



Hochschule Neubrandenburg  
University of Applied Sciences

Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaften

Studiengang Agrarwirtschaft

Erstprüfer: Prof. Dr. Eike Stefan Dobers

Zweitprüfer: Dipl. -Ing. agr. Bernd Schulze

**Bachelorarbeit**

**Thema:**

**„Verfahrensvergleich von nicht-wendender  
Bodenbearbeitung und Strip-Till bei Winterweizen im Hinblick  
auf Pflanzenentwicklung, Ertragskomponenten und  
Ökonomie unter besonderer Berücksichtigung des  
Standortes im Anbaujahr 2018/2019“**

urn:nbn:de:gbv:519-thesis2020-0011-0

von

*Robin Weber*

Neubrandenburg

Februar 2020

# Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	IV
Abbildungsverzeichnis.....	V
Tabellenverzeichnis.....	VII
1. Einleitung.....	1
1.1 Problemstellung.....	3
1.2 Zielsetzung.....	3
2. Literaturübersicht.....	4
2.1 Einordnung des Strip-Till Verfahrens in die Verfahrenstechnik.....	6
2.2 Vorstellung der Mzuri Pro-Til Sämaschine.....	7
3. Material und Methoden.....	9
3.1 Standort und Vegetationsbedingungen.....	9
3.2 Versuchsaufbau und Standortauswahl.....	11
3.3. Aussaat, Bestandespflege und Düngung.....	13
3.4 Datenerhebungen und Datenverarbeitung.....	14
4. Ergebnisse.....	18
4.1 Vegetative Wachstumsphase.....	18
4.1.1 Bestandesbegründung.....	18
4.1.2 Pflanzenzahlen im Frühjahr.....	19
4.1.3 Bestockungskoeffizienten.....	20
4.1.4 BBCH-Stadien.....	21
4.1.5 Triebdichte.....	22
4.2 Generative Wachstumsphase.....	24
4.2.1 Biomasseaufwuchs.....	24
4.2.2 Trockenmasse.....	25
4.2.3 Trockensubstanzgehalte.....	26
4.2.4 Wuchshöhe.....	27
4.3 Ertragsstruktur.....	27

4.3.1 Spindelstufen.....	27
4.3.2 Ährenzahl .....	30
4.3.3 Ertragsmessung .....	31
4.3.4 Tausendkorngewicht .....	34
4.3.5 Einzelährenertrag .....	35
5. Ökonomischer Vergleich der Verfahren.....	36
6. Diskussion .....	40
6.1 Einfluss des Saatverfahrens .....	40
6.1.1 Pflanzenentwicklung.....	40
6.1.2 Bestandesentwicklung im Frühjahr bis zur Ernte.....	42
6.1.3 Trockenmasse und Trockensubstanzgehalt .....	43
6.1.4 Ertragsstruktur.....	46
6.2 Einfluss des Standortes .....	48
6.2.1 Pflanzenentwicklung.....	48
6.2.2 Bestandesentwicklung im Frühjahr bis zur Ernte.....	49
6.2.3 Trockenmasse und Trockensubstanzgehalt.....	52
6.2.4 Ertragsstruktur .....	52
7. Schlussfolgerungen .....	53
8. Zusammenfassung .....	56
Literaturverzeichnis .....	59
Anhang .....	VIII
Eidesstattliche Erklärung .....	XIII

## Abkürzungsverzeichnis

BBCH	Einheitliche Codierung zur phänologischen Entwicklung mono- und dikotyle Pflanzen (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt, Chemische Industrie)
EÄE	Einzelährenertrag
FM	Frischmasse
GPS	Global Positioning System
ha	Hektar
Kö	Körner
KTBL	Kuratorium für Technik und Bau in der Landwirtschaft
m <sup>2</sup>	Quadratmeter
N	Stickstoff
RAGT	Rouergue Auvergne Gévaudan Tarnais (Züchter der Winterweichweizensorte RGT Reform)
t	Tonnen
TM	Trockenmasse

# Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1:** Einordnung des Strip Tillage Systems in die Verfahrenstechnik der Bodenbearbeitung. Quelle: Friedrich et al., 2008. 6
- Abbildung 2:** Aufbau der Mzuri Pro-Til. Quelle: Reinhart, 2017. 7
- Abbildung 3:** Bearbeitungs- und Saatverfahren der Mzuri Sätechnik. 8
- Abbildung 4:** Drei verschiedene Bodenprofile aus der Untersuchungsparzelle. Oben: Kuppe mit hohem Lehmanteil in Unterboden. Mitte: Ebene aus sandigem Lehm. Unten: Senke mit Sperrschicht aus Ton zwischen B- und C-Horizont. Quelle: Eigene Darstellung, 2020. 10
- Abbildung 5:** Klimadiagramm für den Standort Putbus. Die Versuchsfläche liegt etwa 15 km von der Wetterstation entfernt. Quelle: CLIMATE-DATA.ORG, 2020. 11
- Abbildung 6:** Lage der Versuchspartzellen (links) und Anordnung der Untersuchungsstandorte. 1.1 bis 1.9 nicht-wendende Bodenbearbeitung, 2.1 bis 2.9 Strip-Till Verfahren. Quelle: Google Maps, verändert, 2020. 12
- Abbildung 7:** Absolute und relative Mittelwerte der Feldaufgänge aller Beprobungsstandorte am 18.12.2018 (N=54). Quelle: Eigene Darstellung, 2020. 18
- Abbildung 8:** Entwicklung der Pflanzenzahlen im Frühjahr (N=54). Quelle: Eigene Darstellung, 2020. 19
- Abbildung 9:** Triebzahlen je Quadratmeter am 07.04.2019. Die Ergebnisse zeigen die Spannweiten bei drei Wiederholungen je Versuchsreihe (N=54). Quelle: Eigene Darstellung, 2020. 22
- Abbildung 10:** Messergebnisse des Yara-N-Testers in Bezug auf die Standortgüte und der nicht-wendende Bodenbearbeitung (1) und Strip- Till (2). Die Ergebnisse beruhen auf drei Wiederholungen je Standort mit jeweils 30 Blättern. (N=54). Quelle: Eigene Darstellung, 2020. 23
- Abbildung 11:** Biomasse hochgerechnet auf einen Hektar nach Standortgüte bei beiden Saatverfahren (N=54). Quelle: Eigene Darstellung, 2020. 25
- Abbildung 12:** Trockenmasse je Hektar nach Standortgüte und beiden Saatverfahren (N=54). Quelle: Eigene Darstellung, 2020. 25
- Abbildung 13:** Trockensubstanzgehalte nach der Standortgüte bei beiden Saatverfahren (N=54). Quelle: Eigene Darstellung, 2020. 26
- Abbildung 14:** Wuchshöhe der Winterweizenbestände zu unterschiedlichen Zeitpunkten (N=54). Quelle: Eigene Darstellung, 2020. 27

<b>Abbildung 15:</b> Gesamtzahl an gebildeten Spindelstufen je Einzelähre bei den Saatverfahren nicht-wendende Bodenbearbeitung (1) und Strip-Till (2) (N=720). Quelle: Eigene Darstellung, 2020.	28
<b>Abbildung 16:</b> Anzahl der Spindelstufen in der Saatvariante 1 (nicht-wendende Bodenbearbeitung) für alle Beprobungsstandorte (N=360). Quelle: Eigene Darstellung, 2020.	28
<b>Abbildung 17:</b> Anzahl der Spindelstufen in der Saatvariante 2 (Strip-Till) für alle Beprobungsstandorte (N=360). Quelle: Eigene Darstellung, 2020.	29
<b>Abbildung 18:</b> Anzahl basal reduzierter Spindelstufen in der nicht-wendenden Saatvariante (N=360). Quelle: Eigene Darstellung, 2020.	29
<b>Abbildung 19:</b> Anzahl basal reduzierter Spindelstufen in der Strip- Till Variante (N=360). Quelle: Eigene Darstellung, 2020.	30
<b>Abbildung 20:</b> Mittelwerte der Ähren je Quadratmeter kurz vor der Ernte an allen Versuchsstandorten. (N=54). Quelle: Eigene Darstellung, 2020.	31
<b>Abbildung 21:</b> Mittelwerte der Ertragsmessung durch Punkternte und Ertragsmessung des Mähdreschers an allen Versuchsstandorten (N=54). Quelle: Eigene Darstellung, 2020.	32
<b>Abbildung 22:</b> Mittelwerte des Kornertrages in t/ha nach dem Relief. Den Ergebnissen liegen die Ertragsmessungen des Mähdreschers zu Grunde (N=18). Quelle: Eigene Darstellung, 2020.	33
<b>Abbildung 23:</b> Mittelwerte der Erträge zwischen den Saatverfahren nicht-wendende Bodenbearbeitung (1) und Strip Till (2) (N=18). Quelle: Eigene Darstellung, 2020.	34
<b>Abbildung 24:</b> Mittelwerte des Tausendkorngewichtes nach der Standortgüte und den Saatvarianten (N=36). Quelle: Eigene Darstellung, 2020.	34
<b>Abbildung 25:</b> Mittlerer Einzelährenertrag für alle Untersuchungsstandorte (N=18). Quelle: Eigene Darstellung, 2020.	35
<b>Abbildung 26:</b> Gewinn- und Verlustrechnung der einzelnen Standorte und Saatverfahren in €/ha. Quelle: Eigene Darstellung, 2020.	38
<b>Abbildung 27:</b> Mittlerer Gewinn/Verlust nach dem Relief bei der Variante der nicht-wendenden Bodenbearbeitung. Quelle: Eigene Darstellung, 2020.	39
<b>Abbildung 28:</b> Gewinn- und Verlustrechnung nach dem Relief bei der Strip- Till Variante. Quelle: Eigene Darstellung, 2020.	39

- Abbildung 29:** Messergebnisse des Yara N-Testers für alle Standorte am 26.05.2019 (N=54). Quelle: Eigene Darstellung, 2020. XI
- Abbildung 30:** Biomasse in kg/ha je ha für alle Standorte und beide Saatverfahren am 04.05.2019 (N=54). Quelle: Eigene Darstellung, 2020. XI
- Abbildung 31:** Mittelwerte des Tausendkorngewichtes für alle Standorte (N=36). Quelle: Eigene Darstellung, 2020. XII
- Abbildung 32:** Bild der Mzuri-Saatvariante am Standort 2.2 am 04.05.2019. Quelle: Eigene Darstellung, 2019. XII
- Abbildung 33:** Bild der nicht-wendenden Sattvariante am Standort 1.2 am 04.05.2019. Quelle: Eigene Darstellung, 2019. XII

## Tabellenverzeichnis

- Tabelle 1:** Bestockungskoeffizienten an allen Standorten und beiden Saatverfahren am 07.04.2019 (N=54). \*signifikanter Unterschied ( $p \leq 0.05$ ). Quelle: Eigene Darstellung, 2020. 20
- Tabelle 2:** Vollkostenrechnung der beiden Saatverfahren für die Durchschnittserträge der gesamten Versuchsparzelle. Quelle: Eigene Darstellung, 2020. 36
- Tabelle 3:** Korrelative Beziehungen verschiedener Bestandesparameter. Quelle: Eigene Darstellung, 2020. VIII
- Tabelle 4:** Korrelationen verschiedener Merkmale zur Ertragsstruktur. Quelle: Eigene Darstellung, 2020. IX
- Tabelle 5:** Korrelationen zwischen den Pflanzen- und Triebdichten und der Ährendichte und dem Einzelährenertrag in Abhängigkeit der Saatvariante und der Standortgüte. Quelle: Eigene Darstellung, 2020. X

# 1. Einleitung

In Zeiten des Klimawandels wird der Bedarf einer intensiven Bodenbearbeitung vor der Aussaat von Winterweizen und weiteren Kulturen in Frage gestellt. Das Auftreten von Witterungsextremen steigt, was sich an der Anzahl von Veröffentlichungen zu Erosionsereignissen durch Wind und Wasser, Dürre und Missernten, zeigt. Dies hat aus ökologischer und ökonomischer Sicht eine große Bedeutung für die Landwirtschaft. Winterweichweizen (*Triticum aestivum* L.) ist weltweit eine der wichtigsten Getreidearten in Anbau und Erntemenge sowie für die menschliche Ernährung (SCHÄFER, 2011). Durch moderne Pflanzenzüchtung, Düngung und Pflanzenschutzmaßnahmen liegen die Erträge bei Winterweizen im mehrjährigen Mittel derzeit bei rund 75 dt/ha (STATISTA, 2019). Die hohe Anpassungsfähigkeit des Winterweizens an unterschiedliche Standortgegebenheiten ist Grund dafür, dass auch in dem Versuchsbetrieb etwa 40 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche mit Winterweizen bestellt wird.

Der Versuchsbetrieb befindet sich in der Ortschaft Dumsewitz auf der Insel Rügen und bewirtschaftet rund 500 ha landwirtschaftliche Nutzfläche auf heterogenen Standorten mit einer Bonität von 25 bis 56 Bodenpunkten.

Der Schutz des Bodens vor Erosion und Verdichtung, die Einsparung von Wasser und im Rahmen des Klimawandels eine humusmehrende Wirtschaftsweise ist Bestandteil der guten fachlichen Praxis des Pflanzenbaues und Grundlage für ein erfolgreiches Wirtschaften.

Humus- und nährstoffreicher Oberboden wird durch Wassererosion abgetragen. Nährstoffe gelangen in Flüsse und Seen, die Kulturen werden in ihrem Wachstum massiv beeinträchtigt oder fallen dem wegfließenden Boden zum Opfer.

Hinzu kommt der Wind, der weltweit zu großen Problemen führt. Ausgedehnte Flächen sind ungeschützt dem Wind ausgesetzt, welcher die fruchtbarsten Bestandteile des Bodens abträgt und den Boden austrocknet. Hierdurch wird die Ertragsfähigkeit der Böden verringert oder es kommt zu Missernten.

Der Umgang mit dem zur Verfügung stehenden Wasser wird immer bedeutender, da in den letzten beiden Anbaujahren in großen Teilen Deutschlands, lange Trockenphasen auftraten, die zu Ertragseinbußen führten. Der Gedanke an eine wassersparende Bewirtschaftung ist aus ökologischer Betrachtung der Kalkulation einer Beregnung vorzuziehen.

Welchen Einfluss hat die Bodenbearbeitungsintensität und das Bearbeitungsverfahren auf das Pflanzenwachstum und die Entwicklung der Ertragskomponenten? Eine intensive Bodenbearbeitung ist immer mit hohen Kosten für Kraftstoff, Arbeitszeit und Material verbunden.

Eine Alternative hierzu ist die Strip-Till Sämaschine Mzuri Pro-Til, mit welcher sowohl die Aussaat von Getreide als auch von Körnerleguminosen, Raps und Mais im Streifensaatverfahren durchgeführt werden kann.

Im Erntejahr 2018 wurde ein Feldversuch auf der Insel Rügen nahe der Ortschaft Sissow angelegt. Die Fläche, auf dem der Versuch durchgeführt wurde, umfasste insgesamt 29 ha. Der Feldversuch lag zentral in der Fläche und war 24 Meter breit. Der eine Teil wurde im Mulchsaatverfahren nach vorheriger Grundbodenbearbeitung bestellt. Der andere Teil wurde unbearbeitet im Strip-Till Verfahren mit der Mzuri- Technologie gesät. Die Vorfrucht war Winterraps.

Bei der Datenerhebung standen präzise Arbeitstechniken, sowie eine genaue Dokumentation der Versuchsdaten im Vordergrund. Damit konnten aussagekräftige Ergebnisse generiert und viele Bestandesparameter vollständig erfasst werden.

Die Betrachtung von kleinen Standorten wird auch weltweit gesehen immer bedeutender. Precision Farming Technologien und die standortspezifische Bewirtschaftung sind in vielen modernen Landwirtschaftsbetrieben zu finden. Standorte sind immer individuell zu sehen und bedürfen unterschiedlichen Bearbeitungsverfahren zur Ausschöpfung des vollen Ertragspotenzials.

## 1.1 Problemstellung

Diese Arbeit zielt auf die Überprüfung mehrerer Hypothesen ab. Zum einen stellt sich die Frage, ob bereits nach einjähriger Anwendung der Strip-Till-Technologie Einflüsse auf das Pflanzenwachstum und die Ertragskomponenten im Vergleich zum Mulchsaatverfahren erkennbar werden. Ein Nachweis, dass Erträge mit der Strip-Till Saat und weiterem Reihenabstand höher oder identisch denen des Mulchsaatverfahrens sind, wird aus Ländern wie Großbritannien und den USA häufig berichtet (Lole, 2018, Good, 2018). In Deutschland wurde dies noch nicht nachgewiesen, da es keine aussagekräftigen Versuchsergebnisse zum Winterweizenanbau mit Strip-Till gibt.

Ein weiterer Reihenabstand könnte Auswirkungen auf die Ertragsstruktur und die Pflanzenentwicklung haben. Wenn die Erträge dadurch zurückgingen, könnte dies einen Nachteil für die Mzuri-Technologie sein.

Eine weitere Hypothese ist, dass in trockenen Jahren die Feldaufgänge durch Strip-Till, ohne vorherige Bearbeitung, besser sind und eine schnellere und gleichmäßigere Bestandesbegründung erreicht wird, was Einfluss auf die Entwicklung im Frühjahr hat.

Die Nachfrage nach innovativen Technologien ist hoch und praktische Ergebnisse zu der Mzuri Pro-Till Strip-Till Maschine werden von Kaufinteressenten für diese Sämaschine gefordert. Für den Hersteller ist es schwierig Ergebnisse zu generieren, wenn das verfügbare Datenmaterial nur sehr gering ist oder die Datensätze Fehler aufweisen, welche später zu unerwarteten Ergebnissen führen. Volatile Preise und Ernteauffälle durch Trockenheit zwingen die Landwirte die Kosten zu senken. Dabei darf dies nicht auf Kosten des Ertrages geschehen. Eine Abwägung zwischen Ökonomie und Ertragsleistung ist daher ausschlaggebend für die Wahl des Saatverfahrens.

## 1.2 Zielsetzung

Ziel dieser Bachelorarbeit ist es durch eine untersuchungsorientierte Herangehensweise eine Beantwortung der Hypothesen zu erhalten.

Hierbei sollte die Untersuchung der einzelnen Standorte zu anderen Ergebnissen führen als die Untersuchung der gesamten Fläche. Die Integration von unterschiedlichen Bodenbedingungen in einem Feld auf das Pflanzenwachstum

wurde mit in die Versuchsfrage aufgenommen, um die Beantwortung der Frage, auf welchen Standorten sich die unterschiedlichen Saatverfahren besser eignen, beantworten zu können.

Neben dem Strip-Till Verfahren sollten die unterschiedlichen Wachstumsbedingungen, sowie die Entwicklung der Pflanzen an kleinen Standorten, die sich in der Versuchsparzelle befinden untersucht werden. Der wesentliche Teil dieser Arbeit bezieht sich darauf, ob im ersten Versuchsjahr bereits physiologische Unterschiede in der Pflanzenentwicklung sichtbar werden und ob sich bei den beiden Verfahren an den einzelnen Standorten ertragliche Unterschiede zeigen. Die Entwicklung der Pflanzen sollen Aufschlüsse über die Ertragsfähigkeit des Standortes geben und aus welchen Gründen das nichtwendende Verfahren oder das Strip-Till Verfahren im Vergleich höhere Erträge generiert. Die Bestockungsleistung, die Anzahl an Halmen je m<sup>2</sup>, Biomasseaufwüchse, Entwicklungsstadien und die Fertilität der Kornanlagen sowie die Erträge sollen dazu herangezogen werden. Die Ökonomie des Verfahrens an den einzelnen Standorten wurde mit in die Arbeit aufgenommen, um finanzielle Vor- oder Nachteile des Strip-Till Verfahrens zu erkennen.

## **2. Literaturübersicht**

Die zur Verfügung stehende Literatur bezieht sich in den meisten Fällen auf die Grundlagen des Strip-Till Verfahrens und die verschiedenen Systeme (SCHMATZLER, 2018, RAISER, 2016). Die Verbreitung von Strip-Till Systemen für den Getreideanbau ist in Europa sehr gering. Oftmals wird Strip-Till angewendet, um flüssige, organische Düngemittel in den Schlitz zu injizieren und danach Mais oder Raps über den Lockerungsschlitz zu säen. Hierbei handelt es sich um das absetzige Verfahren. Seltener wird das direkte Strip-Till Verfahren angewendet. Zur Getreideaussaat sind nahezu keine Forschungsergebnisse bekannt.

In Nordamerika wird es bereits auf großen Teilen der Ackerflächen angewendet. Die Ertragsleistungen sind allerdings selten mit denen in Mitteleuropa vergleichbar. Die Kostensenkung und Flächenleistung spielen dort eine größere Rolle (GOOD, 2018).

Die Idee der streifenweisen Bodenbearbeitung kommt ursprünglich aus den USA. Dabei war es in erster Linie nicht von Interesse, auch das Saatkorn in den

bearbeiteten Bereich abzulegen (HERMANN ET AL., 2012). Dennoch konnte nach dem Auflaufen des Saatgutes ein besseres Erscheinungsbild bei den Pflanzen erkannt werden, die direkt im bearbeiteten Streifen aufgekeimt waren. Das bedeutet also, dass die Grundidee des Strip Tillage in Kombination mit der Saatgutablage eine eher zufällige Entdeckung war.

Verfahrenstechnisch zählt die Streifensaat (Strip-Till, Strip Tillage) zu der konservierenden Bodenbearbeitung. Die Vorteile der Mulchsaat wie Ertragsstabilität und eine tiefgründige Lockerung des Bodens sollen mit den Vorteilen der Direktsaat, wie Erosionsschutz, Arbeits- und Kraftstoffersparnis, sowie Wasserersparnis verbunden werden (HEIßENHUBER ET AL., 2016, LOLE ET AL., 2018). Im Gegensatz zur nicht-wendenden Bodenbearbeitung wird beim Strip-Till nur etwa 30 % des Bodens in einem Streifen gelockert und dann wieder rückverfestigt. Genau über dem Lockerungsschlitz wird die Saat abgelegt. Der Rest des Bodens bleibt unberührt. Das mindert zunächst einmal den Kraftstoffverbrauch und den Arbeitszeitbedarf (LOLE, 2018). Des Weiteren wird der Wasserhaushalt durch die Vermeidung von Wasserverdunstung geschont. Schließlich verbleiben auf den unbearbeiteten Teilflächen die Rückstände der Vorfrucht. Das bremst bei hohen Temperaturen die Bodenerwärmung und -austrocknung (CARTER, 2017). Durch die Ernterückstände ist der Boden im Vergleich zu anderen besser befahrbar, denn die Bodenstruktur bleibt weitestgehend erhalten. Infolge dessen wird der Humusaufbau und die Regenwurmaktivität gesteigert und der Boden wird durch das Verbleiben der Erntereste an der Bodenoberfläche vor Wind- und Wassererosion geschützt. Die Streifensaatmaschine Mzuri Pro-Til basiert auf einem System, das momentan einzigartig auf der Welt ist und in Großbritannien entwickelt wurde.

Die englische Landwirtschaft hat viele Minutenböden, bei denen herkömmliche Bearbeitungssysteme regelrecht versagten. Hinzu kamen Probleme mit resistenten Gräsern wie Ackerfuchsschwanz und Trespe (LOLE, 2018). Die Kombination von einer intensiven Bearbeitung und Befahrung mit gleichzeitig großen Niederschlagsmengen führte zu Schadverdichtungen der Böden mit der Folge eines erheblichen Ertragsrückganges.

Durch das Strip Tillage wird diesen Problemen seit einigen Jahren sehr erfolgreich entgegengewirkt (LOLE, 2018, GOOD, 2018) und auch in Europa breitet sich diese Technologie langsam aus. Die Mzuri Pro-Til zeichnet sich durch eine bewegliche Einzelscharaufhängung aus, die für eine optimale Anpassung an die

Bodenoberfläche sorgen und eine gleichmäßige Tiefenablage gewährleisten soll (LOLE, 2018).

