

Fachhochschule Kiel
Hochschule für Angewandte Wissenschaften
Fachbereich Agrarwirtschaft
Osterrönfeld

Bachelor-Thesis

Im Studienfach Landtechnik

Strip Tillage zu Raps und Rüben – Pflanzenbauliche und technische Aspekte

vorgelegt von:

Daniel Antrack

betreut durch:

Prof. Dr. Y. Reckleben

Dr. D. Reeb

Flensburg, im April 2012

Tabellenverzeichnis	4
Abbildungsverzeichnis	5
Anhangsverzeichnis	7
Abkürzungsverzeichnis.....	8
1 Einleitung	9
2 Stand des Wissens	10
2.1 Strip Tillage	10
2.1.1 Kombiniertes Verfahren	10
2.1.2 Absetziges Verfahren.....	10
2.2 Problemstellungen und Ziele des Strip Tillage Verfahrens	11
2.3 Strip Tillage Technik.....	17
2.4 Exkurs: Einzelkornsaat im Raps	23
2.4.1 Reihenabstände und Standraumverteilung	23
2.4.2 Auswirkungen der Ablagegenauigkeit.....	24
2.4.3 Grenzen der Einzelkornsätechnik.....	26
2.5 Exkurs: Ansprüche der Zuckerrübe	26
2.5.1 Boden und pH-Wert.....	27
2.5.2 Saatbettbereitung und Bodentemperatur	27
2.5.3 Das luftführende Porenvolumen	28
2.6 Exkurs: Engsaat im Mais	30
2.6.1 Standraumverteilung.....	30
2.6.2 Auswirkungen auf den Ertrag	32
2.6.3 Anforderungen an die Technik	32
2.7 Unterfußdüngung und Unterflurdüngung	33
2.7.1 Möglichkeiten der Wurzelsteuerung.....	34
2.7.2 Unterfuß bzw. Unterflurdüngung mit flüssigen, organischen Düngern.....	35

3	Ergebnisse	37
3.1	Feldaufgang von Zuckerrüben	37
3.1.1	Aufbau und Ablauf des Versuches.....	38
3.1.2	Auswertung des Versuches	44
3.2	Strip Tillage bei Winterraps mit unterschiedlichen Düngungsvarianten	46
3.2.1	Aufbau und Ablauf des Versuches.....	47
3.2.2	Auswertung des Versuches	50
3.3	Fazit	59
3.3.1	Schlussfolgerungen für Zuckerrüben	60
3.3.2	Schlussfolgerungen für Winterraps.....	63
4	Diskussion.....	67
5	Zusammenfassung	69
6	Literatur- und Quellenverzeichnis.....	71
7	Anhang	75
	Danksagung	76
	Eidesstattliche Erklärung.....	77

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Energieverbrauch und Zugkraftbedarf verschiedener Verfahren	16
Tabelle 2:	Abstände der Saatkörner innerhalb der Reihe bei verschiedenen Reihenweiten und Saatstärken	24
Tabelle 3:	Trockenmasseerträge (dt/ha) und Qualitätszahl bei unterschiedlichen Reihenweiten im Mittel der Parzellenversuche in Thüringen	32
Tabelle 4:	Zwischenfruchtmischung empfohlen durch den FRDK.....	41
Tabelle 5:	Übersicht der Versuchsvarianten	49
Tabelle 6:	Ausgebrachte Nährstoffmengen der einzelnen Düngervarianten	50

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Durchschnittstemperaturen von 1991 bis 2011 am Standort Schleswig	12
Abbildung 2:	Niederschlagsmengen März bis Mai von 1991 bis 2011 am Standort Schleswig	13
Abbildung 3:	Niederschlagsmengen Dez. bis Feb. und Juni bis August, von 1991 bis 2011, am Standort Schleswig	14
Abbildung 4:	Räumscheiben / Row Cleaner	19
Abbildung 5:	Einflussgrößen auf die Arbeitstiefe in der Praxis	20
Abbildung 6:	Lockerungszinke (40 mm) mit Düngeröffnungen in zwei Tiefen	21
Abbildung 7:	Verfüllungs- und Rückverfestigungswerkzeuge des Köckerling Master	22
Abbildung 8:	Ertragsauswertung von Einzelkornsaat und Drillsaat in problematischen Jahren	25
Abbildung 9:	Luftkapazität in Volumen % verschiedener Bestellverfahren in verschiedenen Bodentiefen	29
Abbildung 10:	Standraumverteilung bei unterschiedlichen Reihenabständen	31
Abbildung 11:	Die Eigenschaften von Nährstoffen im Bezug auf die Wurzelarchitektur; Eignung als Unterfuß- bzw. Unterflurdünger und Attraktionswirkung	35
Abbildung 12:	Versuchsfläche „G15“	40
Abbildung 13:	Effekt der Saatbettbereitung im Strip Tillage Verfahren	42
Abbildung 14:	Kontrolle der Ablagegenauigkeit bei der Zuckerrübenaussaat	43
Abbildung 15:	Kontrolle der Ablagetiefe bei der Zuckerrübenaussaat	44
Abbildung 16:	Feldaufgang von Zuckerrüben am 27.04.2012	45

Abbildung 17:	Feldaufgang der Zuckerrüben in Abhängigkeit von dem Bestellverfahren und der CTF Fahrspur am 27.04.2012.....	46
Abbildung 18:	Versuchsfläche „Langer Acker"	47
Abbildung 19:	Feldaufgang der Mulchsaatvarianten am 01.09.2011.....	51
Abbildung 20:	Feldaufgang der Strip Tillage Varianten am 01.09.2011	52
Abbildung 21:	Entwicklung des Pflanzenbestandes der Mulchsaatvarianten vom 01.09.2011 bis zum 24.11.2011.....	53
Abbildung 22:	Entwicklung des Pflanzenbestandes der Strip Tillage Varianten vom 01.09.2011 bis zum 24.11.2011.....	54
Abbildung 23:	Anzahl der Blätter pro Pflanze der verschiedenen Düngungsvarianten und Bestellverfahren am 30.11.2012.....	55
Abbildung 24:	Wurzelhalsdurchmesser der verschiedenen Düngungsvarianten und Bestellverfahren am 30.11.2011	56
Abbildung 25:	Wurzellänge der Verschiedenen Düngevarianten und Bestellverfahren am 30.11.2011.....	57
Abbildung 26:	Errechnete N Aufnahme der Varianten am 30.11.2011.....	58
Abbildung 27:	Messergebnisse des Yara N Sensors der verschiedenen Düngeverfahren zu unterschiedlichen Terminen	59
Abbildung 28:	Nach der Aussaat angewalzte Versuchsfläche	61
Abbildung 29:	Bei der Untersuchung von Fehlstellen gefundener Keimling.....	62
Abbildung 30:	Pflanzenwurzel in den Strip Tillage Varianten am 15.03.2012.....	65
Abbildung 31:	Pflanzenwurzel in den Mulchsaatvarianten am 15.03.2012	66

Anhangsverzeichnis

Anhang 1:	Übersicht der Versuchsvarianten	75
-----------	---------------------------------------	----

Abkürzungsverzeichnis

CTF:	Controlled Traffic Farming
FRDK:	Foreningen for Reduceret Jordbearbejdning i Danmark
GAP:	Gemeinsame Agrarpolitik
GPS:	Global Positioning System
K ₂ O:	Kaliumoxid
LLFG:	Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau
N:	Stickstoff
NPK:	Stickstoff, Phosphor, Kalium
P ₂ O ₅ :	Phosphorpentoxid
RTK:	Real Time Kinematic
SO ₄ :	Sulfat

1 Einleitung

Das Strip Tillage Verfahren, auch bekannt als Streifen Bodenbearbeitung oder Schlitzsaat, ist ein spezielles Bodenbearbeitungsverfahren. Es stammt ursprünglich aus Nord Amerika. Für die nordamerikanischen Landwirte ist das Verfahren eine Alternative zur extensiveren Direktsaat. Aufgrund der geringen Ertragssicherheit der Direktsaat wurde das Strip Tillage System als Alternative entwickelt. Auf dem europäischen Kontinent wird das Strip Tillage Verfahren seit einigen Jahren erprobt und eingesetzt. Allerdings kommen die europäischen Landwirte von der wendenden Bodenbearbeitung oder Mulchsaat zum Strip Tillage Verfahren. Die Kostenersparnis, die durch das System erreicht werden kann, ist ein Haupteinsatzgrund. Der Boden wird beim Strip Tillage Verfahren, im Gegensatz zur Mulchsaat, nur noch streifenweise bearbeitet. Bei der Mulchsaat wird der gesamte Boden bearbeitet.

Aufgrund der verschiedenen klimatischen und standortbedingten Voraussetzungen kann das Verfahren nicht wie in Nord Amerika eingesetzt werden. Diese Arbeit soll die in der Literatur vorhanden Erfahrungen für den Einsatz des Strip Tillage Verfahren unter europäischen Voraussetzungen, bezüglich pflanzenbaulicher und technischer Aspekte, zusammen tragen.

Bei den Früchten Raps, Zuckerrüben und Mais soll betrachtet werden, ob sich der Einsatz des Strip Tillage Verfahrens eignet. Dies soll zum einen durch eine Betrachtung der Ansprüche der Kulturen, unter der Berücksichtigung des Anbaus dieser in Zuckerrübenreihenweite, geschehen. Zum anderen sollen Versuchsergebnisse zur Herbstentwicklung von Winterraps und zum Feldaufgang von Zuckerrüben betrachtet werden. Bei diesen Versuchsergebnissen sollen das Strip Tillage Verfahren und die Mulchsaat miteinander verglichen werden.

2 Stand des Wissens

2.1 Strip Tillage

Das Strip Tillage System ist ein spezielles Anbauverfahren für viele Kulturen. Der Boden wird nur noch streifenweise bearbeitet. Der Abstand der Streifen zueinander wird durch die jeweilige Kultur und deren Präferenzen bestimmt. Der Zwischenraum bleibt unbearbeitet. Dies sind bis zu 75 % der Bodenoberfläche (DUTZI, 2011). Somit bleibt in diesen Bereichen die Bodenstruktur erhalten. Die Streifen werden von Ernterückständen befreit, je nach Standort mehr oder weniger tief gelockert und rückverfestigt, um den nachfolgenden Pflanzen bestmögliche Wachstumsvoraussetzungen zu schaffen. Auf den Streifen erfolgt die Aussaat. Der Arbeitsgang der Bodenbearbeitung oder der Aussaat kann mit einer Unterfußdüngung kombiniert werden. Das Strip Till Verfahren kann in zwei Varianten unterschieden werden.

2.1.1 Kombiniertes Verfahren

Im kombinierten Verfahren werden Bodenbearbeitung und Aussaat zu einer Überfahrt zusammengefasst. Je nach Anspruch der zu bestellenden Frucht und Art der Technik kann in dieses System auch eine Unterfußdüngung gut integriert werden. Allerdings müssen die Bodeneigenschaften und die Bodenfeuchte zum Zeitpunkt der Bearbeitung für dieses Verfahren geeignet sein. Es müssen leichtere und schütffähige Böden sein, um ein geeignetes Saatbett zu erhalten (HERMANN, 2011). Da die Streifenzwischenräume auch nach der Grundbodenbearbeitung und Bestellung weiterhin mit organischem Material bedeckt und somit vor Wind- und Sonneneinstrahlung geschützt sind, wird Verdunstung vermieden. Das Strip Tillage Verfahren hilft also, auf trockenheitsgefährdeten Standorten Wasser zu sparen (SAATHOFF, 2010).

2.1.2 Absetziges Verfahren

Beim absetzigen Verfahren werden die verschiedenen Arbeitsgänge voneinander getrennt. Als Erstes wird eine Grundbodenbearbeitung durchgeführt. In einem separaten Arbeitsgang erfolgt die Aussaat. Diese Art der Streifen-Bodenbearbeitung ist auch für

schwere und tonhaltige Böden geeignet. Durch die variable Zeitspanne zwischen den Arbeitsgängen können die Verhältnisse für die Aussaat verbessert werden. Bei der Herbstbestellung von Winterraps zum Beispiel kann im Zeitraum zwischen den Arbeitsgängen der Boden durch Sonne und Wind abtrocknen und eine bessere Trockengare bekommen (HERMANN, 2011). Durch einen weiteren Arbeitsgang mit einer Walze kann eine zusätzliche Saatbettbereitung und vor allem eine zusätzliche Rückverfestigung erreicht werden, um gute Voraussetzungen für die neue Kultur zu schaffen (HERRMANN, 2011). Des Weiteren kann im absetzigen Strip Till Verfahren die Frostgare zur Saatbettbereitung genutzt werden. Es kann zum Beispiel auf Flächen, die mit Zuckerrüben bestellt werden sollen, im Herbst des Vorjahres die Grundbodenbearbeitung erfolgen. Durch die Quellung und Schrumpfung der Tonteilchen im Boden während des Frostes im Winter wird eine Frostgare erreicht. Dies hat einen feinkrümeligen Boden im Frühjahr zur Folge, welcher ein gutes Saatbett bietet. Es sollte ein GPS-Lenkautomat mit RTK Korrektur für das absetzige Verfahren vorhanden sein, um die Aussaat exakt auf den bearbeiteten Streifen auszuführen (HERMANN, 2011).

2.2 Problemstellungen und Ziele des Strip Tillage Verfahrens

Zum einen werden die Ziele für das Strip Tillage Verfahren durch den stetigen Wandel des Klimas und zum anderen dem Streben nach höherer Effizienz und höheren Erträgen in der Pflanzenproduktion formuliert (HERMANN, 2011).

Durch den Wandel des Klimas kommt es immer häufiger zu Witterungsextremen in Form von Frühjahrstrockenheit und zu einer Umverteilung der Niederschläge von den Wintermonaten zu den Sommermonaten. Diese Wandlungsprozesse stellen den Ackerbau vor neue Herausforderungen. Die Veränderungen der Klimavoraussetzungen soll beispielhaft an den Klimadaten des Deutschen Wetterdienstes für den Standort Schleswig dargestellt werden. Betrachtet wird ein Zeitraum von 20 Jahren.

In der Abbildung 1 wird die Temperaturentwicklung der letzten 20 Jahre aufgezeigt. Zum einen wird die Jahresdurchschnittstemperatur aufgezeigt und zum anderen die Durchschnittstemperaturen der Monate März bis Mai, der jeweiligen Jahre.

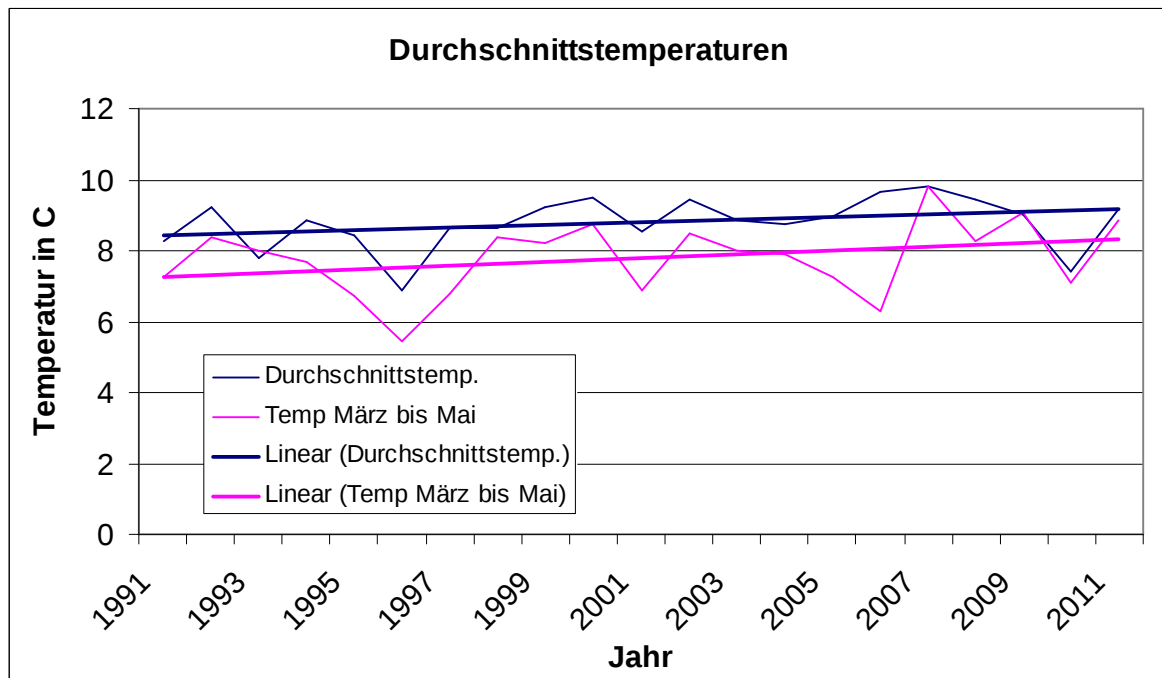


Abbildung 1: Durchschnittstemperaturen von 1991 bis 2011 am Standort Schleswig (verändert nach DWD, 2012)

Es ist zu erkennen, dass wir eine steigende Jahresdurchschnittstemperatur haben. Über die abgebildeten 20 Jahre sind es circa 0,6 °C. Des Weiteren ist zu erkennen, dass die Durchschnittstemperatur in den Monaten März bis Mai sogar etwas stärker ansteigt als die Jahresdurchschnittstemperatur. In Abbildung 2 ist die Niederschlagsmenge der Monate März bis Mai, der Jahre 1991 bis 2011 abgebildet. Aus der Trendlinie der Grafik wird deutlich, dass wir eine Abnahme der Niederschläge in diesem Zeitraum in den letzten 20 Jahren zu verzeichnen haben.

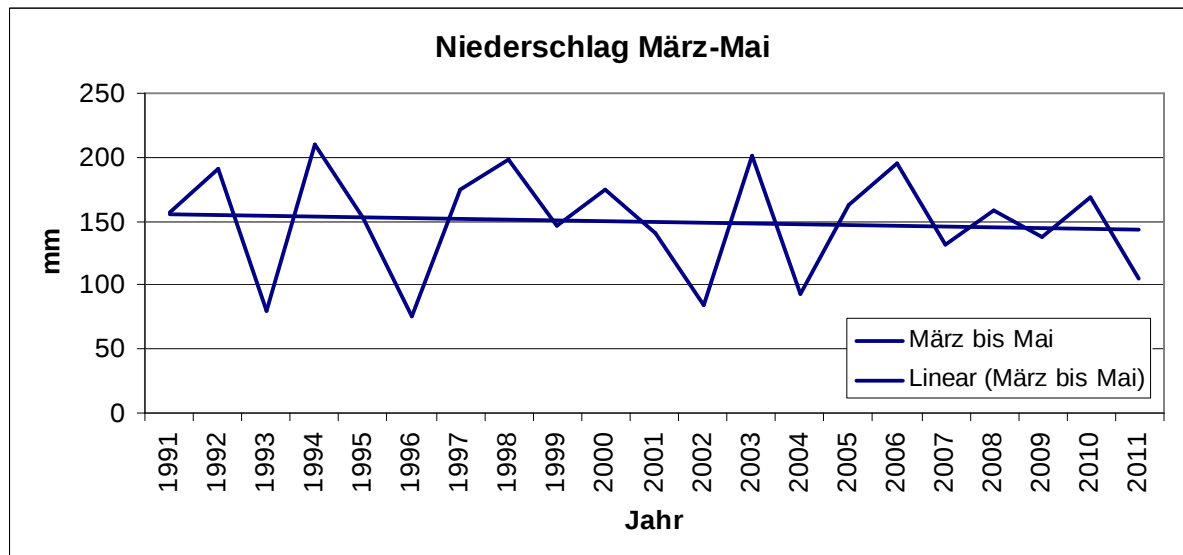


Abbildung 2: Niederschlagsmengen März bis Mai von 1991 bis 2011 am Standort Schleswig (verändert nach DWD, 2012)

Also ist festzuhalten, dass in den letzten 20 Jahren bei steigenden Temperaturen (Abbildung 1) gleichzeitig eine Verminderung der Niederschläge (Abbildung 2) im Zeitraum März bis Mai vorliegt. Somit besteht zunehmend die Gefahr einer Frühjahrstrockenheit, wenn sich dieser Trend weiter fortsetzt.

