/deutschland/monatswerte.asp

10. Selbstständigkeitserklärung

Hiermit versichere ich, Jan Christian Dette, die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, in gleicher oder ähnlicher Fassung noch nicht in einem anderen Studiengang als Prüfungsleistung vorgelegt zu haben und keine anderen als die angegebenen Quellen als Hilfsmittel genutzt habe.

Bernburg, den 10.11.2017 _____

(Jan Christian Dette)

11. Anhänge

Tabelle 3: Auswertung Winterweizen, eigene Berechnung

Varianten	Ertrag dt/ha	Leistung	Direktkosten	Arbeitserledigungskosten	DkfL	PkfL
1	98,50	1.379,00 €	434,30 €	343,90 €	944,70 €	600,80 €
2	94,80	1.327,20 €	434,30 €	343,90 €	892,90 €	549,00 €
3	89,20	1.248,80 €	383,31 €	299,56 €	865,49 €	565,93 €
4	97,30	1.362,20 €	434,30 €	343,90 €	927,90 €	584,00 €
5	87,40	1.223,60 €	383,31 €	299,56 €	840,29 €	540,73 €
6	89,00	1.157,00 €	430,88 €	293,48 €	726,12 €	432,64 €
7	95	1.567,50 €	424,90 €	519,86 €	1.142,60 €	622,74 €

Tabelle 4: Auswertung Raps, eigene Berechnung

Varianten	Ertrag dt/ha	Leistung	Direktkosten	Arbeitserledigungskosten	DkfL	PkfL
1	48,2	1.813,77 €	689,74 €	403,80 €	1.124,03 €	720,23 €
2	45,7	1.731,12 €	702,95 €	441,75 €	1.028,17 €	586,42 €
3	47,2	1.750,18 €	715,12 €	401,91 €	1.035,06 €	633,15 €
4	43,6	1.638,49 €	704,23 €	492,87 €	934,26 €	441,39 €
5	44,3	1.678,08 €	716,93 €	473,67 €	961,15 €	487,48 €
6	36	1.330,92 €	671,83 €	506,21 €	659,09 €	152,88 €
7	42	1.537,20 €	491,90 €	518,93 €	1.045,30 €	526,37 €

Tabelle 5: Kostenverteilung Winterweizen Betrieb Dette, eigene Berecchnung

Kostenverteilung EUR/ha	
Sum. Erlöse	**1.567,50 €**
Saatgut	25,95 €
Düngung	241,94 €
Pflanzenschutz	157,02 €
Sum. Direktkosten	**424,90 €**
Maschinen	444,86 €
Arbeit	-
Sonstiges	75,00 €
Sum. Gesamtkosten	**944,76 €**
Ergebnis	**622,74 €**

Tabelle 6: Direktkosten Winterweizen Betrieb Dette, eigene Berechnung

Direktkosten						
Saatgut	25,95 €			**Menge/dt**	**Kosten/dt**	**Kosten/ha**
Düngung	241,94 €		SSA	0,9	22,00 €	19,8
			HST	1	30,70 €	30,7
			AHL	0,4	18,60 €	7,44
			AHL	2	18,60 €	37,2
			HST	1,08	30,70 €	33,156
			Kali	1,42	26,20 €	37,204
			TSP	1,68	45,50 €	76,44
				Menge/ltr	**Kosten/ltr**	**Kosten/ha**
Pflanzenschutz	157,02 €		Absolut M	0,13	210,00 €	27,30 €
			Lexas	0,007	984,80 €	6,89 €
			Boxer	1,5	9,00 €	13,50 €
			CCC	1,2	2,80 €	3,36 €
			Civcon	0,7	18,80 €	13,16 €
			Bravo	1	7,40 €	7,40 €
			CCC	0,5	2,80 €	1,40 €
			Adexau	1,1	35,20 €	38,72 €
			Absolut M	1,5	5,15 €	7,73 €
			Shok Down	0,1	27,20 €	2,72 €
			Taspa	0,3	62,30 €	18,69 €
			Tebaeau	0,5	18,20 €	9,10 €
			Kovak Zeon	0,075	94,00 €	7,05 €

Tabelle 7: Arbeitserledigungskosten Winterweizen Betrieb Dette, eigene Berechnung

Arbeitserledigungskosten					Diesel/ha
Bodenbearbeitung	129,02 €		Grubber flach	27,01 €	8,2
			Grubber tief	33,97 €	14,5
			Kreiselegge	31,19 €	10,4
			Trecker 143 kw	36,85 €	
Aussaat	78,83 €		Drillmaschine	41,98 €	12,5
Ausbringen Dünger	31,85 €		Düngerstreuer	2,46 €	0,8
Pflanzenschutz	36,70 €		Pflanzenschutzspritze	7,31 €	1,1
			Trecker 107 kw	29,39 €	
Ernte	168,46 €		Mähdrescher	124,11 €	25,6
			Transport 2x 18t	14,96 €	1,9
Summe Maschine	**444,86 €**				