## 2.1 Einordnung des Strip-Till Verfahrens in die Verfahrenstechnik

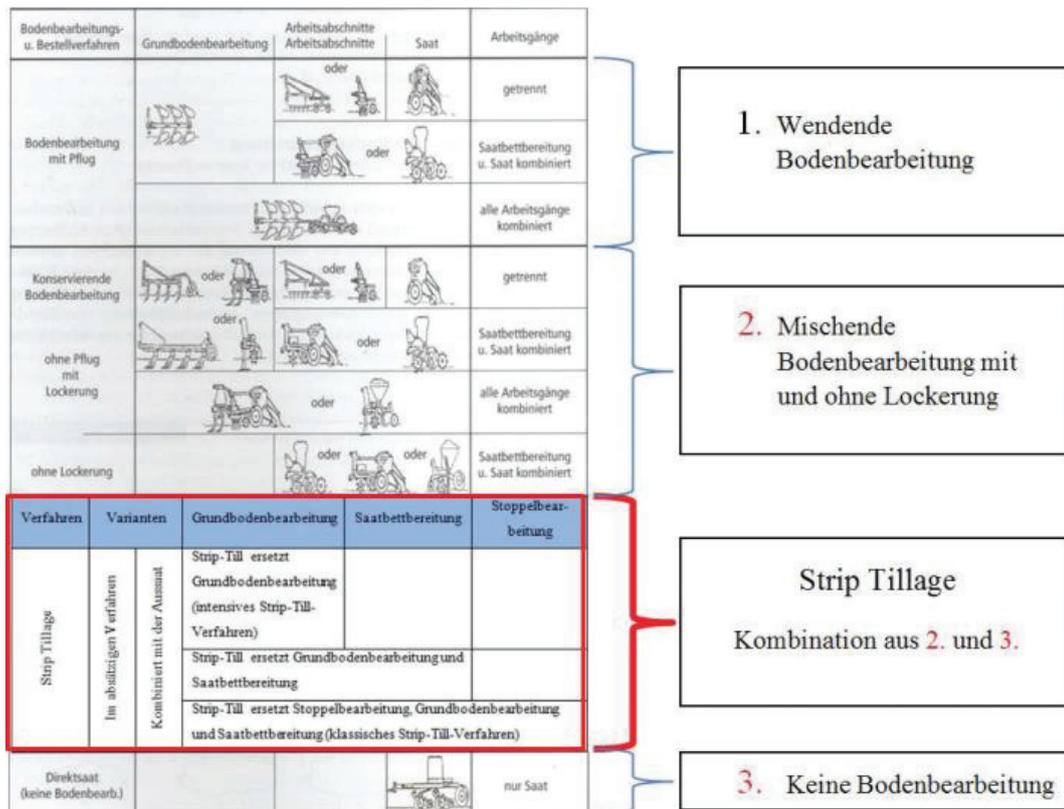


Abbildung 1: Einordnung des Strip Tillage Systems in die Verfahrenstechnik der Bodenbearbeitung. Quelle: Friedrich et al., 2008.

Wie die Abbildung 1 zeigt, ist das Strip-Till Verfahren eine Kombination aus konservierender Bodenbearbeitung und der Direktsaat. Man spricht bei diesem Verfahren auch häufig vom One-Pass Verfahren, da Bodenlockerung und Aussaat in einem Arbeitsgang erfolgen. Zusätzlich positiv an diesem Verfahren ist, dass organischer Dünger im absetzigen Verfahren in den Lockerungsschlitz eingebracht werden kann oder eine Unterfußdüngung direkt vor der Saat erfolgt (HERMANN ET AL, 2014). Dies ist vor allem bei den Nährstoffen Phosphor und Stickstoff sinnvoll, da durch das positiv geotrope Wachstum die Pflanzenwurzel immer zum Erdmittelpunkt wächst und aktiv das Düngerdepot erwächst (HERMANN ET AL., 2014). Die Förderung des Wurzelwachstums in tiefere Bodenschichten hilft dabei, dass in Trockenphasen die Wasserreserven aus den tieferen Bodenschichten genutzt werden können. Zum Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Bodenwasserhaushalt gibt es eine Vielzahl von Untersuchungen (ANDERSON, 2011). Sie zeigen übereinstimmend, dass langfristig bei reduzierter Bodenbearbeitung das Gesamtporenvolumen zwar geringer ist als bei intensiver Grundbodenbearbeitung,

jedoch Feinporen mit pflanzenverfügbarem Wasser zunehmen. Der Einfluss der Bodenart auf diesen generellen Trend ist relativ gering (SCHWEN ET AL., 2011). Die Wasserleitfähigkeit verbessert sich bei der Reduzierung der Bodenbearbeitung durch eine Zunahme kontinuierlicher Bioporen in Form von leeren Regenwurmgingen. Unabhängig von der Grundbodenbearbeitung und ihrer langfristigen Wirkung auf das Bodenporensystem, kann der möglichst permanente Erhalt einer Mulchschicht an der Bodenoberfläche als Kern einer wassersparenden Bodennutzung gesehen werden. Die wesentlichen Herausforderungen liegen hierbei in der geeigneten Strip-Till Technik sowie in einem ausreichenden Mulch-Deckungsgrad (SOANE, 2012).

Letzteres erfordert angepasste Fruchtfolgen mit intensivem Zwischenfruchtbau beim Strip-Till, der auch im gemäßigten Klima ohne erhöhtes Risiko einer signifikanten Wasserkonkurrenz für die Nachfrucht machbar ist (BODNER ET AL., 2010).

## 2.2 Vorstellung der Mzuri Pro-Til Sämaschine

Die Mzuri Pro-Til Sämaschine ist eine in Großbritannien konstruierte Strip-Till Sämaschine, die zunächst für die sehr tonhaltigen Böden in Großbritannien entwickelt wurde. Die Abbildung 2 zeigt den grundlegenden Aufbau dieser Sämaschine.



Abbildung 2: Aufbau der Mzuri Pro-Til. Quelle: Reinhart, 2017.

In der Front der Sämaschine befinden sich die Tiefenlockerungszinken mit einer Scheibenreihe zum Schneiden von organischen Rückständen. Diese Zinken lockern den Boden streifenweise auf und sorgen für eine Belüftung des Bodens. Die Bearbeitungstiefe ist variabel zwischen 10 und 25 cm einstellbar. Da nur ein Teil des Bodens bearbeitet wird, wird in den Lebensraum des Regenwurms minimal eingegriffen, was positive Auswirkungen auf die Vermehrungsrate und die Populationsdichte des Regenwurms hat (LOLE, 2018). In den Lockerungsschlitz kann eine Unterfußdüngung mit mineralischen Düngemitteln erfolgen. Mit dem dahinter folgenden Reifenpacker wird der Lockerungsschlitz wieder verschlossen und rückverfestigt, sodass ein kapillarer Aufstieg des Keimwassers gewährleistet wird. Das weltweit einzigartige System besteht im Aufbau der Säschar. Die Arme der Säschar sind einzeln aufgehängt und können sich in alle vier Richtungen bewegen. Da der Schardruck an jedem Schar über Hydraulikzylinder geregelt wird, ist der Schardruck immer gleich, unabhängig von der Oberflächenbeschaffenheit des Bodens. In Kurven läuft das Säschar immer genau über dem Lockerungsschlitz. Die keilförmige Gestaltung des Säschar sorgt dafür, dass grobe Bodenaggregate und organisches Material aus der Saatreihe geräumt werden und genug Feinerde zur Verfügung steht. Die Abbildung 3 zeigt die Abfolge der einzelnen Arbeitswerkzeuge:

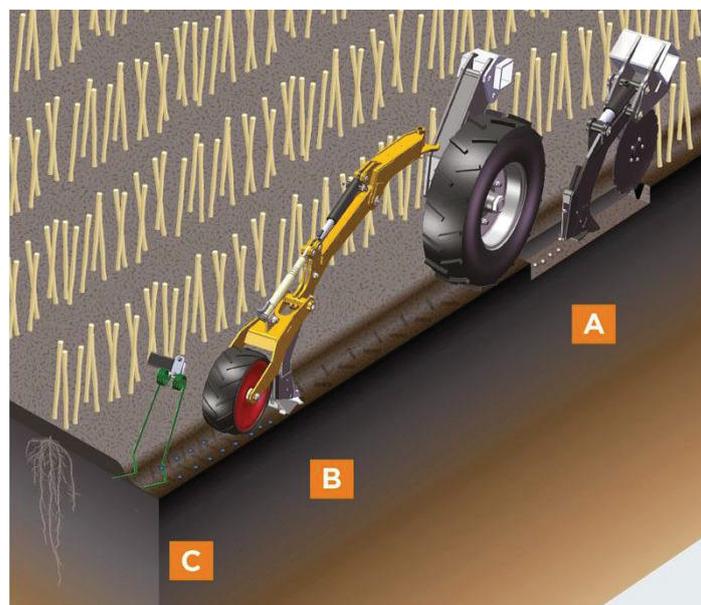


Abbildung 3: Bearbeitungs- und Saatverfahren der Mzuri Sätechnik.  
Quelle: Mzuri-Agro, 2019.

Es wird sehr gut sichtbar, dass drei Arbeitsgänge in einer Überfahrt durchgeführt werden. Die Einstellungen an der Maschine sind sehr vielfältig. Bei Raps wird häufig aufgrund der geringen Saatstärke nur in Einzelreihe gesät. Bei Getreide wäre die Konkurrenz durch die hohe Pflanzenzahl viel zu hoch, weshalb die Saat wie abgebildet in einem Doppelband gesät wird. Die Nutzung für die Aussaat verschiedenster Kulturen ist ein großer Vorteil. Neben Getreide und Raps, können auch Silomais, Körnermais, Sojabohnen sowie Sonnenblumen aufgrund der variablen Reihenabstände gesät werden. Der Reihenabstand lag bei der im Feldversuch verwendeten Variante, mit einer vier Meter breiten Sämaschine, bei 12cm im Doppelband und 24 cm zwischen zwei Doppelbändern. Bei der Aussaat einer Einzelreihe beträgt der Abstand 36 cm.

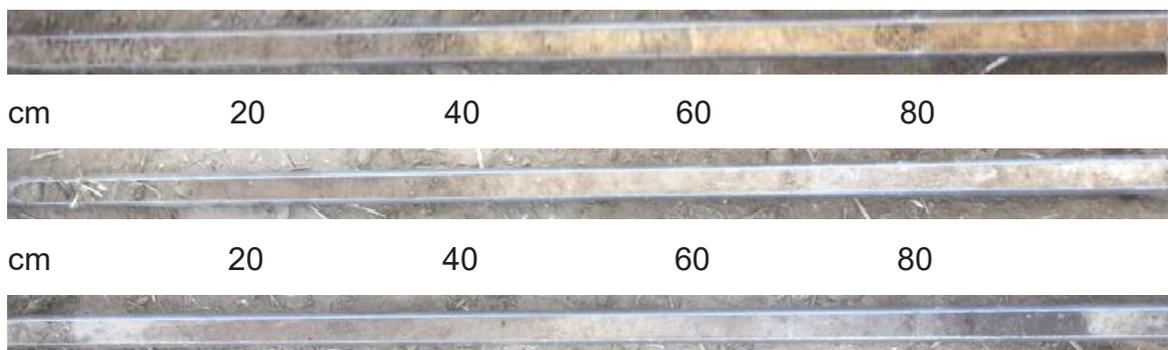
### **3. Material und Methoden**

Kenntnisse über den Standort können wesentliche Aufschlüsse darüber geben, wie der Bodenzustand und daraus folgend das Ertragspotenzial ist. Durch die heterogenen Standorte ist es im Nordosten Deutschlands sehr wichtig, die Flächen nicht als eine Einheit zu verstehen, sondern auf die unterschiedlichen Bodenarten und Horizonte zu achten. So kann bereits bei der Aussaat über die Saatstärke auf die Pflanzenentwicklung Einfluss genommen werden. Die Bestandesführung, die Düngung und Wachstumsregulierung kann durch die Kenntnis der Standorte besser durchgeführt werden. Zuletzt zählt zu diesem System, das auch als Precision-Farming bezeichnet wird, die Ertragskartierung. Der Ertrag zeigt, wie gut die vorherigen Maßnahmen im Bestand gewirkt und auf den Standort abgestimmt waren.

#### **3.1 Standort und Vegetationsbedingungen**

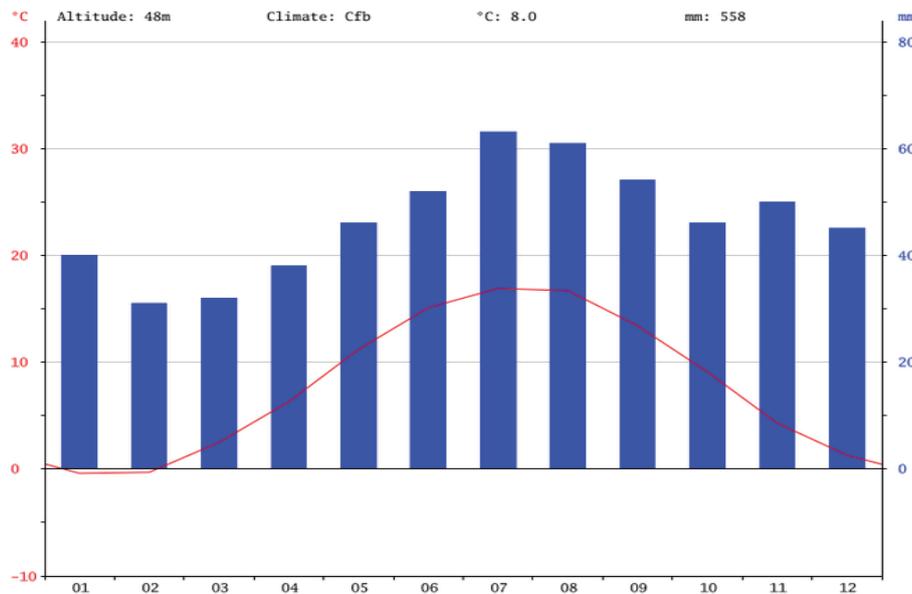
Wie in Mecklenburg-Vorpommern üblich, zeichnet sich auch die Versuchsfläche durch stark wechselnde Bodenarten aus. Es gibt Areale mit hohem Ertragspotenzial und Areale mit niedrigem Ertragspotenzial. Die Fläche befindet sich in der Gemarkung Sissow direkt angrenzend an die gleichnamige Ortschaft. Das Relief des Bereiches, an dem der Feldversuch angelegt wurde, zeichnet sich durch eine Kuppe am Versuchsflächenbeginn aus. Danach folgt eine höhergelegene Ebene, welche sich bis kurz vor das Ende der Versuchsreihe zieht. Das Ende verläuft in

eine Senke. Die Fläche hat eine durchschnittliche Bodenpunktzahl von 44, wobei die Werte an den einzelnen Versuchsstandorten stark variieren. Die Böden in der Versuchsparzelle sind Parabraunerden im Übergang zur Braunerde. Vorherrschende Bodenarten sind sandige Lehme und lehmige Sande. Die Senke zeigt eine starke Schicht aus schluffig lehmigem Sand und einer darunter folgenden Sandschicht. Die folgende Abbildung 4 zeigt drei Bodenprofile. Einmal die Kuppe, die Ebene und die Senke. Die Bodenprofile wurden mithilfe eines Pürckhauer-Bohrstocks entnommen und im Anschluss die einzelnen Bodenarten bestimmt. Zum Teil gibt es auf dieser Fläche sehr starke Lehmschichten und auch Tonschichten unterhalb des A-Horizontes. Die wechselnden Bodenarten machen es schwierig, den Boden gleichmäßig zu bearbeiten, ein gleichmäßig feines Saatbett zu generieren und einheitliche Pflanzenbestände zu führen.



**Abbildung 4:** Drei verschiedene Bodenprofile aus der Untersuchungsparzelle. Oben: Kuppe mit hohem Lehmanteil in Unterboden. Mitte: Ebene aus sandigem Lehm. Unten: Senke mit Sperrschicht aus Ton zwischen B- und C-Horizont. Quelle: Eigene Darstellung, 2020.

Der mittlere Jahresniederschlag auf diesem Standort liegt bei etwa 560 l/m<sup>2</sup> (Abbildung 5). Im Erntejahr 2018 fiel der Jahresniederschlag mit 456 Litern je m<sup>2</sup> fast 20 % geringer aus als im langjährigen Mittel (Wetterkontor, Messtation Putbus, 2019). Dieser Wassermangel führte dazu, dass im Herbst zur Aussaat, der Boden bis auf eine Tiefe von 40 cm nahezu vollständig ausgetrocknet war, was wiederum dazu führte, dass die Keimbedingungen für die Nachfrucht nicht gut waren. Die Jahrestemperatur war um 1,2 °C höher als im langjährigen Mittel, was zusätzlich Stress für die jungen Winterweizenpflanzen bedeutete. Insgesamt handelt es sich beim Klima um ein warmes und gemäßigtes Klima. Der Juli ist der regenreichste Monat. Für die Ertragsbildung bei Winterweizen sind die Juliniederschläge nicht mehr wirksam. Die Erntebedingungen können allerdings erschwert werden und die Qualitäten beeinflusst werden.



**Abbildung 5: Klimadiagramm für den Standort Putbus. Die Versuchsfläche liegt etwa 15 km von der Wetterstation entfernt. Quelle: CLIMATE-DATA.ORG, 2020.**

Die Niederschläge bis zum Sommer 2019 verliefen ähnlich denen des Vorjahres. Da der Winter schneearm war und kaum sonstiger Niederschlag fiel, wurden die Bodenwasservorräte nicht vollständig wieder aufgefüllt, weshalb die Bestände im zeitigen Frühjahr einen Wassermangel zeigten. Vom 01.01.2019 bis zum 01.09.2019 sind nur 235 l/m<sup>2</sup> Niederschlag gefallen.

### 3.2 Versuchsaufbau und Standortauswahl

Bei der Anordnung des Versuches war es zunächst wichtig einen Bereich zu finden, in dem sowohl das nicht-wendende Verfahren und die Strip-Till Technik nebeneinander und unter gleichwertigen Bedingungen abgebildet werden konnten. Aus diesem Grund wurde festgelegt, dass nicht einzelne Standorte auf dem ganzen Schlag verteilt untersucht werden, sondern mit Wiederholungsreihen in einem 12 Meter breiten Korridor gearbeitet wird. Es wurden jeweils 9 Standorte pro Wiederholungsreihe und Bestellverfahren ausgewählt, sodass insgesamt 18 Standorte untersucht wurden. Bei dieser Methodik wird von unechten Wiederholungen gesprochen. Üblicherweise werden Feldversuche in vollständigen Blocks erstellt. Untersucht man allerdings nur einzelne Streifen in diesem Block, so sollten unechte Wiederholungen angelegt werden. Häufig wird diese Methode bei Herbizidversuchen angewendet, da hier exaktere Ergebnisse als bei anderen Methoden erzielt werden können (THÖLE, 2010). Nach dieser Methode wird vorgegangen, wenn nur ein Untersuchungsfaktor, die Aussaat in zwei

unterschiedlichen Saatverfahren und kein zweiter Faktor wie Saatstärke oder Saatzeitpunkt untersucht wird. Die Standorte in den Wiederholungen wurden so ausgewählt, dass die Abstände der einzelnen Standorte möglichst einheitlich waren und ein für die Gesamtfläche repräsentativer Bereich abgedeckt wird. Bei den Standorten 1.1 bis 1.9 handelte es sich um die Saatvariante der nicht-wendenden Bodenbearbeitung und die Standorte 2.1 bis 2.9 bildeten das Strip-Till Verfahren ab. Die Abbildung 6 zeigt die Versuchsfläche mit den einzelnen Untersuchungsstandorten.



**Abbildung 6:** Lage der Versuchspartellen (links) und Anordnung der Untersuchungsstandorte. 1.1 bis 1.9 nicht-wendende Bodenbearbeitung, 2.1 bis 2.9 Strip-Till Verfahren. Quelle: Google Maps, verändert, 2020.

Die einzelnen Standorte wurden mit einem GPS-Gerät (Garmin Montana 650) eingemessen, sodass sich die Probestellen immer am gleichen Ort befanden und möglichst geringe Abweichungen entstanden. Die Wiederholungsreihen wurden durch eine Fahrgasse voneinander getrennt, sodass keine Beeinträchtigungen in den Untersuchungsbereichen auftraten, Randeffekte vermieden wurden und die Untersuchungspunkte durch die Düngung und Bestandespflegemaßnahmen möglichst unbeeinträchtigt blieben. Hierdurch sollte eine Beeinflussung der Messergebnisse schon vor der Saat ausgeschlossen werden. Die Standorte spiegelten drei Reliefbereiche wider. Eine Kuppe (1.1 - 1.3 und 2.1 - 2.3), eine Ebene (1.4 - 1.6 und 2.4 - 2.6) und eine Senke (1.8 – 1.9 und 2.7 – 2.9).

Nach dem Relief und den Erträgen der Vorjahre wurde jeder Gruppe eine Standortgüte zugeteilt. Die Kuppe wurde als ertragsschwach bewertet, die Ebene als Standort mit mittlerer Ertragsfähigkeit und die Ebene als guter Standort. Die

Saatvariante eins entsprach dem nicht-wendenden Verfahren und Variante zwei dem Strip-Till.

### 3.3. Aussaat, Bestandespflege und Düngung

Vor der Aussaat des Winterweizens wurde die nicht-wendende Versuchsfläche zweimal mit einem Grubber bearbeitet, um das Saatbett vorzubereiten. Die Versuchsfläche für die Mzuri blieb gänzlich unbearbeitet. Lediglich eine Behandlung mit einem nicht selektiven Herbizid wurde durchgeführt. Die Aussaat des Winterweizens erfolgte am 1.10.2018 gleichzeitig mit einer Lemken Solitär Kreiseleggen- Säkombination und der Mzuri Pro-Til. Durch die sehr trockene Witterung war es notwendig, die Saatkörner in 3-4 cm Tiefe abzulegen, um die Keimung des Weizens zu gewährleisten. Bei der Sorte handelte es sich um RGT Reform, eine Qualitätsweizensorte. Die Saatstärke wurde bei beiden Maschinen auf 280 Körner/m<sup>2</sup> eingestellt. Der Reihenabstand der Lemken Sämaschine betrug 12,5 cm. Bei der Mzuri wurde ein Doppelsaatband abgelegt, wobei der Abstand im Doppelsaatband 12cm und zwischen zwei Saatbändern 24 cm betrug. Der größere Reihenabstand ist bei Strip-Till Sämaschinen in der Regel normal. Durch den größeren Reihenabstand könnten möglicherweise auch spätere Unterschiede, beispielsweise in der Bestockungsleistung oder der Ährenzahl erkennbar werden. Bei der Düngung wurde darauf geachtet, dass alle Standorte immer die gleiche Menge an Nährstoffen bekamen. Um mögliche Verzerrungen der Ergebnisse zu vermeiden, wurde keine teilflächenspezifische Düngung angewendet.

Wegen der Vorfrucht Winterraps wurde keine Kalkung der Fläche vorgenommen. Es wurde auch kein Kalium im Herbst gestreut, da die Versorgungstufen für Kalium, Phosphor und Magnesium sowie der pH-Wert laut Bodenuntersuchungen (LUFÄ, 2017) in der Gehaltsklasse C lagen. Es wurde angenommen, dass diese Nährstoffe in ausreichender Menge zur Verfügung standen und nur eine Erhaltungsdüngung erforderlich war.

Die Stickstoffdüngung erfolgte in 4 Gaben. Zunächst wurde am 01.03.2019 eine Menge von 180 kg Ammonsulfatsalpeter/ha gestreut. Nur drei Tage später erfolgte eine Düngung von 280 kg Kalkammonsalpeter/ha. Hierdurch hatten die Pflanzen ausreichend hohe Nährstoffmengen zum Vegetationsbeginn zur Verfügung. Dies ist vor allem an der Ostseeküste von großer Bedeutung, da durch den Einfluss der Ostsee die Temperaturen im Frühjahr im Vergleich zum Landesinneren geringer

ausfallen, sodass ein Mangel an Nährstoffen Auswirkungen auf die Bestockungsleistung im Frühjahr hat. Die Stickstoffgabe zum Schossen erfolgte am 19.04.2019 mit 110 kg Kalkammonsalpeter/ha. Zu diesem Zeitpunkt war es außergewöhnlich warm und es fielen kaum Niederschläge, sodass es lange dauerte, bis die Nährstoffe in Lösung gingen und der Pflanze zur Verfügung standen. Vermutlich wird dies auch an der Ährenzahl im Ergebnisteil zu sehen sein. Wegen der langen Trockenphase im Mai und Juni wurde beschlossen, die Ährengabe, die am 24.05.2019 stattfand, auf 20 kg N/ha zu reduzieren, da eine Wirkung zur Kornfüllung nur noch in geringem Maße zu erwarten war und eine ausreichende Menge an Niederschlag zur Lösung der Nährstoffe auch nicht in Sicht war. Insgesamt betrug die mineralische Stickstoffdüngung 170 kg N/ha. Die Bestandespflege wurde ebenfalls in beiden Versuchsreihen gleichzeitig und mit den gleichen Wirkstoffen durchgeführt.

Durch das gehäufte Auftreten von Wildschäden in der Versuchsreihe wurde es nötig, im späten Frühjahr eine Herbizidbehandlung wegen aufgelaufener Unkräuter durchzuführen. Der Bestand wurde in BBCH 31 einmalig mit Chlormequatchlorid eingekürzt. Danach war das Wachstum durch die Trockenheit so sehr gehemmt, dass von einer weiteren Wachstumsreglermaßnahme abgesehen wurde. Die Blattläuse stellten in diesem Jahr auf der Versuchsfläche ein großes Problem dar, sodass zwei Behandlungen mit einem Insektizid nötig wurden. Hier wurden die gesamten Versuchsreihen behandelt, um mögliche Ertragseinbußen durch Schädlinge zu vermeiden. Eine Behandlung gegen Mykosen erfolgte ebenfalls zweimal.

### 3.4 Datenerhebungen und Datenverarbeitung

In Vorbereitung auf diese Arbeit wurden aussagefähige Bestandes- und Ertragsparameter ausgewählt, um statistisch auswertbare Ergebnisse zu generieren und eine untersuchungsorientierte Herangehensweise abzubilden.