Das Zeitintervall März bis Mai fällt genau in die Hauptwachstumsphase der Winterrungen, wie Winterraps und in den Zeitraum der Bestellung der Sommerrungen, wie Zuckerrüben und Mais. Das Strip Tillage Verfahren, mit seiner Strohräumung und tiefen Lockerung im Drillstreifen, ermöglicht dem Winterraps im Herbst eine gute Wurzelentwicklung, so dass eine sehr tief reichende Pfahlwurzel entstehen kann. Diese hat im Frühjahr den Vorteil, dass der Raps auf leichteren Standorten im Falle einer Frühjahrstrockenheit Wasser und Nährstoffe aus tieferen Bodenschichten aufnehmen kann. Bei der Bestellung von Zuckerrüben und Mais im Frühjahr kann durch das kombinierte Strip Tillage Verfahren auf leichten Böden die Feuchtigkeit länger im Boden gehalten werden, als bei einer ganzflächigen Bearbeitung (APPELL, 2011). Auf Böden mit einem höheren Tongehalt, auf denen eine Grundbodenbearbeitung im Herbst erfolgen sollte, kann sich die Bodentemperatur im Strip Tillage Verfahren vorteilhaft entwickeln. Die strohfreien Streifen des Systems erwärmen sich im Frühjahr, also zum Zeitpunkt der Aussaat der Zuckerrüben und des Mais, schneller (HERMANN, 2011). Die Mulchsaatböden erwärmen sich nicht so schnell, da sie eine Strohbedeckung aufweisen, welche die direkte

Sonneneinstrahlung abhält. Die Strip Tillage Varianten können eine um bis zu 1,5 °C höhere Bodentemperatur als die Mulchsaatvarianten aufweisen. Allerdings kühlen die Mulchsaatböden in den Nächten nicht so stark ab (HERMANN, 2011). Die höhere Temperatur in den Drillstreifen kann sich positiv auf die Entwicklung der Pflanzen und auf die Nährstoffdynamiken in Böden auswirken. Somit können sich die Pflanzen im Strip Tillage Verfahren schneller entwickeln und mit den Wurzeln in tiefere Bodenschichten vordringen. In diesen Bodenschichten gelangen sie in Trockenperioden länger an Wasser und Nährstoffe (APPELL, 2011).

Die Abbildung 3 zeigt die Niederschlagsmengen in den Zeiträumen Dezember bis Februar und Juni bis August, in den Jahren 1991 bis 2011, am Standort Schleswig. An den Trendlinien der jeweiligen Zeiträume ist zu erkennen, dass eine Umverteilung stattfindet. Die Niederschlagsmengen in den Wintermonaten gehen zurück und die Niederschläge in den Sommermonaten nehmen zu.

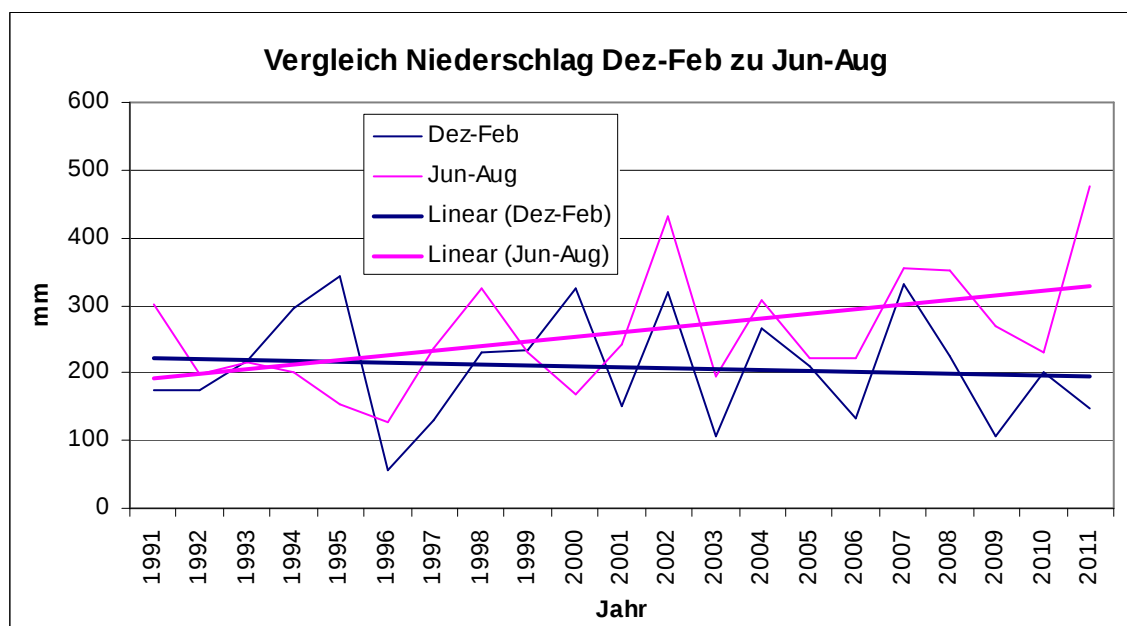


Abbildung 3: Niederschlagsmengen Dez. bis Feb. und Juni bis August, von 1991 bis 2011, am Standort Schleswig (verändert nach DWD, 2012)

Aus dem Anstieg der Niederschläge in den Sommermonaten ist abzuleiten, dass die Zeitfenster für eine optimale Ernte, Bodenbearbeitung und die Bestellung immer kleiner werden. Darum wird speziell für die Winterrapsbestellung ein System benötigt, das in

einer kurzen Zeitspanne möglichst gute Wachstumsvoraussetzungen für die Rapspflanzen schafft. Bei einer engen Fruchtfolge werden die Aspekte besonders wichtig (APPELL, 2011). Bei Weizen als Vorfrucht, im Vergleich zur Wintergerste, verkürzt sich der Zeitraum zwischen Ernte und neuer Aussaat enorm. Vor allem verbleibt das Stroh vielerorts auf der Fläche. Der kurze Zeitraum zwischen Ernte und Aussaat ist aber zu kurz für eine intensive Strohrotte, so dass die Ernterückstände die Bestellung zusätzlich erschweren. Gleichzeitig sollte aber der Boden durch das Bestellverfahren vor Wassererosion, hervorgerufen durch Starkregenereignisse, und vor Winderosion geschützt werden. Diese Aspekte sind besonders in nordeuropäischen Regionen von großer Bedeutung (APPELL, 2011).

Mit dem Strip Tillage Verfahren wird versucht, sich diesen Problemstellungen anzunehmen. Die Ernterückstände und die Saat sollten strikt getrennt werden, um beispielsweise Konkurrenz um Stickstoff zu vermeiden (DUTZI, 2011). Der Saatstreifen sollte unbedingt strohfrei sein. Werden Ernterückstände und Saat vermischt, kann es vor allem zum Zeitpunkt der Keimung zu Konkurrenz um Wasser in den obersten Bodenschichten kommen (HERMANN et al., 2011).

Die Bereiche zwischen den Streifen bleiben unbearbeitet. Dadurch bleibt die Bodenstruktur in diesen Zwischenräumen erhalten. Dies hat zur Folge, dass das Oberflächenwasser schneller ablaufen und der Boden besser mit hohen Niederschlagsmengen und mit Starkregenereignissen umgehen kann. Des Weiteren bieten diese gewachsenen Bodenstrukturen eine gute Wasserspeicherfähigkeit in eventuellen Trockenphasen (KAUFMANN, 2009).

Die höhere Effizienz gegenüber der wendenden Bodenbearbeitung und der Mulchsaat kann im Strip Tillage Verfahren in mehreren Punkten erreicht werden. Allgemein kann gesagt werden, dass durch das Verfahren die Arbeitserledigungskosten reduziert werden können (HERMANN, 2011). Der Energieverbrauch für die Bodenbearbeitung wird dadurch reduziert, dass nicht mehr der gesamte Boden bearbeitet wird. Die Strip Tillage Technik ist wesentlich leichtzügiger als normale, vergleichbare Bodenbearbeitung, wie der Grubber, der die gesamte Fläche bearbeitet (KAUFMANN, 2009).

In Tabelle 1 werden Versuchsergebnisse zum Zugkraftbedarf und dem daraus resultierenden Dieselverbrauch der Strip Tillage Technik dargestellt. Der Versuch hat auf dem Betrieb „Harzhof“ stattgefunden. Dieser liegt im Landkreis Rendsburg-Eckernförde in

Schleswig-Holstein. Der Versuch wurde von der Hanse Agro Beratungs & Entwicklungs GmbH betreut. In der Tabelle 1 wird nur der Arbeitsgang der Strip Tillage-Grundbodenbearbeitung bzw. der Arbeitsgang für die Grundbodenbearbeitung der Mulchsaatvariante betrachtet. Die Streifenbodenbearbeitung wird noch einmal unterteilt in eine Variante, ohne vorherige Stoppelbearbeitung und mit vorheriger Stoppelbearbeitung. Dieser Arbeitsgang wurde mit einer Scheibenegge durchgeführt. Die Daten sind auf einer Versuchsfläche erhoben worden. Somit sollten die natürlichen Voraussetzungen, wie die Bodenart, für jedes System gleich sein und eine Vergleichbarkeit ermöglichen. Der Schlepper war mit speziellen Sensoren zur Datenerfassung ausgestattet. Zwar wurde ein kombiniertes System eingesetzt, bestehend aus Bodenbearbeitungs- und Aussaattechnik, aber der Zugkraftbedarf der Drilltechnik ist zu vernachlässigen. Der Reihenabstand der eingesetzten Technik beträgt 45 cm.

Tabelle 1: Energieverbrauch und Zugkraftbedarf verschiedener Verfahren (verändert nach KAUFMANN, 2009)

Variante	Arbeitstiefe (cm)	Ø Geschwindigkeit (km/h)	Zugkraftbedarf (kN)	Dieselvebrauch (l/ha)
Strip Tillage ohne Stoppelbearbeitung	20	5,50	11,68	6,90
Strip Tillage mit Stoppelbearbeitung	20	5,50	19,94	8,70
Grubbern mit Stoppelbearbeitung	15	9,20	52,80	15,20
Grubbern mit Stoppelbearbeitung	25	7,20	70,59	19,00

Aus der Tabelle wird deutlich, dass das Strip Tillage Verfahren die Möglichkeit der Dieseleinsparung gegenüber der Mulchsaat bieten kann (KAUFMANN, 2009). Weiter wird deutlich, dass auf einer unbearbeiteten Fläche der Dieselvebrauch am geringsten ist. Hier hat der Schlepper einen sehr griffigen Untergrund und keine lose Bodenschicht an der Oberfläche, wie auf einer Fläche, auf der bereits eine Stoppelbearbeitung durchgeführt wurde. Auf einer unbearbeiteten Oberfläche entsteht weniger Schlupf, welcher einen höheren Kraftstoffverbrauch verursacht (APPELL, 2011). Die wendende Bodenbearbeitung wurde in der Tabelle nicht berücksichtigt, da sie in dem Versuch nicht durchgeführt wurde. Allerdings beträgt laut Kalkulationsdaten der Dieselvebrauch der

Mulchsaat (Grubber) nur circa 61 % von dem Dieserverbrauch der wendenden Bodenbearbeitung (Pflug) (KTBL, 2009).

Die Ertragsentwicklung beim Einsatz des Strip Tillage Verfahrens führen nicht unbedingt zu großen Mehrerträgen. Auf der Versuchstation der Universität Hohenheim Ihinger Hof sind Praxisversuche im Winterraps und in den Zuckerrüben gelaufen. Die eingesetzte Technik hat eine Reihenweite von 50 cm. Das Strip Tillage Verfahren wurde mit der konservierenden Bodenbearbeitung und im Winterraps zusätzlich mit der Direktsaat verglichen. Bei den Zuckerrüben wurden in den Praxisversuchen bis zu zehn Prozent Mehrertrag zu Gunsten des Strip Tillage Verfahren erzielt. In den folgenden Exaktversuchen wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen der Mulchsaat und dem Strip Tillage Verfahren festgestellt. Beim Winterraps wurden auch keine großen Unterschiede im Ertrag zwischen den drei angewendeten Bestellverfahren festgestellt. Die Strip Till Variante im Winterraps wurde auch mit 50 cm Reihenabstand durchgeführt. Die anderen beiden Bestellverfahren wiesen einen geringeren Reihenabstand auf (HERMANN, 2011).

Die Nordzucker AG hat zum Thema Strip Tillage im Zuckerrübenanbau Versuche im norddeutschen Raum durchgeführt. Es wurde meist mit dem kombinierten System gearbeitet. Deshalb wurden Böden mit einem Tongehalt unter zehn Prozent für die Anbauversuche gewählt. Bei höheren Tongehalten wurde meist eine nur unzureichende Rückverfestigung erreicht und ein nicht optimales Saatbett produziert. Die Ertragsmessungen zeigten, dass die Schlitzsaat im Ertrag mit der Mulchsaat gleich auf war, aber weiterhin die oben genannten ökonomischen Vorteile aufwies (SANDER, 2008). In Kombination mit der Unterfußdüngung an weiterentwickelter Technik konnten sogar leichte Mehrerträge gegenüber der normalen Mulchsaat realisiert werden (SANDER, 2012).

2.3 Strip Tillage Technik

Wie in der Definition des Verfahrens beschrieben, besteht die Strip Tillage Technik meist aus drei Teilbereichen, die je nach Maschine abweichen können (APPELL, 2011).

Die Technik soll:

- organisches Material / Ernterückstände vom Streifen entfernen
- den Boden in einer standortspezifischen Tiefe lockern

- den Boden rückverfestigen

Das Entfernen von Ernterückständen wird meist durch sogenannte Räumscheiben oder Row Cleaner übernommen. Diese Werkzeuge können mit einer vorweg laufenden Schneidscheibe kombiniert werden (WOLKOWSKI et al., 2009). Die Schneidscheiben werden genutzt, um das organische Material einmal mittig zu schneiden und damit ein besseres Räumergebnis der Row Cleaner zu erreichen. Diese Räumwerkzeuge können aber nur relativ loses Material, wie aufliegendes Stroh oder abgestorbene Grassoden aus dem Streifen räumen. Manche Hersteller verzichten gänzlich auf die Räumwerkzeuge. Bei diesen Maschinen ist meist der Reihenabstand zu gering, sodass nicht genügend Platz ist, an dem die Row Cleaner das zu räumende Material ablegen können und es zwangsläufig zu Verstopfungen innerhalb der Maschine kommt (APPELL, 2011). Unter nordeuropäischen Verhältnissen wird meist auf Flächen gefahren, auf denen bereits eine Stoppelbearbeitung durchgeführt wurde. Somit ist das Stroh bereits in die ersten 5 bis 8 cm des Bodens eingearbeitet und der Säuberungseffekt, den die Räumscheiben erreichen würden, wäre zu gering. Auf solchen Flächen wird meist durch den Lockerungszinken genug saubere Erde im Streifen erzeugt (APPELL, 2011). In der Abbildung 4 sind Row Cleaner der Firma Yetter abgebildet.



Abbildung 4: Räumscheiben / Row Cleaner

Als nächster Schritt folgt die Lockerung. Diese wird meist mit einer sehr schmalen Grubberzinke durchgeführt, um möglichst wenig Boden aus dem Streifen zu werfen, unter gleichzeitiger Erzeugung von genügend Feinerde. Die Feinerde ist für einen gutes Saatbett von großer Bedeutung. Die europäischen Hersteller nutzen meist auf den leichteren Böden Scharbreiten von bis zu 40 mm oder schmäler. Auf schwereren Böden werden meist Scharbreiten von 12 mm bis 25 mm genutzt (N.N., 2010). Je schmäler das Schar, desto weniger Erdbewegung wird erzeugt und umso weniger Boden wird aus dem Streifen befördert (N.N., 2010). Durch die Bodenbearbeitung im Streifen wird das Porenvolumen erhöht. Dadurch wird mehr Luft in den Boden geleitet. Dies hat zur Folge, dass der Boden schneller abtrocknet und beispielsweise im Frühjahr schneller die Bedingungen für die Aussaat gegeben sind (SAATHOFF, 2011). Die Tiefe der Lockerung wird von der Bodengüte und den Bodenverhältnissen zum Zeitpunkt des Arbeitsganges bestimmt. Es werden Lockerungstiefen von 18 bis 30 cm angestrebt (HERMANN, 2011). Um die richtige Bearbeitungstiefe zu finden, sind in Abbildung 5 die Einflussgrößen abgebildet. Die Abbildung bezieht sich auf die Grundbodenbearbeitung im Mulchsaatverfahren.



Abbildung 5: Einflussgrößen auf die Arbeitstiefe in der Praxis (Reckleben, 2012)

Die Standortverhältnisse wie die Textur/Leitfähigkeit und die Bodenfeuchte zusammen mit der Präferenz der Hauptfrucht ergeben einen großen Komplex von Einflussfaktoren auf die Arbeitstiefe. Der Energieverbrauch resultiert aus der Bearbeitungstiefe und sollte möglichst niedrig gehalten werden, um Kosten einzusparen (APPELL, 2011). So sollte auf leichteren Böden, die eher zu einer Dichtlagerung neigen, tiefer gearbeitet werden. Auf schweren Böden sollte nicht zu tief gearbeitet werden. Zum einen erfährt der Boden durch Frost- und Trockengare eine Lockerung, zum anderen wird der tonhaltige Boden bei zu nassen Verhältnissen eher geschnitten, als gebrochen, was eine Saatbettbereitung erschwert (HERMANN, 2011). Die Strohmenge ist für die Arbeitstiefe im Strip Tillage Verfahren kein Einflussfaktor. Die Ernterückstände sollen nicht wie im Mulchsaatverfahren eingearbeitet werden, sondern aus dem Streifen entfernt werden, wie eingangs in diesem Kapitel erwähnt. Soll eine Unterfußdüngung in das System integriert werden, wird der Dünger meist hinter den Lockerungszinken abgelegt. Einige Hersteller bieten eine Verstellmöglichkeit für die Höhe des Düngerauswurfes an den Zinken an, so dass die Arbeitstiefe der Zinke variiert werden kann, aber das Düngerband immer konstant im gewünschten Abstand zum Saatgut liegt. Eine weitere in der Erprobung befindliche Lösung legt den Dünger in zwei Depots, unterschiedlicher Tiefen, ab. In Abbildung 6 ist eine Lockerungszinke abgebildet.



Abbildung 6: Lockerungszinke (40 mm) mit Düngeröffnungen in zwei Tiefen (Lassen, 2011)

Hinter der Lockerungszinke wird bei der abgebildeten Variante der Dünger in zwei Tiefen abgelegt (LASSEN, 2011). Diese beiden Öffnungen sind mit roten Pfeilen markiert.