Tabelle 8: Kostenverteilung Raps Betrieb Dette, eigene Berechnung

Kostenverteilung EUR/ha	
Sum. Erlöse	**1.537,20 €**
Saatgut	71,33 €
Düngung	216,40 €
Pflanzenschutz	204,20 €
Sum. Direktkosten	**491,93 €**
Maschinen	444,73 €
Arbeit	-
Sonstiges	74,20 €
Sum. Gesamtkosten	**1.010,86 €**
Ergebnis	**526,34 €**

Tabelle 9: Direktkosten Raps Betrieb Dette, eigene Berechnung

Direktkosten						
Saatgut	71,33 €			**Menge dt/ha**	**Kosten/dt**	**Kosten/ha**
Düngung	216,40 €		HST	0,95	30,70 €	29,17 €
			SSA	1,76	22,00 €	38,72 €
			HST	1,45	30,70 €	44,52 €
			HST	0,54	30,70 €	16,58 €
			Kali	1,6	26,20 €	41,92 €
			TSP	1	45,50 €	45,50 €
				Menge ltr/ha	**Kosten/ltr**	**Kosten/ha**
Pflanzenschutz	204,20 €		Butisan Kombi	2,5	27,56 €	68,90 €
			Fusilade MAX	0,75	19,70 €	14,78 €
			öl	1	2,40 €	2,40 €
			Folicur	0,8	18,20 €	14,56 €
			Bor	1	3,30 €	3,30 €
			Kerb	1,7	19,00 €	32,30 €
			Trebon	0,2	46,00 €	9,20 €
			Folicur	0,9	18,20 €	16,38 €
			Bor	2	3,30 €	6,60 €
			Cantus Gold	0,38	75,00 €	28,50 €
			Folicur	0,4	18,20 €	7,28 €

Tabelle 10: Arbeitserledigungskosten Raps Betrieb Dette, eigene Berechnung

Arbeitserledigungskosten					Diesel/ha
Bodenbearbeitung	129,02 €		Grubber flach	27,01 €	8,2
			Grubber tief	33,97 €	14,5
			Kreiselegge	31,19 €	10,4
			Trecker 143 kw	36,85 €	
Aussaat	78,83 €		Drillmaschine	41,98 €	12,5
Ausbringen Dünger	31,85 €		Düngerstreuer	2,46 €	0,8
Pflanzenschutz	36,70 €		Pflanzenschutzspritze	7,31 €	1,1
			Trecker 107 kw	29,39 €	
Ernte	168,33 €		Mähdrescher	123,98 €	24,8
			Transport 2x 18t	14,96 €	1,9
Summe Maschine	**444,73 €**				

Tabelle 11: Kosten für Musterrechnung, eigene Berechnung

	Strip-Till 15 cm Tief	**Grubber 15 cm tief**
	3 ha/h	3 ha/h
	280 ha	280 ha
Leistung Traktor in PS	200	200
Traktor Anschaffung	75.000,00 €	75.000,00 €
Afa 10%	7.500,00 €	7.500,00 €
Versicherung 1%	750,00 €	750,00 €
Zinssatz 2%	1.500,00 €	1.500,00 €
Unterhaltung 5%	3.750,00 €	3.750,00 €
Fixkosten EUR/h	48,21 €	48,21 €
Fixkosten EUR/ha	**16,07 €**	**16,07 €**
Verbrauch	3 ha/h x 7 l/ha	3 ha/h x 12 l/ha
Kraftstoff EUR/h	21	36
Kraftstoff EUR/ha	**7**	**12**
Persokosten EUR/h	20,00 €	20,00 €
Persokosten EUR/ha	**6,67 €**	**6,67 €**
Summe variable Kosten/ha	**13,67 €**	**18,67 €**
	Kuhn Striger 8 R (Strip-Till)	**Lemken Karat 9/400 (Grubber)**
Anschaffung	42.900,00 €	23.000,00 €
Afa 10%	4.290,00 €	2.300,00 €
Versicherung 1%	429,00 €	230,00 €
Zinssatz 2%	858,00 €	460,00 €
Unterhaltung 5%	2.145,00 €	1.150,00 €
Summe Fixkosten ges.	7.722,00 €	4.140,00 €
Fixkosten EUR/ha	**27,58 €**	**14,79 €**
Gesamtkosten je ha	**57,32 €**	**49,52 €**