Eine statistische Auswertbarkeit der erfassten Daten sollte durch mindestens drei Wiederholungen an allen Standorten erfolgen. Klimatische und mengenmäßige Einflüsse erschwerten die Datenerfassung.

Im Herbst wurden die Pflanzen je Quadratmeter gezählt, um den Feldaufgang bei den Saatverfahren zu berechnen. Die Datenerhebung erfolgte am 18.12.2018 zu Vegetationsende. Es wurde immer mit Quadratmetererfassungen gearbeitet. Jede

Saatreihe wurde nur einmal gezählt, um etwaige Fehler bei der Aussaat nicht mehrfach an einem Standort zu haben. Am 16.03.2019 und am 07.04.2019 wurden die Pflanzenzahlen erfasst, um die Auswinterungsverluste und die Verluste durch Wildschäden dokumentieren zu können.

Ebenfalls wurden die Triebzahlen mehrmals gezählt, damit einerseits ertragsbildende- und andererseits reduzierende Prozesse in den unterschiedlichen Saatverfahren untersucht werden können. Das BBCH-Stadium und die Wuchshöhe wurde bei jeder Erfassung eines anderen Parameters miterfasst.

Am 04.05.2019 wurden an jedem Standort jeweils dreimal ein Quadratmeter Biomasse per Hand geschnitten. Beim Schneiden der Biomasseproben wurde auf eine gleichmäßige Schnitthöhe von 3 bis 4 Zentimetern über dem Boden geachtet. Die Pflanzen befanden sich zu diesem Zeitpunkt in BBCH 32/33. Unkrautpflanzen, die am Beprobungsort standen, wurden aussortiert, damit nur die reine Getreidebiomasse in das Ergebnis einfließt. Um eine hohe Messgenauigkeit für die Biomassebestimmung zu erreichen, fand die Wägung der Proben direkt nach dem Abschneiden statt. Das Auftreten von Messfehlern durch den natürlichen Trocknungsvorgang wurde damit minimiert. Die Proben wurden dann im Trockenschrank 48 Stunden lang bei 60°C getrocknet. Proben, die nach den 48 Stunden noch nicht vollständig trocken waren, wurden weitere 24 Stunden bei 105°C getrocknet. Die getrockneten Proben wurden dann zurückgewogen, um die Trockenmasse zu bestimmen und den Trockensubstanzgehalt zu messen.

Am 26.05.2019 wurde die Stickstoffversorgung aller Standorte mithilfe eines Yara-N-Testers (Yara, 2019) gemessen. Auch hier wurden drei Wiederholungen je Standort mit je 30 Blättern durchgeführt. Beim N-Tester wird über optische Messungen des Blattgrüns der Chlorophyllgehalt des Getreideblattes erfasst. Aufgrund der engen Beziehung von Chlorophyllgehalt der Blätter und N-Gehalt in der Pflanze, kann auf die N-Versorgung des Bestandes geschlossen werden. Die Nutzung dieses Zusammenhangs ermöglicht die Bemessung der 2. N-Gabe (Schossen) und der 3. N-Gabe (Ährenschieben) mit dem Yara-N-Tester beim Getreide. Die optische Messung des Chlorophyllgehaltes ist unabhängig vom Tageszeitpunkt und der Blattfeuchte, wird aber durch die sortentypische Blattfarbenausbildung beeinflusst. Die spezifische Blattfarbe der Sorte muss deshalb über einen Korrekturfaktor, der im N-Tester abgelegt ist, berücksichtigt werden. Daneben wird die Ausbildung der grünen Blattfarbe und damit der

Messwert durch die Versorgung mit den anderen Nährstoffen, vor allem Schwefel, Magnesium und Mangan, beeinflusst. Somit sollten diese Nährstoffe immer im optimalen Versorgungsbereich liegen. Wasserstress oder massive Krankheitsinfektionen können den Messwert ebenfalls negativ beeinflussen (MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ MECKLENBURG-VORPOMMERN, 2016).

Vor der maschinellen Beerntung durch den Mähdrescher wurden am 04.08.2019 in der nicht-wendenden Variante jeweils 2 Saatzeilen mit einer Länge von einem Meter, in Handarbeit geerntet. Bei der Strip-Till Variante wurden ebenfalls zwei Wiederholungen an jedem Standort anhand einer Doppelreihe auf einem Meter Länge durchgeführt. Die Ernte erfolgte kurz vor dem Mähdrusch, um sicherzustellen, dass alle Ähren vollständig abgereift waren. Zur Vermeidung von Fehlerhäufigkeiten wurde von jeder Wiederholung eine Feuchtigkeitsprobe genommen. Diese Werte lagen zwischen 13 und 13,7 Prozent, sodass bei der Berechnung des Kornertrages fast keine Unterschiede durch die Kornfeuchte zu erwarten waren.

Nach der Beerntung in Handarbeit wurden an 20 zufällig ausgewählten Ähren folgende Parameter bestimmt:

- die Gesamtzahl der Spindelstufen je Ähre
- die Anzahl der apikal reduzierten Spindelstufen
- die Anzahl der basal reduzierten Spindelstufen

Diese Ähren wurden dann mithilfe eines Labormähdreschers vom Typ Hege 16 ausgedroschen. Dabei handelt es sich um einen rein pneumatisch reinigenden Mähdrescher. Zur Vermeidung von Kornverlusten und Bruchkorn musste der Reinigungswind und der Dreschkorbabstand an die verschiedenen Korngewichte und -größen angepasst werden. Strohreste, Spindeln und Spelzen wurden von Hand entfernt.

Die Berechnung des Ertrages erfolgte mit Hilfe einer Laborwaage (Genauigkeit von 0,2 Gramm). Zusätzlich wurden dreimal 200 Körner gezählt und gewogen. Die Gewichte wurde dann auf 1000 Körner hochgerechnet, um das Tausendkorngewicht zu bestimmen.

Die maschinelle Beerntung der einzelnen Standorte fand am 11.08.2019 mit einem Mähdrescher (Claas Lexion 770, Hybrid) statt. Der Mähdrescher wurde vorher auf dem gleichen Schlag eingestellt, sodass die Kornverluste möglichst gering

ausfielen. Da das Schneidwerk des Mähdreschers eine Breite von 12 Metern hatte, war es möglich, genau drei Sämaschinenbreiten mit einer Schneidwerksbreite zu beernten. Die Fahrgasse, welche die beiden Versuchsreihen voneinander trennte, wurde zu einem späteren Zeitpunkt geerntet. Durch die Erfassung der geernteten Menge und der gedroschenen Fläche pro Standort konnte der Ertrag pro Hektar hochgerechnet werden. Mit Hilfe der maschinellen Beerntung und der Ernte in Handarbeit konnte ein Vergleich, wie sich beide Probeverfahren voneinander unterscheiden, stattfinden.

Vor der manuellen Beerntung fand eine Auszählung der Ähren/m<sup>2</sup> statt. Die Berechnung des Einzelährengewichtes fand unter Zuhilfenahme des Ertrages statt. Die erhobenen Daten wurden mithilfe von Microsoft Excel zu einem großen Datenpaket gesammelt und digitalisiert.

Zur weiteren statistischen Auswertung des Verfahrensvergleiches kam das Statistikprogramm SPSS 25 und 26 von der Firma IBM (IBM, 2019) zum Einsatz. Hiermit sind Varianz- und Signifikanzanalysen, graphische Darstellungen und Korrelationsanalysen durchgeführt worden. Zeitweise wurde mit aggregierten Daten gerechnet, da Variablen mit unterschiedlicher Anzahl an Messwerten verwendet wurden. Wie in der deskriptiven Statistik üblich wurde angenommen, dass eine Signifikanz erst vorliegt, wenn die Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% nicht überschritten wird ( $p \leq 0,05$ ). Bis zu einem Wert von 10% wird von einer Tendenz gesprochen ( $p \leq 0,1$ ).

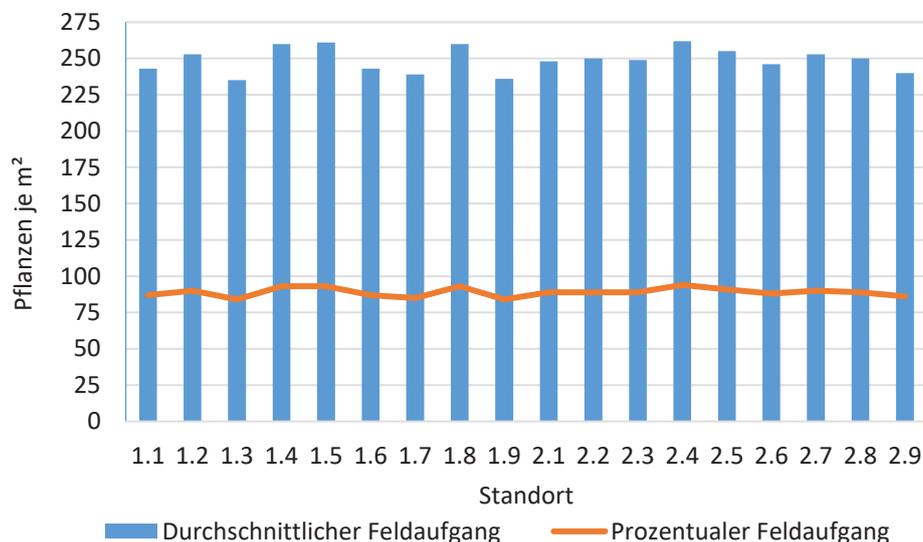
Die Kennzeichnung von Messwerten mit einem Stern (\* bei  $p \leq 0,05$ ) zeigt einen signifikanten Zusammenhang und mit zwei Sternen (\*\* bei  $p \leq 0,01$ ) einen hochsignifikanten Zusammenhang.

## 4. Ergebnisse

### 4.1 Vegetative Wachstumsphase

#### 4.1.1 Bestandesbegründung

Bereits im Herbst wurde der Feldaufgang an den einzelnen Standorten gemessen. Der Feldaufgang ist ein Indikator dafür, wie gut die Aussaatstärke, der Saatzeitpunkt und die Saattiefe aufeinander abgestimmt waren. Die Witterung nach der Saat steht in engem Zusammenhang mit dem Feldaufgang. Die nachfolgende Abbildung 7 zeigt den durchschnittlichen Feldaufgang bei drei Wiederholungen je Standort, die Linie den prozentualen Feldaufgang.



**Abbildung 7: Absolute und relative Mittelwerte der Feldaufgänge aller Beprobungsstandorte am 18.12.2018 (N=54). Quelle: Eigene Darstellung, 2020.**

Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl im nicht-wendenden Verfahren als auch beim Strip-Till Verfahren die Feldaufgänge in einem sehr hohen Bereich lagen. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Saatverfahren war nicht feststellbar ( $p=0,51$ ). Es wurde berechnet, dass die Varianz an den einzelnen Standorten bei der nicht-wendenden Variante höher war. Dies lag möglicherweise an der Trockenheit während der Saat. Durch die Bodenbearbeitung mit dem Grubber war das Saatbett stärker ausgetrocknet. Im unbearbeiteten Boden blieb das verfügbare Bodenwasser zurück. Durch die Bodenbearbeitung werden zwar nur wenige Prozent der Bodenfeuchte verbraucht, bei trockenen Bedingungen kann dies allerdings schon Auswirkungen auf die Keimung und die Bestandesbegründung haben. Bei der Mzuri-Saat gab es 10% Pflanzenverluste. Dies ist damit begründbar,

dass die Tiefenablage nicht gleichmäßig war und einige Körner bis auf sieben Zentimeter Tiefe abgelegt wurden. Trotz der Trockenheit waren die Feldaufgänge bis zum 18.12.2018 mit im Mittel 249 Pflanzen je Quadratmeter sehr zufriedenstellend. Die Taubildung in Küstennähe bewirkt, dass der Boden morgens leicht feucht ist. Die Feuchtigkeit reichte aus, um die Weizenkörner zum Quellen und Auflaufen zu bringen.

#### 4.1.2 Pflanzenzahlen im Frühjahr

Die Messung der Pflanzenzahlen im Frühjahr zu Vegetationsbeginn zeigte, dass die Verluste über den Winter bei etwa 10% lagen. Dies lag zu geringen Teilen an der Auswinterung von Einzelpflanzen. Die größeren Verluste entstanden allerdings durch Wildschweinschäden. Die Wildschweine haben den Boden auf der Suche nach Nahrung aufgewühlt, wodurch Pflanzen ausgerissen und verschüttet wurden. Sehr stark trat dies in der Strip-Till Variante auf.

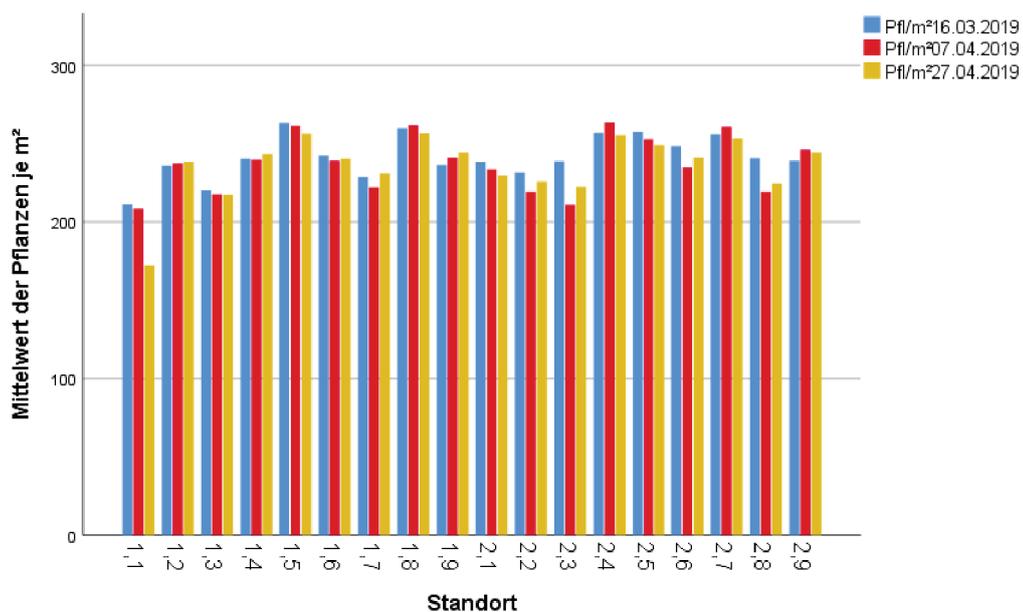


Abbildung 8: Entwicklung der Pflanzenzahlen im Frühjahr (N=54). Quelle: Eigene Darstellung, 2020.

Die Korrelation der Pflanzenzahlen im Herbst und im Frühjahr (16.03.2019) lag bei 0,443 und es war eine hohe Signifikanz gegeben ( $p=0,001$ ). Zum 27.04.2019 waren am Standort 1.1 nur noch 170 Pflanzen vorhanden. Die Aussaatstärke wurde an keinem Standort erreicht. An einigen Stellen wurde sie um etwa 8% unterschritten, so an den Standorten 1.5, 1.8, 2.3 und 2.7. Andere schwankten zwischen 15 und 18% verlorener Pflanzen.

#### 4.1.3 Bestockungskoeffizienten

Die im Frühjahr bestimmten Pflanzenzahlen und die ausgezählten Triebzahlen ließen den Bestockungskoeffizienten berechnen. Der Bestockungskoeffizient gibt die Anzahl an Bestockungstrieben je Einzelpflanze an. Bei den Trieben wurde nicht zwischen schwachen und starken Trieben unterschieden, da eine Differenzierung zu diesem Zeitpunkt schwierig war. Es zeigte sich, dass es gewisse Korrelation auf der gesamten Fläche zwischen der Pflanzenzahl und der Triebanzahl gab. Mit einer Signifikanz von 0,02 und einer Korrelation von 0,316 wurde ein mittlerer Effekt der Pflanzenzahlen auf die Triebzahl im Frühjahr festgestellt (Tab. 4). Die Erfassung dieser Daten geschah am 07.04.2019, da sich zu dieser Zeit der Winterweizen in der Schossphase befand und keine weiteren Zunahmen der Triebzahlen zu erwarten waren.

**Tabelle 1: Bestockungskoeffizienten an allen Standorten und beiden Saatverfahren am 07.04.2019 (N=54). \*signifikanter Unterschied ( $p \leq 0.05$ ). Quelle: Eigene Darstellung, 2020.**

Standort	Konventionelle Saat	Strip-Till	Durchschnitt	Prozent vom Mittel
1.1	3,11*			113,2*
1.2	2,73			99,4
1.3	2,98*			108,5*
1.4	2,71			98,7
1.5	2,48			90,3
1.6	2,71			98,7
1.7	2,94			107,1
1.8	2,48			90,3
1.9	2,70			98,3
2.1		2,78		101,2
2.2		2,96		107,8
2.3		3,08*		112,2*
2.4		2,46		89,6
2.5		2,57		93,6
2.6		2,76		100,5
2.7		2,49		90,7
2.8		2,96		107,8
2.9		2,64		96,1
Durchschnitt	2,75	2,74	2,745	100
Prozent vom Mittel	100,18	99,82	100	-

Die Tabelle 1 zeigt, dass bei beiden Bestellverfahren im Mittel aller Standorte der gleiche Bestockungskoeffizient zu sehen war. Der Unterschied ist nicht signifikant ( $p=0,995$ ). Betrachtet man einzelne Standorte genauer, so wird ersichtlich, dass es sowohl Standorte mit sehr hohen Bestockungskoeffizienten wie bei den Standorten

1.1, 1.3, 2.2, 2.3 und 2.8 gab und andere mit unterdurchschnittlichen, wie Standort 1.8, 2.4, 2.5, 2.7. So lag der Standort 3 sowohl bei der nicht-wendenden Variante als auch bei der Strip-Till Saat signifikant über dem Durchschnitt von 2,745 Trieben je Pflanze. Ähnlich wie bei den Triebzahlen ist auch der Standort 1.1 auffällig. Durch die geringe Pflanzenzahl kam hier der größte Bestockungskoeffizient zustande. Dies deckt sich auch mit den Werten der Pflanzenzahl. Standort 1.3 und 2.3 wiesen geringere Pflanzenzahlen auf.

Da die Bestockungsleistung der Einzelpflanze negativ mit der Pflanzenzahl korreliert, ist dies ein Indikator für Konkurrenzdruck im Pflanzenbestand. Je mehr Pflanzen pro Fläche vorhanden sind, desto geringer ist die Bestockungsleistung der Einzelpflanze. Phytohormone, besonders Auxine und Cytokinine sind dafür verantwortlich, dass bei Konkurrenzsituationen die Bestockung geringer ausfällt und früher ins Schosswachstum übergegangen wird. Der Standort 2.4 zeigte im Herbst eine hohe Anzahl von Pflanzen je m<sup>2</sup>, welche auch im Frühjahr noch vorhanden waren. Die Bestockungsleistung war hier am geringsten. Im Mittel wird davon ausgegangen, dass Weizenpflanzen unter normalen Wachstumsbedingungen einen Beährungskoeffizienten von 2,2 bis 2,5 Ähren pro Einzelpflanze ausbilden (LÜTKE ENTRUP, 2012). Die Bestockungskoeffizienten lagen überall höher, sodass die Bestockung gut war. Die Grundlagen für hohe Erträge waren an nahezu jedem Standort gegeben.

#### 4.1.4 BBCH-Stadien

Die Erfassung der Entwicklungsstadien wurde so oft wie möglich vorgenommen. Unter Zuhilfenahme des BBCH-Stadiums sollte herausgefunden werden, ob sich die Pflanzenentwicklung in Hinsicht auf die Bodenarten, das Aussaatverfahren und den Standort voneinander unterscheidet oder die Pflanzenentwicklung einheitlich ist.

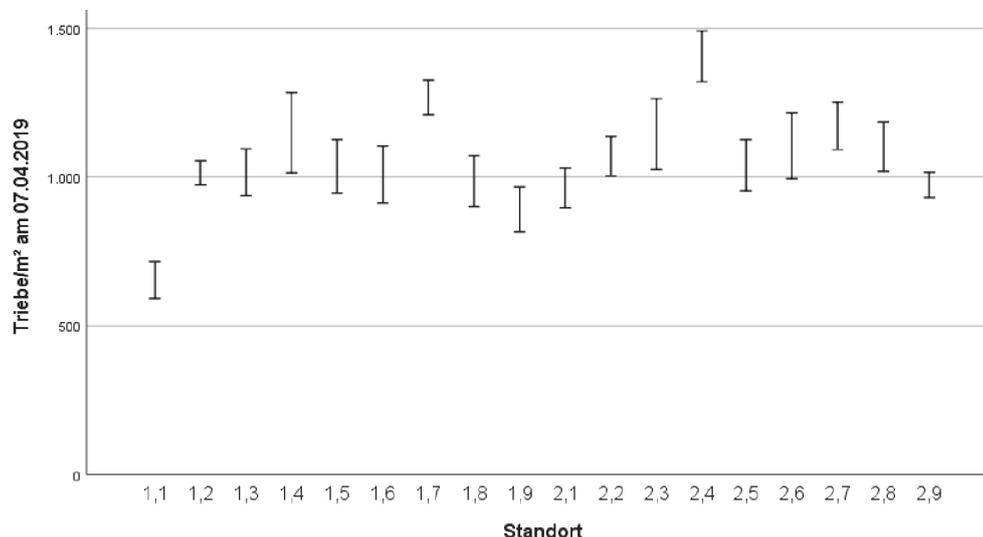
Die Ergebnisse waren über den gesamten Versuchszeitraum relativ einheitlich. Unterschiede in der Entwicklung der einzelnen Standorte waren nicht signifikant, da es sich maximal um einen Unterschied von einem Mikro stadium handelte. Am 07. 04.2019 war der Standort 2.1 noch in der Bestockungsphase, während alle anderen Standorte schon in der Schossphase waren. Eine mögliche Erklärung hierfür ist, dass die Triebzahlen zu diesem Zeitpunkt hier noch sehr gering waren und die Pflanzen länger in der Bestockungsphase verblieben. Es wurden durch die

vorhandenen Witterungsbedingungen, besonders im Frühjahr, größere Unterschiede in den Entwicklungsstadien erwartet. Dies ist eigentlich typisch, wenn unterschiedliche Standorte auf einem Schlag untersucht werden. Gute Wachstumsbedingungen können also auf heterogenen Standorten und verschiedenen Saatverfahren zu einer gleichmäßigen Pflanzenentwicklung führen.

#### 4.1.5 Triebdichte

Die Triebzahlen je Quadratmeter wiesen am 07.04.2019 eine sehr große Streuung auf. Signifikante Unterschiede an den einzelnen Standorten wurden mithilfe einer Signifikanzanalyse ( $p=0.000$ ) gegeben.

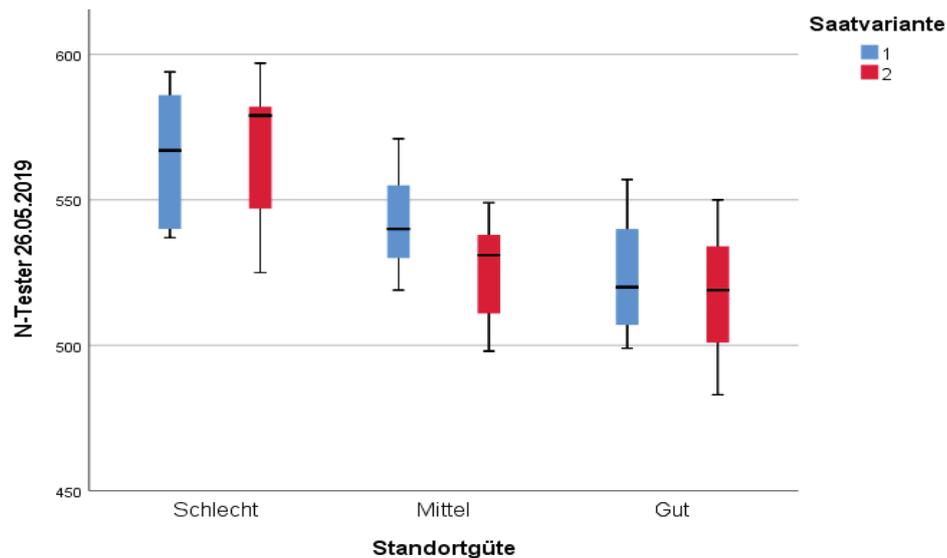
Damit sind hochsignifikante Unterschiede erkennbar. Auffällig war, dass sowohl die Standorte 1.1 und 2.1 geringe Triebzahlen aufwiesen.