Bevor die Rückverfestigung in den Streifen durchgeführt wird, sollte ein Rücktransport des losen, von der Lockerungszinke hinausgeworfenen Bodens, stattfinden. Dies ist nötig, um keine zu große Furche im Streifen zu hinterlassen, sodass die Rückverfestigung bzw. die nachfolgenden Arbeitsgänge nicht beeinträchtigt werden (APPELL, 2011). Dieser Schritt wird meist durch Scheibenwerkzeuge ausgeführt. Ziel dieses Arbeitsschrittes muss es aber auch sein, möglichst kein Stroh wieder in den Streifen zu befördern. Anschließend folgt dann die Rückverfestigung. Diese sollte unbedingt ausreichend sein, um ein gutes Ergebnis des Feldaufganges zu erreichen. Ist keine ordentliche Verfüllung und Rückverfestigung durchgeführt worden, kann dies die Pflanzentwicklung beeinträchtigen. Eine mangelnde Verfüllung des Streifens kann zur Folge haben, dass die Saat viel tiefer als gewünscht abgelegt wird. Diese zu tief abgelegte Saat keimt gar nicht oder weist einen stark verspäteten Auflaufzeitpunkt auf (REEB, 2012). Wird der Streifen nicht genügend

rückverfestigt, entstehen eventuell Hohlräume. Diese führen dazu, dass der Boden an der Oberfläche keine oder eine nicht ausreichende kapillare Verbindung zu den unteren Bodenschichten hat. Fehlt diese, ist die Wasserversorgung des Keimlings, bzw. der jungen Pflanze nicht ausreichend gewährleistet. Finden Setzungen dann von alleine statt, hervorgerufen zum Beispiel durch Niederschlag, können Wurzeln abreißen (REEB, 2012). Speziell bei der Zuckerrübe, können Hohlräume und eine mangelnde Rückverfestigung zur Beinigkeit führen. In diesen Fällen bildet die Rübe viele Verzweigungen und keine ordentliche Pfahlwurzel aus. Dies führt zu Ertragsdepressionen (SANDER, 2012). Auf der Abbildung 7 sind die Scheibenwerkzeuge zur Verfüllung und die Dreier-STS-Walzenkombination zur Rückverfestigung des Köckerling Masters zu sehen.



Abbildung 7: Verfüllungs- und Rückverfestigungswerkzeuge des Köckerling Master (REEB, 2012)

Nach der Rückverfestigung wird auf dem Streifen die Aussaat durchgeführt. Je nach Verfahren und Boden wird diese direkt im gleichen Arbeitsgang ausgeführt (Kap. 2.1.1) oder es wird das absetzige Verfahren eingesetzt und mit der Aussaat gewartet (Kap. 2.1.2).

Es werden verschiedene Reihenweiten von den Herstellern angeboten und eingesetzt. Der richtige Reihenabstand hängt natürlich mit der Präferenz der anzubauenden Frucht

zusammen. Es werden Reihenabstände der Lockerungszinken ab 33,5 cm angeboten (beispielweise Firma Horsch). Alle gängigen Maße wie 45 bzw. 50 cm für Zuckerrüben (beispielweise Firma Köckerling) und 75 cm für Mais (beispielweise Firma Kuhn) sind am heutigen Markt vorhanden. Engere Reihenabstände der Lockerungszinken als 30 cm werden schwer zu realisieren sein. Die räumliche Trennung von Ernterückständen und Saatstreifen wird aufgrund von Platzmangel immer schwerer durchzuführen sein, je enger der Reihenabstand ist (APPELL, 2012).

2.4 Exkurs: Einzelkornsaat im Raps

Die Einzelkornsaat von Raps ist für das Strip Tillage Verfahren sehr interessant, da die Aussaat viel genauer durchgeführt wird, als mit einer herkömmlichen Drillmaschine. Durch die systembedingten höheren Reihenabstände im Strip Tillage Verfahren, beschrieben in Kap. 2.3, und die Reduzierung der Aussaatstärken, wird diese Genauigkeit erforderlich.

2.4.1 Reihenabstände und Standraumverteilung

Winterraps zeigt auch bei Reihenabständen von 50 cm, also dem Reihenabstand der Zuckerrübe, keine Ertragseinbußen (VOßHENRICH, 2009). Allerdings kann die Reihenweite nicht viel weiter erhöht werden, da sonst die Standraumkonkurrenz innerhalb der Saatreihe zu stark werden würde. Ein wichtiger Aspekt des größeren Reihenabstandes ist die gleichmäßige Verteilung der Saat innerhalb der Reihe und die Verringerung der ausgesäten Körner pro m². Die Aussaatstärke kann bei einem erhöhten Reihenabstand reduziert werden, ohne den Ertrag zu vermindern. „Bei gleichmäßiger Saatgutverteilung lassen sich auch mit ausgesprochenen Dünnsaaten hohe Rapsrerträge realisieren“ (BISCHOFF, 2012a). Nicht zu unterschätzen ist aber, dass das Risiko eines Ertragsausfalles durch zum Beispiel Auswinterung vorhanden ist, wenn im Frühjahr nicht mehr genügend Pflanzen pro m² vorhanden sind (REEB, 2012). Eine verringerte Aussaatstärke hat zur Folge, dass die Pflanzenzahl pro laufenden Meter, vor allem bei größeren Reihenabständen nicht zu hoch wird. Denn sind Pflanzen zu eng platziert, kommt es zu einer Standraumkonkurrenz. Diese wirkt sich negativ auf die Pflanzenentwicklung aus.

Dies wurde bei Versuchen der Hanse Agro Beratungs & Entwicklungs GmbH aus den Jahren 2009 und 2010 deutlich. So konnten signifikant höhere Blätterzahlen und Blatttrockenmassen pro Pflanze bei den Dünnsaaten mit einer Saatstärke von 20 Körnern je m² und einem Reihenabstand von 45 cm gegenüber der normalen Drillsaat mit einer Saatstärke von 40 Körnern je m² und 12,5 cm Reihenabstand im Herbst ermittelt werden (REEB, 2010). In Tabelle 2 sind die errechneten Abstände der Saatkörner innerhalb der Saatzeilen in verschiedenen Reihenabständen und Saatstärken aufgezeigt.

Tabelle 2: Abstände der Saatkörner innerhalb der Reihe bei verschiedenen Reihenweiten und Saatstärken

Körner je m ²		20	30	50
Reihenabstand in cm		Abstand der Körner in der Reihe in cm		
	12,5	40,00	26,67	16,00
	25	20,00	13,33	8,00
	50	10,00	6,67	4,00
	75	6,70	4,47	2,68

Aus der Tabelle wird deutlich, dass sich bei hohen Saatstärken und weiteren Reihen die Abstände zwischen den Saatkörnern stark verkürzen. Somit wird das Problem der Standraumkonkurrenz deutlich. Eine Reihenweite von 75 cm ist also für die Rapsaussaat nicht zu empfehlen. Um die Einzelpflanzenentwicklung bestmöglich zu fördern, ist es wichtig, die Saatkörner gut in der Reihe zu verteilen. Dies ist nur mit der Einzelkornsätechnik möglich.

2.4.2 Auswirkungen der Ablagegenauigkeit

Die Ablagegenauigkeit kann mit dem Einsatz einer Einzelkornsämaschine gegenüber dem einer normalen Drillmaschine verbessert werden. Die Aggregate der Einzelkornsämaschinen können wesentlich höhere Schardrücke ausüben, als die normalen Drillmaschinen. Je nach Hersteller sind Belastungen von 100 kg bis 300 kg möglich. Durch den höheren Schardruck kann die Ablagetiefe konstanter gehalten

werden, als bei herkömmlicher Drilltechnik. Verschiedene Hersteller normaler Drillmaschinen geben maximale Schardrücke von 55 kg bis 120 kg je nach Fabrikat an. Aufgrund der höheren Schardrücke der Einzelkornsätechnik wird die Saat beim Einsatz dieser Technik wesentlich besser angedrückt. Die Wasserversorgung der Saat ist besser gewährleistet, als bei der Aussaat mit einer herkömmlichen Drillmaschine, weil es in der Saatrille zum Anstieg der Feuchtigkeit kommt. So wird mit der Einzelkornsätechnik ein besserer Feldaufgang erreicht. Dieser verbesserte Feldaufgang hat zusammen mit der guten Standraumverteilung der Pflanzen innerhalb der Reihe eine bessere Herbstentwicklung des Rapses zur Folge. Diese Vorteile der Einzelkornsätechnik kommen vor allem unter ungünstigen Aussaatsituationen zum Tragen (BISCHOFF, 2007). Die Entwicklungsvorteile bestätigen sich in Mehrerträgen der Einzelkornsätechnik, vor allem in problematischen Jahren.

In der Abbildung 8 sind die Erträge der Drillsaat und der Einzelkornsätechnik von 1998 bis 2005 abgebildet.

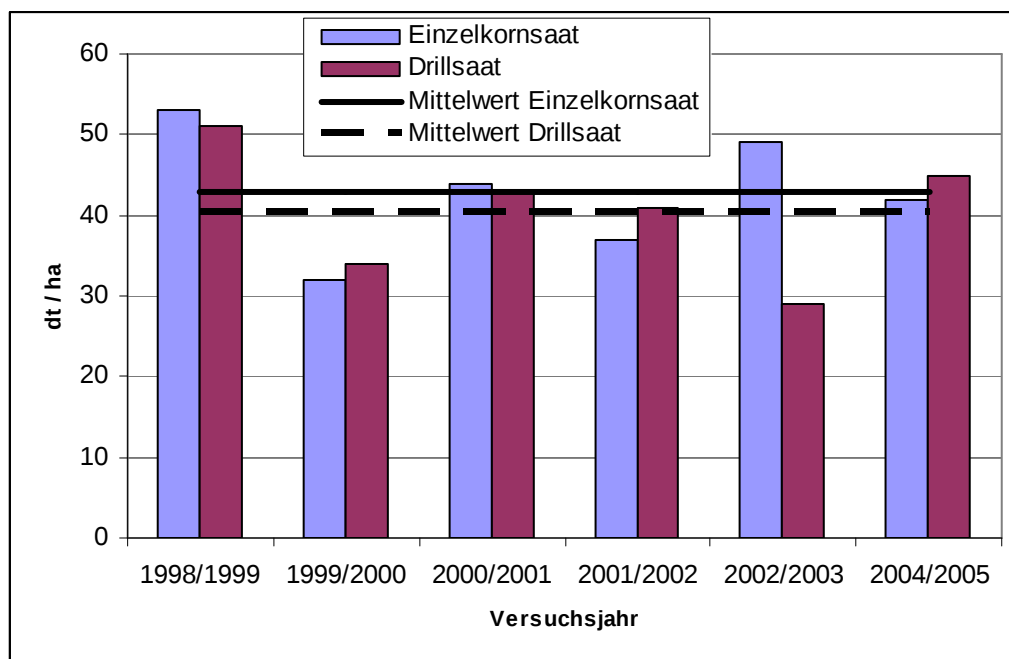


Abbildung 8: Ertragsauswertung von Einzelkornsäat und Drillsaat in problematischen Jahren (verändert nach BISCHOFF, 2007)

Anhand der Mittelwertslinien lässt sich der Mehrertrag der Einzelkornsätechnik erkennen.

2.4.3 Grenzen der Einzelkornsätechnik

Begrenzend für die momentan aktuelle Technik der Einzelkornsäat ist die Arbeitsgeschwindigkeit. Die Vereinzlung der Einzelkornsäattechnik funktioniert nur bis zu einer gewissen Arbeitsgeschwindigkeit einwandfrei. Wird mit einer zu hohen Arbeitsgeschwindigkeit gefahren, so kommt es zu einem schlechten Vereinzlungsergebnis. Mechanische Einzelkornsämaschinen arbeiten bis zu einer Geschwindigkeit von 6 km/h mit einem guten Arbeitsergebnis. Mit pneumatischen Dosiersystemen sind auch Geschwindigkeiten von 9 km/h mit guter Arbeitsqualität möglich. Herkömmliche Drillkombinationen können mit Arbeitsgeschwindigkeiten von 12 km/h arbeiten (BISCHOFF, 2007). Also wird mit der Einzelkornsätechnik nicht die Flächenleistung erzielt, die mit einer herkömmlichen Drillmaschine möglich wäre.

Wird der Raps mit einer größeren Reihenweite bestellt, wird der Boden erst später beschattet. Dies hat zur Folge, dass den Herbizidmaßnahmen eine größere Bedeutung zukommt und die Strategie eventuell verändert werden muss. So schließt der Winterraps erst Mitte April die Reihen und beschattet den Boden komplett (MÖLLER, 2005).

2.5 Exkurs: Ansprüche der Zuckerrübe

Die Zuckerrübe gerät in den letzten Jahren als Alternative zum Silomais zur Energieerzeugung in Biogasanlagen wieder vermehrt in die Diskussion. Durch den Vorschlag der EU Kommission zur GAP nach 2013 kann die Zuckerrübe vor allem für Betriebe, die auf nachwachsende Rohstoffe angewiesen sind, interessant sein. Es soll eine Anbaudiversifizierung durchgesetzt werden, sodass mindestens drei Früchte angebaut werden müssen. Die Anteile an der Betriebsfläche der einzelnen Früchte müssen mindestens 5 % und höchstens 70 % betragen (N.N., 2012a). Mit der Möglichkeit der Energiegewinnung aus der Zuckerrübe könnte die Anbaufläche wieder steigen und die Kultur wieder an Bedeutung gewinnen. Dies war aufgrund der Mengenbegrenzung der EU bisher nicht möglich (ERICHSEN et al.). Gleichzeitig muss aber das Produktionsverfahren noch optimiert werden, um die Kosten zu senken und Effizienz zu steigern, um die Konkurrenzfähigkeit gegenüber dem Mais zu stärken. Da der Pflanzenschutz und die

Düngung weitestgehend optimiert sind, sollte das Augenmerk auf das Bestellverfahren gelegt werden. Das Strip Tillage Verfahren kann hier zu einer Kostensenkung beitragen (SANDER, 2008).

2.5.1 Boden und pH-Wert

Die Zuckerrübe liefert gute Erträge auf tiefgründigen Böden, die eine gleichmäßige Struktur über das ganze Profil aufweisen. Die besten Voraussetzungen schaffen humose Lössböden, wie sie zum Beispiel in der Magdeburger und Hildesheimer Börde vorkommen. Es sollten warme, nicht zu niederschlagsreiche Standorte sein (WINNER, 1981). Die gleichmäßige Struktur ist vor allem von Bedeutung, damit die junge Rübenpflanze den Boden zügig durchwurzeln kann. Als Störung der gleichmäßigen Struktur sind vor allem Pflugsohlen und Schichten aus Ernterückständen verantwortlich (WINNER, 1981). Die Zuckerrübe ist außerdem sehr anfällig gegen Verschlammung, hervorgerufen durch hohe Niederschlagsmengen nach der Aussaat. Ist die Bodenoberfläche verkrustet, verschlechtert sich der Feldaufgang erheblich (HERMANN, 2011). Des Weiteren sollten unbedingt Schadverdichtungen durch Befahren des Bodens bei zu nassem Zustand und die Erzeugung von Strohmatte im Boden vermieden werden. Die verdichteten Bodenzonen und Störschichten, beispielsweise aus Stroh, können nicht gut durchwurzelt werden und führen zu einem gestörten Wachstum der Rüben. Der pH-Wert des Bodens sollte optimaler Weise auf schweren Böden zwischen 6,8 und 7,2 liegen. Auf leichteren Böden sind pH-Werte von 5,5 kein Problem (WINNER, 1981). Allerdings sollte in jedem Fall auf die Nährstoffdynamiken der jeweiligen Böden geachtet werden. Es sollte auf keinen Fall zu einer Mangelsituation durch Festlegung einzelner Nährstoffe kommen.

2.5.2 Saatbettbereitung und Bodentemperatur

Eine hohe Bodentemperatur trägt erheblich zu einem Mehrertrag bei (WINNER, 1981). Die optimale Keimtemperatur liegt bei bis zu 30 °C. Die Zuckerrübe keimt aber schon bei einer Bodentemperatur von 5 °C (MÄRLÄNDER, 1991). Der Zeitraum von der Keimung bis zum Auflaufen der Pflanzen nimmt mit steigender Bodentemperatur ab. Ein Temperaturabfall in der Phase zwischen Keimung und Auflaufen verlängert zwar diesen Zeitraum, hat aber keine Auswirkungen auf das Auflaufergebnis (MÄRLÄNDER, 1991). Auf

besonders schweren Böden kann durch eine Saatbettbereitung im Frühjahr eine zügigere Erwärmung erreicht werden und so eine gute Entwicklung der Pflanzen fördern (LEHRKE, 2003). Durch eine Saatbettbereitung sollen im Allgemeinen folgende Kriterien erfüllt werden. Sie soll ein gutes Keimbett mit genügend Feinerdanteil schaffen und sie soll genügend rückverfestigen, damit eine Wasserversorgung des Samens bzw. Keimlings gesichert ist. Die Saat sollte auf einem festen Saatunterbett liegen, um den Wasseranschluss zu gewährleisten (WINNER, 1981). Außerdem sollten unbedingt, wie in Kap. 2.3 genannt, Hohlräume vermieden werden, um keine Beinigkeit der Rüben hervorzurufen.

2.5.3 Das luftführende Porenvolumen

Die Zuckerrübe benötigt für ein gutes Wachstum mindestens 8 Vol. % luftführende Poren im Boden (BISCHOFF, 2012b). In Versuchen der LLGF Sachsen Anhalt wurden verschiedene Bodenbearbeitungsverfahren für den Zuckerrübenanbau getestet. Es wurden vier Varianten in den Versuch aufgenommen. Die Bearbeitung mit dem Pflug auf 25 cm Bearbeitungstiefe, zwei Mulchsaatvarianten mit 10 bis 15 cm und 4 bis 6 cm Bearbeitungstiefe und eine Direktsaatvariante ohne jegliche Bodenbearbeitung. Es wurden Untersuchungen zur Bestimmung der Luftkapazität, Trockenrohdichte und gesättigter Wasserleitfähigkeit durchgeführt. Zwischen diesen besteht oft eine negative Korrelation. So ist bei einer zu hohen Trockenrohdichte meist eine verminderte Luftkapazität und eine geringere, gesättigte Wasserleitfähigkeit zu beobachten (BISCHOFF, 2012b). In Abbildung 9 ist die Luftkapazität der Böden in Abhängigkeit der verschiedenen Bestellverfahren aufgezeigt. Das Mulchsaatverfahren mit der geringeren Arbeitstiefe wurde nicht ausgewertet.

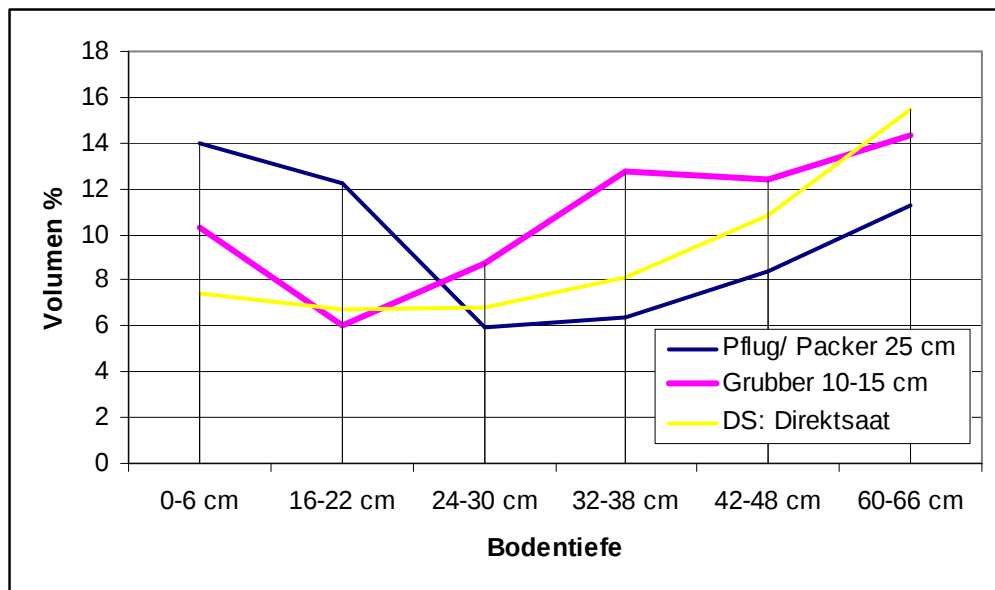


Abbildung 9: Luftkapazität in Volumen % verschiedener Bestellverfahren in verschiedenen Bodentiefen (verändert nach BISCHOFF, 2012b)

Die Abbildung zeigt die Verdichtungszone der verschiedenen Bearbeitungsvarianten. Diese Zonen können nicht von der Rübe durchwachsen werden und es entstehen beinige Rüben. In der Pflug- und Mulchsaatvariante ist gut zu erkennen, dass Bearbeitungshorizonte entstehen. Diese werden beim Einsatz des Pfluges vor allem durch den Druck des in der Furche laufenden Rades erzeugt und in der Mulchsaatvariante durch die Flügelschare des Grubbers (BISCHOFF, 2012b). Die Direktsaatvariante zeigt eher im oberen Bereich des Bodens Zonen auf, welche nur schwer von der Zuckerrübe erschlossen werden können.