**Abbildung 9: Triebzahlen je Quadratmeter am 07.04.2019. Die Ergebnisse zeigen die Spannweiten bei drei Wiederholungen je Versuchsreihe (N=54). Quelle: Eigene Darstellung, 2020.**

Die Mittelwerte der Standorte reichten zu diesem Zeitpunkt von 651 Trieben/m<sup>2</sup> (1.1) bis zu 1420 Trieben je m<sup>2</sup> (2.4). Der post hoc Test nach Bonferroni ergab signifikante Unterschiede. So waren die Standorte 1.1, 1.7 und 2.4 signifikant unterschiedlich zu allen anderen Standorten ( $p=0,000$ ). Standort 1.1 wies die geringsten Triebzahlen auf. Der Standort 2.4 unterschied sich signifikant, da sehr viele Triebe gebildet wurden. Die Grafik bildet 15 Standorte ab, die sich nicht signifikant voneinander unterscheiden. Die Saatvariante ( $R=0,294^*$ ) hatte einen größeren Einfluss auf die Triebzahl, als der Standort ( $R=0,114$ ). Die Standortgüte korrelierte schwach mit der Triebzahl ( $R=0,215$ ). Die Werte waren nicht signifikant unterschiedlich ( $P=0,119$ ).

Die Nährstoff- und Wasserversorgung war zu diesem Zeitpunkt sehr gut. Die Pflanzen kamen kaum in Konkurrenz um Nährstoffe und Wasser. An allen Standorten waren die Voraussetzung dafür gegeben, eine Zielährendichte von 600 Ähren pro Quadratmeter zu erreichen. Um die Stickstoffversorgung der Pflanzen zu messen, wurde am 26.05.2019 eine Beprobung der Untersuchungsstandorte mit einem Yara N-Tester (Yara, 2016) vorgenommen. Die Abbildung 10 zeigt die Messergebnisse des N-Testers nach der Standortgüte.



**Abbildung 10: Messergebnisse des Yara-N-Testers in Bezug auf die Standortgüte und der nicht-wendende Bodenbearbeitung (1) und Strip-Till (2). Die Ergebnisse beruhen auf drei Wiederholungen je Standort mit jeweils 30 Blättern. (N=54). Quelle: Eigene Darstellung, 2020.**

Die Messergebnisse zeigen, dass die Bestände an den einzelnen Standorten eine gewisse Varianz aufwiesen. Anhand der Standortgüte konnten keine signifikanten Unterschiede bei den Saatverfahren festgestellt werden. Dies bedeutet, dass die Messung gut funktioniert hat und Störfaktoren, die die Messung beeinflussen wie Staub oder Wasser auf den Blättern nicht vorhanden waren.

Die Gesamtversorgung der Pflanzen mit Stickstoff war gut. Es wurde kein akuter Stickstoffbedarf ermittelt. Die Kuppe zeigte eine signifikant höhere Stickstoffversorgung in beiden Saatvarianten als die Ebene und die Senke. In der Senke wurde eine signifikant niedrigere Stickstoffversorgung gefunden. Die Standortgüte ist an den Standorten der Senke am höchsten. Entsprechend wurde erwartet, dass das Pflanzenwachstum dort am stärksten war, viel Biomasse gebildet wurde und die prozentuale Stickstoffversorgung am niedrigsten sei. Von den Böden mit geringerer Standortgüte bis hin zu den Standorten mit höherer Standortgüte war ein nicht unerheblicher Abfall der Stickstoffversorgung der Pflanzen zu beobachten.

Den Zusammenhang zur Standortgüte bestätigte die hohe Korrelation in Bezug auf die Ergebnisse des N-Testers. Mit steigender Standortgüte sinken die Werte des N-Testers ( $R=-0,667$ ) bei ( $p=0,000$ ). Es handelt sich hierbei also um einen Starken Effekt. Die Stickstoffversorgung zeigte im Mittel keinen signifikanten Unterschied zwischen den Saatverfahren ( $p=0,363$ ). Auch in Bezug auf die Ährendichte wurde keine Korrelation in Bezug auf die Stickstoffversorgung errechnet ( $R=-0,009$ ).

## 4.2 Generative Wachstumsphase

### 4.2.1 Biomasseaufwuchs

Mit der Erfassung des Biomasseaufwuchses wurde die oberirdisch gebildete Pflanzenmasse an verschiedenen Orten bestimmt. Am 04.05.2019 wurden auf allen Standorten Biomasseerhebungen durchgeführt. Zu dieser Zeit waren die Bestände im BBCH-Stadium 34/35, der Hauptphase des Schossens, in einem ausgiebigem Wachstum mit hohen Biomassezuwachsrate. Das Wachstum der Ähre begann ebenfalls. Es herrschte auf der Fläche ein Niederschlagsdefizit, das sich an einer sehr stark ausgetrockneten Oberkrume bemerkbar machte. In der Biomasse zeigte sich eine große Streuung zwischen den Standorten. Die Biomassen wurden als Quadratmeterproben erfasst und anschließend auf Hektargröße hochgerechnet. Die Werte lagen bei 10.500 kg/ha am Standort 1.1 und 2.1 und bis zu 26.000 kg/ha am Standort 1.7. Die Versuchsreihe der nicht-wendenden Bodenbearbeitung lag nicht signifikant höher als die Versuchsreihe der Strip-Till Saat ( $p=0,164$ ). Die Triebzahlen hatten einen signifikanten, mittleren Effekt auf die oberirdisch gebildete Biomasse bei einer Korrelation von  $R=0,398$ . Die Korrelation zwischen der Biomasse und der festgestellten Trockenmasse lag bei  $R=0,925$  und ist sehr hoch. Damit wurde erwartet, dass sich die Biomasseergebnisse im Verlauf den Trockenmassen ähneln. Die Saatvariante hatte zum Zeitpunkt der Erfassung einen negativen Effekt auf die Biomasse, der allerdings nicht signifikant war ( $p=0,273$ ). Das Relief hatte einen kleinen Effekt von  $R=0,245$  auf die Biomasse. Eine Tendenz war hierbei gegeben ( $p=0,074$ , Tabelle 3).

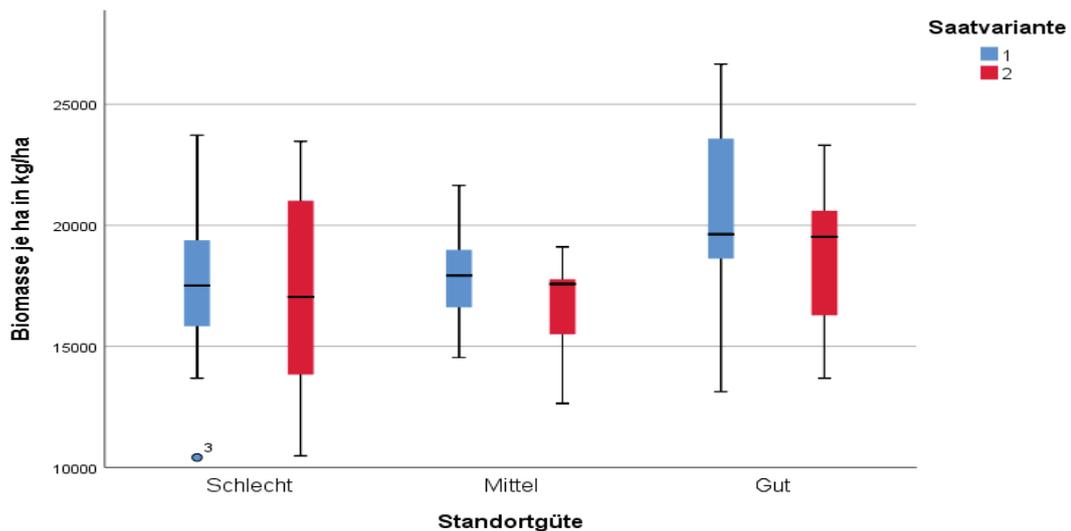


Abbildung 11: Biomasse hochgerechnet auf einen Hektar nach Standortgüte bei beiden Saatverfahren (N=54). Quelle: Eigene Darstellung, 2020.

#### 4.2.2 Trockenmasse

Die Trockenmasse kann als Indikator für die Photosyntheseleistung der Pflanzen genutzt werden. Die Trockenmassen lagen in einem Bereich von 2,5 bis zu 5,5 Tonnen/ha. Die Standorte 1.1 und 2.1 hatten die geringsten Trockenmassen.

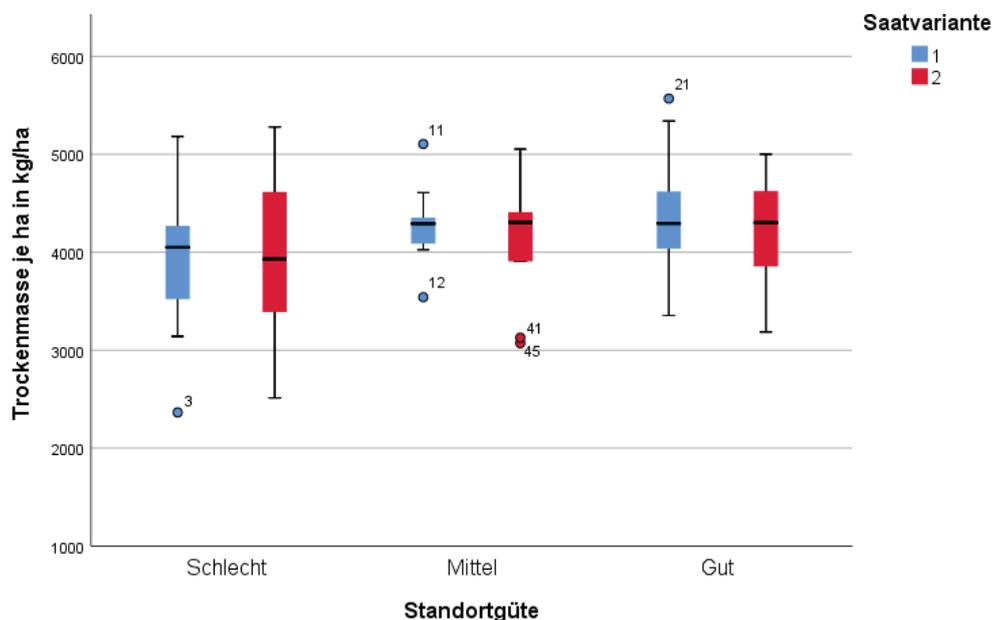


Abbildung 12: Trockenmasse je Hektar nach Standortgüte und beiden Saatverfahren (N=54). Quelle: Eigene Darstellung, 2020.

Es war zu erwarten, dass die Standorte 1.1 und 2.1 aufgrund der geringen Trockenmassen schlechtere Wachstumsbedingungen hatten und sich dies auf den späteren Ertrag auswirken würde. Diese Einschätzung bestätigte sich nicht, da diese Standorte hohe Erträge brachten. Die Saatverfahren unterschieden sich in

den Trockenmassen nicht signifikant voneinander ( $p=0,521$ ). Es konnte ein signifikanter Einfluss der Triebzahl auf die Trockenmasse festgestellt werden ( $p=0,000$ ). Dies ist auch nachvollziehbar, denn je mehr Triebe gebildet werden, desto höher ist auch die produzierte Menge an Assimilaten durch die Photosynthese und es steigen die Trockenmassen je Quadratmeter. Das Relief und die Saatvariante zeigte keinen Einfluss auf die Trockenmassemenge.

#### 4.2.3 Trockensubstanzgehalte

Wird nun die Trockenmasse durch die Biomasse dividiert, so erhält man den Trockensubstanzgehalt in %. Er bewegte sich zu diesem Zeitraum zwischen 18 % und 27 %. Es konnte bei keinem Standort ein deutlich ersichtlicher Mangel an Wasser gemessen werden, was auf Stresssituationen hingedeutet hätte. Allerdings korreliert die Pflanzenzahl im Frühjahr positiv mit der Trockensubstanz ( $R=0,366^*$ ).

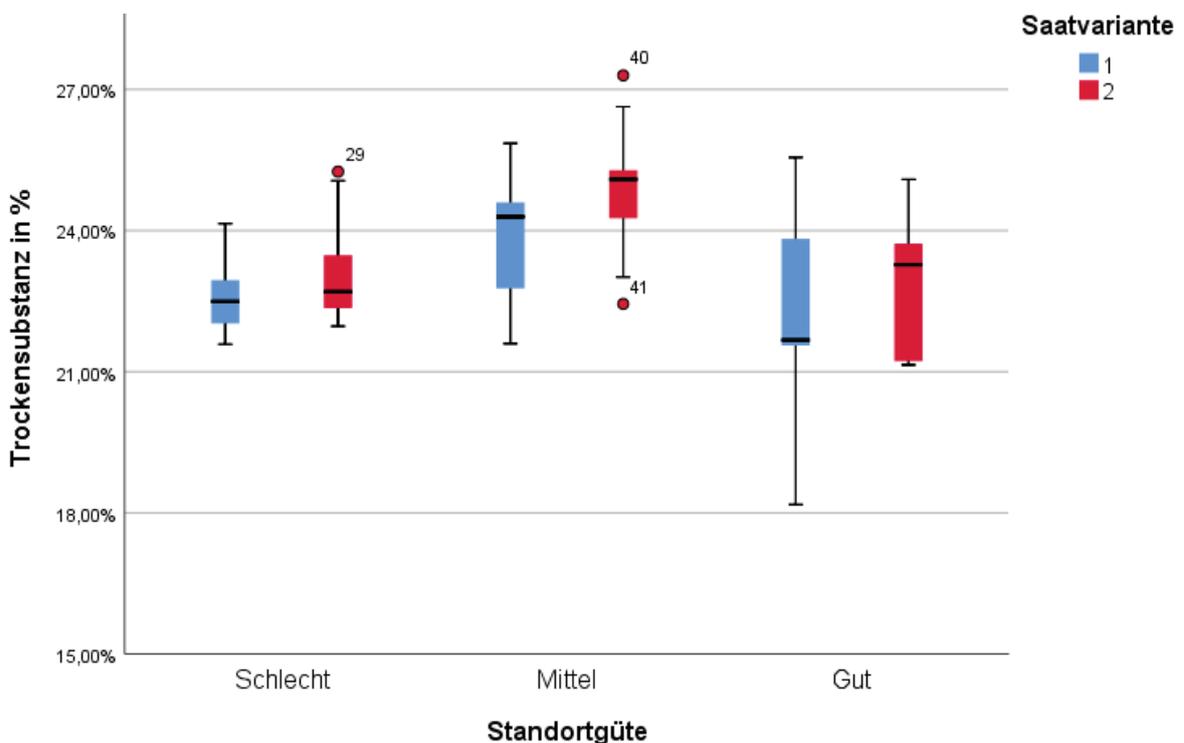


Abbildung 13: Trockensubstanzgehalte nach der Standortgüte bei beiden Saatverfahren (N=54).  
Quelle: Eigene Darstellung, 2020.

Je mehr Pflanzen also vorhanden sind, desto höher werden die Trockensubstanzgehalte. Die Triebzahl zeigte keinen signifikanten Zusammenhang zu der Trockensubstanz.

## 4.2.4 Wuchshöhe

Die Wuchshöhe gibt Aufschlüsse über Standortgegebenheiten und Konkurrenzsituationen.

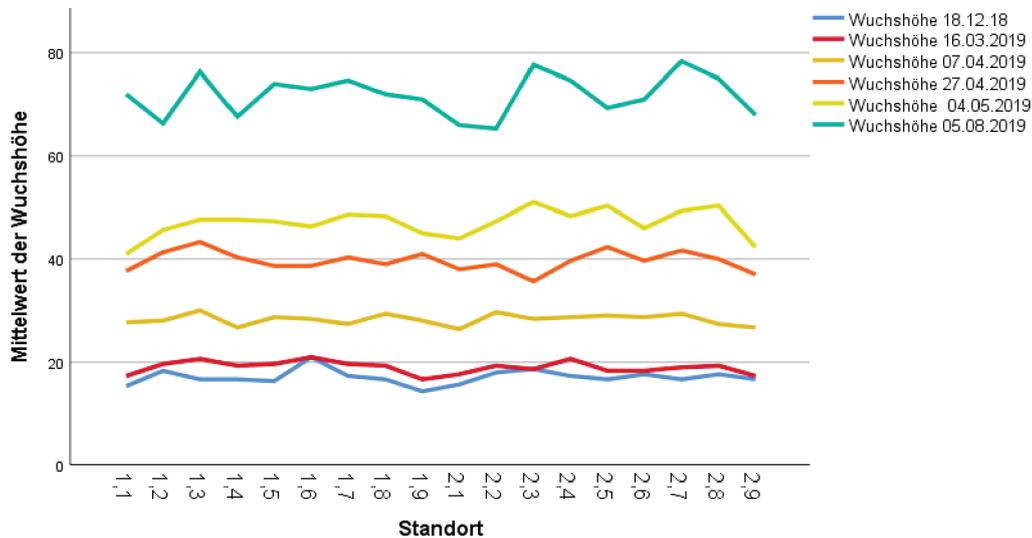


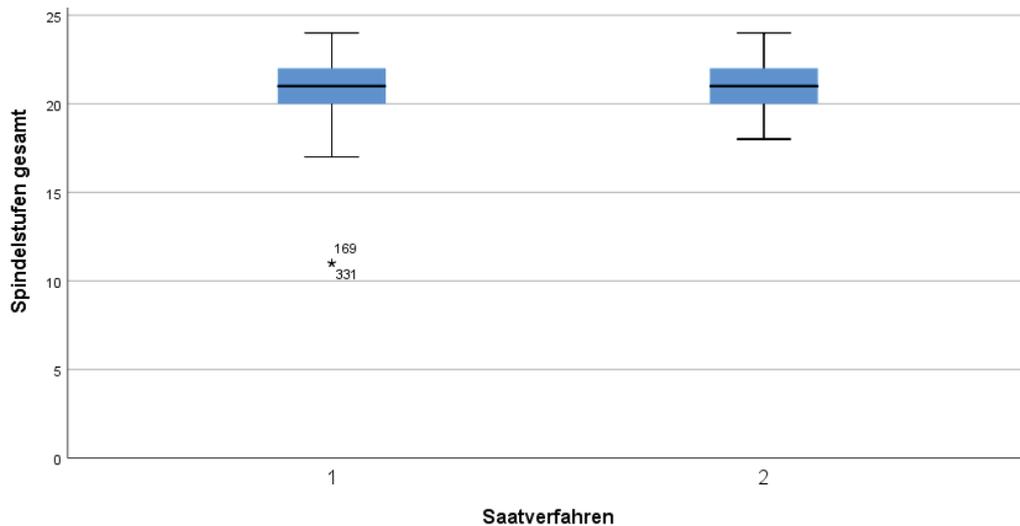
Abbildung 14: Wuchshöhe der Winterweizenbestände zu unterschiedlichen Zeitpunkten (N=54).  
Quelle: Eigene Darstellung, 2020.

Die Wuchshöhen unterschieden sich im Herbst sowie im Frühjahr nur um wenige Zentimeter. Dies spricht für ein einheitliches Bestandeswachstum. Eine etwas stärkere Differenzierung zwischen den Saatverfahren zeigte sich im vegetativen Wachstum und der Blütephase. Dort lagen die Standorte mit Strip-Till Saat leicht über der nicht wendenden Bodenbearbeitung. Insgesamt waren die Standorte mit einer Höhe zwischen 67 und 79 Zentimetern zur Ernte nicht klein. Signifikante Unterschiede lagen zu keiner Zeit vor ( $p=0.53$ ).

## 4.3 Ertragsstruktur

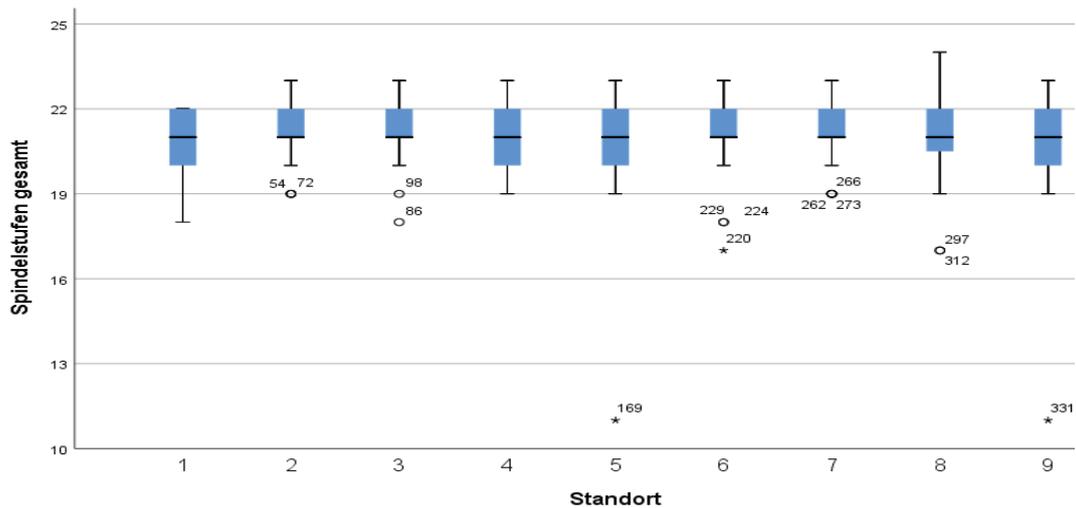
### 4.3.1 Spindelstufen

Bei der Gesamtanzahl an Spindelstufen je Ähre zeigten sich zwischen den beiden Saatverfahren keine signifikanten Unterschiede. Jedoch weist das Saatverfahren nach nicht-wendender Bodenbearbeitung eine leicht höhere Streuung gegenüber dem Strip-Till Verfahren auf. Der Mittelwert der Spindelstufen lag nach nicht-wendender Bodenbearbeitung bei 21,07, bei der Strip-Till Variante bei 21,14 Spindelstufen. Dies ist lediglich ein Unterschied von 0,07 Spindelstufen im Durchschnitt aller Untersuchungspunkte und nicht signifikant.



**Abbildung 15: Gesamtzahl an gebildeten Spindelstufen je Einzelähre bei den Saatverfahren nicht-wendende Bodenbearbeitung (1) und Strip-Till (2) (N=720). Quelle: Eigene Darstellung, 2020.**

Im Hinblick auf den Standort zeigte sich ein ähnliches Bild. Bei der folgenden Abbildung 16 handelt es sich um die nicht-wendende Bodenbearbeitung.



**Abbildung 16: Anzahl der Spindelstufen in der Saatvariante 1 (nicht-wendende Bodenbearbeitung) für alle Beprobungsstandorte (N=360). Quelle: Eigene Darstellung, 2020.**

Die Varianz an den einzelnen Standorten war sehr gering. Nur an zwei von 360 Ähren wurden 11 Spindelstufen gefunden. Alle anderen lagen zwischen 17 und 24 Spindelstufen. Ein signifikanter Unterschied war bei der Reliefbetrachtung nicht zu finden. Ein etwas anderes Bild zeigte sich bei der Strip-Till-Variante. Es wurden keine Ähren unter 17 Spindelstufen gefunden. Der Standort 2.1 zeigte einen geringeren Mittelwert als bei der nicht wendenden Bodenbearbeitung.

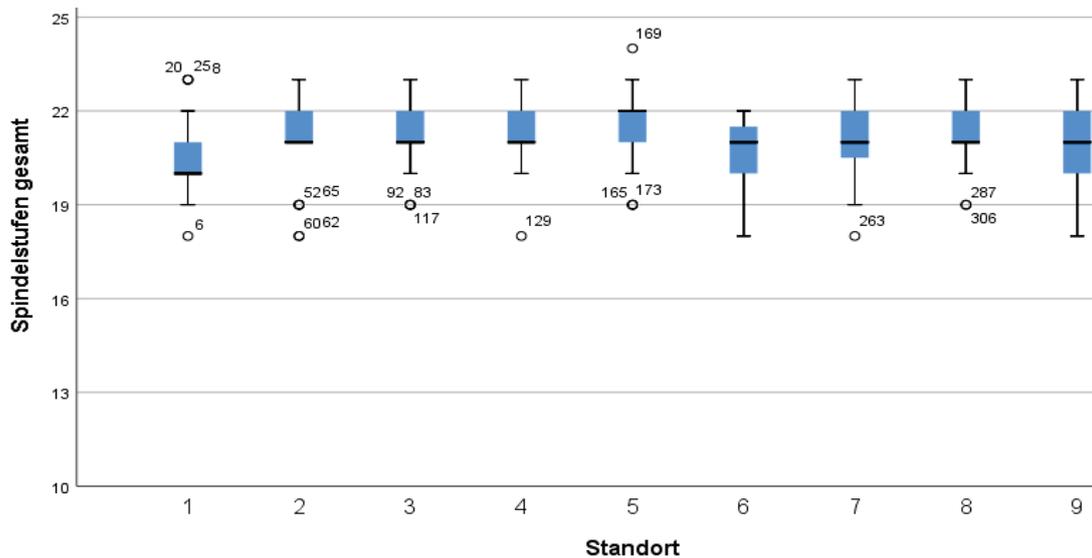


Abbildung 17: Anzahl der Spindelstufen in der Saatvariante 2 (Strip-Till) für alle Beprobungsstandorte (N=360). Quelle: Eigene Darstellung, 2020.

Insgesamt zeigte sich beim Strip-Till Verfahren eine etwas geringe Varianz in der Spindelstufenanzahl. Die Unterschiede an den einzelnen Standorten waren nicht signifikant.

Basal reduzierte Spindelstufen können Hinweise auf Stressbedingungen wie Wassermangel oder starke Hitze während der Blüte und Kornausbildung geben. Beim Winterweizen werden bei Stressbedingungen während und nach der Blüte zunächst die basalen Spindelstufen reduziert. Abbildung 18 zeigt die Anzahl der basal reduzierten Spindelstufen im Verfahren der nicht-wendenden Bodenbearbeitung. Einbezogen wurden alle Spindelstufen, in denen keine Kornausbildung stattgefunden hat.

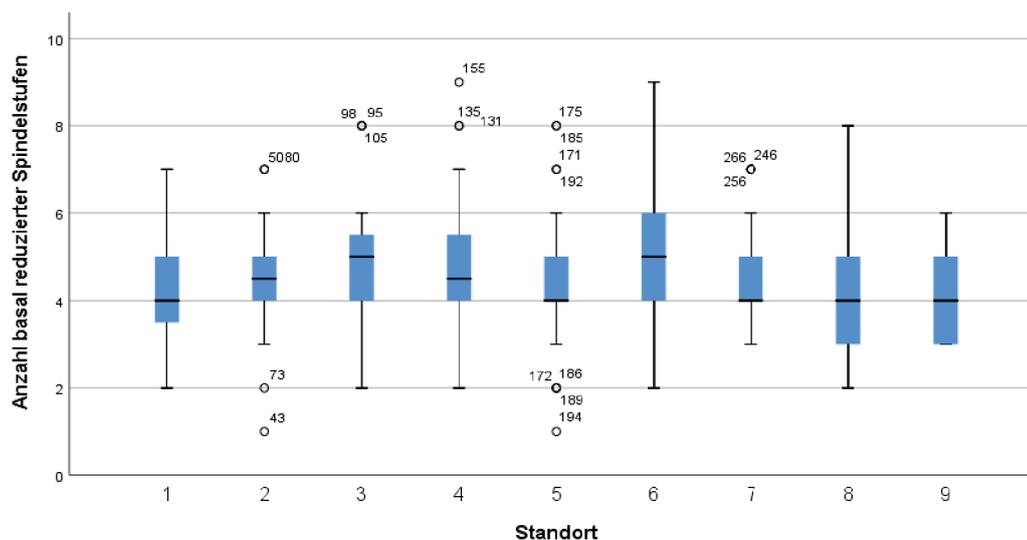


Abbildung 18: Anzahl basal reduzierter Spindelstufen in der nicht-wendenden Saatvariante (N=360). Quelle: Eigene Darstellung, 2020.

Der Mittelwert der basal reduzierten Spindelstufen lag bei nicht-wendender Bodenbearbeitung bei 4,47. Alle Ähren wiesen Reduktionserscheinungen auf. Dies deutet auf Stressbedingungen hin und Ertragspotenzial ging verloren. Die Standorte 6 und 8 zeigten die größte Spannweite der Reduktionsprozesse.

Beim Strip-Till Verfahren zeigte sich, dass die Standorte eine gleichmäßigere Reduktion der Spindelstufen aufwiesen, allerdings mit einer größeren Spannweite innerhalb der Standorte. Die oberen und unteren 25 % der Werte lagen weiter auseinander als beim nicht-wendenden Verfahren. Auffällig sind die Mittelwerte der einzelnen Standorte. An jedem Standort wurden im Mittel gleich viele Spindelstufen reduziert. Aus diesem Grund gab es auch keine signifikanten Unterschiede in der Anzahl reduzierter Spindelstufen.

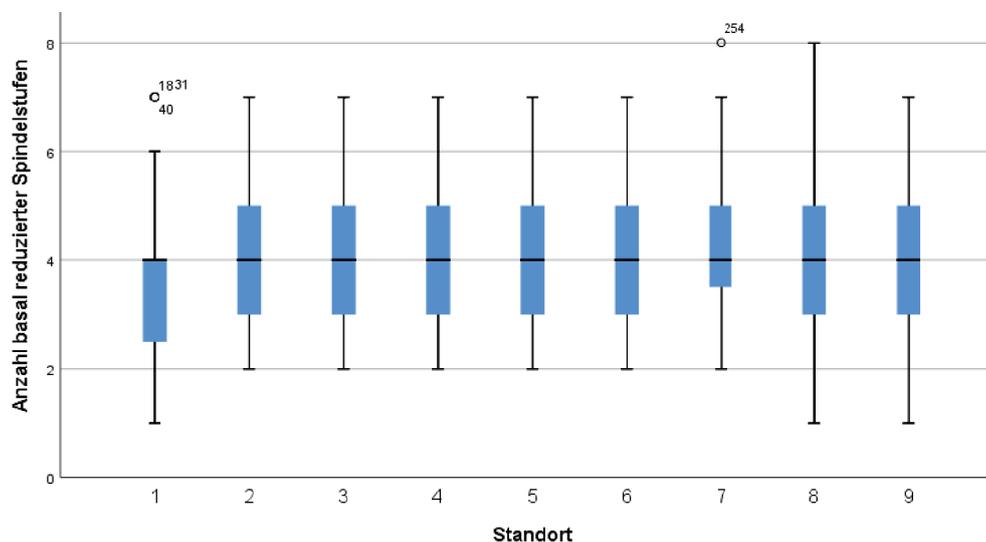


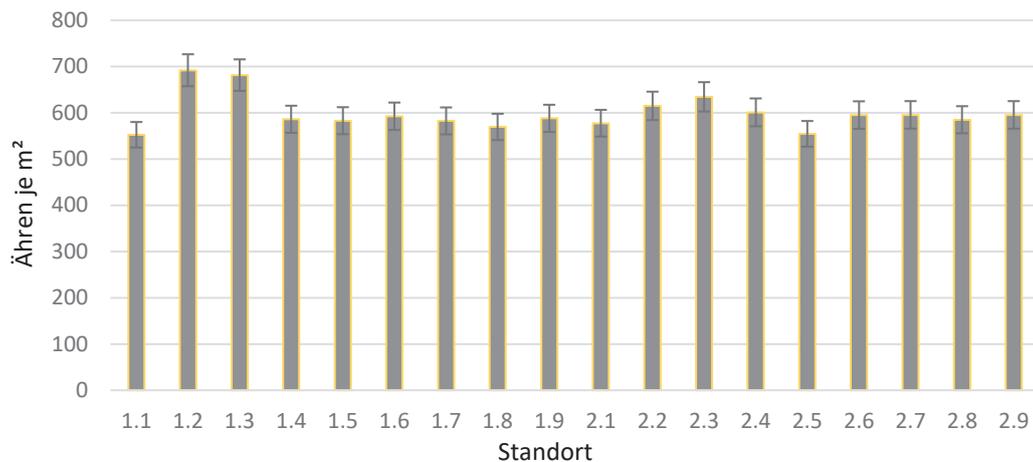
Abbildung 19: Anzahl basal reduzierter Spindelstufen in der Strip- Till Variante (N=360). Quelle: Eigene Darstellung, 2020.

Die Breite der Streuung zeigt, dass besonders die Ähren der Haupttriebe wenig reduziert und die Ähren der Nebentriebe im Strip-Till Verfahren stark reduziert wurden. Höhere Triebzahlen gehen mit vermehrten Reduktionsprozessen bei Wassermangel einher.

#### 4.3.2 Ährenzahl

Die Ähren je Quadratmeter haben einen Einfluss auf die Ertragsleistung des Standortes und zählen zu den Ertragskomponenten. Das Saatverfahren, der Standort und die Standortgüte waren jeweils negativ korreliert mit der Ährendichte je m<sup>2</sup>. Allerdings zeigten sich keine Signifikanzen. Die Abbildung 20 zeigt die mittlere Ährenzahl je Quadratmeter kurz vor der Ernte. Die schwachen Standorte wiesen im Mittel die höchste Ährenzahl je Quadratmeter auf. Es zeigte sich ein ähnliches Bild

wie die Triebzahlen im Frühjahr. Allerdings wurde auf 14 von 18 Standorten die Zielährenzahl von 600 Ähren/m<sup>2</sup> nicht mehr erreicht.

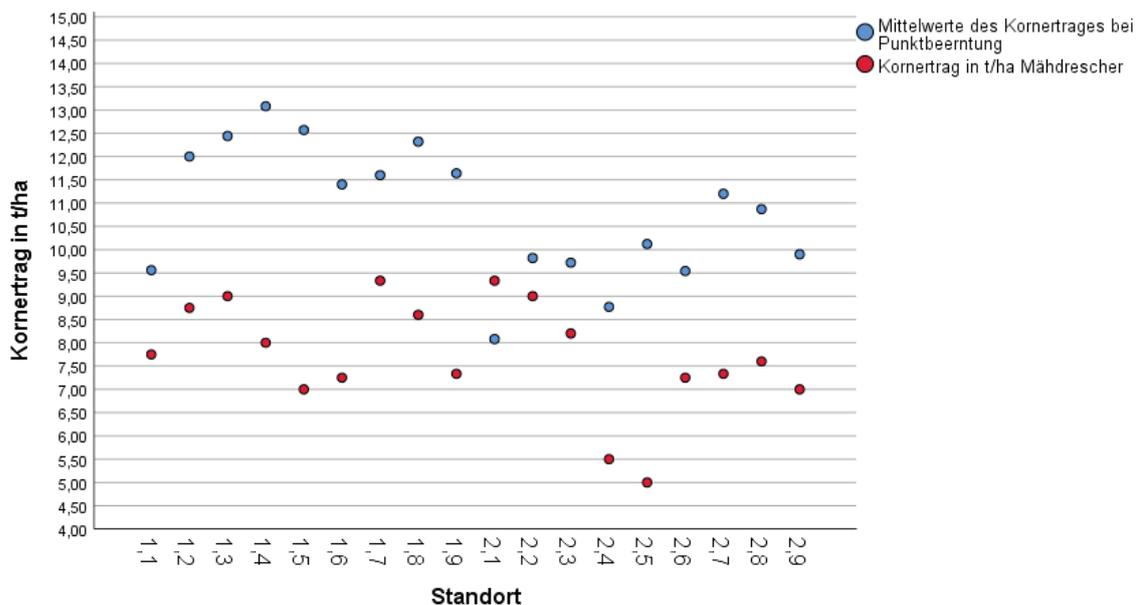


**Abbildung 20: Mittelwerte der Ähren je Quadratmeter kurz vor der Ernte an allen Versuchsstandorten. (N=54). Quelle: Eigene Darstellung, 2020.**

Die Pflanzenzahl im Frühjahr hatte einen negativen Einfluss auf die Ährenzahl zur Ernte ( $R=-0,112$ ). Der Trockensubstanzgehalt am 04.05.2020 sollte eine negative Korrelation zur Ährendichte aufzeigen. Je höher der Trockensubstanzgehalt in der Pflanze in früheren Wachstumsstadien war, desto geringer war die Ährenzahl zur Ernte.

#### 4.3.3 Ertragsmessung

Zur Ernte wurde eine Ertragserfassung mit dem Mähdrescher durchgeführt und eine Weitere über eine systematische Beprobung aller Einzelstandorte mit der Hand als Punktbeerntung samt anschließender Messung der Erträge im Labor. Die Abbildung 21 zeigt die vom Mähdrescher gemessenen Erträge und die Mittelwerte bei der Punktbeerntung. Es zeigte sich, dass es in der Fläche zu sehr unterschiedlichen Erträgen kam. Es waren sowohl signifikante Unterschiede zwischen den Saatverfahren als auch an den Standorten vorhanden ( $p=0,03$ ). Die Mähdrescherträge an den Punkten 2.4 und 2.5 waren sehr gering, da kurz vor der Ernte Schaden durch Wild verursacht wurde. Die mit dem Mähdrescher erfassten Erträge und die Erträge bei Punktbeerntung zeigen, dass bei der nicht-wendenden Bodenbearbeitung eine Differenz von etwa 2,5 bis teilweise 4 Tonnen je Hektar vorhanden war. Die Strip-Till Standorte zeigten ähnliche Ergebnisse.

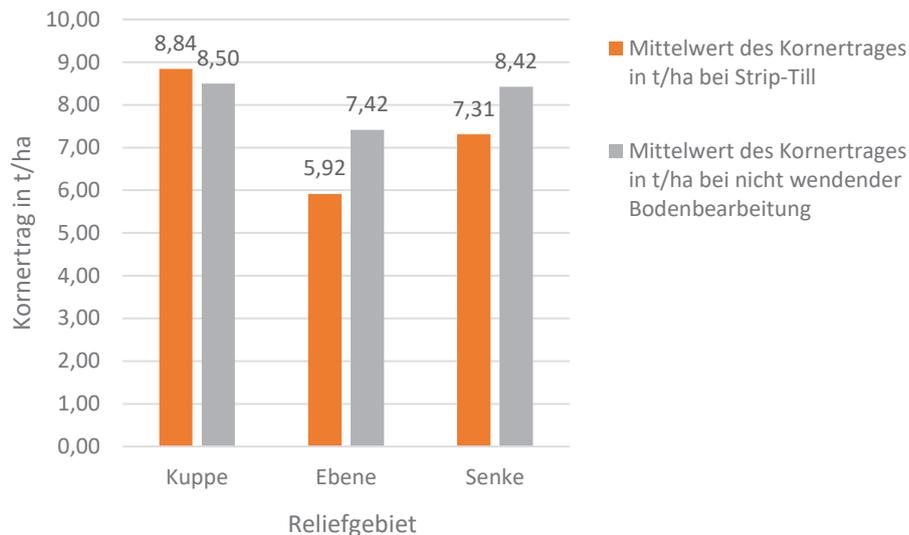


**Abbildung 21: Mittelwerte der Ertragsmessung durch Punkternte und Ertragsmessung des Mähreschers an allen Versuchsstandorten (N=54). Quelle: Eigene Darstellung, 2020.**

Verwunderlich ist, dass es einen kleinen Effekt durch eine negative Korrelation ( $R=-0,281$ ) zwischen der Standortgüte und dem Ertrag gab. Bessere Standortgüten bewirkten also geringere Erträge. Die Saatvariante des Strip-Tills zeigte ähnliche Ergebnisse. Dies konnte nochmals durch die Auswertung der Punktbeerntung bestätigt werden ( $R=-0,748^{**}$ ). Die Hypothese, dass durch das Strip-Till Verfahren die Erträge steigen, bestätigte sich nicht.

Bei der Standortgruppe der Kuppe lag der mittlere Ertrag beim Strip-Till leicht über der nicht-wendenden Bodenbearbeitung. Bei der Ebene zeigt sich, dass am Punkt 2.6 fast derselbe Ertrag gedroschen wurde wie am Punkt 1.6. Die beiden Punkte 2.4 und 2.5 fielen heraus. Bei den Punkten in der Senke kam es gegenüber den Erwartungen zu einer Umkehrung der Ertragsleistung. Insgesamt unterscheiden sich die Ernteerträge beim Mährescher und die Punktbeerntung stark und zeigten keine Korrelation zueinander. Entweder waren die Wiederholungen der Punktbeerntung zu gering oder es kam zu Abweichungen beim Mährescher. Der Ertrag der Gesamtfläche lag bei 8,43 t/ha weshalb eher davon ausgegangen wurde, dass die Punktbeerntung keine ausreichende Fläche repräsentierte. Die Pflanzenzahl im Frühjahr und die Erträge waren negativ korreliert mit ( $R=-0,520$ ) und signifikant ( $p=0,027$ ).

Es wurde ersichtlich, dass es auf der Fläche Standorte mit hohem Ertragspotenzial und Standorte mit geringem Ertragspotenzial gab. Die Abbildung 22 zeigt die Erträge bezogen auf die Standortgruppen Kuppe, Ebene und Senke.



**Abbildung 22: Mittelwerte des Kornertrages in t/ha nach dem Relief. Den Ergebnissen liegen die Ertragsmessungen des Mähdreschers zu Grunde (N=18). Quelle: Eigene Darstellung, 2020.**

An der Kuppe war der mittlere Ertrag der Strip-Till Variante, der nicht-wendenden Bodenbearbeitung überlegen. Die Werte zeigen, dass der Mittelwert der Erträge an der Kuppe höher war als die Erträge in der Ebene und der Senke. Dies ist aus der pflanzenbaulichen Praxis ungewöhnlich, da es zumeist die Standorte auf Kuppen sind, die eher geringere Erträge erwarten lassen. Die Senke unterscheidet sich signifikant von der Ebene. Der niedrige Ertrag des Strip-Tills in der Ebene hat mit den Standorten zu tun, die von den Wildschäden betroffen waren. Da es sich bei diesen Werten um die Ertragsergebnisse des Mähdreschers handelt, ist ersichtlich, dass die Schäden in einem größeren Bereich auftraten. Allerdings mussten diese Erträge mit in die Berechnung einbezogen werden, da es sonst zu Verzerrungen der Ergebnisse gekommen wäre. In der nicht-wendenden Variante ist dieses Problem nicht aufgetreten, was darauf hinweisen kann, dass die Attraktivität dieser Standorte für die Wildschweine nicht so hoch war. Wird der Gesamtertrag der Versuchspartellen betrachtet, so wurden bei der nicht wendenden Bodenbearbeitung 8,11 t/ha und beim Strip Till 7,36 t/ha geerntet. Dies ist ein Ertragsunterschied von 0,75 t/ha. Es hat einen signifikanten Unterschied der Erträge ( $p=0,01^{**}$ ) zwischen den Saatverfahren gegeben. Die nachstehende Abbildung 23 veranschaulicht den Ertragsunterschied der beiden Saatverfahren.

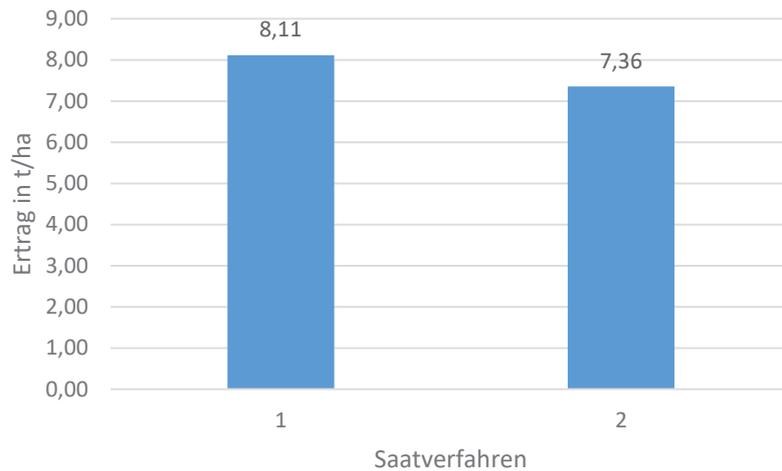


Abbildung 23: Mittelwerte der Erträge zwischen den Saatverfahren nicht-wendende Bodenbearbeitung (1) und Strip Till (2) (N=18). Quelle: Eigene Darstellung, 2020.

#### 4.3.4 Tausendkorngewicht

Das Tausendkorngewicht wurde nach dem Ausdrusch der Versuchspartellen bestimmt, um Einflüsse des Saatverfahrens und des Standortes auf das Tausendkorngewicht zu untersuchen.

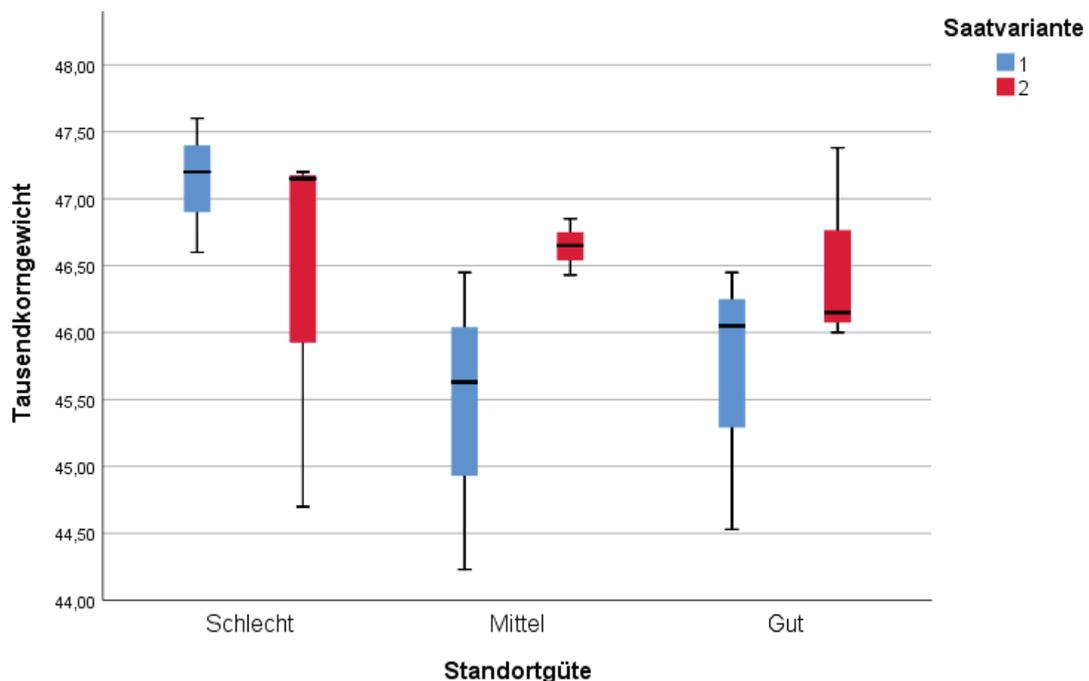


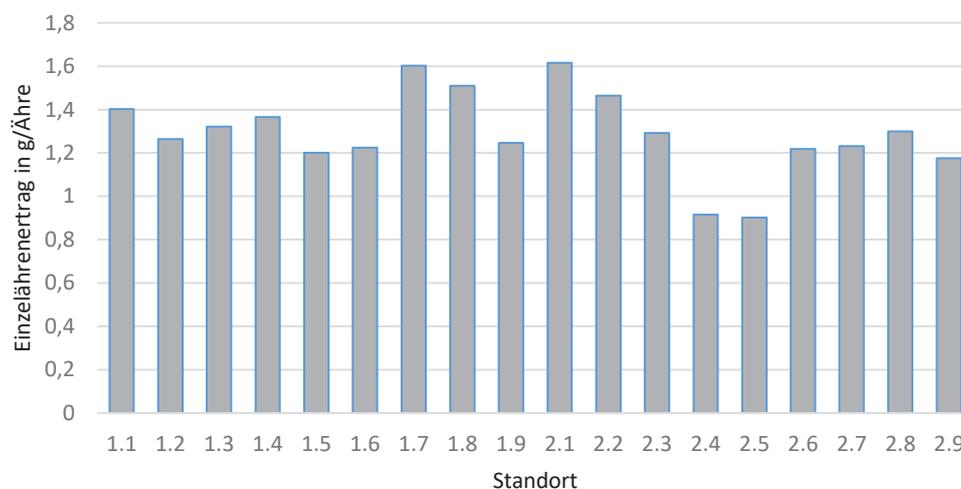
Abbildung 24: Mittelwerte des Tausendkorngewichtes nach der Standortgüte und den Saatvarianten (N=36). Quelle: Eigene Darstellung, 2020.

Bei dem Tausendkorngewicht gab es eine gewisse Streuung über alle Standorte. Ein starker Unterschied war nicht vorhanden. Es zeigte sich, dass hier keine signifikanten Unterschiede bei den Saatvarianten, den Standorten, der Standortgüte und der Ährendichte bestanden. Die Stickstoffversorgung Ende Mai

hatte keinen signifikanten Einfluss auf das Tausendkorngewicht ( $p=0,626$ ). Im Mittel war das Tausendkorngewicht auf der Ebene etwa 1 Gramm höher beim Strip Till als bei der nicht-wendenden Variante. Die Unterschiede waren auch hier nicht signifikant ( $p=0,536$ ).

#### 4.3.5 Einzelährenertrag

Der Einzelährenertrag errechnet sich aus der Ährenzahl je Quadratmeter dividiert durch die Erntemenge je Quadratmeter. Die Abbildung 25 zeigt Gründe für die großen Ertragsunterschiede.



**Abbildung 25: Mittlerer Einzelährenertrag für alle Untersuchungsstandorte (N=18). Quelle: Eigene Darstellung, 2020.**

Die Standorte 2.1 bis 2.2 waren den Standorten 1.1 bis 1.2 überlegen. Die anderen Standorte der nicht-wendenden Variante wiesen höhere Einzelährenerträge als die Strip-Till Ähren auf. Im Mittel lagen die Einzelährenerträge an der Kuppe bei 1,46 g/Ähre beim Strip-Till und 1,32 g/Ähre bei der nicht-wendenden Bodenbearbeitung. Die Ebene bei 1,01 g/Ähre bei Strip-Till und 1,26 g/Ähre in der nicht-wendenden Variante. In der Senke bei 1,23 g/Ähre beim Strip-Till und 1,45 g/Ähre beim nicht-wendenden Verfahren. Die Saatverfahren unterscheiden sich allerdings im Mittel nicht signifikant voneinander ( $p=0,229$ ) Bei Betrachtung der Standortgüte war die Korrelation sogar negativ. Mit geringerer Standortgüte stieg der Einzelährenertrag. Es war bei 7 von 9 Standorten der Einzelährenertrag im nicht-wendenden Bodenbearbeitungsverfahren höher im Vergleich zum Strip-Till.