Zu einer gleichmäßigen Porenstruktur könnte hier das Strip Tillage Verfahren beitragen. So werden Verdichtungen durch Flügelschare oder Räder in tieferen Bodenzonen weitestgehend vermieden. Die partielle Lockerung stellt einen Kompromiss auswendender Bodenbearbeitung auf den Streifen und konservierenden Bodenbearbeitung zwischen den Streifen dar (BISCHOFF, 2012b).

2.6 Exkurs: Engsaat im Mais

Mais wird üblicherweise in einem Reihenabstand von 75 cm gelegt. Es gibt aber die Bestrebung, den Mais in einem engeren Reihenabstand zu bestellen. Durch die Frostempfindlichkeit und den Wärmebedarf der jungen Maispflanzen wird dieser meist im späten Frühjahr von Ende April bis Anfang Juni ausgesät. Somit sind die Maisflächen den erosiven Niederschlägen im Frühsommer ausgesetzt (BRAND-SASSEN, 2004). Das Strip Tillage Verfahren vermeidet diese Wassererosion aber auch die Winderosion. Aufgrund der erhaltenden Struktur zwischen den bearbeiteten Streifen, mit organischem Material an der Oberfläche, kann Oberflächenwasser besser abfließen und Wind nicht so stark angreifen. Um die Streifenbodenbearbeitung in einem landwirtschaftlichen Betrieb oder landwirtschaftlichen Lohnunternehmen zu etablieren, muss die Möglichkeit bestehen, die Technik auszulasten (APPELL, 2011). Wenn der Mais bei einem Reihenabstand von 50 cm ohne Ertragseinbußen und technischen Einschränkungen angebaut werden kann, wäre eine Etablierung des Strip Tillage Verfahrens zu mehreren Früchten möglich. Somit muss die Fragestellung, wie sich die Engsaat von Mais auf Ertrag und sonstige Parameter auswirkt, beleuchtet werden.

2.6.1 Standraumverteilung

Durch die Veränderung der Reihenweite im Maisanbau wird die Standraumverteilung der Pflanzen auf der Fläche verändert. Durch eine Verringerung der Reihenweite wird der Abstand innerhalb der Reihe vergrößert. Somit bleibt die Fläche, die der Pflanze zur Verfügung steht zwar gleich, aber die Pflanzen sind besser auf der Fläche verteilt.

In der Abbildung 10 ist die Verteilung der Saatkörner auf der Fläche bei gleicher Aussaatstärke, aber verschiedenen Reihenweiten, aufgezeigt. Es werden die Reihenabstände 75 cm und 37,5 cm betrachtet. Die Bestandsdichte wird mit einer Aussaatstärke von 10,4 Körner je m² und einer Zieldichte von 9 Pflanzen je m² angegeben.

Saatstärke: 10,4 Körner, Ziel: 9 Pflanzen/m²

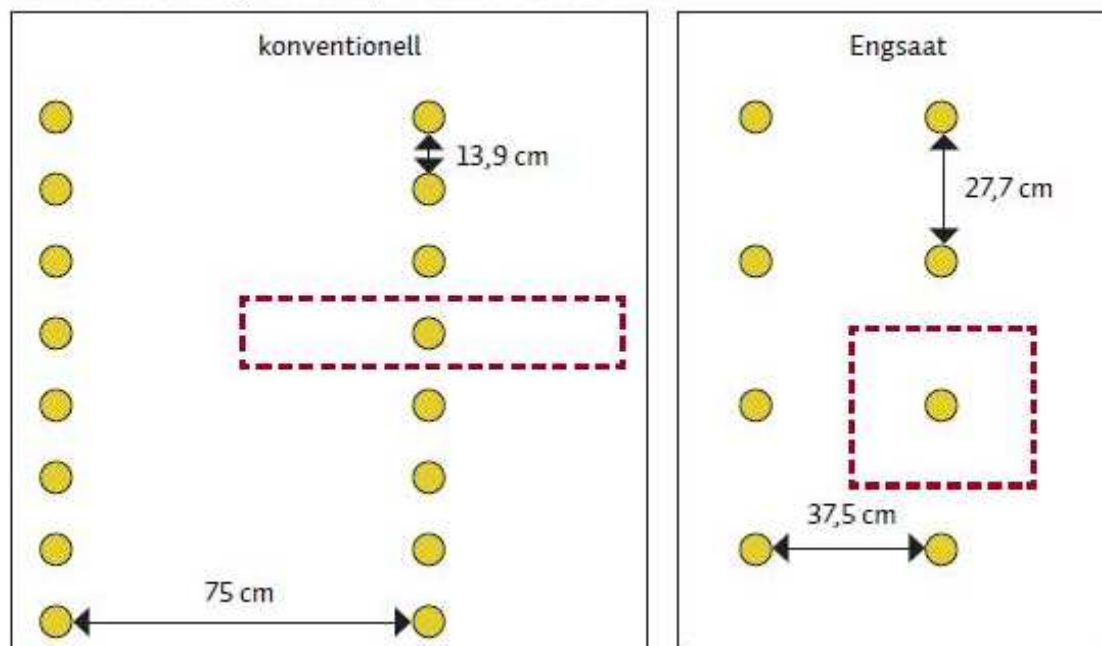


Abbildung 10: Standraumverteilung bei unterschiedlichen Reihenabständen (Reckleben, 2010)

Durch die gleichmäßigere Verteilung der Pflanzen auf der Fläche, wird diese besser und schneller durchwurzelt. Somit werden die Nährstoffausnutzung und der Erosionsschutz verbessert. Durch die Engsaat wird der Restnitratgehalt auf den Flächen verringert (RECKLEBEN, 2010). Der Nutzen, der aus dem Erosionsschutz resultiert, kann nicht direkt quantifiziert werden (BRAND-SASSEN, 2004). Allerdings wurde in Versuchen der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft festgestellt, dass der Mais der im Engsaatverfahren bestellt wurde, durchschnittlich 23 Tage eher die Reihe schloss (BRAND-SASSEN, 2004). Dadurch wird der Boden besser vor Wasser- und Winderosion geschützt. Der Reststickstoffgehalt im Boden liegt im Engsaatverfahren um circa 16 % niedriger, als bei dem üblichen Reihenabstand (NÜBEL, 2004). Dies ist vor allem für den Maisanbau in Wasserschutzgebieten positiv. So kann durch den verringerten Reststickstoffgehalt im Boden, die Auswaschungen von Nitrat auf solchen Flächen reduziert werden. Somit kann der Eintrag von Nitrat ins Grundwasser vermindert werden (NÜBEL, 2004).

2.6.2 Auswirkungen auf den Ertrag

Die Engsaat kann sich auf den Ertrag von Mais auswirken. So wurden in Versuchen Mehrerträge der Engsaat festgestellt. Bei Untersuchungen, die von der Thüringischen Landesanstalt für Landwirtschaft durchgeführt wurden, wurden folgende Ergebnisse erzielt. Der Ertrag von kurzwüchsigen Silomaisorten stieg um 8 % bei der Engsaat. Der Ertragsunterschied bei den großrahmigen Sorten ist mit 1 % nicht groß (PREYKER et al., 2008). In Tabelle 3 sind die Ergebnisse der Thüringischen Landesanstalt für Landwirtschaft abgebildet. Es handelt sich um Ergebnisse aus Parzellenversuchen.

Tabelle 3: Trockenmasseerträge (dt/ha) und Qualitätszahl bei unterschiedlichen Reihenweiten im Mittel der Parzellenversuche in Thüringen (nach PEYKER et al., 2008)

Wuchsform	Trockenmasseertrag		Qualitätszahl ¹⁾		Anzahl Versuche	Jahre
	75 cm	30 cm	75 cm	30 cm		
kurzwüchsig	158	171	49	49	25	1992-2001
großrahmig	151	153	39	39	19	1995-2001

¹⁾ Die Qualitätszahl dient der Beurteilung der Qualitätsunterschiede und setzt sich aus den Trockenkolbenanteil der Versuche bis 1996 sowie dem Stärkegehalt ab 1997 zusammen.

In der Tabelle sind die Ertragsunterschiede zu erkennen. Des Weiteren ist zu erkennen, dass keine Qualitätsunterschiede bei der Veränderung des Reihenabstandes entstehen. Die Parzellenversuche wurden in den Jahren 1992 bis 1997 unter Praxisbedingungen überprüft. Die Ergebnisse bestätigten sich, sodass vor allem durch die Engsaat von kurzwüchsigen Sorten ein Mehrertrag erzielt werden konnte (PEYKER et al., 2008).

Die Abreife der Engsaaten erfolgt circa ein bis zwei Woche später. Dies kann das Erntemanagement der Landwirte und Lohnunternehmer entlasten (RECKLEBEN, 2010).

2.6.3 Anforderungen an die Technik

Durch den engeren Reihenabstand verändert sich die eingesetzte Technik. Bedingt durch die Bauart der eingesetzten Einzelkorndrillmaschinen kann der Reihenabstand nur bis auf ein bestimmtes Maß reduziert werden (RECKLEBEN, 2010). Durch die verkleinerten Reihenabstände verändern sich einige Eigenschaften der eingesetzten Technik. Bei gleicher Ablagequalität kann die Geschwindigkeit um 4 bis 5 km/h erhöht werden, wenn

der Reihenabstand von 75 cm auf 37,5 cm halbiert wird. Somit wird die Schlagkraft erhöht (PEYKER et al., 2008). Die Ansprüche an die Zugkraft der Drillmaschine steigen. Es müssen circa 50 % mehr Zugleistung für die Engsaatmaschine bereitgestellt werden. Aber durch die Verdoppelung der Legeaggregate kann die doppelte Menge an Saatgut mitgeführt werden und somit auch die doppelte Fläche bestellt werden. Entspricht die mitgeführte Düngermenge im Verhältnis dem der Saatgutmenge, kann die Flächenleistung erhöht werden (PEYKER et al., 2008). Durch die Verdopplung der Anzahl an Aggregaten und die Vergrößerung des mitzuführenden Düngervorrates entsteht allerdings auch ein höherer Investitionsaufwand. Dieser beträgt ungefähr das 2,5 fache von dem Investitionsaufwand einer Einzelkornsämaschine mit 75 cm Reihenabstand (PEYKER et al., 2008). Diese veränderten Ansprüche an die Technik und ihre Auswirkungen bei einem halbierten Reihenabstand wirken sich im Verhältnis geringer aus, wenn dieser nur von 75 cm auf den Rübenabstand von 45 cm oder 50 cm angepasst wird (APPEL, 2011).

2.7 Unterfußdüngung und Unterflurdüngung

Die Bodenbearbeitung hat die Aufgabe, organische und mineralische Dünger in die Bodenkrume einzuarbeiten und gleichmäßig zu verteilen (BISCHOFF, 2012c). Beim Einsatz einer nicht wendenden Bodenbearbeitung kann es zu einem Konzentrationsgefälle kommen. Somit wird eine Unterflurdüngung nötig (BISCHOFF, 2012c).

Im Strip Tillage Verfahren lässt sich sehr gut eine Unterfußdüngung bzw. Unterflurdüngung integrieren. Durch die Bauweise der Strip Tillage Technik ist eine optimale Platzierung des Düngers möglich. Die Düngung kann mit der Grundbodenbearbeitung oder mit der Aussaat erfolgen. Aus Sicht der Technik gibt es die Möglichkeiten für eine Düngung mit mineralischen Düngern und flüssigen, organischen Düngern wie Gülle oder Gärsubstrat. Die Unterfußdüngung wird in einer Tiefe von 5 bis 10 cm abgelegt. Bei Unterflurdüngung wird das Düngerdepot in einer Tiefe von 15 bis 25 cm abgelegt (BISCHOFF, 2011). Durch diese Verfahren können Nährstoffverluste durch Ausgasung und Auswaschung vermieden und somit die Düngeeffizienz gesteigert werden (BISCHOFF, 2012d).

Die Unterfußdüngung dient als schnell verfügbares Nährstoffdepot für die Jugendentwicklung der Pflanze. Die Unterflurdüngung soll einen Nährstoffmangel in tieferen Bodenschichten verhindern (BISCHOFF, 2012c). Der Nährstoffmangel in den tieferen Schichten entsteht durch eine mangelnde Durchmischung des Bodens. Dies kann vor allem bei der konservierenden Bodenbearbeitung ein Problem darstellen, wenn keine tiefe Bearbeitung des Bodens stattfindet (BISCHOFF, 2012c).

Die Unterfuß- und Unterflurdüngung kann als Depotdüngung gestaltet werden. So kann die benötigte Stickstoffmenge als Depot im Boden platziert werden. Die Stickstoffernährung der Pflanze sollte ammoniumbetont sein (BISCHOFF, 2012c).

2.7.1 Möglichkeiten der Wurzelsteuerung

Die von der Pflanze benötigten und durch die Düngung zugeführten Nährstoffe haben eine unterschiedliche Wirkung auf die Wurzelarchitektur. So lässt sich die Pflanzenwurzel durch manche Nährstoffe steuern, da diese eine Lockwirkung haben. Eine Attraktionswirkung haben vor allem Ammonium und Phosphat (BAUER, 2012). Durch diese Wurzelsteuerung kann die Pflanze besser in tiefe Bodenschichten vordringen. Hier ist die Gefahr von Wassermangel geringer als in der obersten Bodenschicht (BAUER, 2012). In der Abbildung 11 sind alle wichtigen Nährstoffe bezüglich ihrer Eignung für eine Unterfuß bzw. Unterflurdüngung und deren Auswirkung auf die Wurzel aufgezeigt.

		Nährstoffe	Eignung für die Platzierung	Attraktionswirkung
keine Reaktion		Kalium Magnesium Bor	+++ + --	○ ○ ○
mehr Seitenwurzeln		Ammonium (Eisen) (Mangan)	+++ ○ (+)	++ ○ ○
längere Seitenwurzeln		Nitrat Phosphat Mangan Eisen	-- +++ (+) ○	○ ++ ○ ○

Abbildung 11: Die Eigenschaften von Nährstoffen im Bezug auf die Wurzelarchitektur; Eignung als Unterfuß- bzw. Unterflurdünger und Attraktionswirkung (Bauer, 2012)

Es ist zu erkennen, dass sich vor allem Kalium, Ammonium und Phosphat als Unterfuß- und Unterflurdüngung eignen.

Zu Beachten ist, dass es zu einem Nährstoffgefälle kommen kann, sodass im Wurzelbereich in tieferen Krumenschichten des Bodens nicht genügend Nährstoffe vorhanden sind (BISCHOFF, 2012c). Speziell in diesen Zonen werden aber zum Beispiel pflanzenverfügbare Phosphate benötigt, um das Wachstum zu fördern (BISCHOFF, 2012c). So kommt der Unterflurdüngung im Strip Tillage Verfahren vor allem im Bezug auf Phosphat und Stickstoff in Form von Ammonium eine wichtige Rolle zu, um die Pflanzen bedarfsgerecht zu versorgen (BISCHOFF, 2012c).

2.7.2 Unterfuß bzw. Unterflurdüngung mit flüssigen, organischen Düngern

Die Verwertung von Gülle und Gärsubstraten besonders zur Bestellung von Mais, zur Energiegewinnung in Biogasanlagen, ist ein wichtiges Thema (HIRL, 2012). Durch die Kombination von Grundbodenbearbeitung und Gülleausbringung können zum einen die Ausbringverluste verringert werden und Kosten eingespart werden (HIRL, 2012). Es sollte darauf geachtet werden, dass das Düngerband genügend Abstand zum Saatgut aufweist

(BISCHOFF, 2012d). Zwischen der Gülledepotdüngung und der Aussaat sollte ein gewisser Zeitabstand bestehen. Dieser Zeitraum sollte mindestens 4 bis 5 Tage betragen. Es können auch, je nach Witterung, bis zu sechs Wochen zwischen Düngung und Aussaat vergehen (BISCHOFF, 2012d).

3 Ergebnisse

Um den Erfolg des Strip Tillage Verfahrens zu untersuchen, werden zwei Versuche heran gezogen. Zum einen wird das Auflaufergebnis der Zuckerrüben im Strip Tillage Verfahren untersucht und zum anderen die Herbstentwicklung von Winterraps. Die Daten aus beiden Versuchen werden mittels zweier Kennzahlen anschaulich dargestellt.

Genutzt werden das arithmetische Mittel der Stichprobe und der mittlere Fehler des Mittelwertes. Das arithmetische Mittel nimmt die Summe aller Messwerte und teilt diese durch die Anzahl aller Messwerte (KÖHLER et. al., 2007).

Der mittlere Fehler des Mittelwertes oder auch Standardfehler des Mittelwertes berechnet die ungefähre Streuung des berechneten Mittelwertes um den wahren Mittelwert der gesamten Versuchsfläche (KÖHLER et. al., 2007). Der Standardfehler zeigt also, in welchem Bereich der wirklich gesuchte Wert liegt. Überlappen die Standardfehler der einzelnen Varianten stark, so kann gesagt werden, dass die Wahrscheinlichkeit sehr groß ist, dass keine signifikanten Unterschiede zwischen diesen Varianten bestehen. Weisen die Standardfehler keine große Überlappung auf, ist die Wahrscheinlichkeit sehr groß, dass signifikante Unterschiede zwischen den Varianten bestehen. Genaue Signifikanzangaben erfordern neben einer Varianzanalyse (ANOVA) jedoch noch weitere statistische Nachfolgetests (post hoc Tests) (REEB, 2012).

3.1 Feldaufgang von Zuckerrüben

Der Versuch zum Auflaufergebnis von Zuckerrüben wird auf dem Landwirtschaftlichen Betrieb Gårdstanga Nygård im südschwedischen Schonen durchgeführt. Der Betrieb ist seit dem Frühjahr 2011 in der Umstellungsphase von der Mulchsaat hin zum Strip Tillage System zum Winterraps und zu den Zuckerrüben und zur Direktsaat zur Sommergerste und zum Winterweizen. Im Anbaujahr 2012 wird zum ersten Mal auf dem Betrieb die Zuckerrübenaussaat im Strip Tillage Verfahren durchgeführt. Der Betrieb nutzt seit 2010 außerdem das System Controlled Traffic Farming (CTF). Bei diesem System wird die Wiederholbarkeit des RTK GPS genutzt und in permanenten Spuren gefahren. Dafür werden alle Arbeitsgeräte auf eine einheitliche Arbeitsbreite gebracht. Die

Bodenbearbeitungsgeräte auf Gårdstanga Nygård haben eine Arbeitsbreite von 9 m. Die Pflanzenschutz- und Düngemaßnahmen werden auf 36 m ausgeführt. Die Spurweiten aller Fahrzeuge, die auf den Flächen fahren, sind der Mähdrescherspurweite angepasst, da dieser meist die weiteste Spur hat. Die restliche Fläche bleibt unberührt.

Der Ertrag und damit die wichtigste Einflussgröße auf den Erfolg des Strip Tillage Verfahrens kann aus Zeitgründen nicht betrachtet werden, aber von dem Ergebnis des Auflaufens der Pflanzen lässt sich die Bestandesdichte ableiten und somit ist es möglich, eine Tendenz für den Ertrag aufzuweisen.

3.1.1 Aufbau und Ablauf des Versuches

Ziel des Versuches ist, ob sich das Bestellverfahren für den Betriebsstandort eignet. Es soll festgestellt werden, ob in diesem System eine ausreichende Bestandesdichte erreicht werden kann. Des Weiteren soll betrachtet werden, ob sich das CTF System negativ auf den Pflanzenbestand in diesem Bereich auswirkt. In den CTF Fahrspuren, welche nicht für Pflanzenschutz und Düngung genutzt werden, wird die Aussaat ganz normal durchgeführt. Diese Bereiche weisen aber eine Verdichtung auf (APPELL, 2011). Aus Zeitgründen für diese Arbeit soll der Erfolg des Systems nur anhand des Auflaufergebnisses der Zuckerrüben dargestellt werden. Das Auflaufergebnis soll zweimal dokumentiert werden. Das erste Mal zwei Wochen nach der Aussaat und das zweite Mal vier Wochen nach der Aussaat. An diesem letzten Termin lässt sich dann abschätzen, welche Pflanzen überlebensfähig sind oder ob sie ausfallen.

Die klimatischen Voraussetzungen des Betriebs sind im Folgenden beschrieben.

Das Klima in Südschweden ist durch einen kalten Winter, durch eine ausgeprägte Vorsommertrockenheit und einen niederschlagreichen Sommer geprägt. Im Durchschnitt der letzten 10 Jahre sind jährlich 590 mm Niederschlag gefallen. Es herrschte eine Jahresdurchschnittstemperatur von 8.4 °C in den letzten 10 Jahren. Die Witterung 2011 war wie in Norddeutschland von einer Vorsommertrockenheit und einem niederschlagsreichen August, mit circa 200 mm Regen geprägt (N.N., 2011). Es steht vor allem nur im Sommer ein kurzer Zeitraum für die Ernte und Bestellung zur Verfügung, da sich der Klimatrend ähnlich abzeichnet, wie in Norddeutschland (Kapitel 2.1) (APPELL, 2011).

Insgesamt werden auf dem Betrieb 250 ha Zuckerrüben angebaut. Die für den Versuch ausgewählte Fläche „G 15“ ist 98,25 ha groß.

Bei der Abbildung 4 handelt es sich um eine Satellitenaufnahme der Fläche. Bei dem Boden auf der Fläche handelt es sich um einen sandigen Ton mit circa 25 % Tonanteil. Der pH-Wert liegt bei 6,8. Der Ausgewählte Versuchsbereich ist eine leichte Kuppe, die sich über die gesamte Flächenbreite hinstreckt. Die Teilfläche wurde für die Anlage des Versuches ausgesucht, da sie die durchschnittliche Bodengüte der Fläche widerspiegelt. Außerdem ist diese Teilfläche sehr homogen. Somit werden Unterschiede im Auflaufverhalten, bedingt durch den Bodentyp, weitestgehend ausgeschlossen. In der Abbildung 12 ist die für den Versuch ausgewählte Fläche zu sehen.



Abbildung 12: Versuchsfläche „G15“ (N.N. 2012b)

Die Fläche wurde wie folgt für das Strip Tillage Verfahren vorbereitet. Die Vorfrucht Winterweizen wurde am 10.08.2011 geerntet. Anschließend wurde mit einer Drillmaschine des Typs Väderstad Spirit 900S ein Zwischenfruchtgemisch eingesät. Die Mischung wurde von der Organisation für Minimalbodenbearbeitung FRDK empfohlen. In der Tabelle 4 ist die Zwischenfruchtmischung mit ihren Bestandteilen ausgewiesen.

Tabelle 4: Zwischenfruchtmischung empfohlen durch den FRDK

Fruchtart	Sorte	Anteil in % an der Gesamtmischung
Lupinen	Azuro	50
Phacelia	Balo	10
Ölrettich	Cassius	30
Alexandrinerklee	Axi	10

Nach der Aussaat wurde die Fläche abweichend von dem normalen CTF System im 45° Winkel zur normalen Bearbeitungsrichtung mit einer Kombination aus Striegel und Walze bearbeitet.

Die Bearbeitung mit dem Striegel und der Walze wurde zur besseren Strohverteilung und für einen besseren Bodenschluss der Saat getätigt. Die dem CTF System abweichende Bearbeitungsrichtung wurde gewählt, um den bestmöglichen Effekt auf die Strohverteilung zu bekommen. Aufgrund des hohen Tongehaltes des Bodens der Versuchsfläche, wurde die Grundbodenbearbeitung für das Strip Tillage Verfahren im Herbst durchgeführt. Für diesen Arbeitsgang wurde ein Köckerling Master mit einer Arbeitsbreite von 6 m genutzt. Der Reihenabstand beträgt 50 cm. Dieses Gerät entspricht zwar nicht den Vorgaben des CTF Systems, aber es ist keine Maschine in der passenden Arbeitsbreite von 9 m zu bekommen. Die Grundbodenbearbeitung wurde am 15.11.2011 durchgeführt.

Die Vorbereitung für die Aussaat hat am 21.03.2012 begonnen. Es wurden 300 kg/ha NPK Dünger als Unterfußdüngung in Streifen des Strip Tillage Systems gelegt. Der Dünger weist die Gehalte von 27 % N, 3 % P₂O₅ und 5 % K₂O auf. Somit sind 81 kg/ha N, 9 kg/ha P₂O₅ und 15 kg/ha K₂O vor der Saat gedüngt worden. Der Arbeitsgang dient gleichzeitig der Saatbettbereitung. Genutzt wird für diesen Arbeitsgang die modifizierte Väderstad Spirit 900S. Die Abbildung 13 zeigt die Fläche während dieses Arbeitsganges. Auf der linken Bildseite ist der Effekt der Grundbodenbearbeitung im Herbst zu sehen. Auf der rechten Bildseite ist die Saatbettbereitung mit der Unterfußdüngung kombiniert. Auf der

Abbildung ist zu erkennen, dass durch die Saatbettbereitung eine Vertiefung entsteht und dass loser Boden auf die Oberfläche zwischen den Streifen befördert wird.



Abbildung 13: Effekt der Saatbettbereitung im Strip Tillage Verfahren

Nach dem Arbeitsgang der Saatbettbereitung folgte am 22.03.2012 die Aussaat. Es wurde die neue Sorte SY Muse von der Syngenta Seeds ausgesät. Die Sorte weist eine Resistenz gegenüber Rizomania (viröse Wurzelbärtigkeit) auf. Die Aussaatstärke betrug 1 Einheit pro ha. Es ergibt sich somit eine Aussaatstärke von 100.000 Pflanzen pro ha. Das entspricht bei einem Reihenabstand von 50 cm einem Pflanzenabstand von 20 cm innerhalb der Reihen. Der Parameter des Saatkornabstandes wurde regelmäßig während der Aussaat überprüft. Die Abbildung 14 zeigt eine freigelegte Saatreihe mit den einzelnen Saatkörnern.



Abbildung 14: Kontrolle der Ablagegenauigkeit bei der Zuckerrübenaussaat

Die Abbildung zeigt, dass der Abstand zwischen den Saatkörnern die gewünschten 20 cm beträgt. Diese Überprüfung wurde an mehreren Stellen auf der Versuchfläche wiederholt. Für die Aussaat wurde eine Einzelkorndrillmaschine des Typs Kleine Unicorn 3 genutzt. Die einzelnen Säaggregate werden elektrisch angetrieben. Da die Maschine keine Mulchsaatausrüstung aufweist, konnte nur sehr langsam gefahren werden, da sonst die Ablagegenauigkeit nicht gut genug wäre. Es wurde eine Geschwindigkeit von 4 bis 5 km/h gefahren. Bei einem zu schnellen Tempo würde vor allem die Genauigkeit der Ablagetiefe leiden, weil die einzelnen Aggregate nicht schwer genug sind und nicht genügend Druck entwickelt, um eine konstante Ablagetiefe zu erreichen. Die Ablagetiefe soll 3 cm betragen. (APPELL, 2012) In Abbildung 15 ist die Kontrolle der Ablagetiefe dargestellt.



Abbildung 15: Kontrolle der Ablagetiefe bei der Zuckerrübenaussaat

Es ist zu erkennen, dass die Ablagetiefe eingehalten wird. Allerdings musste sehr darauf geachtet werden, die geringe Geschwindigkeit von 4 bis 5 km/h nicht zu überschreiten. Sobald schneller gefahren wurde, waren die Ablagetiefe und die Bedeckung des Saatgutes nicht zufriedenstellend.

3.1.2 Auswertung des Versuches

Durch die kalte und nasse Witterung im April 2012 wurde das Pflanzenwachstum auf dem Standort stark gehemmt. Es war es aus zeitlichen Gründen für diese Arbeit nicht möglich, zwei Zählungen durchzuführen. Somit wurde nur eine Zählung durchgeführt.

Am 27.04.2012 wurde die Bestandsdichte ausgezählt und geprüft, wie viele Pflanzen noch ungefähr auflaufen werden, um eine endgültige Bestandesdichte abschätzen zu können.

Um das Strip Tillage Verfahren mit der Mulchsaat vergleichen zu können, wurden auf dem gleichen Betrieb auch Flächen ausgezählt, die im Mulchsaatverfahren bestellt wurden. Die ausgebrachte Saatgutmenge war bei beiden Verfahren mit 100.000 Körnern pro ha gleich. Die Mulchsaatvarianten stehen auf etwas leichteren Flächen und wurden 5 Tage früher

bestellt. Durch die kalten Temperaturen ist dieser zeitliche Abstand aber unbedeutend. In Südschweden herrschte im April eine Durchschnittstemperatur von 5°C. (APPELL, 2012). Um ein hohes standortübliches Ertragsniveau zu erreichen, ist eine Bestandsdichte von 75.000 Pflanzen pro ha notwendig (APPELL, 2012). Diese wird im Folgenden auch Mindestbestandsdichte genannt. In der Abbildung 16 sind die Ergebnisse der ersten Zählung abgebildet. Als konstante Linie ist die gewünschte Mindestbestandsdichte eingezeichnet.

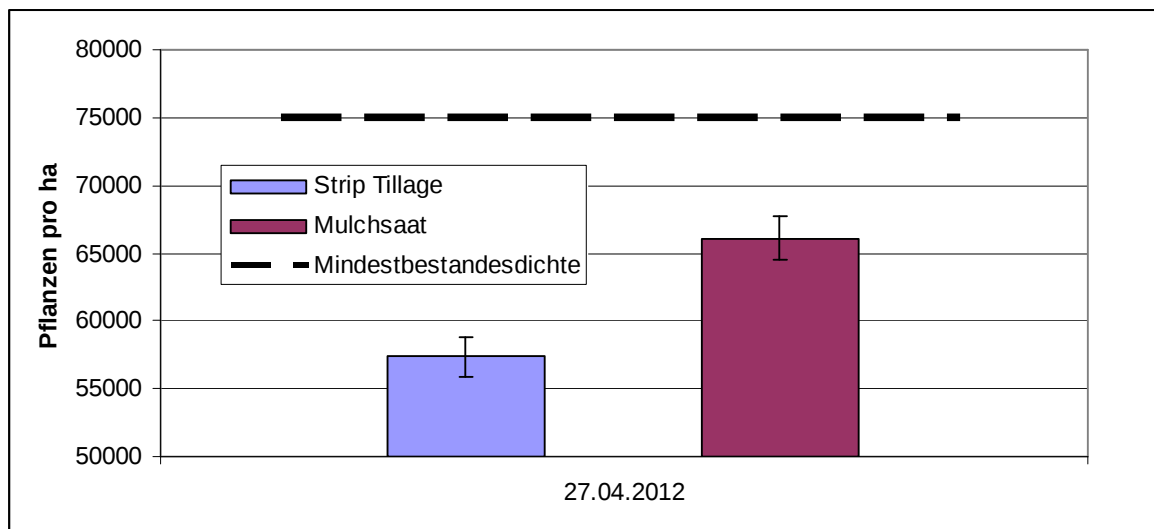


Abbildung 16: Feldaufgang von Zuckerrüben am 27.04.2012

Aus der Abbildung wird deutlich, dass beide Bestellverfahren unter den klimatischen Verhältnissen des Frühjahres 2012 Probleme haben. Es wird die Mindestbestandsdichte von beiden Bestellverfahren nicht erreicht. Aus den Standardfehlern wird deutlich, dass es mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit signifikante Unterschiede zwischen den Ergebnissen des Feldaufganges gibt. In der Abbildung 17 sind die Feldaufgänge der verschiedenen Bestellverfahren abgebildet. Außerdem wird bei jedem Verfahren der Feldaufgang in den CTF Fahrspuren dargestellt.

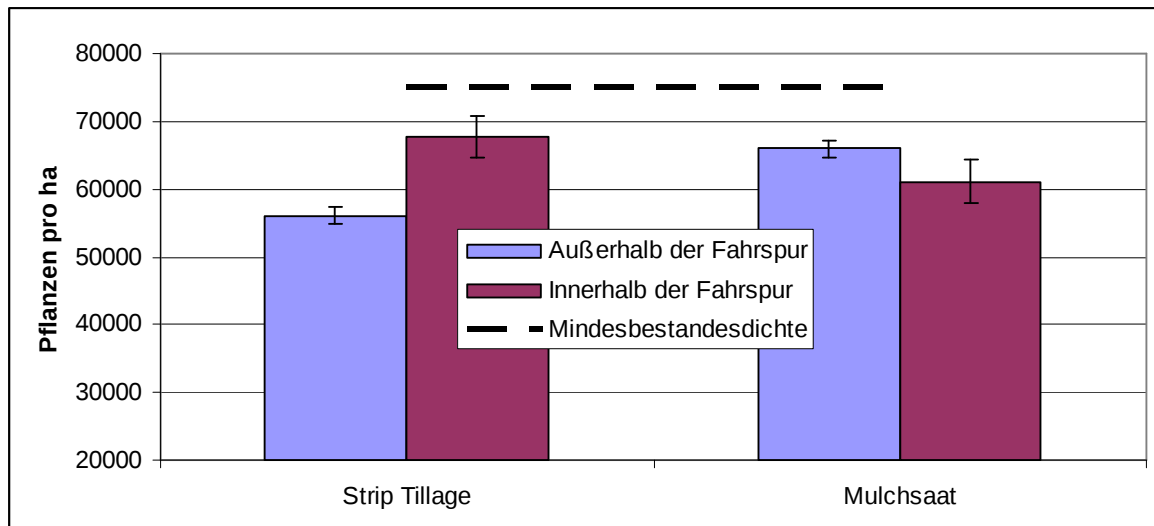


Abbildung 17: Feldaufgang der Zuckerrüben in Abhängigkeit von dem Bestellverfahren und der CTF Fahrspur am 27.04.2012

Es ist erkennbar, dass keine ausgezählte Bestandsdichte an die definierte Mindestbestandsdichte heran reicht. Beim Strip Tillage Verfahren ist mit hoher Wahrscheinlichkeit ein signifikanter Unterschied zwischen den Bereichen außerhalb und innerhalb der CTF Fahrspur.

3.2 Strip Tillage bei Winterraps mit unterschiedlichen Düngungsvarianten

Die Hanse Agro Beratung & Entwicklung GmbH ist ein weltweit tätiges, privates Beratungsunternehmen für den Pflanzenbau. Durch eigene Versuche, die an verschiedenen Standorten durchgeführt werden, wird versucht, eine Verknüpfung zwischen Wissenschaft und Praxis zu bilden. Auf dem landwirtschaftlichen Betrieb von Andreas Bertram in 38459 Bahrndorf wird ein Versuch zum Thema Strip Tillage durch die Hanse Agro ausgeführt. In dieser Arbeit soll auf die Herbstentwicklung des Rapsbestandes eingegangen werden. Auf den Ertrag kann aus zeitlichen Gründen nicht eingegangen werden. Es werden verschiedene Bestellverfahren, Reihenweiten und Unterfuß- bzw. Vorsaateinarbeitungsdüngungen untersucht und miteinander verglichen. Die Datensätze für die Auswertung der Herbst- und Frühjahrsentwicklung wurden von der Hanse Agro bereitgestellt.

3.2.1 Aufbau und Ablauf des Versuches

Der Versuch wurde auf der Fläche „Langer Acker“ angelegt. Es handelt sich um sandigen Lehm, mit 40 bis 45 Bodenpunkten. Der langjährige durchschnitt der Niederschläge beläuft sich auf 540 mm (REEB, 2012)

Die Versuchsanlage wurde entlang der normalen Fahrgassen angelegt. Auf der Abbildung 18 ist die Versuchfläche auf einem Satellitenfoto zu sehen. Eingerahmt ist der Bereich der zur Bonitur der Versuche genutzt wird. Innerhalb jeder Variante wurden 4 Wiederholungen bonitiert.



Abbildung 18: Versuchsfläche „Langer Acker“ (N.N., 2012b)

Es sind insgesamt 13 verschiedene Varianten in dem Versuch angelegt. Die Varianten unterscheiden sich im Bezug auf das Bestellverfahren, auf die Reihenweite, auf die Art der Düngung und auf die Menge der Düngung.

Die verschiedenen Bestellverfahren waren zum einen die betriebsübliche Mulchsaat. Hier wurde noch unterschieden zwischen 12,5 cm und 25 cm Reihenabstand. Die Grundbodenbearbeitung erfolgte in diesen Varianten mit einem Grubber des Typs Horsch Tiger auf einer Tiefe von 25 cm. Die Saatbettbereitung und Aussaat mit einer Kreiseleggendrillkombination des Typs Lemken Solitär. Zum anderen wurde das Strip Tillage Verfahren eingesetzt. Hierfür wurde eine Maschine mit einem Reihenabstand von 45 cm genutzt. Zum Einsatz kam eine Maschine der Firma Köckerling. Der Köckerling Master arbeitet nach dem kombinierten Verfahren. Die Aussaat auf dem Streifen erfolgt also im gleichen Arbeitsgang, wie die Grundbodenbearbeitung und Düngung, mit einer normalen Drillmaschine, welche mit einer pneumatischen Dosierung ausgestattet ist.

Die Unterschiede bezüglich der Düngung sind in drei verschiedene Methoden eingeteilt. Es sind Varianten ohne jeglichen Dünger im Herbst, mit echter Unterflurdüngung und mit Vorsaateinarbeitung vorhanden. Es werden unterschiedliche Düngerarten und Mengen getestet. Zwei verschiedene Dünger werden solo oder gemischt, im Verhältnis 1 zu 1, eingesetzt. Zum einen Schwefelsaurer Ammoniak (SSA), welcher 21 % N und 24 % SO_4 aufweist. Zum anderen Diammoniumphosphat (DAP), welcher 18 % N und 46 % P_2O_5 als Inhaltsstoffe aufweist. Der Stickstoff in beiden Düngern liegt in Ammoniumform vor. Bei der Unterflurdüngung wurde das Düngerband circa 12 bis 16 cm unter der Saat abgelegt. Die Dünger der Vorsaateinarbeitungsvarianten wurden vor dem zweiten Stoppelgang mit einem normalen Schleuderstreuer ausgebracht und dann eingearbeitet.