## 5. Ökonomischer Vergleich der Verfahren

Ob das Strip-Till Verfahren einen Vorteil gegenüber der nicht-wendenden Bodenbearbeitung im Hinblick auf die Ökonomie zeigte, wird in einer Vollkostenrechnung dargestellt.

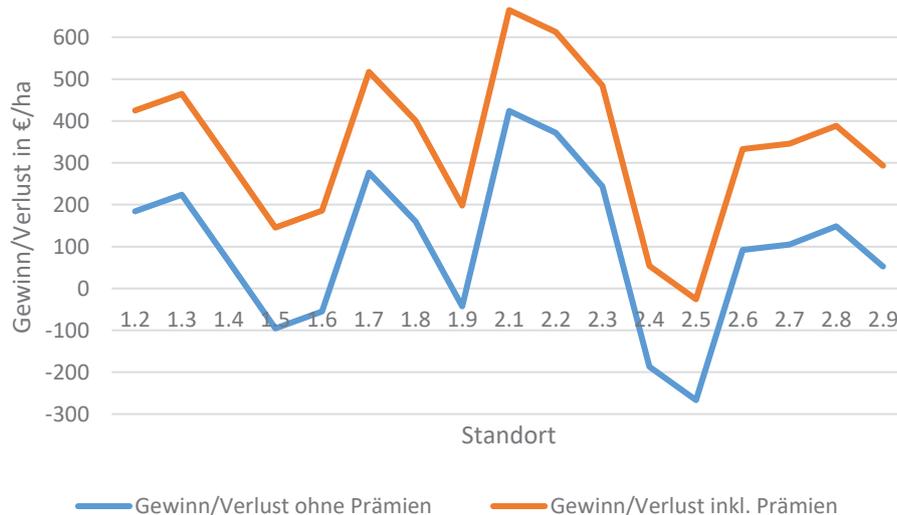
**Tabelle 2: Vollkostenrechnung der beiden Saatverfahren für die Durchschnittserträge der gesamten Versuchsparzelle. Quelle: Eigene Darstellung, 2020.**

Vollkostenrechnung Winterweizen 2018/2019	Einheit	nicht-wendend	Strip-Till
Ertrag	t/ha	8,11	7,36
Marktpreis	Euro/t	159,50	159,50
Summe Marktleistung	Euro/ha	1293,55	1173,92
Direktzahlungen	Euro/ha	240,76	240,76
<b>Summe Leistungen</b>	Euro/ha	1534,31	1414,68
<b>Direktkosten</b>	Euro/ha		
Saatgutkosten	Euro/ha	69,60	69,60
Düngungskosten	Euro/ha	138,30	160,10
Pflanzenschutzmittel gesamt	Euro/ha	129,49	129,49
Herbizide	Euro/ha	57,81	57,81
Fungizide	Euro/ha	56,38	56,38
Insektizide	Euro/ha	11,12	11,12
Wachstumsregulatoren	Euro/ha	4,12	4,12
Zinsansatz 1 (4% p.a.; 5 Monate Kapitalbindungsdauer)	Euro/ha	5,62	5,99
Summe Direktkosten	Euro/ha	343,01	365,18
	Euro/t	42,30	49,62
Direktkostenfreie Leistungen ohne Prämien	Euro/ha	950,53	808,74
Direktkostenfreie Leistungen mit Prämien (Deckungsbeitrag 1)	Euro/ha	1191,29	1049,50
<b>Arbeiterledigungskosten</b>			
variable Maschinenkosten Bodenbearbeitung	Euro/ha	51,06	0,00
Aussaat	Euro/ha	58,94	85,00
Düngung	Euro/ha	42,44	42,44
Pflanzenschutz	Euro/ha	43,15	43,15
Ernte und Transport	Euro/ha	87,24	87,24
Gesamt	Euro/ha	282,83	257,83
Dieselskosten Bodenbearbeitung	Euro/ha	34,60	0,00
Aussaat	Euro/ha	14,20	18,60
Düngung	Euro/ha	3,60	3,60
Pflanzenschutz	Euro/ha	6,50	6,50
Ernte und Transport	Euro/ha	30,10	29,20
Gesamt	Euro/ha	89,00	57,90
fixe Maschinenkosten	Euro/ha	250,00	215,00
Lohnansatz	Euro/ha	220,00	166,00
Arbeiterledigungskosten gesamt	Euro/ha	841,83	696,73
Bodenkosten (Pacht, -ansatz, Gebühren)	Euro/ha	350,00	350,00

Zinsansatz 2 (4% p.a.; 5 Monate Kapitalbindungsdauer)	Euro/ha	19,86	17,45
Gesamtkosten gesamt	Euro/ha	1211,69	1064,18
Gesamtkosten	Euro/t	149,41	144,59
Einzelkostenfreie Leistung ohne Prämien	Euro/ha	81,85	109,74
"kalkulatorischer Gewinn" (mit Prämien)	Euro/ha	322,61	350,50

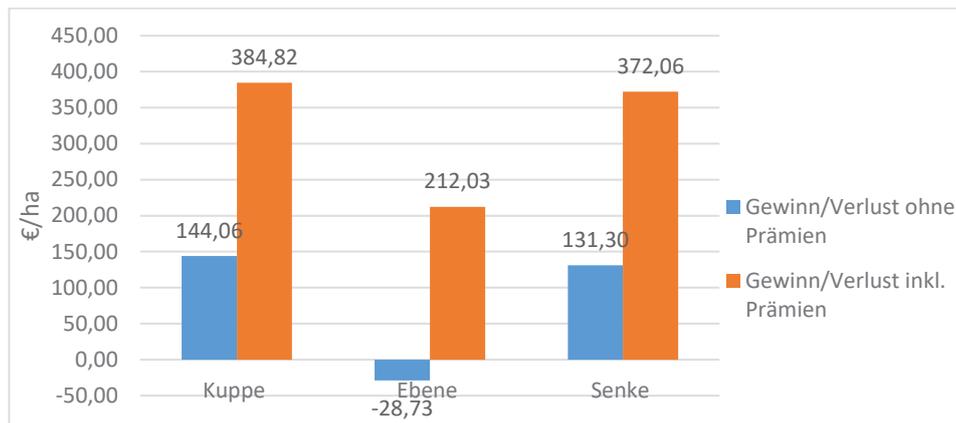
Auf der Kostenseite ist ein deutlicher Unterschied zwischen der nicht-wendenden Variante und dem Strip-Till zu erkennen. Durch die unterschiedlichen Erträge zwischen den Saatverfahren kam es zu Erlösen über 1293 € bei der nicht-wendenden Variante und 1173 € beim Strip-Till. Die Summe der Leistungen mit Prämie ergab einen Wert von 1534 € zu 1414 €. Für den Zinsansatz wurde 4 % und eine Kapitalbindungsdauer von 5 Monaten angesetzt. Die Maschinenkosten waren beim Strip Till um 34 € je ha niedriger. Die Lohnkosten unterschieden sich um 54 €. Die Kosten gehen zurück, da weniger Überfahrten, weniger Schlepperstunden und weniger Arbeitszeit benötigt werden. Der Pachtansatz wurde auf 350 € gesetzt, was dem durchschnittlichen Pachtansatz in Mecklenburg-Vorpommern entspricht. Es zeigt sich, dass die Summe der Leistungen beim Strip-Till zwar niedriger ist, gleichzeitig die Kosten dabei geringer ausfallen. Die Summe der Direktkosten war beim Strip-Till höher, was aus höheren Düngungskosten durch eine Unterfußdüngung mit einem PK- Dünger resultierte. Die Arbeiterledigungskosten differenzierten sich um 145 €, wodurch ein Großteil des schlechteren Ertrages beim Strip-Till wieder ausgeglichen werden konnte. Der kalkulatorische Gewinn unterschied sich um 27,89 €.

Es galt nun herauszufinden, an welchen Standorten das konventionelle Verfahren im Vorteil ist und wo sich das Strip-Till Verfahren im Rahmen der Gewinn- und Verlustrechnung als besser gezeigt hat.



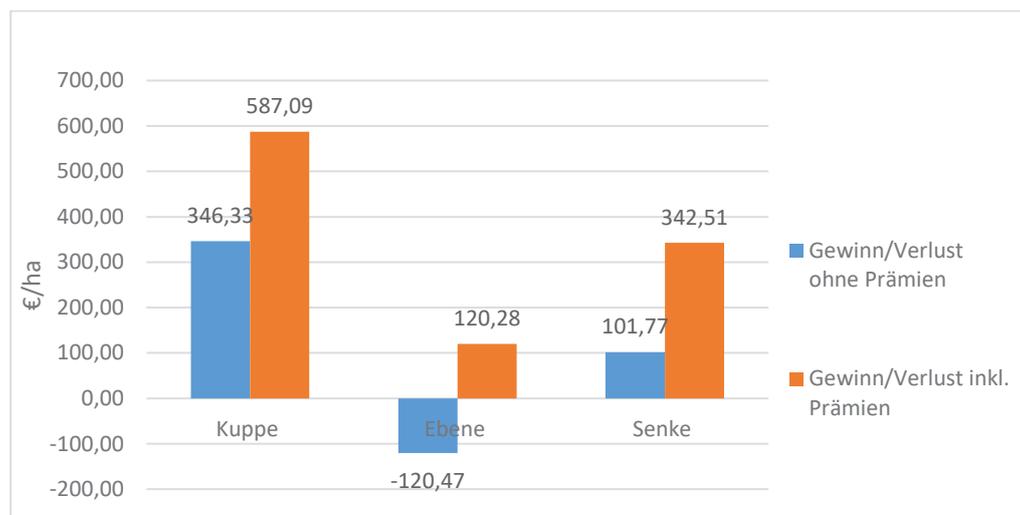
**Abbildung 26: Gewinn- und Verlustrechnung der einzelnen Standorte und Saatverfahren in €/ha.**  
**Quelle: Eigene Darstellung, 2020.**

Die Abbildung 26 zeigt, dass die Standorte der konventionellen Saatvariante im Mittel höhere Leistungen hatten und aus diesem Grund auch der kalkulatorische Gewinn höher war. Die Gewinnspanne war sehr hoch, was auf den unterschiedlichen Erträgen beruhte. Einzelne Standorte brachten bei beiden Varianten Verluste mit sich. Die Standorte unterschieden sich hier signifikant voneinander. Zur Gewinn- und Verlustrechnung wurden Daten des KTBL hinzugezogen, um für jede Aufwendung die Kostenpositionen zu haben. Außerdem standen Betriebsdaten, wie Arbeitszeiten, Dieserverbrauch, Dünger- und Pflanzenschutzmittelkosten, Saatgut- und Transportkosten, sowie Druschkosten zur Verfügung. Der Bereich der Ökonomie zeigt, dass trotz der höheren Erträge im nicht-wendenden Verfahren, die Gewinne/Verluste nahezu ausgeglichen waren. Die Beobachtungen des Reliefs zeigten nochmals ein anderes Bild. Möglicherweise könnten die eingesetzten Betriebsmittel über Applikationskarten und die Aussaatstärke so angepasst werden, dass die starken Standorte den Ertrag sichern und die schlechten Standorte den Ertrag steigern. Die starken Auswirkungen des Reliefs und des Bodens zeigen die Abbildungen 27 und 28 deutlich.



**Abbildung 27: Mittlerer Gewinn/Verlust nach dem Relief bei der Variante der nicht-wendenden Bodenbearbeitung. Quelle: Eigene Darstellung, 2020.**

Bei der nicht-wendenden Bodenbearbeitung zeigten sich an allen Standorten mit Prämienzahlung Gewinne. Ohne Prämien lag der kalkulatorische Gewinn auf der Ebene bei -28,73 €. Die Erträge waren trotz der Trockenheit hoch genug. Die großen Schwankungen zeigen, dass Standorte mit mehr Wasserspeichervermögen und schwereren Böden in trockenen Jahren höhere Erträge bringen können als Standorte mit sonst höherer Ertragsleistung.



**Abbildung 28: Gewinn- und Verlustrechnung nach dem Relief bei der Strip-Till Variante. Quelle: Eigene Darstellung, 2020.**

Zwischen der Standortgruppen des Strip-Tills lagen signifikante Unterschiede vor, die aus dem Ertrag zu begründen sind. Die ökonomischen Verluste auf der Ebene waren im Strip-Till Verfahren nahezu unvermeidlich und führten zu dem Verlust von 120 €/ha. Die Differenz zwischen der Kuppe und der Senke war mit 244 € sehr viel höher als bei der nicht wendenden Variante. Die Hypothese, dass durch Strip-Till der Verlust höher sei, konnte nicht bestätigt werden, auch wenn es an einigen Standorten zu Ertragseinbußen kam.

## 6. Diskussion

In der folgenden Diskussion sollen mögliche Erklärungswege für die unterschiedliche Entwicklung der Pflanzenbestände und ihre Beeinflussung durch die Standortgegebenheiten näher erläutert werden. Zunächst werden Einflüsse des Saatverfahrens diskutiert, bevor solche des Standortes berücksichtigt werden. Da es sich um einen Verfahrensvergleich handelte, müssen mögliche Unterschiede bedingt durch das Saatverfahren, berücksichtigt werden.

### 6.1 Einfluss des Saatverfahrens

#### 6.1.1 Pflanzenentwicklung

Bereits im Herbst konnten einige Unterschiede in der Pflanzenentwicklung festgestellt werden. Die Aussaat gestaltete sich bei beiden Verfahren schwierig, da durch die trockenen Bedingungen die Bearbeitbarkeit des Bodens sehr schwierig war. Der Zugkraftbedarf für die Bodenbearbeitungsgeräte war sehr hoch. Zudem kam hinzu, dass durch die Trockenheit bei schweren Standorten sehr grobe Bodenaggregate bedingt durch die Bodenbearbeitung vorlagen. Der gewünschte Bearbeitungseffekt wurde nicht erreicht. Das Auflaufen von Ausfallraps und Unkräutern fand nicht statt.

Die Ablagegenauigkeit bei dem Strip-Till Verfahren war nicht so gut wie bei dem nicht-wendenden Verfahren. Dies lag daran, dass die Dämme, welche bei der Strip-Till Sämaschine zwischen den Saatreihen aufgeworfen wurden, nur eine sehr schlechte Aggregatstruktur aufwiesen, was auf den leichten Standorten zu Verschüttungen der Saatkörner auf bis zu sieben cm Tiefe verursachte. Dadurch bildeten die tiefer abgelegten Pflanzen einen ausgeprägten Halmheber. Die Pflanzen, die in der gleichen Tiefe wie beim nicht-wendenden Verfahren abgelegt wurden, haben zügiger mit der Keimung begonnen und sind früher aufgelaufen. Die unbearbeiteten Bereiche im Strip-Till Verfahren waren mit einer Mulchschicht bedeckt. Dadurch kann die Verdunstung von Wasser verhindert und durch die Infiltration des Wassers in den Lockerungsschlitz und die Saatreihe die Effizienz des Bodenwassers gesteigert werden, was zu schnelleren Feldaufgängen führt (BISCHOFF, 2012). Die Verdunstung war in der nicht-wendenden Variante höher, da keine Mulchdecke an der Bodenoberfläche vorhanden war. Die hohen

Temperaturen führten zu sehr hohen Bodentemperaturen, was die Austrocknung des Saathorizontes beschleunigte und einen gleichmäßigen Feldaufgang nach der Saat verhinderte. Durch den schnelleren Photosynthesebeginn und der Wurzelentwicklung hatten die Pflanzen einen Vorteil gegenüber den tiefer abgelegten Körnern.

Bei trockenen Bedingungen sind die Konkurrenz um Wasser und gelöste Nährstoffe die wesentlichen Einflussfaktoren (GEISLER, 1983). Später aufgelaufene Pflanzen haben weniger Zeit Biomasse im Herbst zu bilden und für die Bestockung bis zum Vegetationsende. Zwei Wochen nach der Saat fielen genügend Niederschläge, sodass ein Großteil der ausgesäten Körner aufblief. Dies bestätigte die Auszählung der Pflanzenzahlen im Herbst, die einen Feldaufgang von etwas über 90% zeigte (Abbildung 8). Die Bestände entwickelten sich bis zum Ende der Herbstvegetation nahezu gleichmäßig. Die tiefer abgelegten Körner des Strip-Tills holten den Wachstumsrückstand also wieder auf. Leichte Auswinterungsverluste waren bei beiden Saatverfahren zu sehen. Zudem kamen Schäden durch Wildschweine beim Strip-Till hinzu. Der lockere Boden mit der gesamten organischen Substanz zog Regenwürmer in den Oberboden, was das Auftreten von Wildschäden verstärkte. Die Entwicklung der BBCH- Stadien zeigte in der gesamten Wachstumszeit bei beiden Saatverfahren und trotz unterschiedlicher Standortgüten den gleichen Verlauf. Die Standorte Kuppe, Senke und Ebene waren zu fast allen Zeiten gleichmäßig entwickelt. Beim Getreide ist dies unter guten Witterungsbedingungen nicht ungewöhnlich. Die Weizenpflanzen versuchen in der Schossphase Konkurrenz zu umgehen, indem alle Pflanzen in der gleichen Entwicklung bleiben, um keine Wachstumsnachteile zu erleiden. Die Standorte 1.1 und 2.1 benötigten etwas länger, um von der Bestockung in die Schossphase zu kommen. Da die Lehm Böden vorwiegend auf den Kuppen des Ackers vorzufinden sind und diese sich im Frühjahr langsamer erwärmen, kommt es dazu, dass hier ein langsamerer Wachstumsbeginn im Frühjahr vorherrschte. Die Bestockungsphase dauerte hier länger. Allerdings zeigte sich in den Ergebnissen, dass der Rückstand wieder aufgeholt wurde. Trotz des breiteren Reihenabstandes bei der Streifensaart und einer damit einhergehenden verringerten Lichtnutzung war die Wuchshöhe und die Entwicklung zur Blüte gleichmäßig. Die Abreife erfolgte, trotz der Trockenheit im Juni und Juli, gleichmäßig. Somit war auch die Zeit der Kornfüllungsphase bei

beiden Saatverfahren gleich lang. Allein aus der BBCH-Entwicklung ließen sich keine Einflüsse auf die Erträge ableiten.

#### 6.1.2 Bestandesentwicklung im Frühjahr bis zur Ernte

Bei zwei Zählungen zu den Pflanzenzahlen, am 07.04.2019 und am 27.04.2019, ergaben sich leichte Änderungen im Vergleich zum Herbst. Ein Einfluss eines größeren Reihenabstandes und der dadurch höheren Pflanzenanzahl in der Reihe, was mit erhöhtem Konkurrenzdruck unter den Pflanzen verbunden wäre, wurde bis zum Frühjahr nicht festgestellt. Hierzu liefert OEHMICHEN (1986) eine mögliche Antwort, denn er behauptet, dass Konkurrenzsituationen zwischen Pflanzen erst zum Ende der Bestockung wirksam werden und vorher keinen Einfluss nehmen. Dies führt dazu, dass Konkurrenzbeziehungen in der Schossphase besonders sichtbar werden müssen.

Die Auszählungen zu den Trieben zeigten im Verlauf der Vegetation ein typisches Bild. In der Bestockungsphase wurde eine große Anzahl an Trieben ausgebildet (Abbildung 9). Diese Anzahl wurde durch die trockenen Bedingungen im Mai und Juni 2019 stark dezimiert, sodass je nach Standort über 50% der angelegten Triebe verloren gingen, was Auswirkungen auf den Ertrag hatte. Laut LÜTKE ENTRUP (2012), führe eine übermäßig starke Bestockung zu einer nicht gewünschten, ungleichmäßigen Ährenausbildung. Nebentriebe höherer Ordnung sind kürzer und haben ein geringeres Ährengewicht mit der Folge abnehmender Erträge. Die gewünschte Anzahl von 600 Trieben je Quadratmeter konnte bei den meisten Standorten bei beiden Saatverfahren bis zum Sommer nicht gehalten werden (Abbildung 20).

Die Bestockungskoeffizienten waren am 07.04.2019 im Mittel bei beiden Saatverfahren gleich (Tabelle 1). Dies hätten die unterschiedlichen Reihenabstände nicht erwarten lassen, da es unter natürlichen Bedingungen dazu kommt, dass Pflanzen mit geringerer Pflanzendichte in der Reihe mehr Triebe ausbilden, als Pflanzen, die einer hohen Konkurrenz ausgesetzt sind. Pflanzen streben immer dazu, nach oben zu wachsen. Werden sie Konkurrenzsituationen ausgesetzt, so verstärkt sich das Streckungswachstum und es verringert sich die Bestockungsleistung (GEISLER, 1983). Eine Folge daraus sollten geringere Bestockungskoeffizienten sein. Dies ist erstaunlich für die Streifensaat, denn die höhere Pflanzenzahl in der Reihe hatte keine Auswirkungen auf die

Bestockungsleistung. Die Pflanzen der Strip-Till Variante durchwurzelten intensiv den gelockerten Saatschlitz und nahmen darin vorhandene Nährstoffe auf. Das agravitrope Wachstum der Seitenwurzeln war zunächst verringert. In der nichtwendenden Variante wurden mehr Seitenwurzeln gebildet, die intensiv den gesamten Oberboden durchwurzelten.

### 6.1.3 Trockenmasse und Trockensubstanzgehalt

Die Messung der Biomasse erfolgte am 04.05.2019. Es ließen sich klare Unterschiede in der Biomassebildung feststellen. Die Varianz in der Biomassebildung war zwischen den beiden Saatverfahren sehr groß. Hier zeigte sich der Einfluss des Standortes. Die Standorte auf der Kuppe zeigten im Mittel einen wesentlich geringeren Biomasseaufwuchs als die Standorte der Senke und der Ebene. Die Abbildung 11 zeigt, dass die Unterschiede je nach Standortgüte bis zu 10.000 kg Biomasse je Hektar betragen. Andere Standorte waren gleichmäßiger und zeigten nur geringe Streuung (Abbildung 30).

Da sich die Bestände gerade in der Schossphase befanden, war eine Messung der Biomasse sinnvoll, da in der Wachstumsphase die Ertragskomponenten ausgebildet werden. Die Ähre wächst mit dem Schossen mit.

Die hohe Anzahl an Trieben sorgte zu diesem Zeitpunkt für eine hohe Biomasse an den Standorten in der Ebene. Eine hohe Assimilatbildung für die Ähre ist ausschlaggebend für die spätere Assimilatverlagerung in die Karyopse und beeinflusst den Ertrag (GEISLER, 1983). Bei vielen gebildeten Nebentrieben kam es dazu, dass die Pflanze Assimilate in die Nebentriebe höherer Ordnung verlagert hat. Durch die Rückbildung der Nebentriebe ist ein Teil der Assimilate verloren gegangen. Dies geschieht, weil die Konkurrenz um die Wachstumsfaktoren Licht, Wasser und Nährstoffe zunimmt. Die reduzierten Nebentriebe stehen für die Ertragsbildung nicht mehr zur Verfügung.

Weil die Messung Biomasse in BBCH 34/35 stattfand, ist davon auszugehen, dass die Kornzahl je Ähre auch schon festgelegt war. Laut REINER ET AL. (1992) erreicht die Kornzahl je Ähre zur Mitte des Schossens ihre Höchstzahl, danach wird reduziert. Eine Reduktion der Kornzahl war durch die Größe der Ähre zu diesem Zeitpunkt noch nicht feststellbar. Es wurde beobachtet, dass die Triebe 3. und 4. Ordnung im Strip-Till Verfahren in der Senke bereits reduziert wurden.

Die Messung der Trockensubstanz gibt die tatsächliche Bildung von Assimilaten durch die Photosynthese an. Eine hohe Trockenmasse in wichtigen Entwicklungsphasen des Weizens deutet darauf hin, dass die Pflanze starke Assimilationsleistungen erbringen konnte und Wasser, Licht und Nährstoffe in ausreichendem Maße zur Verfügung standen (Abbildung 12).

Reduktionsprozesse der Nebentriebe waren bei der Beprobung sichtbar. Dies war besonders auf den Standorten mit hoher Triebzahl und in der Streifensaat zu sehen. Der weitere Reihenabstand ließ mehr warme Luft durch die Reihen und der Bestand musste höhere Transpirationsraten leisten. Bei geringerem Reihenabstand herrscht ein kühleres Mikroklima im Bestand, da die Pflanzen versuchen, die Temperatur durch Wasserverdunstung herabzusetzen. Der Wind wird gebremst und eine Austrocknung verhindert. Standorte mit geringerer Triebzahl und einer langsameren Entwicklung zeigten sich stabiler, was weniger Trockenstress bedeutete. Die Trockensubstanzgehalte lagen zwischen 18,17 % und 27,30 %. Dies ist eine maximale Spannweite von 9,13 %. Der Mittelwert lag mit 23,26 % für das derzeitige Wachstumsstadium im normalen bis etwas zu trockenem Bereich.

Es sollte sich aber zeigen, dass sich die Trockensubstanzgehalte auch in den Erträgen widerspiegeln. Der Untersuchungspunkt mit dem geringsten Trockensubstanzgehalt sollte den höchsten Ertrag und der mit dem höchsten Trockensubstanzgehalt sollte den geringsten Ertrag bringen (Abbildung 13).