In der Tabelle 5 sind die einzelnen Varianten des Versuches aufgezeigt. Ein ausführlicher Lageplan des Versuches ist als Anlage 1 dieser Arbeit beigelegt.

Tabelle 5: Übersicht der Versuchsvarianten

Variante	Bestellverfahren	Reihenweite (cm)	Aussaatstärke (Körner m ²)	Unterflurdüngung		Vorsaateinarbeitung	
				SSA (kg/ha)	DAP (kg/ha)	SSA (kg/ha)	DAP (kg/ha)
0	Mulchsaat	25	40	-	-	-	-
1	Strip Tillage	45	30	-	-	-	-
2	Strip Tillage	45	30	-	100	-	-
3	Strip Tillage	45	30	100	-	-	-
4	Strip Tillage	45	30	50	50	-	-
5	Strip Tillage	45	30	-	-	-	100
6	Strip Tillage	45	30	-	-	100	-
7	Strip Tillage	45	30	-	-	50	50
8	Mulchsaat	12,5	40	-	-	50	50
9	Mulchsaat	12,5	40	-	-	100	-
10	Mulchsaat	12,5	40	-	-	-	100
11	Mulchsaat	12,5	40	-	-	-	-
12	Mulchsaat/ Betriebsvariante	12,5	40	-	-	-	-

In der Tabelle werden die Unterschiede der eingesetzten Verfahren deutlich. Alle wichtigen Merkmale wie Reihenweite, Aussaatstärke, Düngermenge und Ausbringungsart des Düngers sind vermerkt.

In Tabelle 6 werden die für den Versuch ausgebrachten Stickstoffmengen aufgezeigt. Die verschiedenen Düngerarten bzw. Düngervarianten werden entweder als Vorsaateinarbeitung oder Unterflurdüngung ausgebracht wie aus der vorherigen Tabelle ersichtlich wird.

Tabelle 6: Ausgebrachte Nährstoffmengen der einzelnen Düngervarianten

		N	P ₂ O ₅	SO ₄
	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
DAP	100	18	46	
SSA	100	21		24
DAP/SSA	50/50	19,5	23	12

Als Vorbereitung für den Versuch wurde am 18.08.2011 auf die Vorsaateinarbeitungsvarianten 5 bis 10 die jeweilige Düngermenge ausgebracht. Anschließend wurde die gesamte Fläche mit einem Grubber des Typs Lemken Smaragd auf 10 cm Tiefe als zweite Stoppelbearbeitung bearbeitet. Am folgenden Tag wurde die Grundbodenbearbeitung auf den Mulchsaatvarianten mit dem Horsch Tiger durchgeführt. Am 20.08.2011 konnte mit der Aussaat in den Strip Tillage und in den Mulchsaatvarianten begonnen werden. Es wurde die Sorte Dimension ausgedrillt. Die Aussaatstärke wurde dem Bestellverfahren angepasst. So wurden in den Mulchsaatvarianten 40 Körner je m² und in den Strip Tillage Varianten 30 Körner je m² ausgedrillt. Bei der Sorte Dimension handelt es sich um eine Hybridsorte, welche von der Deutschen Saatveredlung AG hergestellt wird. Die Aussaat konnte am 21.08.2011 abgeschlossen werden.

3.2.2 Auswertung des Versuches

Als erster Parameter wurde der Feldaufgang für den Vergleich der Varianten herangezogen. Es wurde an insgesamt fünf Terminen gezählt. Der erste Zähltermin ist der 26.08.2011. Dieser wird nicht in die Auswertung des Feldaufganges mit einbezogen, weil der Zeitraum zwischen Aussaat und Zählung mit elf Tagen sehr gering ist. Zumal ein Starkregenereignis das Saatbett nach der Aussaat stark verschlammte hatte. Die Aussaatstärke der einzelnen Bestellverfahren beschreibt gleichzeitig die Zielpflanzenzahl. Der erste Zähltermin welcher betrachtet wird, ist der 01.09.2011. In Abbildung 19 sind die Pflanzenzahlen der Mulchsaatvarianten abgebildet. Der Standardfehler ist für jede Variante mit aufgeführt. Als konstante Linie ist die Aussaatstärke dieser Varianten von 40 Körnern je m² abgebildet.

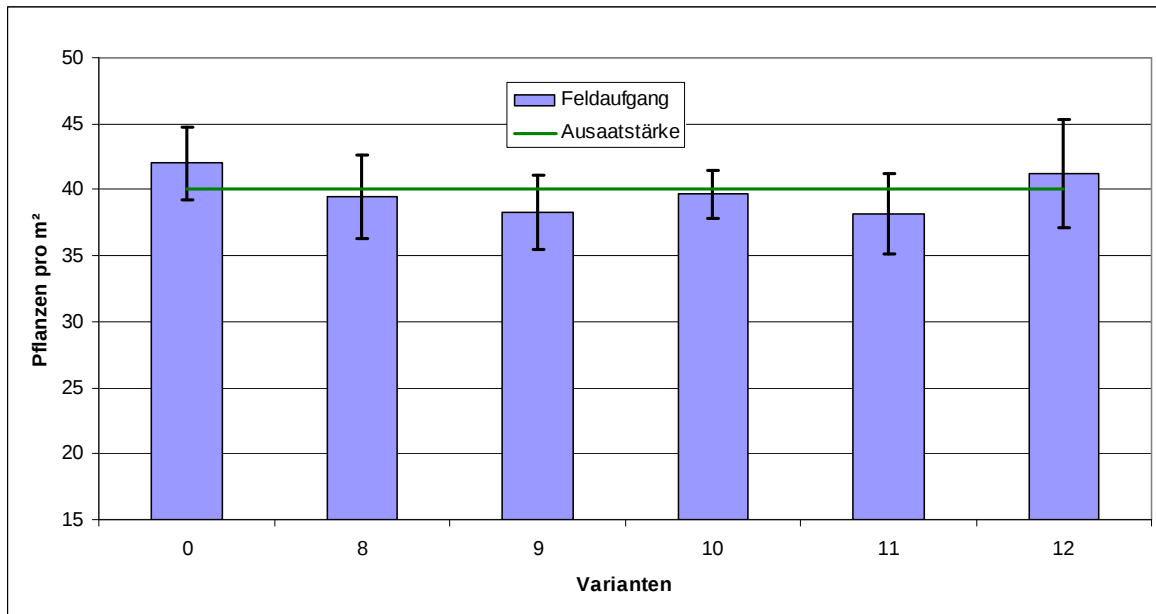


Abbildung 19: Feldaufgang der Mulchsaatvarianten am 01.09.2011

In der Abbildung 19 ist zu erkennen, dass die Mulchsaatvarianten alle die Aussaatstärke fast erreichen oder sie überschreiten. Keine Variante zeigt im Mittelwert aller Wiederholungen große Abweichungen zur ausgesäten Bestandsdichte. So sind maximal 4,5% der Saat in den Stichprobenparzellen nicht aufgelaufen. Die eingezeichneten Standardfehler der Varianten überlappen und weisen daraufhin, dass die Wahrscheinlichkeit sehr groß ist, dass die wirklichen Mittelwerte der Varianten keine signifikanten Unterschiede aufweisen. Es bleibt also festzuhalten, dass das Ergebnis des Feldaufganges der Mulchsaatvarianten mit den Reihenabständen 12,5 cm und 25 cm gut ist.

In Abbildung 20 sind die Ergebnisse des Feldaufganges in den Strip Tillage Varianten am 01.09.2011 abgebildet. Der Standardfehler jeder Variante ist mit abgebildet. Als konstante Linie ist wieder die Aussaatstärke von 30 Körnern je m² abgebildet.

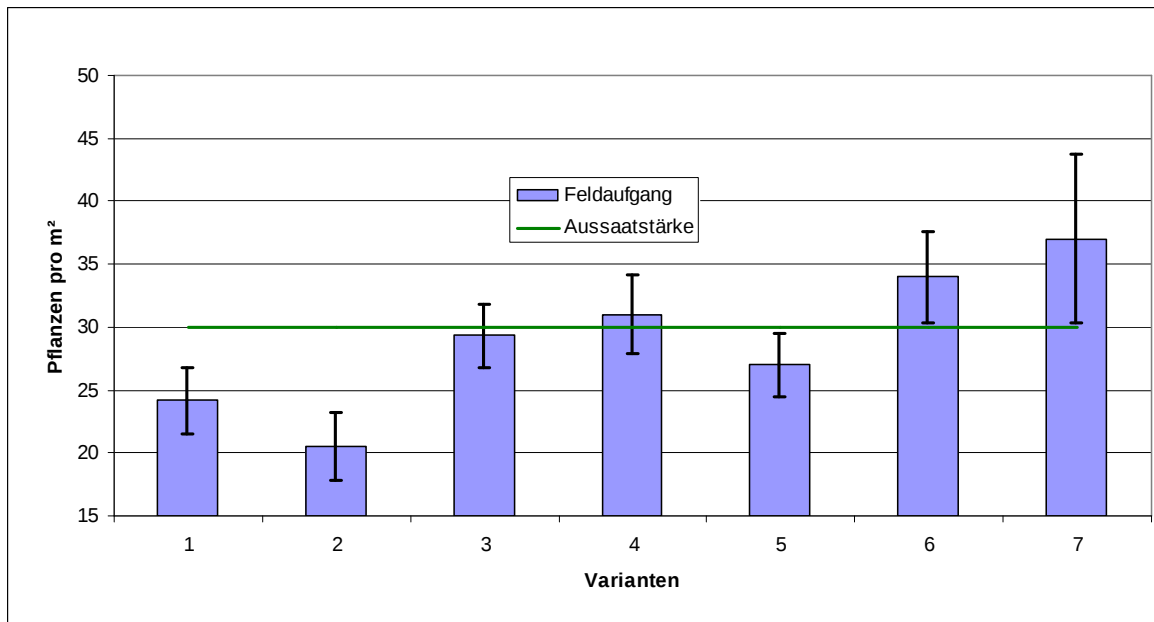


Abbildung 20: Feldaufgang der Strip Tillage Varianten am 01.09.2011

Die Abbildung 20 zeigt, dass die Ergebnisse des Feldaufganges der Strip Tillage Varianten nicht so konstant sind, wie in den Mulchsaatvarianten. So sind größere Abweichungen der Bestandsdichte zur Aussaatstärke zu beobachten. Der Mittelwert der Parzellen für die Stichproben der Variante 2 erreicht die Aussaatstärke nur zu 68 %. Das entspricht 20,5 Pflanzen pro m². Ist diese Anzahl an Pflanzen zur Ernte vorhanden, ist es möglich, ein gutes standortspezifisches Ertragsniveau zu erreichen (REEB, 2012). Die Standardfehler zeigen, dass es Wahrscheinlich ist, dass signifikante Unterschiede zwischen den Varianten bestehen. Der Feldaufgang der Strip Tillage Varianten ist nicht in allen Varianten zufriedenstellend. Die Standardfehler zeigen außerdem, dass die wahren Mittelwerte der Variante 1, 2 und 5 nicht die Aussaatstärke erreicht haben. Also weisen die Varianten ohne jegliche Düngung mit DAP Unterflurdüngung und mit DAP Vorsaatbearbeitung einen mangelnden Feldaufgang auf.

Es wurden vier Zählungen in den Varianten zu unterschiedlichen Terminen durchgeführt. So kann eine Entwicklung des Pflanzenbestandes dargestellt werden. Die Zählungen wurden in jeder Variante, zu jedem Termin an den gleichen Stellen durchgeführt. Die

Düngung der einzelnen Varianten hat auf den Pflanzenbestand keinen Einfluss. Dies ist vor allem mit dem Einzeljahr 2011 und dessen milden und wüchsigen Herbst zu begründen. (REEB, 2012)

In Abbildung 21 und 22 sind die Entwicklungen der Pflanzenbestände der jeweiligen Bestellverfahren abgebildet. Die Aussaatstärken der Varianten sind jeweils mit eingezeichnet.

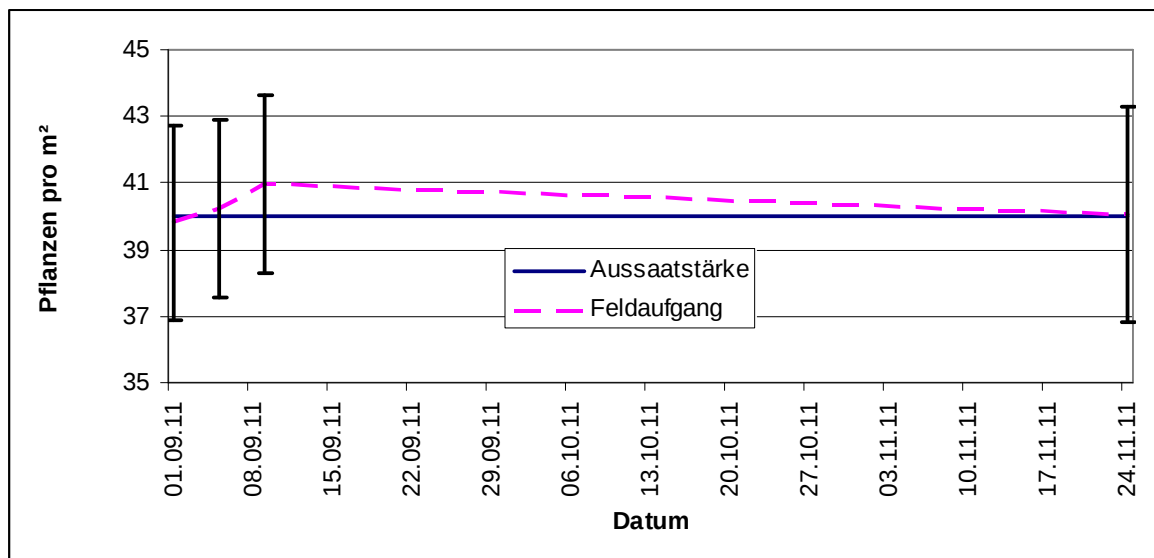


Abbildung 21: Entwicklung des Pflanzenbestandes der Mulchsaatvarianten vom 01.09.2011 bis zum 24.11.2011

Die Abbildung 21 zeigt, dass sich der Pflanzenbestand der Mulchsaatvarianten sehr konstant entwickelt hat. Der eingezeichnete Standardfehler lässt erkennen, dass der Feldaufgang mit großer Wahrscheinlichkeit keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Zählterminen aufweist. Außerdem ist am Standardfehler zu erkennen, dass der wirkliche Mittelwert der Mulchsaatvarianten sich nahe der Zielpflanzenzahl befinden muss. Somit ist die eine gute Pflanzenzahl in den Varianten der Mulchsaat vorhanden.

In der Abbildung 22 ist die Entwicklung der Pflanzenzahl der Strip Tillage Varianten abgebildet.

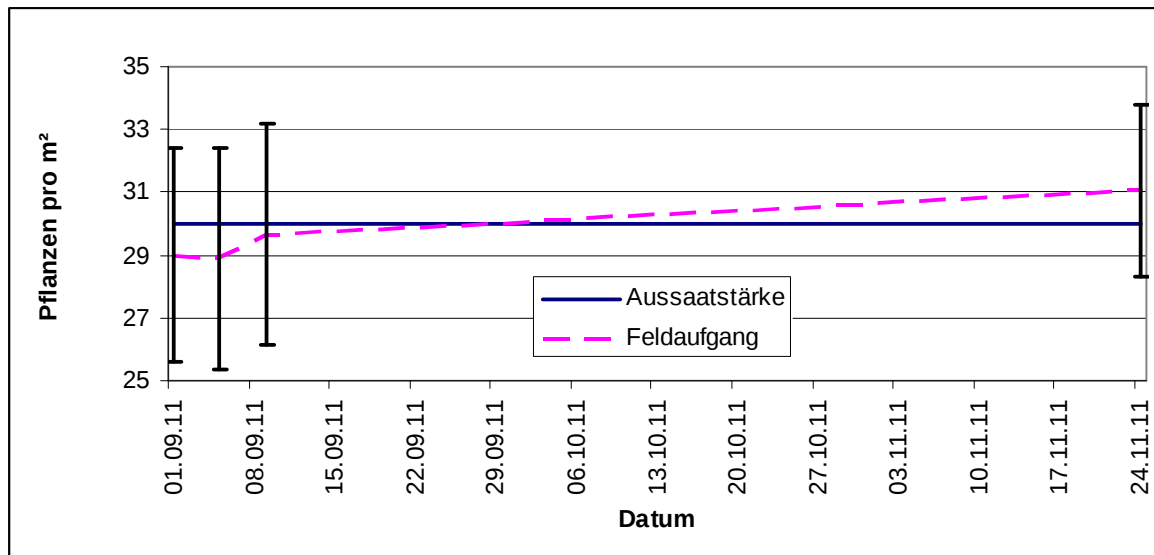


Abbildung 22: Entwicklung des Pflanzenbestandes der Strip Tillage Varianten vom 01.09.2011 bis zum 24.11.2011

In Abbildung 22 ist auch die Entwicklung der Strip Tillage Varianten sehr konstant. Die Standardfehler aller Zähltermine überlappen stark, bzw. liegen auf einer Ebene. So ist zum einen sehr wahrscheinlich, dass keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Pflanzenzahlen an den verschiedenen Zählterminen festzustellen sein werden. Zum anderen liegen alle Standardfehler um die Aussaatstärke, sodass davon ausgegangen werden kann, dass der wirkliche Pflanzenbestand ungefähr der Zielpflanzenzahl von 30 Pflanzen je m² entspricht.

Es bleibt also festzuhalten, dass beide Systeme eine gute Bestandsdichte hervorbringen. Allerdings kann bei den Strip Tillage Varianten zeitnah nach der Aussaat ein ungleichmäßiger Feldaufgang in den verschiedenen Varianten beobachtet werden.

Als weitere Parameter der Herbstentwicklung werden die Blätterzahl und die Wurzelhalsdurchmesser der Pflanzen am Vegetationsende herangezogen. Die Blätterzahl sollte in der Vorwinterentwicklung bei acht bis zwölf Blättern liegen. Der Wurzelhalsdurchmesser sollte 10 bis 12 mm betragen (DÖLGER et al., 2009). Die Datenerfassung auf der Versuchsfläche wurde am 30.11.2011 durchgeführt. Bei der Auswertung muss die Düngung mit einbezogen werden. Diese hat Möglicherweise einen Einfluss auf die Vorwinterentwicklung bezüglich der Blätterzahl und des Wurzelhalsdurchmessers.

Die Abbildung 23 zeigt die Anzahl der Blätter der verschiedenen Düngungsvarianten. Als konstante Geraden ist die oben genannte Mindestblattzahl von 8 Blättern für eine gute vorwinterliche Entwicklung und die Blätterzahlen der ungedüngten Mulchsaatvariante abgebildet. Die verschiedenen Applikationstechniken werden für jede Art des Düngers abgebildet.

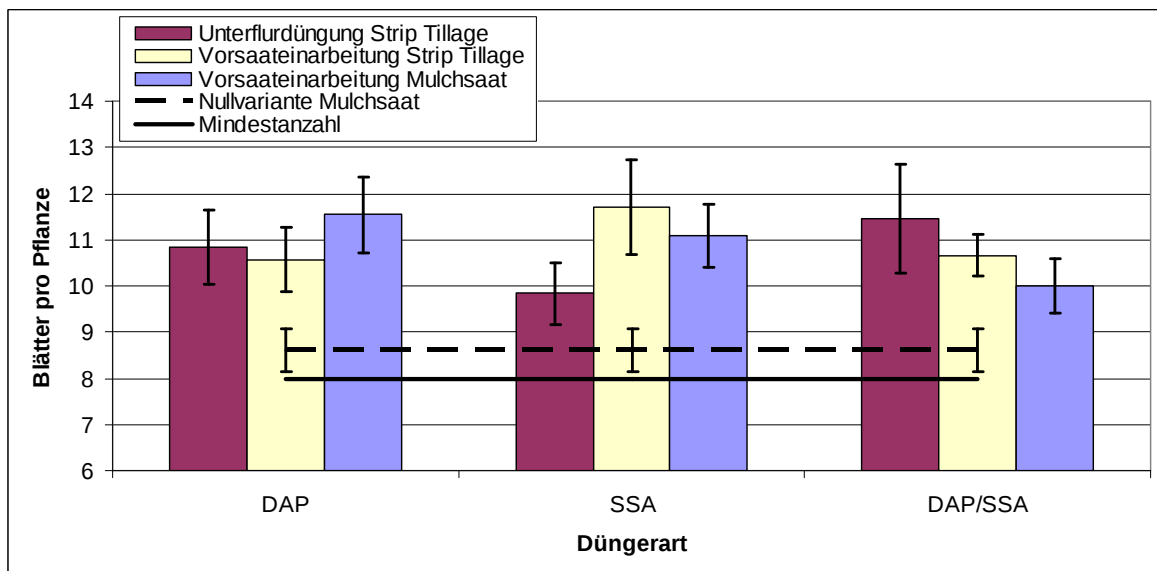


Abbildung 23: Anzahl der Blätter pro Pflanze der verschiedenen Düngungsvarianten und Bestellverfahren am 30.11.2012

Aus der Abbildung wird deutlich, dass Unterschiede zwischen den Varianten bestehen. Allerdings wird aus den Standardfehlern der Varianten ersichtlich, dass die Unterschiede der wahren Mittelwerte nicht sehr groß sein werden. Die Mindestanzahl an Blättern für eine gute Vorwinterentwicklung wird von allen Varianten erreicht. Auch die ungedüngte Mulchsaatvariante weist höhere Blätterzahlen, als die definierte Mindestanzahl auf.

In der Abbildung 24 sind die Wurzelhalsdurchmesser der Varianten aufgezeigt. Als konstante Gerade sind der oben definierte Mindestdurchmesser und der Durchmesser der ungedüngten Mulchsaatvariante abgebildet.

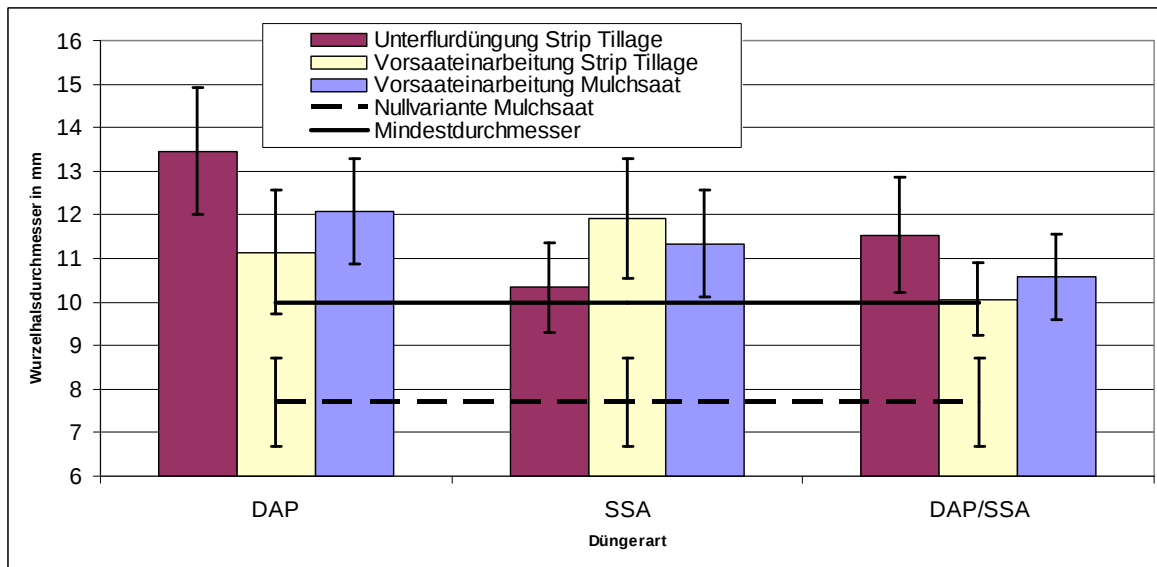


Abbildung 24: Wurzelhalsdurchmesser der verschiedenen Düngungsvarianten und Bestellverfahren am 30.11.2011

Die in der Abbildung aufgezeigten Standardfehler zeigen, dass die wirklichen Mittelwerte der Varianten bei fast allen über dem genannten Mindestdurchmesser liegen. Somit bleibt festzuhalten, dass beide Bestellverfahren mit den verschiedenen Düngungen gute Vorwinterentwicklungen hervorbringen. Die Nullvariante der Mulchsaat weist eine schlechtere Entwicklung auf und kommt nicht an den Mindestdurchmesser heran.

Besonders für das Strip Tillage Verfahren ist die Wurzellänge interessant. So wird versucht, mit dem System einen möglichst guten Wurzelraum zu schaffen. Kombiniert mit einer phosphathaltigen Unterflurdüngung wird eine Steuerung der Wurzel in tiefere Bodenschichten möglich sein. In Abbildung 25 wird die Wurzellänge der verschiedenen Varianten abgebildet. Als konstante Gerade ist die Nullvariante Mulchsaat in die Abbildung eingefügt.

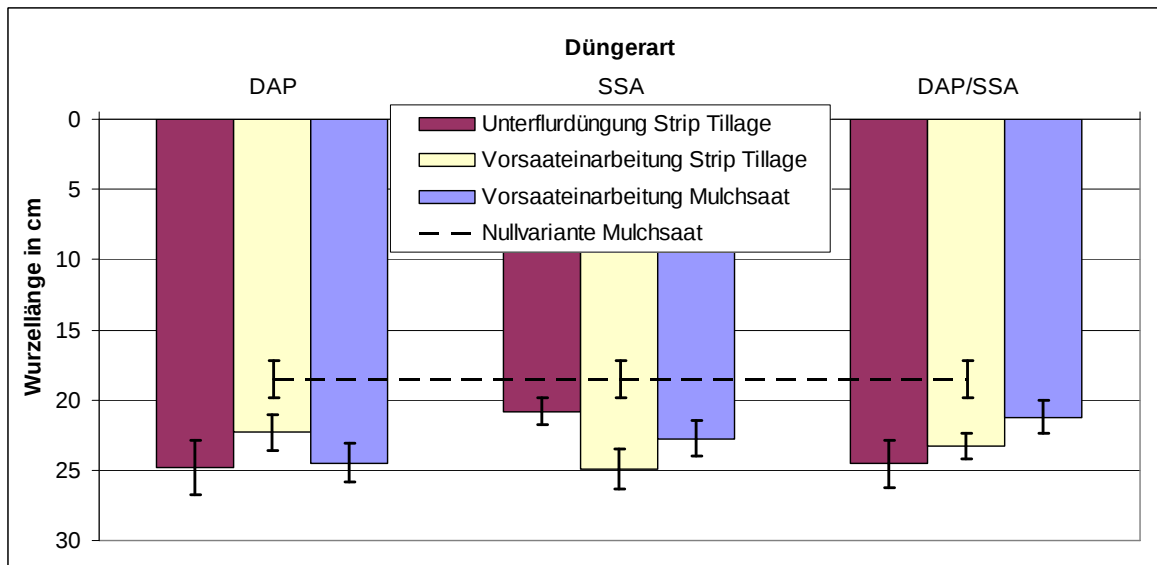


Abbildung 25: Wurzellänge der Verschiedenen Düngevarianten und Bestellverfahren am 30.11.2011

Die Abbildung zeigt anhand der Standardfehler, dass die wirklichen Mittelwerte der Varianten nicht weit von einander abweichen werden. Die Nullvariante ohne jeglichen in den Boden abgelegten Dünger hat mit hoher Wahrscheinlichkeit eine geringere Wurzellänge, als die anderen abgebildeten Varianten. Somit kann ein Vorteil für die Düngungsvarianten abgebildet werden. Ein Vorteil für die Strip Tillage Varianten kann nicht abgebildet werden.

Die Abbildung 26 zeigt die errechnete N Aufnahme der Varianten. Diese wird aus der oberirdischen Frischmasse der Pflanzen errechnet. Das Gewicht der Frischmasse wird mit dem Faktor 50 multipliziert. Diese Methode zur Schätzung der N Aufnahme des Bestandes im Herbst wurde in Frankreich entwickelt.

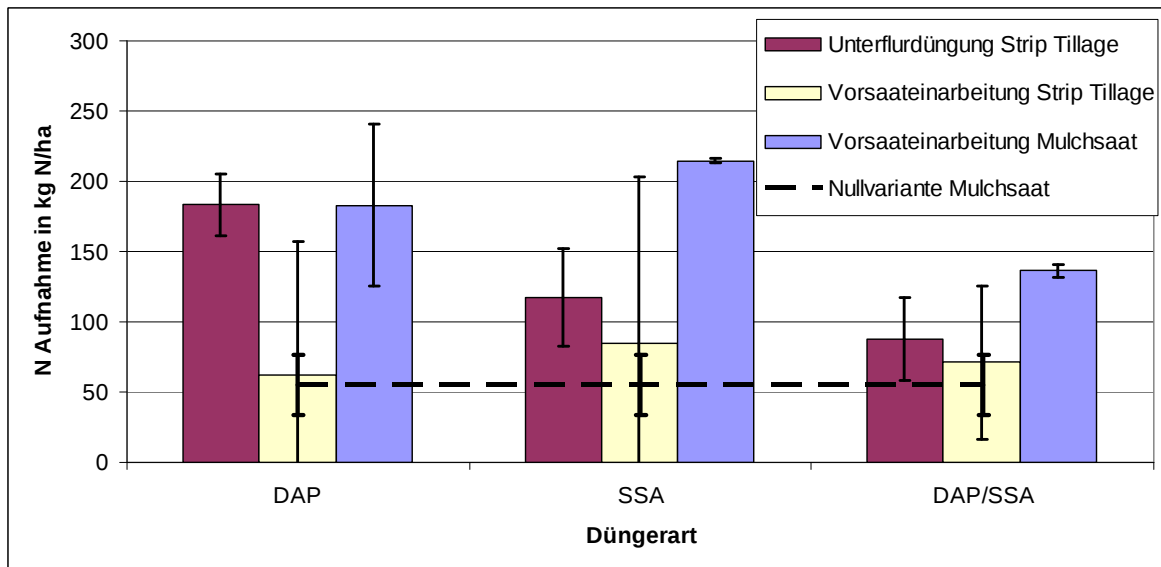


Abbildung 26: Errechnete N Aufnahme der Varianten am 30.11.2011

Die Abbildung zeigt, dass die N Aufnahme der Varianten sehr unterschiedlich ist. Die gemessenen Mittelwerte der Vorsaateinarbeitungsvarianten im Strip Tillage Verfahren weisen bei allen Düngerarten eine sehr geringe N Aufnahme auf. Allerdings haben diese Varianten mehr Stickstoff aufgenommen, als die ungedüngte Mulchsaatvariante.

Um Unterschiede bezüglich der Herbstentwicklung von den einzelnen Varianten hervorzuheben, kann neben den schon abgebildeten Parametern der Biomasseindex des Yara N Sensor der Firma Agri Con genutzt werden. Der Sensor misst die Reflektion der Pflanzen und somit die Grünfärbung des Bestandes. Daraus wird ein Biomasseindex errechnet. Bestände, welche schwächer mit Stickstoff versorgt sind, weisen eine hellere Grünfärbung auf, als gut versorgte Bestände (N.N. 2012c). Eine Korrelation zwischen den Biomasseindex Werten des N Sensors und der Menge an Frischmasse auf der Fläche kann nicht nachgewiesen werden. Aber ein gewisser Zusammenhang zwischen Frischmasseaufwuchs und Biomasseindex scheint erkennbar zu sein. Der Biomasseindex hat keine Einheit (REEB, 2012).

Auf der Versuchsfläche wurden zwei Überfahrten mit dem Yara N Sensor im Herbst durchgeführt. Der Vorteil dieser Messmethode ist die große Anzahl an Messpunkten, bzw. Wiederholungen. Die erste Überfahrt hat am 17.10.2012 und die zweite am 22.11.2012 stattgefunden. Genauer betrachtet werden sollen die einzelnen Düngeverfahren, also die

Unterfußdüngung- und die Vorsaateinarbeitungsvarianten. In der Abbildung 27 sind die Ergebnisse der beiden Überfahrten bezüglich des Düngeverfahrens abgebildet.

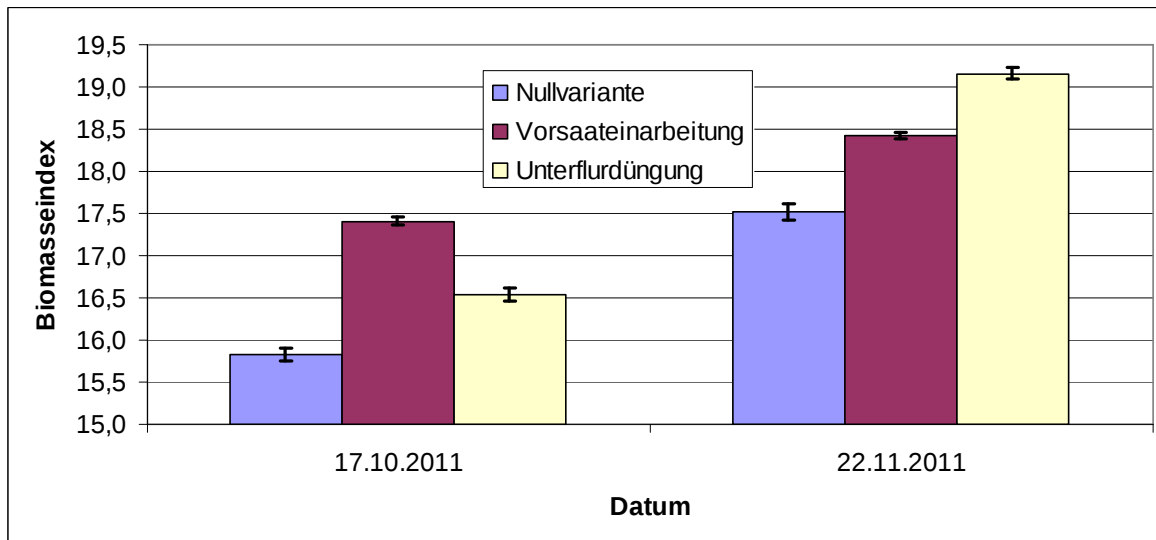


Abbildung 27: Messergebnisse des Yara N Sensors der verschiedenen Düngeverfahren zu unterschiedlichen Terminen

Aus der Abbildung wird wie schon in Abbildung 22 deutlich, dass die gedüngten Varianten einen Vorteil gegenüber den ungedüngten Varianten haben. Außerdem wird anhand der Standardfehler deutlich, dass mit hoher Wahrscheinlichkeit signifikante Unterschiede zwischen den Varianten bestehen. Bei der ersten Überfahrt schneidet die Vorsaateinarbeitungsvariante am besten ab. Zum zweiten Termin bringt die Unterflurvariante die besten Werte hervor.

3.3 Fazit

Nach der Zusammenfassung der Ergebnisse sollen nun Schlussfolgerungen aus den Versuchen gezogen werden. Die Übertragung der Versuchsergebnisse auf andere Standorte ist nur begrenzt möglich, weil nur ein Teil eines Versuchsjahres auf zwei Standorten betrachtet wurde.

3.3.1 Schlussfolgerungen für Zuckerrüben

Die Aussagekraft des Versuches ist nur sehr begrenzt. Nach einer vielversprechenden zeitigen Aussaat der Zuckerrüben hat die kalte Witterung des Aprils 2012 das Pflanzenwachstum stark gehemmt. Es gab immer wieder Nachtfröste. Somit konnte für diese Arbeit nur eine Zählung auf der Versuchsfläche durchgeführt werden. Des Weiteren fehlt die Ertragsauswertung für eine Aussage über den Erfolg des Strip Tillage Verfahrens. In der Auswertung der Versuchsergebnisse wird deutlich, dass die Strip Tillage Varianten einen sehr geringen Feldaufgang von 57.000 Pflanzen je ha zum Zeitpunkt der Zählung aufweisen, die Mulchsaatvarianten hingegen einen Feldaufgang von 65.000 Pflanzen je ha. Dies kann auf Folgendes zurückgeführt werden. Auf der Versuchsfläche wurde zeitnah nach der Aussaat vermehrt von Mäusen angefressenes Saatgut entdeckt. Um weitere Verluste durch Mäuse zu minimieren wurde ein zusätzlicher Arbeitsgang mit einer Walze durchgeführt. Das Ziel war es, die Mäuse zu bekämpfen und etwas mehr Boden über das Saatgut zu legen. Allerdings wurde zu viel Boden in die Streifen bzw. Saatreihen befördert. In der Abbildung 28 ist die Versuchsfläche nach dem Arbeitsgang mit der Walze zu sehen. Die Pfeile markieren die Saatstreifen.



Abbildung 28: Nach der Aussaat angewalzte Versuchsfläche

Es ist zu erkennen, dass grobe Bodenteile in den Streifen befördert wurden und die Saat stärker abdeckten. Die Streifen lagen durch die Arbeitsgänge, vor und während der Aussaat, etwas tiefer, als die unbearbeiteten Streifenzwischenräume (vgl. Abb. 13). Diese Rillen wurden durch den Arbeitsgang mit der Walze verfüllt. Somit wird deutlich, dass die Zuckerrüben verschärfte Bedingungen beim Auflaufen vorfanden. Bei der Untersuchung der Fehlstellen befand sich häufig der Keimling 2 cm unterhalb der Bodenoberfläche. Diese Pflanzen werden zu einem späteren Zeitpunkt noch auflaufen (APPELL, 2012). In der folgenden Abbildung ist ein bei der Untersuchung von Fehlstellen gefundener Keimling abgebildet.



Abbildung 29: Bei der Untersuchung von Fehlstellen gefundener Keimling

Somit wird deutlich, dass der gewählte Zähltermin nicht die endgültige Bestandesdichte der Strip Tillage Varianten widerspiegeln kann und nicht die Werte der Mulchsaatvarianten erreicht werden. Deutlich wird der Einfluss des Arbeitsganges der Walze auf das Ergebnis des Feldaufganges, durch die Zählungen innerhalb der Fahrspuren des CTF Systems. Auf die CTF Fahrspuren wurde durch das Walzen nicht so viel Material aufgebracht. Die Standardfehler der Strip Tillage Varianten in der Abbildung 16 zeigt, dass mit hoher Wahrscheinlichkeit ein signifikanter Unterschied zwischen den CTF Fahrspuren und dem Rest des Bestandes besteht.

Die Untersuchungen der Fehlstellen in den Mulchsaatvarianten haben ergeben, dass die Bestandsdichte nicht mehr so stark ansteigen wird. An diesen Fehlstellen wurden oft die Reste von frostgeschädigten Pflanzen gefunden.