Eine geringe Wuchshöhe bewirkt eine erhöhte Stabilität des Halmes und verringert die Gefahr von Lagergetreide (LÜTKE ENTRUP, 2012). Je mehr Assimilate für das Längenwachstum, besonders des Haupttriebes, genutzt werden, desto weniger stehen den Nebentrieben zur Verfügung. Durch den Einsatz von Wachstumsreglern, die in den Phytohormonhaushalt eingreifen, wird das Längenwachstum verringert und das Wachstum der Nebentriebe, durch die Verringerung der apikalen Dominanz des Haupttriebes, gefördert. So wird versucht, die Assimilatverlagerung in die Nebentriebe zu fördern, sodass diese ertragswirksam bleiben (HANART, 2009). Außerdem wird durch die Festigung des Halmes die Gefahr von Lagergetreide verringert, was Erschwernisse bei der Ernte vermeidet. Der Einsatz von Chlormequatchlorid im BBCH 31 sollte den vorher genannten Effekt bewirken.

Die Triebverluste waren am Standort 2.4 im Strip-Till Verfahren mit 57 % am höchsten und am Standort 1.1 bei der nicht wendenden Bodenbearbeitung mit 15%

am geringsten (Abbildung 9 und 20). Eine Standardabweichung entspricht 9,8%. Der mittlere Triebverlust über alle Standorte lag bei 42 %. Je mehr Triebe gebildet wurden, desto mehr Triebe wurden auch reduziert. Dies war unabhängig vom Saatverfahren. Die Standorte in der Senke reduzierten mit 43,5 % bei dem nicht wendenden Bodenbearbeitungsverfahren und mit 44 % beim Strip-Till mehr als dem Mittelwert entsprach. Dies zeigt, dass der Wassermangel in der Senke und der Ebenen einen sehr negativen Einfluss auf die Pflanzenentwicklung hatte und die Verluste höher lagen als auf der Kuppe (GEISLER, 1983). Dies ist ungewöhnlich, da ein Wassermangel sich normalerweise früher an den Kuppen und den schlecht wasserführenden Standorten abzeichnet. Dadurch, dass bei beiden Saatverfahren auf der Kuppe nicht so viele Triebe gebildet wurden, hielten sich die Verluste in Grenzen und der Ertrag war am Ende auf der Kuppe bei beiden Saatverfahren am höchsten (Abbildung 22).

Die Messung des Chlorophyllgehaltes gibt eine Auskunft über die N-Versorgung des Bestandes. Die Standorte 1.1 und 1.2 sowie 2.1 und 2.2 waren sehr gut mit Stickstoff versorgt. Dünne Bestände mit geringer Ertragserwartung wiesen die höchsten Stickstoffgehalte auf (Abbildung 29). Da nicht so viele Triebe gebildet wurden, sondern eher die starken Triebe vorhanden waren, stand für den einzelnen Trieb mehr Stickstoff zur Verfügung. Eine ausreichende N-Versorgung während der Schossphase hat zum Ziel, dass die Ährchen- und Blütenreduktion abgeschwächt und die Fertilität der Blüten gefördert wird. Damit wird die Kornzahl je Ähre beeinflusst. Zum Zeitpunkt der Messung am 26.05.2019 befanden sich die Pflanzen gerade in der Phase des Ährenscheidens. Die Pflanzen mit guter N-Versorgung (Abbildung 10, 29) wiesen signifikant weniger basal reduzierte Spindelstufen auf und generierten höhere Erträge (Abbildung 21). REINER ET AL., (1992) stellte fest, dass mit der N-Düngung am meisten die Bestandesdichte beeinflusst wird und am geringsten die Tausendkornmasse. Die am 24.05.2019 erfolgte Ährenscheidens konnte ihre Wirkung aufgrund der langanhaltenden Trockenheit nicht mehr zeigen. Dieser Stickstoff wurde nur noch in geringen Mengen von der Pflanze aufgenommen. Es fehlte den Hohertragsstandorten an Stickstoff, was wiederum dazu führte, dass in der Strip-Till Variante an den Standorten mit sehr vielen Trieben die Erträge noch weiter zurückgingen, da die Konkurrenz um Nährstoffe in der Reihe höher war.

#### 6.1.4 Ertragsstruktur

Die Gesamtzahl der Spindelstufen je Ähre und die Anzahl der reduzierten Spindelstufen je Ähre haben einen starken Einfluss auf den Ertrag. Da es sich beim Weizen um einen Selbstbefruchter handelt, findet ein Teil der Befruchtung noch im Halm während des Ährenschiebens statt. Die Blüte trägt einen weiteren Teil zur Befruchtung bei (LÜTKE ENTRUP, 2012). Herrschen zu dieser Zeit Störfaktoren wie Trockenheit, Hitze oder Nährstoffmangel vor, so kann das zu einer verringerten Fertilität der Samenanlagen führen. Dies bewirkt, dass einzelne Kornpositionen oder ganze Spindelstufen reduziert werden.

Auch befruchtete Kornanlagen können im Nachhinein noch reduziert werden (GEISLER, 1983). Beim Weizen werden in der Regel zuerst die basalen Spindelstufen reduziert. Die apikalen Spindelstufen werden erst reduziert, wenn der Stress der Pflanzen sehr groß ist. Die Kornanlagen in der Mitte der Ähre werden möglichst nicht reduziert. Hier wird von der Medialdominanz gesprochen (REINER ET AL, 1992). Dies hat evolutionstechnische Gründe. In der Mitte der Ähre befinden sich die größten Körner. Ziel der Pflanze ist es genug Samen für die nächste Generation bereitzustellen und damit das Überleben der Art zu sichern.

Die Untersuchungen zu den Spindelstufenanzahlen zeigen, dass in dem Erntejahr 2019 in den Versuchspartellen viele basale Spindelstufen reduziert wurden (Abbildung 18,19). Während der Auszählung fiel auf, dass trotz der trockenen Bedingungen und der langen Dürrephase keine apikalen Spindelstufen reduziert wurden.

Die Gesamtzahl der Spindelstufen war bei beiden Saatverfahren nicht signifikant unterschiedlich (Abbildung 15). Die einzelnen Untersuchungsstandorte zeigten starke Unterschiede. Beim Strip-Till wurden generell höhere Spannweiten bei der Anzahl basal reduzierter Spindelstufen gefunden. Der Mittelwert lag hier bei allen Standorten bei genau 4,0. Die nicht wendende Variante zeigte mit 4,47 eine höhere, aber nicht signifikante Reduktion auf. Im Hinblick auf das Relief ergaben sich ebenfalls keine signifikanten Unterschiede.

In der Auswertung der Ernteergebnisse zeigte sich eine leicht negative Korrelation zwischen dem Einzelährenertrag und der Ährenanzahl über den gesamten Versuch. Ein signifikanter Unterschied konnte allerdings nicht festgestellt werden. Höhere Ährenzahlen zeigten niedrigere Einzelährengewichte (Abbildung 25). Die Anzahl der Triebe beeinflusst die Leistung der Ähre, da pro Einzelähre weniger

Assimilate zur Verfügung stehen. Die Ertragssteigerung durch höhere Ährenzahlen wird fast komplett durch die geringeren Einzelährenleistungen ausgeglichen. Auf der Ebene gingen im Durchschnitt fast 50 % der Triebe in beiden Verfahren verloren. Obwohl die Standorte 2.4 und 2.5 und 1.4 und 1.5 in beiden Saatverfahren die geringsten Bestockungskoeffizienten von unter 90 % vom Mittel aufwiesen, wurden trotzdem 50% der Triebe reduziert.

Die These, dass bei steigender Bestockungsleistung der Einzelährenertrag sinkt, kann nicht abgesichert werden, weil keine signifikante Korrelation vorlag ( $R=-0,330$ ,  $P=0,181$ , Tabelle 5).

Die Verlagerung der Assimilate während der Kornfüllungsphase hat einen großen Einfluss auf das spätere Tausendkorngewicht. Je länger die grüne Blattfläche assimiliert, desto mehr Assimilate können gebildet werden. Beim Strip-Till Verfahren wurde auf der Ebene und der Kuppe Wasserstress durch die Trockenheit festgestellt. Die unteren Blätter vergilbten schnell und das Fahnenblatt kräuselte sich zusammen. Mehr als die Hälfte der Tausendkornmasse wird über das Fahnenblatt gebildet. Hinzu kommt die Ähre selbst und das zweitoberste Blatt (LÜTKE ENTRUP, 2012). Wenn Unterschiede in den Tausendkorngewichten auftreten, dann kann das ein Indikator dafür sein, dass Wasser oder Nährstoffe gefehlt haben oder Schadinsekten an der Ähre zu Stresssituationen führten (OEHMICHENMET AL., 2014).

Geringe Ährendichten führen dazu, dass die Kornanlagen je Pflanze mit mehr Assimilaten gefüllt werden können und somit die Tausendkorngewichte steigen. Das Tausendkorngewicht ist bis zum Ende der Vegetation variabel. In dem Versuch zeigte sich, dass die Standorte 1.2, 1.3, 2.3 und 2.7 die höchsten Tausendkorngewichte hatten (Abbildung 24).

Die Tausendkorngewichte lagen im mittleren Bereich. Je nach Standort, Witterung und Wachstumsbedingungen liegen die Tausendkorngewichte bei Winterweizen laut OEHMICHEN ET AL. (2014) zwischen 40 und 60 Gramm. Die Tausendkorngewichte lagen im Mittel beim Strip-Till etwas höher mit 46,5 zu 46,08 Gramm. Die Streuung über alle Beprobungsstandorte war beim Strip-Till ebenfalls höher.

Die verfügbaren Mengen an Assimilaten, Wasser und Nährstoffen sind auf die befruchteten Kornanlagen in der Fläche zu verteilen. Kommt es zu einem Mangel in der Kornfüllung, so führt dies zu der Ausbildung von Kümmerkorn, dem Abort von jungen Embryonen und damit einhergehend einem Rückgang des Ertrages.

Die Trockenheit während der Kornfüllungsphase und der Wassermangel war mit hoher Sicherheit dafür verantwortlich, dass die Tausendkorngewichte nicht über 50 Gramm lagen.

Bei der Betrachtung des Saatverfahrens wurden komplexe Wechselbeziehungen zwischen Wachstum und den Ertragsparametern deutlich. Es kommt zu unerwarteten Korrelationen mit einer großen Variabilität in der Ausprägung. Signifikante Unterschiede waren bei einigen Parametern zu sehen. Das Saatverfahren beeinflusste eindeutig die Ertragsbildung und den Ertrag. Neben den Saatverfahren hat der Standorteinfluss erheblichen Einfluss auf die Ertragsbildung.

## 6.2 Einfluss des Standortes

### 6.2.1 Pflanzenentwicklung

Vom Standort geht zunächst ein großer Einfluss auf die Keimung und den Feldaufgang aus. Ein nicht ordentlich vorbereitetes Saatbett, eine ungenaue Ablagetiefe und eine unzureichende Rückverfestigung bewirken, dass die Quell- und Keimbedingungen ungünstig sind. Da es zur Weizenaussaat 2018 sehr trocken war, kam es dazu, dass die Krümelstruktur auf dem Acker besonders bei schluffigen Standorten zum Teil nicht mehr vorhanden war. Durch die Dammbildung beim Strip-Till Verfahren floss die aufgehäufelte Erde direkt nach der Saatablage zurück in die Saatreihe und verschüttete die Körner. Gleichzeitig war es sehr trocken, sodass die Keimung und das Auflaufen mit 14 Tagen sehr lange dauerte. Nachdem Niederschläge gefallen waren, liefen beim Strip-Till die letzten Pflanzen auf. Diese hatten einen Wachstumsrückstand.

Die Beobachtung der BBCH-Stadien macht erkennbar, dass die Standorte an der Kuppe sich weniger bestockten und dadurch die Gesamtzahl an Trieben geringer waren. Die kalten Lehmböden brauchten im Frühjahr länger, um sich zu erwärmen, wodurch sich die Bestockungsphase verkürzte. Bis zum Ende der Herbstvegetation waren die Bestände nahezu gleichmäßig entwickelt. Die Phase des Schossens setzte im gesamten Versuch gleichzeitig ein. Die Anwendung von CCC im Stadium 30/31 führte zunächst zu einem verzögerten Längenwachstum und zur Förderung des Wachstums von Nebentrieben sämtlicher Ordnungen.

Das Fahnenblatt erschien an allen Standorten gleichmäßig. Mitte Mai wurde bemerkt, dass die Phase des Ährenschnellens sehr schnell vorüberging und Ende

Mai bereits die Ähre vollständig geschoben war. In dieser Zeit fielen nahezu keine Niederschläge, sodass bei vielen Pflanzen die Nebentriebe reduziert wurden. Bei den Hohertragsstandorten zeigte sich dies besonders deutlich. Während der Blüte war es trocken und sehr warm. Die Pflanzen begannen Trockenstress zu zeigen und die Blätter kräuselten sich zusammen. Die unteren Blattetagen waren bereits vergilbt, abgestorben oder abgefallen.

Am 17.06.2019 wurde das Stadium der frühen Milchreife bonitiert. Die Blüte des gesamten Bestandes war innerhalb von 12 Tagen abgeschlossen. Schon zu Beginn der Milchreife zeigte sich, dass einige basale Spindelstufen reduziert waren und damit erhebliches Ertragspotenzial verloren gegangen war. Die unterständigen Ähren waren zum Teil auf den besseren Standorten der Senke vollständig reduziert und abgestorben. Durch das Fehlen des Wassers auf den Standorten mit hoher Triebdichte (Abbildung 9), war die Konkurrenz um das verfügbare Wasser sehr hoch. Dies war beim Strip-Till und beim nicht-wendenden Verfahren gleichermaßen zu erkennen. Die Aussage, dass durch Strip-Till die Wasserversorgung des Bestandes besser sei, weil keine Bodenbearbeitung stattfindet und die Wurzelentwicklung in dem Lockerungsschlitz mehr in die Tiefe geht, konnte nicht bestätigt werden. Anderenfalls hätten die Bestände zum Zeitpunkt der Trockenheit länger durchgängig grün bleiben müssen. Die wassersparende Bewirtschaftung im Herbst hat auf den Wasserhaushalt im Frühjahr nahezu keinen Einfluss, da über den Winter die Bodenvorräte zum Teil oder vollständig wieder aufgefüllt werden. Ein Effekt des Saatverfahrens auf den Wasserhaushalt im Boden war im Frühjahr nicht erwartbar. Der höhere Reihenabstand führte an den Strip-Till Standorten dazu, dass mehr Wind durch den Bestand hindurchziehen konnte. Dies führt zu weiterer Austrocknung des Bodens und der Bestände. Die Lichtadsorption war geringer, da viel photosynthetisch aktive Strahlung bis in den Sommer hinein auf den Boden traf und nicht adsorbiert, sondern reflektiert wurde.

Die Totreife des Bestandes war am 05.08.2019 vollständig gegeben und lag damit für die Fläche im normalen Erntezeitraum. Das Stroh war sehr trocken und brüchig.

### 6.2.2 Bestandesentwicklung im Frühjahr bis zur Ernte

Die Vegetationsbedingungen im Frühjahr 2019 waren zunächst sehr gut. Der Winter hatte für einen ausreichenden Vernalisationsreiz gesorgt, sodass die Vernalisation bei allen Pflanzen und auf allen Standorten stattfand. Die warmen Temperaturen

des Frühljahrs begünstigten die Bestockungsleistungen der Pflanzen. Dies stellte sich allerdings als negativ heraus. Die Triebzahlen an den guten Standorten erreichten Anfang April über 1000 Triebe je m<sup>2</sup> und fielen dann teilweise unter 600 Triebe je m<sup>2</sup> ab. Die Triebzahl im Frühjahr ist zwar positiv mit der Ährenzahl zur Ernte korreliert (Tabelle 5), unter Mangelbedingungen wird allerdings stärker reduziert. Je mehr Wasser und Nährstoffe dem Pflanzenbestand zur Verfügung stehen, desto besser ist auch das Wachstum (GEISLER, 1983). Über den Winter wurde bei den guten Standorten vermutlich mehr organisch gebundener Stickstoff mineralisiert, da die Menge der Erntereste aus der Vorfrucht höher war und generell die Bodenfruchtbarkeit besser ist. Auf den kalten und schweren Lehmkuppen sollte nur wenig organische Substanz abgebaut werden können. Die frühzeitige Düngung des Bestandes mit ausreichend Stickstoff förderte zudem die Wachstumsraten. Aus pflanzenbaulicher Sichtweise war eine sehr frühe und hohe N- Düngung im Frühjahr nicht gut, da die Pflanzen mit vermehrtem Bestockungswachstum reagiert haben. Die apikale Dominanz des Haupttriebes führt unter Mangelbedingungen dazu, dass zunächst die Nebentriebe reduziert werden, damit der Haupttrieb erhalten bleibt (LÜTKE ENTRUP ET AL., 2014). In Trockenstresssituationen ist dieser Effekt besonders gut zu erkennen. Die hohen Temperaturen im Frühjahr begünstigten zudem das Bestockungswachstum auf den Standorten mit höherer Bodengüte. Die Bestockungskoeffizienten zeigen eine gewisse Tendenz zur stärkeren Ausprägung auf besseren Standorten. Bei Betrachtung der beiden Saatverfahren ließ sich kein signifikanter Unterschied in der Bestockung feststellen. Auf schlechteren Standorten wurden teilweise überdurchschnittliche Bestockungskoeffizienten bestimmt. Die Zahl der Bestockungstriebe scheint nicht nur von der Bodengüte, sondern vielmehr von vielfältigen Einflüssen aus der Umwelt wie Licht, Temperatur und Nährstoffverfügbarkeit abzuhängen. Alle Standorte wiesen einen ähnlichen pH-Wert auf und auch die Versorgung mit den Grundnährstoffen Phosphor, Kalium und Magnesium waren nahezu gleichwertig in der Versorgungsstufe C. Eine genaue Bestimmung der Nährstoffgehalte im Korn und im Stroh wurde nicht durchgeführt, weshalb ein Einfluss der Grundnährstoffversorgung auf die Ertragsunterschiede nicht genau festgestellt werden konnte. Die N-Test-Messung im Frühjahr zeigte, dass die Chlorophyllgehalte in den Blättern der Ebene und Senke niedriger lagen als auf der Kuppe. Auf den guten Standorten

war mehr Biomasse vorhanden und die Nährstoffverteilung musste in mehr Biomassevolumen stattfinden. Nach der Berechnungstabelle des Yara N-Testers war trotz des geringeren Chlorophyllgehaltes auf allen Untersuchungsstandorten zum Messzeitpunkt keine Stickstoffdüngung notwendig.

Das Längenwachstum zeigte trotz Niederschlagsmangel im Mai und Juni keine Unterschiede an den Einzelstandorten. Durch die verbesserte Bereitstellung von Wasserreserven steigt bei zunehmender Standortgüte tendenziell auch das Längenwachstum (GEISLER, 1983). Ein erhöhtes Längenwachstum führt dazu, dass der Haupttrieb sehr stark mit Assimilaten versorgt wird, Nebentriebe werden zurückgebildet.

Die Bestandeshöhe wird durch die längeren Haupttriebe und die physiologisch älteren Nebentriebe bestimmt (LÜTKE ENTRUP, 2011). Die Nebentriebe höherer Ordnung waren überall auf dem Feld zu finden, spielten aber für die gesamte Bestandeshöhe eine untergeordnete Rolle. Bei größeren Reihenabständen der Strip-Till Variante fanden sich besonders an den Außenkanten der Reihe dennoch viele schwache Triebe, welche von einer erhöhten Belichtung profitierten und die Länge der Haupttriebe erreichten. Je geringer der Reihenabstand, desto weniger schwache Triebe erreichten die Wuchshöhe der Haupttriebe. Zwischen den Nebentrieben unterschiedlicher Ordnungen herrscht eine Konkurrenzsituation. Diese innerpflanzliche Konkurrenz bewirkt, dass die Versorgung mit Nährstoffen und Assimilaten umso schlechter ausfällt je entfernter die Ordnung eines Nebentriebes zum Haupttrieb ist. Im Normalfall ist die Bestandesdichte positiv mit dem Längenwachstum korreliert. Die positive Korrelation war aufgrund der sehr geringen Längenunterschiede von wenigen Zentimetern allerdings nicht zu finden. Die stärkere Konkurrenzsituation aufgrund des weiteren Reihenabstandes sollte eigentlich stärkere Unterschiede in der Pflanzenlänge aufzeigen. Durch die relativ guten Wachstumsbedingungen kam es nicht zu signifikanten Unterschieden. In der Literatur wird häufig beschrieben, dass in dichteren Beständen die Verhältnisse von transmittierter, reflektierter und adsorbierter Strahlung Einfluss auf das Streckungswachstum haben. Die dichten Bestände der Senke waren aber nicht größer als die dünnen Bestände der Lehmkuppe (Abbildung 14).

### 6.2.3 Trockenmasse und Trockensubstanzgehalt

Der von der Bonität schwächste Standort bildete bei beiden Saatverfahren die geringste Biomasse aus. Dies ist auf die signifikant geringere Anzahl an Trieben zurückzuführen. Wegen der sehr ähnlichen Wachstumshöhen wird eingeschätzt, dass die Bestandesdichte sehr viel ausschlaggebender für die Trockenmasseentwicklung ist als die Bestandeshöhe. Ein Versuch aus Brandenburg zu Roggen aus dem Jahr 2018 zeigte, dass bei höheren Biomassen die Anteile der Kormasse an der Gesamtmasse zurückgeht und der Anteil der Strohmasse zunimmt. Dies könnte heißen, dass an den Hohertragsstandorten die Strohmasse weniger Masse der Ähren bewirkt und dadurch die Erträge niedriger sind (WRASE, 2018). Die Trockenmassen unterschieden sich nur geringfügig über das Relief hinweg. Die Signifikanzanalyse bestätigte dies.

### 6.2.4 Ertragsstruktur

Die Erträge zeigten sowohl an den Einzelstandorten und auch bei der Einbeziehung des Reliefs signifikante Unterschiede. Die höchsten Erträge wurden auf der Kuppe gemessen. Hier lag das Strip-Till Verfahren vor dem nicht wendenden Verfahren. Es war beim Drusch des Mähreschers nicht erkennbar, dass mit verbesserter Standortgüte auch die Erträge anstiegen. Das Bild der Punktbeerntung zeigte dort einen anderen Befund. Hier sollten die besseren Standorte auch höhere Erträge bringen. Allerdings ist die Beerntung von sehr kleinen Flächen nicht sehr aussagekräftig, da sich die Ährendichten schon auf kleiner Fläche stark voneinander unterscheiden. Bei der Punktbeerntung lässt sich ein leichtes Ertragsgefälle mit abnehmender Standortqualität erkennen, der Mährescherertrag zeigte genau umgekehrte Werte. Bessere Standortgüten brachten in diesem Feldversuch neben niedrigeren Erträgen auch die größere Streuung in den Erträgen. Die Stabilität in dem Ertrag erhöhte sich, je schlechter die eigentliche Standortgüte und je größer die Ährenanzahl war. Das Einzelährengewicht schwankte aufgrund der Ährendichte an den guten und den schlechten Standorten stark und führte dazu, dass die Einzelährengewichte sich um bis zu 0,5 g/Ähre unterschieden.

Die Pflanzen auf besseren Standorten haben es nach der Blüte nicht mehr geschafft, die hohe Anzahl ährentragender Halme pro Fläche zu ernähren. Die

Reduktion war stärker als auf den Standorten mit weniger Trockenmasse. Die Anteile an zurückgebildeten Spindelstufen und Körnern steigt bei ungünstigen Witterungsverhältnissen schneller an, was die Erträge stärker zurückgehen lässt (GEISLER, 1983).

Das Tausendkorngewicht stellte sich als variabel heraus. Ein höheres Einzelährengewicht bedeutet nicht automatisch ein höheres Tausendkorngewicht. Hohe Bestandesdichten bewirken ein geringes Tausendkorngewicht bei sehr trockenen Bedingungen (GEISLER, 1983). Die Standorte mit hoher Bodengüte reduzierten die meisten Spindelstufen. Die sehr trockenen Verhältnisse bedingten, dass an manchen Standorten (1.7, 1.8, 2.8) 30% der Ähre reduziert wurden. Je weniger Kornpositionen in der Ähre besetzt sind, desto geringer wird auch der Ertrag.

Die Vermutung, dass durch die geringere Bearbeitungsintensität des Strip-Till Verfahrens vor allem die Standorte mit geringerer Standortgüte profitieren hat sich in dem Feldversuch gezeigt. Auf der Kuppe lag der Ertrag des Strip-Tills höher. Allerdings wurde dieser Versuch nur ein Jahr lang durchgeführt. Hinzu kommt, dass die große Trockenheit im letzten Jahr das Ertragspotenzial sehr stark beeinflusst hat. Eine große Ährendichte sollte theoretisch ertragsfördernd sein. Bei trockenen Bedingungen kann es allerdings dazu kommen, dass Hohertragsstandorte sich bei der Ernte nicht mehr so gut zeigen, sondern die schwierig zu bearbeitenden Standorte im Vorteil sind.