3.3.2 Schlussfolgerungen für Winterraps

Die Aussagekraft des Versuches für den Erfolg des Strip Tillage Verfahrens ist nur begrenzt. Nur die Herbstentwicklung des Rapses wird in dieser Arbeit betrachtet. Der Ertrag wird aus zeitlichen Gründen nicht mit einbezogen. Des Weiteren werden nur Ergebnisse aus einem Versuchsjahr einbezogen. Somit ist der Einfluss der Witterung des Herbstes im Jahr 2011 groß und die Ergebnisse können nicht auf andere Situationen übertragen werden. Aber es können Teilergebnisse bezüglich der Bestellverfahren und Düngungsvarianten festgehalten werden.

Im Ergebnis des Feldaufgangs war zu erkennen, dass die Strip Tillage Varianten zeitnah nach der Aussaat ungleichmäßiger aufliefen, als die Pflanzen in den Mulchsaatvarianten. Die Begründung für diesen Unterschied könnte mit einer mangelnden Rückverfestigung in den bearbeiteten Streifen der Strip Tillage Varianten zusammen hängen. Nach einem Starkregenereignis nach der Aussaat konnte beobachtet werden, dass diese Bereiche sich etwas gesetzt hatten (REEB, 2012). Durch die mangelhafte Rückverfestigung könnten die Voraussetzungen für die jungen Pflanzen nicht optimal gewesen sein (siehe Kap. 2.3). Betrachtet man die Bestandesdichten beider Bestellverfahren in dem Entwicklungsverlauf, so wird deutlich, dass beide den gewünschten Zielpflanzenbestand erreichen.

Die Bonitur der Herbstentwicklung am 30.11.2011 zeigte, dass vor allem die gedüngten Varianten eine gute Vorwinterentwicklung aufwiesen. Die ungedüngten Varianten waren nicht so gut entwickelt. Somit ist zu erkennen, dass die Pflanzen auf den Dünger reagiert haben, der im Herbst ausgebracht wurde. In wie fern die Pflanzen diese aufgenommenen Nährstoffe zur Ertragssteigerung nutzen, kann aufgrund der fehlenden Ertragsdaten nicht ausgewertet werden.

Die Wurzellänge soll durch eine phosphathaltige Unterflurdüngung beeinflussbar sein. Dies spiegelt sich nicht in diesem Versuch wider, wenn man die Wurzellänge betrachtet. Die gedüngten Varianten weisen aber mit hoher Wahrscheinlichkeit eine längere Wurzel auf, als die ungedüngten Varianten. Die Ergebnisse der N Sensor Überfahrten präsentieren ein etwas anderes Ergebnis. Die erste Überfahrt zeigt einen Vorteil für die Vorsaateinarbeitungsvarianten. Erst bei der zweiten Überfahrt wird ein Vorteil für die Unterflurdüngung ersichtlich. Dies könnte an der Tiefe der Düngerablage liegen. Die

Pflanzen hatten mit hoher Wahrscheinlichkeit das Düngerdepot bei der ersten Überfahrt noch nicht erreicht. Eventuell hat sich aber auch die Nährstoffkonzentration durch Verlagerung in etwas tiefere Bodenschichten bewegt. Erst bei der zweiten Überfahrt konnten die Pflanzen in den Unterflurdüngungsvarianten von dem Depot einen Nutzen erzielen. Dieses Ergebnis sollte, auch wenn nur ein dimensionsloser Biomasseindex gemessen wird, in die Betrachtung mit einbezogen werden, da die Anzahl der Stichproben wesentlich größer ist, als bei der Herbstbonitur. Des Weiteren sollte bedacht werden, dass nur die Wurzellängen der Pflanzen bestimmt wurden nicht aber die Wurzelausrichtungen. Dieses Problem wird in den folgenden Abbildungen erläutert. Auf der Abbildung 30 ist die Wurzel einer Rapspflanze in den Strip Tillage Varianten zu sehen.



Abbildung 30: Pflanzenwurzel in den Strip Tillage Varianten am 15.03.2012

In Abbildung 31 ist eine Pflanzenwurzel aus den Mulchsaatvarianten abgebildet.



Abbildung 31: Pflanzenwurzel in den Mulchsaatvarianten am 15.03.2012

Zu erkennen ist, dass die Mulchsaatpflanzen zwar auch über lange Wurzeln verfügen, aber diese gehen nicht vertikal in den Boden. Außerdem ist in der Abbildung 25 deutlich zu erkennen, dass ein Bearbeitungshorizont bei 10 cm Tiefe vorhanden ist, hervorgerufen durch die Kreiselegge, während in der Strip Tillage Varianten die Pfahlwurzel vertikal in den Boden geht, ohne auf ein Hindernis wie einen Bearbeitungshorizont zu stoßen. Somit bleibt festzuhalten, dass durch das Strip Tillage Verfahren ein guter Wurzelraum geschaffen wurde.

4 Diskussion

Um das Strip Tillage Verfahren erfolgreich in das Bodenbearbeitungssystem zu integrieren, sind einige Aspekte zu beachten. Der Versuch zum Feldaufgang der Zuckerrüben zeigte, dass die genutzte Technik auf das System angepasst werden muss. Die eingesetzte Drilltechnik kam unter den Bedingungen an ihre Grenzen. Vor allem die Ablagetiefe der Saat war teilweise mangelhaft. Durch den Einsatz der Walze wurde zu viel Boden auf die Saatreihen befördert, welcher das Auflaufen der Pflanzen verzögert.

Der Versuch zum Anbau von Winterraps, mit verschiedener Düngung im Strip Tillage Verfahren hat gezeigt, dass das System die gleichen Ergebnisse wie die Mulchsaat erreicht. Allerdings muss unbedingt auf eine ausreichende Rückverfestigung der Saatstreifen geachtet werden. Die Integrierung einer Unterfuß- oder Unterflurdüngung ist sehr gut durchzuführen. Der Dünger wird dort abgelegt, wo er benötigt wird (APPELL, 2012). Die Ergebnisse der N Sensor Überfahrten lassen eine Ablage der Unterfuß- bzw. Unterflurdüngung in zwei Tiefen als sinnvoll erscheinen, damit die Pflanzen rechtzeitig an die Nährstoffdepots gelangen (siehe Abb. 6).

Die Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung durch das Verfahren liegen vor allem in dem geringeren Zugkraftbedarf, da nicht mehr der gesamte Boden bearbeitet wird.

Es bleibt festzuhalten, dass das System mit der momentan verfügbaren Technik nicht so universell einsetzbar ist wie beispielsweise die Mulchsaat. Dies ist vor allem mit der noch geringen Erfahrung der europäischen Landtechnikherstellern und Landwirte auf dem Segment zu begründen. Um einen erfolgreichen und reibungslosen Einsatz der derzeit verfügbaren Technik zu gewährleisten, ist unbedingt auf eine gute Strohverteilung zu achten. Es gibt Ansätze, bei guter Strohverteilung gänzlich auf die Stoppelbearbeitung beim Einsatz des Strip Tillage Verfahrens zu verzichten. Die Einsparung der Stoppelbearbeitung würde eine Verringerung der Arbeitserledigungskosten und damit eine Steigerung der Effizienz zur Folge haben. Allerdings sollte der positive Effekt der Stoppelbearbeitung im Bezug auf Schnecken- und Mäusebekämpfung beachtet werden.

Bei dem Verzicht auf Stoppelbearbeitung würden Ernterückstände wie Stoppeln und Stroh an der Oberfläche verbleiben. Diese sind beim Anbau von Getreide nach Getreide aus phytosanitärer Sicht als negativ zu bewerten, da ein großes Potential an

Schadorganismen an der Oberfläche in dem Stroh verbleibt und sich auf der neuen Kultur ansiedeln kann. Beim Wechsel von Halm zur Blattfrucht, also zum Beispiel von Getreide auf Raps, sind diese Ernterückstände kein Problem, da die Kulturen nicht das gleiche Schaderregerspektrum haben (REEB, 2012).

Ein Strip Tillage System mit einem Reihenabstand von 50 cm könnte eine gute Möglichkeit sein, dass Bodenbearbeitungsverfahren in einen Betrieb zu integrieren. Aus der Literatur wird deutlich, dass Raps, Zuckerrüben und Mais in dieser Reihenweite angebaut werden können. Besonders bei der Rapsbestellung wird aufgrund der steigenden Sommerniederschläge hohe Schlagkraft benötigt. Der Anbau von mehreren Früchten mit dem Strip Tillage Verfahren hätte die Folge, dass die Maschinenauslastung gesteigert werden kann und sich die Anschaffung leistungsfähiger Technik lohnt.

Ob mit dem absetzigen oder kombinierten Verfahren gearbeitet werden sollte, wird von den Standorteigenschaften und den Bodeneigenschaften bestimmt.

Die mögliche Effizienzsteigerung durch das Strip Tillage Verfahren, ist beim Einsatz des kombinierten Verfahrens am größten. Eine zusätzliche Überfahrt für die Aussaat ist nicht nötig, da diese mit der Grundbodenbearbeitung kombiniert wird. In Kalkulationsdaten werden für die Überfahrt mit einer Drillmaschine (solo) etwa 3,2 Liter Kraftstoff pro ha einkalkuliert (KTBL, 2009). Des Weiteren entfallen in diesem Fall die Schlepper und Lohnkosten, wenn die Aussaat mit der Bodenbearbeitung zusammengefasst wird.

Beim Anbau von Sommerkulturen wie Zuckerrüben und Mais kann beim Einsatz des absetzigen Verfahrens vor allem die Frostgare gute Voraussetzungen für die Kultur unter schweren Bodenverhältnissen schaffen. Allerdings sollte für die Aussaat im absetzigen Verfahren ein GPS Parallelfahrssystem mit RTK Korrektursignal vorhanden sein. So ist gewährleistet, dass die Aussaat auf den bearbeiteten Streifen stattfindet. Dieses Parallelfahrssystem ist aber universell auf einem Betrieb nutzbar, sodass die Auslastung der Technik nicht nur über die Bodenbearbeitung und Aussaat im Strip Tillage Verfahren kommen muss.

5 Zusammenfassung

Das Strip Tillage Verfahren ist ein neues System in der Bodenbearbeitung. Der Boden wird in diesem Verfahren nur noch streifenweise bearbeitet. Die Streifenzwischenräume bleiben unbearbeitet. Somit werden circa nur 25 % des Bodens bearbeitet. Die Erfahrungen mit dem System unter europäischen Verhältnissen sind noch begrenzt. Die Ernterückstände der Vorfrucht werden aus dem Streifen geräumt. Somit wird der zu bestellenden Frucht ein hygienisches Saatbett bereitgestellt.

Die Durchführung der Streifenbodenbearbeitung kann zum einen im kombinierten Verfahren durchgeführt werden. Hier werden Grundbodenbearbeitung und Aussaat miteinander kombiniert. Zum anderen kann das absetzige Verfahren genutzt werden. Hier werden Grundbodenbearbeitung und Aussaat in zwei Arbeitsgängen durchgeführt. Welches der beiden Verfahren eingesetzt werden sollte, wird von den Standortverhältnissen vorgegeben. So sollte bei schwerem Boden das absetzige System genutzt werden, da sonst kein hinreichendes Saatbett bereitet werden kann. Für das absetzige System wird allerdings ein GPS Parallelfahrssystem mit RTK Korrektursignal benötigt, um die Aussaat auf den Streifen durchzuführen.

Trockenperioden und Starkniederschläge sind Ereignisse, die durch den Wandel des Klimas immer häufiger auftreten. Durch die Erhaltung der Struktur in den Streifenzwischenräumen kann zum einen das Oberflächenwasser besser versickern und zum anderen ist die kapillare Nachlieferung des Wassers länger gegeben. Somit können die Pflanzen besser mit Starkregenereignissen und Trockenphasen umgehen.

Die Integrierung von einer Unterflurdüngung ist im Strip Tillage Verfahren sehr gut möglich, da die Werkzeuge der Grundbodenbearbeitung an der gleichen Stelle arbeiten an der die Saatreihe liegt.

Eine Möglichkeit das Strip Tillage Verfahren in ein Bodenbearbeitungssystem zu integrieren, ist der Anbau von mehreren Früchten in der Reihenweite der Zuckerrübe. Raps und Mais sind durch den Anbau in 50 cm Reihenweite nicht benachteiligt, wenn einige Aspekte beachtet werden. So muss beispielweise die Standraumverteilung von

Raps so sein, dass keine intraspezifische Konkurrenz in der Reihe durch eine zu hoch gewählte Pflanzenzahl entsteht.

Die Versuchsergebnisse zur Herbstentwicklung von Raps und zum Feldaufgang der Zuckerrüben haben gezeigt, dass im Umgang mit dem Strip Tillage Verfahren betriebsindividuelle Erfahrungen gesammelt werden müssen. Die einzusetzende Technik sollte gut auf das System abgestimmt sein. Die Ergebnisse zeigen auch, dass das Strip Tillage Verfahren gleichwertige Ergebnisse wie die Mulchsaat abliefert. So zeigen keine Ergebnisse einen starken Nachteil für das Strip Tillage Verfahren.

6 Literatur- und Quellenverzeichnis

APPELL, J., 2011

Mündliche Mitteilung, Betriebsleiter Gårdstanga Nygård, Gårdstanga Schweden

APPELL, J., 2012

Mündliche Mitteilung, Betriebsleiter Gårdstanga Nygård, Gårdstanga Schweden

BAUER, B., 2012

Präsentation zum Vortrag: Strip Tillage mit Tiefendüngung – wo liegen die Chancen und Risiken

DLG Wintertagung, Hannover, 11.01.2012

BISCHOFF, J., 2007

top agrar 07/2007,

Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster, S. 70 – 72

BISCHOFF, J., 2011

NEUE LANDWIRTSCHAFT 07/2011,

Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH, Hannover, S. 40 – 42

BISCHOFF, J., 2012a

Präsentation zum Vortrag: Strip Till Verfahren: erst lockern und düngen ... dann säen
Anwenderseminar zum Pflanzenschutz im Pflanzenbau, Bernburg, 23.02.2012

BISCHOFF, J., 2012b

ACKER plus 01/2012

Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, S. 22 - 27

BISCHOFF, J., 2012c

ACKER plus 01/2012

Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, S. 18 - 21

BISCHOFF, J., 2012d

dlz agrarmagazin 03/2012

Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH, Hannover S. 82 – 87

BRANDT-SASSEN, H., 2004

Dissertation: Bodenschutz in der deutschen Landwirtschaft – Stand und Verbesserungsmöglichkeiten

Georg-August-Universität Göttingen

DÖLGER, D., BOSSE, W., 2009

Rapsbauseminar der Hanse Agro Beratung und Entwicklung GmbH, Gettorf

DUTZI, S., 2011

Mündliche Mitteilung, Leitung Produktmanagement AMAZONE – WERKE, Hasbergen

DWD, 2012

Klimadaten des DWD - Deutscher Wetter Dienst:

http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_pageLabel=dwdwww_klima_umwelt&_nfls=false

abgerufen am: 10.03.2012

ERICHSEN, M., KURTZ, M., VON Mengersen, U., 2011

Projektarbeit: Zuckermarkt

Fachhochschule Kiel

HERRMANN, W., 2011

RKL Schrift 6/2011, Strip Tillage als Verfahren zum Erosionsschutz und zur Wassereinsparung bei Raps, Zuckerrüben und Mais, RKL e. K., Rendsburg

HERRMANN, W., PFLUGFELDER, M., 2011

top agrar 10/2011,

Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster, S. 66 – 72

HIRL, A., 2012

Präsentation zum Vortrag: Strip Tillage mit organischer Düngung

DLG Wintertagung, Hannover, 11.01.2012

KAUFMANN, S., 2009

Projektarbeit: Entwicklung des Strip Tillage als Alternative zur Mulch- und Pflugsaat

Fachhochschule Kiel

KÖHLER, W., SCHACHTEL, G., VOLESKE, P., 2007

Biostatistik

Axel Springer AG, Berlin

KTBL, 2009

Faustzahlen für die Landwirtschaft,

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt

LASSEN, 2012

Mündliche Mitteilung und ausgehändigtes Bildmaterial, Betriebsleiter Gut Granskevitze

LEHRKE, U., 2003

top agrar, 2/2003

Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster, S. 54 - 56

MÄRLÄNDER, B., 1991

Zuckerrüben – Optimierung von Anbauverfahren, Sortenwahl und Züchtungsfortschritt

Berhardt – Pätzold Verlag, Stadthagen

- MÖLLER, K., 2005
top agrar, 8/2005
Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster, S. 60 – 61
- N.N., 2010
terra Horsch, 1/2010
Horsch Maschinenbau GmbH, Schwandorf, S. 6 – 9
- N.N., 2011
Klimadaten des SMHI:
<http://www.smhi.se/klimadata/2.1353/monYrTable.php?month=8&par=nbd>
abgerufen am: 13.10.2011
- N.N., 2012a
<http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=MEMO/11/685>
abgerufen am: 10.4.2012
- N.N., 2012b
<http://www.google.de/intl/de/earth/index.html>
abgerufen: am 20.03.2012
- N.N., 2012c
<http://www.agricon.de/de/produkte-leistungen/yara-n-sensor/technische-grundlagen>
abgerufen am: 20.04.2012
- NÜBEL, V., 2004
MAIS, 3/2004
DLG Agro Food Medien GmbH, Bonn, S. 104 - 105
- PEYKER, W., KERSCHBERGER, M., FARACK, M., KOLBE, R., 2008
Standpunkt zur Standraumverteilung im Maisanbau
Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena
- REEB, D., 2010
Versuchsbericht: Entwicklung des Strip Tillage als Alternative zur Mulch- und Pflugsaat
Hanse Agro Entwicklung & Beratung GmbH, Gettorf
- REEB, D., 2012
Mündliche Mitteilung, Pflanzenbauberater Hanse Agro Entwicklung & Beratung GmbH,
Gettorf
- RECKLEBEN, Y., 2010
Lohnunternehmen 3/2010
Beckmann Verlag GmbH, Lehrte, S. 28 - 30

RECKLEBEN, Y., 2012

Mündliche Mitteilung und ausgehändigtes Bildmaterial, Professor für Land- und Verfahrenstechnik, Fachhochschule Kiel

SAATHOFF, H., 2010

Seminararbeit: Strip Tillage - Eine Alternative in der Raps- und Zuckerrübenaussaat?
Fachhochschule Kiel

SANDER, G., 2008

top agrar 2/2008

Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster, S. 60 – 62

SANDER, G., 2012

Zuckerrübe, 2/2012

DLG Agro Food Medien GmbH, Bonn, S. 42 – 46

VOßHENRICH, H. H., 2009

Schrift der Professor-Udo-Riemann-Stiftung 38/2009, Bodenbearbeitung und Bestellung –
Hygiene im Rapsanbau

Vertrieben durch RKL e. K., Rendsburg

WINNER, C., 1982

Zuckerrübenbau

DLG Verlag, Frankfurt (Main)

WOLKOWSKI, R., COX, T., LEVERICH, J., 2009

Strip Tillage: A conservation option for Wisconsin farmers

University of Wisconsin, Madison

Anhang 1: Übersicht der Versuchsvarianten

Anhang 1: Übersicht der Versuchsvarianten



Danksagung

Ich möchte mich bei Herrn Prof. Dr. Yves Reckleben und Herrn Dr. Dominik Reeb für die kompetente, fachliche Betreuung dieser Abschlussarbeit bedanken. Die Zusammenarbeit war jederzeit sehr konstruktiv und hat sehr viel Freude bereitet.

Außerdem möchte ich mich bei der Familie Ramel und Herrn Josef Appell bedanken, welche es mir es ermöglicht haben, einen Versuch auf Ihrem Betrieb Gårdstanga Nygård in Schweden durchzuführen.

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, diese Arbeit selbstständig und lediglich unter Benutzung der angegebenen Quellen und Hilfsmittel verfasst zu haben.

Diese Arbeit hat noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen.

IHR ORT, den DATUM

IHR NAME