## **7. Schlussfolgerungen**

Die Saatstärke könnte an die Saattechnik angepasst werden. Der breite Reihenabstand von 12 cm zwischen zwei Saatreihen und 24cm zwischen zwei Säaggregaten bewirkt eine höhere Pflanzenzahl in der Reihe. Die Pflanzen auf Standorten mit Hohertragspotenzial hatten ein zu hohes Konkurrenzverhalten und reduzierten stärker als die ertragsschwachen Standorte.

Die Standorte mit den höchsten Erträgen im Versuch, 1.2, 1.3, 2.1 und 2.2 wiesen Ährendichten von 600 bis 650 Ähren je Quadratmeter zur Ernte auf (Abbildung 20). Es waren die meisten Ähren vorhanden und die Kuppenstandorte konnten damit Vorteile in den Ertragsleistungen erbringen. Eine Verringerung der Ährendichte wirkte auf allen Standorten ertragsmindernd.

Die Erträge auf schwachen Standorten wurden durch eine Stabilität in der Bestandesdichte erreicht. Das Optimum auf besseren Standorten konnte in diesem Versuch nicht gezeigt werden, da die Ährendichten und auch die Erträge geringer waren. Es ist möglich, dass bei weiterhin niederschlagsarmen Jahren auf den Hohertragsstandorten die Aussaatstärke herabgesetzt werden muss, damit es zu einer ausreichenden Ährenzahl mit gut gefüllten Körnern kommt und eine geringe Reduktion der Ertragsanlagen stattfindet. Die Bildung von über 1000 Trieben je Quadratmeter ist nicht sinnvoll. Darauf kann bei warmen und wüchsigen Bedingungen aber nur bedingt Einfluss genommen werden (LÜTKE ENTRUP, 2011). Die Beobachtungen der reduzierten Spindelstufen lassen keine eindeutigen Ergebnisvergleiche zwischen Saatverfahren, Standortgüte und Ertragspotenzial zu. Die Gesamtzahl an gebildeten Spindelstufen unterscheidet sich nur geringfügig. Die Haupttriebe bildeten die meisten Spindelstufen aus. Nebentriebe 1. und 2. Ordnung zeigten starke Reduzierungen.

Theoretisch stoßen die Pflanze auf schwachen Standorten mit schlechter Wasserführung schneller an ihre Kapazitätsgrenzen. Die Stickstoffversorgung sollte ausreichend gewesen sein, da durch die Vorfrucht Winterraps und die Düngung ein ausreichendes Stickstoffangebot vorhanden war. Die Ergebnisse des Yara N-Testers zeigten eine gute Stickstoffversorgung und damit kein Düngebedarf zur Zeit der Beprobung an.

Der Wassermangel nach der Blüte führte dazu, dass sich die Stomata der Pflanzen schlossen, der Gasaustausch wurde unterbrochen und somit die Assimilatproduktion begrenzt (LÜTKE ENTRUP, 2012). Über den Winter waren die Niederschläge unterdurchschnittlich, sodass die Bodenvorräte nicht vollständig aufgefüllt wurden. Die Dürreperiode hatte drastische Auswirkungen auf die Ährchen- und Blütchenanlage. Wassermangel hat in dieser Zeit, in der auch der Trockenmassezuwachs sehr hoch ist, erhebliche Auswirkungen auf die physiologischen Prozesse der Pflanze und damit auf die Ausbildung eines hohen Ertrags.

Nebentriebe zeigen eine erhöhte Empfindlichkeit zur Reduktion bei Mangelsituationen, weshalb viele Nebentriebe nicht mehr ertragswirksam werden. Die Blütenreduktion kann bis kurz nach der Befruchtung auftreten. Dies bewirkte, dass auch befruchtete Samenanlagen von den Pflanzen reduziert werden konnten

und die Assimilate zugunsten von anderen Kornpositionen genutzt wurden (Oehmichen, 1986).

Die basale Reduzierung ist besonders ausgeprägt, wenn zur Streckung der Spindel Mangelsituationen auftreten. Je weiter in das Zentrum der Spindel eine Reduktion wirkt, desto später tritt sie auf. Weizen wird aufgrund der phytohormonellen Steuerung dieses Vorganges niemals vom Zentrum oder dem apikalen Bereich beginnen zu reduzieren, sondern vom basalen Bereich (LÜTKE ENTRUP, 2012).

Die Gesamtzahl der gebildeten Spindelstufen und der basal reduzierten Spindelstufen zeigte eine positive Korrelation. Bei nicht ausreichender Verfügbarkeit aller Wachstumsfaktoren und der Annahme, dass die dichteren Bestände mehr reduziert haben, ist dies leicht nachzuvollziehen. Die dichten Bestände müssen mehr Ähren je Fläche mit Wasser und Nährstoffen versorgen, bei gleichbleibender Gesamtverfügbarkeit der Wachstumsfaktoren. Die Tatsache, dass auf allen Standorten keinerlei Ähren mit apikaler Reduzierung gefunden wurden zeigt, dass die Pflanzen sehr lange in der Lage sind, die apikalen Kornpositionen zu erhalten. Beim Roggen und der Gerste ist die Reduktion der apikalen Ährchen häufiger zu finden. Aus wissenschaftlichen Erkenntnissen zeigt sich, dass mit steigender Entfernung der Kornanlage vom assimilierenden Gewebe die Gefahr der Reduktion steigt (GEISLER, 1986, LÜTKE ENTRUP, 2011). Die Gründe einer Reduktion von Kornanlagen, Spindelstufen und ganzen Trieben hängt also von vielen Faktoren ab.

Die Variation des Tausendkorngewichtes an den einzelnen Standorten ist wiederum von mehreren Faktoren abhängig. Die geringeren Tausendkorngewichte sind daraus zu begründen, dass es während der Kornfüllungsphase zu Mangelscheinungen kam. Wassermangel führte zur Ausbildung von Kümmerkorn, weshalb die Tausendkorngewichte eher im niedrigeren Bereich lagen.

Bei dem Feldversuch zeigte sich kein eindeutiger Zusammenhang zwischen der Tausendkornmasse und der Anzahl der Ähren je Quadratmeter.

Die besseren Standorte hatten zwar eine höhere Bestockungsleistung, diese kann sich allerdings negativ auf die Korngewichte und damit das Tausendkorngewicht auswirken. Die Reduktion der basalen Kornpositionen bewirkte zudem, dass die Karyopsen der mittleren Spindelstufen besser mit Assimilaten versorgt wurden.

Sowohl Standort als auch Saatverfahren führten zu erheblichen Differenzierungen im Pflanzenbestand.

## **8. Zusammenfassung**

Im Herbst 2018 wurde auf der Insel Rügen ein Vergleich zwischen der Aussaat von Winterweizen nach konservierender Bodenbearbeitung und der Aussaat im Strip-Till Verfahren mit der Mzuri Pro-Til durchgeführt. Es sollte untersucht werden, inwiefern sich ein völliges Unterlassen der Bodenbearbeitung im Strip-Till Verfahren auf das Pflanzenwachstum, den Ertrag und die Ökonomie auswirkt, wobei es mit der im Betrieb etablierten nicht-wendenden Bewirtschaftungsvariante verglichen wurde. Volatile Marktpreise, ein zunehmender Fokus auf die Fruchtbarkeit des Bodens und eine Vermeidung von Erosion führten dazu, dass dieser Feldversuch angelegt wurde.

Der Versuch bestand aus zwei Parzellen, die jeweils durch eine Fahrgasse voneinander getrennt waren. Dabei wurden in diesen Parzellen jeweils neun hintereinanderliegende Standorte über die gesamte Versuchslänge ausgewählt und als unechte Wiederholungen betrachtet. Die Standorte wurden dann zu Dreiergruppen gebündelt und eine Untersuchung nach dem Relief durchgeführt. Hierbei handelte es sich um eine Kuppe, eine Ebene und eine Senke.

Die Konkurrenzsituationen der Pflanzen untereinander sollten eine entscheidende Rolle bei den Untersuchungsergebnissen spielen. Die Ährendichte und die Anzahl der angelegten Triebe beeinflussen die Höhe der Reduktionsprozesse an Trieben und der Ähre.

Ein Wasserdefizit während der Schoßphase und der Phase des Ährenschiebens bewirkte eine starke Reduktion der Nebentriebe.

Hohe Ährendichten brachten zwar geringere Einzelährenerträge bewirkten gleichzeitig aber einen hohen Ertrag. Da die Witterung viel zu trocken war, sollten sich Standorte mit geringerer Bestockung je Einzelpflanze, aber höheren Ährenzahlen je Fläche, am Ende als positiv herausstellen. Die nach der Standortgüte höherwertigen Standorte zeigten sich in dem Feldversuch als Standorte mit geringerem Ertragspotenzial, wobei die Lehmkuppe den höchsten Ertrag brachte.

Der breitere Reihenabstand bewirkte in der Strip-Till Variante erhöhte Konkurrenzbeziehungen zwischen den Pflanzen in der Reihe. Die unbewachsenen Stellen zwischen den Reihen ließen viel Licht durch den Bestand, Strahlung wurde nicht genutzt und die Bestände wurden von Wildschweinen etwas stärker geschädigt. Diese sind Effekte, die bereits im ersten Anbaujahr deutlich sichtbar wurden.

Die Bedeutung des Standortes auf den Ertrag zeigte sich in diesem Versuch, wobei die Erträge nicht mit der vorherigen Erwartung übereinstimmten. Die Ährendichte ist der wichtigste Einflussfaktor für einen signifikanten Ertragsvorteil. Eine verringerte Saatstärke besonders bei höheren Reihenabständen wäre empfehlenswert, da die Konkurrenz zwischen den Pflanzen um die Wachstumsfaktoren Wasser, Nährstoffe und Licht höher wird. Standorte mit hoher Triebdichte reduzierten im Mittel etwas mehr Spindelstufen. Der Trockenstress bewirkte eine starke Reduktion der basalen Spindelstufen, wo hingegen die apikalen Spindelstufen keine Reduzierungen aufwiesen.

Die Korrelationen der einzelnen Ertragskomponenten zueinander waren sehr variabel und lagen in niedrigen Bereichen. Der Einfluss der Witterung, des Standortes, des Saatverfahrens und der Ährendichte führt dazu, dass die Ergebnisse des Feldversuches einmalig sind und möglicherweise bei der nächsten Frucht eine ganz andere Struktur aufweisen.

Durch Bio- und Trockenmassebestimmungen zum Schossen waren erste Interpretationsmöglichkeiten gegeben. Eine eindeutige Aussagekraft zeigte sich aber erst zur Ernte.

Die ökonomische Betrachtung zeigte, dass sich beide Verfahren nicht signifikant voneinander unterscheiden. Die höheren Fixkosten in der Saatvariante der nichtwendenden Bodenbearbeitung hatten einen starken Effekt auf die Gewinnhöhe. Jeder untersuchte Standort brachte unterschiedliche Erträge und somit bei gleicher Bewirtschaftung auch unterschiedliche Deckungsbeiträge und Gewinne. Durch Schäden am Pflanzenbestand entstanden erhebliche Ertragseinbußen, was zu Verlusten auf einigen Standorten geführt hat.

Aus Sicht der Praxis würde sich auf dieser Fläche eine Umstellung auf eine Minimalbodenbearbeitung lohnen. Aus pflanzenbaulicher Sicht gibt es besonders bei der Ablagegenauigkeit und dem Reihenabstand noch Nachholbedarf. In trockenen Jahren wirken sich geringere Saatstärken positiv auf die Erträge aus,

wobei ein ausreichender Feldaufgang sichergestellt werden muss. Wie sich gezeigt hat, ist der Pflanzenbau nie als isolierte Disziplin, sondern immer als interdisziplinäre Wissenschaft in verschiedensten Bereichen der Landwirtschaft zu verstehen. Phytomedizin, Meteorologie, Bodenkunde, Betriebswirtschaftslehre, Pflanzenernährung und die Landtechnik mussten für einen vollständigen Verfahrensvergleich herangezogen werden.

Die Hypothese, dass sich bereits im ersten Versuchsjahr Unterschiede zeigen, hat sich bestätigt. Durch das Strip-Till Verfahren konnten keine Ertragsvorteile gemessen werden. Die langfristigen Auswirkungen durch Strip-Till auf den Boden müssen mehr in Betracht gezogen werden. Ökonomisch zeigten sich die beiden Saatverfahren als relativ gleichwertig. Die nicht-wendende Bodenbearbeitung profitierte von höheren Erträgen durch die geringeren Reihenabstände und einer effizienteren Nutzung des Lichts und des Wassers. Beim Strip-Till wurde ein gleichwertiger Gewinn durch die Kosteneinsparungen erreicht.

## Literaturverzeichnis

- ANDERSON, S.H.** (2011): Cropping systems, effect on soil physical properties. In: Encyclopedia of Agrophysics. Springer, Dordrecht, S. 180ff.
- BODNER, G.** (2014a): The hydrology of yield –Approaches to better crop water use in the plant-soil-atmosphere continuum. Universität für Bodenkultur, Wien. S. 35.
- CARTER, M.R.,** (2017): Conservation Tillage in Temperate Agroecosystems, CRC Press, S. 10f.
- COHEN, J.** (1988): Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. Zweite Ausgabe. Hilldale, New York, S. 2ff.
- DAEHN, W. G.** (2015): Strip-Tillage: Ein Verfahren zur Kultivierung von Raps  
Eine Untersuchung der Chancen und Risiken bezüglich der Etablierung des Strip-Till-Verfahrens in Mecklenburg-Vorpommern. Hochschule Neubrandenburg, S. 10f.
- DLG-VERLAG** (2009): Winterweizen. Das Handbuch für Profis. DLG- Verlag, Frankfurt am Main. S. 63ff.
- FRIEDRICH, T. ET AL.** (2008): Anforderungen an die Bodenbearbeitung. In: DLG e.V. (Hrsg.): Schonende Bodenbearbeitung. Systemlösungen für Profis. Frankfurt am Main, S. 51-92.
- GEISLER, G.** (1983): Ertragsphysiologie von Kulturarten des gemäßigten Klimas. Verlag Paul Parey: Berlin, Hamburg, S. 20ff.
- GOOD, K.** (2018): ERS Report: Tillage Intensity and Conservation Cropping in the U.S., Farm Policy News. S. 2.
- HANART, H.** (2009): Ratgeber Pflanzenbau und Pflanzenschutz. Landwirtschaftskammer Nordrhein Westfalen, Münster, S. 239-244.
- HEIßENHUBER, P. D., & KRÄMER, C. D.** (2016). Der Boden- Grundlage einer nachhaltigen Wirtschaftsweise. Getreide Magazin (2), 68 ff.
- HERMANN, W., BAUER, B., BISCHOFF, J.** (2014): Strip Tillage, Mit Streifen zum Erfolg. DLG- Verlag, Frankfurt am Main. S. 12f.
- LOLE, M.** (2018): Innovative Agricultural Machinery for Strip Tillage. Mzuri Ltd., Worchestershire. S. 1ff.
- LÜTKE ENTRUP, N., SCHÄFER, B.C.** (2011): Lehrbuch des Pflanzenbaus. Band 2: Kulturpflanzen. AgroConcept, Bonn. S.320ff.
- OEHMICHEN, J.**(1986): Pflanzenproduktion Band 2: Produktionstechnik. Berlin; Hamburg: Paul Parey Verlag. S.110ff.
- REINHART, M.** (2017): Kosten- und Arbeitsoptimierung im Ackerbau durch Streifensaat mit Mzuri Pro Til. Hochschule Weihenstephan- Triesdorf. S. 15ff.

**SCHWEN, A., BODNER, G., LOISKANDL, W.** (2011a): Time-variable soil hydraulic properties in near-surface soil water simulations for different tillage methods. *Agricultural Water Management* 99, 42-50.

**SOANE, B.D., BALL, B.C., ARVIDSSON, J., BASCH, G., MORENO, F., ROGER-ESTRADE, J.** (2012): No-till in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment. *Soil Till. Res.* 118, 66-87.

**WRASE, T.** (2018): Untersuchungen zum Einfluss der Saatstärke auf Pflanzenwachstum und Ertragsstruktur von Hybridroggen in einem Praxisversuch auf einem heterogenen Standort. Hochschule Neubrandenburg. S. 24ff.

**LANDWIRTSCHAFTSBETRIEB FELIX KREMERSKOTHEN** (2019): Dumsewitz 26 in 18574 Garz/Rügen, mündliche und schriftliche Mitteilungen.

Internetfundstellen:

**CLIMATE-DATA.ORG** (2019): Klimadiagramm für den Standort Putbus. [online] <https://de.climate-data.org/europa/deutschland/mecklenburg-vorpommern/putbus-10894/> [aufgerufen am 16.01.2020]

**Google** (2020): Google Maps. [online] <https://www.google.de/maps/place/Sissow,+18574+Gustow/@54.281898,13.2303133,595m/data=!3m1!1e3> [abgerufen am 15.01.2020]

**Kuratorium für Technik und Bau in der Landwirtschaft** (2019): Leistungs- und Kostenrechnung Pflanzenbau. KTBL. [online] <https://daten.ktbl.de/dslkrpflanze/postHv.html> [aufgerufen am 31.01.2020]

**Ministerium für Landwirtschaft Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern, Fachberatung Wasserrahmenrichtlinie und Landwirtschaft.** (2016): Optimierung der N-Düngung – Yara N-Tester. S. 1. [online] [http://www.wrrl-mvlandwirtschaft.de/sites/default/files/downloads/Optimierung%20der%20Düngung%20-%20Yara%20N-Tester\\_0.pdf](http://www.wrrl-mvlandwirtschaft.de/sites/default/files/downloads/Optimierung%20der%20Düngung%20-%20Yara%20N-Tester_0.pdf) [aufgerufen am 11.02.2020]

**Statista.** (2019): Ertrag je Hektar Anbaufläche von Weizen in Deutschland in den Jahren 2006 bis 2019. [online] <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/201125/umfrage/hektarertrag-von-weizen-in-deutschland/> [aufgerufen am 10.02.2020]

**Schmatzler, M. (2018): Strip Till – Was ist daraus geworden? LOHNUNTERNEHMEN:** [online] <https://lu-web.de/redaktion/news/strip-till-was-ist-daraus-geworden/> [aufgerufen am 10.02.2020]

# Anhang

**Tabelle 3: Korrelative Beziehungen verschiedener Bestandesparameter. Quelle: Eigene Darstellung, 2020.**

Korrelationen												
Saatvariante	Saatvariante	Standort	Standortgüte	Pflm <sup>18</sup> .12.2018	Pflm <sup>27</sup> .04.2019	N-Tester 26.05.2019	Trockenmasse je ha in kg/ha	Trockensubstanz in %	Ertrag Mähdröschler	Erträge Punktbeermung	Wuchshöhe 4.5.2019	
Korrelation nach Pearson	1	,000	,000	,091	,105	-,126	-,089	,231	-,322	-,748**	,190	
Signifikanz (2-seitig)		1,000	1,000	,512	,449	,363	,521	,093	,192	,000	,169	
N	54	54	54	54	54	54	54	54	18	18	54	
Korrelation nach Pearson	,000	1	,949**	-,084	,426**	-,796**	,240	-,048	-,289	,307	,138	
Signifikanz (2-seitig)	1,000	,000	,000	,548	,001	,000	,081	,728	,245	,215	,318	
N	54	54	54	54	54	54	54	54	18	18	54	
Korrelation nach Pearson	,000	,949**	1	,003	,425**	-,667**	,233	-,080	-,281	,285	,150	
Signifikanz (2-seitig)	1,000	,000	,000	,982	,001	,000	,090	,565	,259	,251	,278	
N	54	54	54	54	54	54	54	54	18	18	54	
Pflm <sup>18</sup> .12.2018	,091	-,084	,003	1	,257	,144	,114	,231	-,270	,043	,137	
Signifikanz (2-seitig)	,512	,548	,982	,548	,060	,297	,410	,093	,279	,866	,322	
N	54	54	54	54	54	54	54	54	18	18	54	
Pflm <sup>27</sup> .04.2019	,105	,426**	,425**	,257	1	-,386**	,247	,262	-,520*	,271	,275*	
Signifikanz (2-seitig)	,449	,001	,001	,060	,000	,004	,072	,055	,027	,276	,044	
N	54	54	54	54	54	54	54	54	18	18	54	
Korrelation nach Pearson	-,126	-,796**	-,667**	,144	-,386**	1	-,136	-,058	,313	-,199	-,233	
Signifikanz (2-seitig)	,363	,000	,000	,297	,004	,000	,327	,676	,206	,430	,090	
N	54	54	54	54	54	54	54	54	18	18	54	
Trockenmasse je ha in kg/ha	-,089	,240	,233	,114	,247	-,136	1	-,203	-,366	,366	,452**	
Signifikanz (2-seitig)	,521	,081	,090	,410	,072	,327	,203	,141	,147	,135	,001	
N	54	54	54	54	54	54	54	54	18	18	54	
Trockensubstanz in %	,231	-,048	-,080	,231	,262	-,058	-,203	1	-,559*	-,142	-,144	
Signifikanz (2-seitig)	,093	,728	,565	,093	,055	,676	,141	,016	,016	,575	,298	
N	54	54	54	54	54	54	54	54	18	18	54	
Ertrag Mähdröschler	-,322	-,289	-,281	-,270	-,520*	,313	-,366	-,559*	1	,204	,087	
Signifikanz (2-seitig)	,192	,245	,259	,279	,027	,206	,147	,016	,016	,417	,730	
N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	
Erträge Punktbeermung	-,748**	,307	,285	,043	,271	-,199	,366	-,142	,204	1	,103	
Signifikanz (2-seitig)	,000	,215	,251	,866	,276	,430	,135	,575	,417	,417	,683	
N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	
Wuchshöhe 4.5.2019	,190	,138	,150	,137	,275*	-,233	,452**	-,144	,087	,103	1	
Signifikanz (2-seitig)	,169	,318	,278	,322	,044	,090	,001	,298	,730	,683	,883	
N	54	54	54	54	54	54	54	54	18	18	54	

\*\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

**Tabelle 4: Korrelationen verschiedener Merkmale zur Ertragsstruktur. Quelle: Eigene Darstellung, 2020.**

<b>Korrelationen</b>										
	Saatvariante	Standort	Standortgüte	N-Tester 26.05.2019	Ährendichte je m <sup>2</sup>	Ertrag Mähdrescher	Erträge Punktbeermu- ng	Einzelährener trag	Tausendkorn gewicht	
Saatvariante	1	,000	,000	-,126	-,114	-,322	-,748**	-,299	,220	
		1,000	1,000	,363	,654	,192	,000	,229	,381	
	54	54	54	54	18	18	18	18	18	
Standort	,000	1	,949**	-,796**	-,309	-,289	,307	-,173	-,302	
	1,000		,000	,000	,213	,245	,215	,492	,223	
	54	54	54	54	18	18	18	18	18	
Standortgüte	,000	,949**	1	-,667**	-,446	-,281	,285	-,103	-,277	
	1,000	,000		,000	,064	,259	,251	,684	,265	
	54	54	54	54	18	18	18	18	18	
N-Tester 26.05.2019	-,126	-,796**	-,667**	1	-,009	,313	-,199	,330	,123	
	,363	,000	,000		,971	,206	,430	,182	,626	
	54	54	54	54	18	18	18	18	18	
Ährendichte je m <sup>2</sup>	-,114	-,309	-,446	-,009	1	,380	,236	-,023	,452	
	,654	,213	,064	,971		,120	,346	,928	,059	
	18	18	18	18	18	18	18	18	18	
Ertrag Mähdrescher	-,322	-,289	-,281	,313	,380	1	,204	,915**	,013	
	,000	,949**	,259	-,009	,120		,417	,000	,959	
	18	18	18	18	18	18	18	18	18	
Erträge Punktbeermu- ng	-,748**	,307	,251	,430	,346	,417	1	,106	,012	
	,000	,215	,251	,182	,928	,000		,675	,962	
	18	18	18	18	18	18	18	18	18	
Einzelährenertrag	-,299	-,173	-,103	,330	-,023	,915**	,106	1	-,191	
	,229	,492	,684	,182	,928	,000	,675		,448	
	18	18	18	18	18	18	18	18	18	
Tausendkorngewicht	,220	-,302	-,277	,123	,452	,013	,012	-,191	1	
	,381	,223	,265	,626	,059	,959	,962	,448		
	18	18	18	18	18	18	18	18	18	

\*\*\*. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

**Tabelle 5: Korrelationen zwischen den Pflanzen- und Triebdichten und der Ährendichte und dem Einzelährenertrag in Abhängigkeit der Saatvariante und der Standortgüte. Quelle: Eigene Darstellung, 2020.**

<b>Korrelationen</b>									
	Saatvariante	Standort	Standortgüte	Pfl/m <sup>2</sup> 18.12.2018	Triebel/m <sup>2</sup> 07.04.2019	Ährendichte je m <sup>2</sup>	Einzelährenertrag		
Saatvariante	Korrelation nach Pearson	1	,000	,000	,091	,294*	-,114	-,299	
	Signifikanz (2-seitig)		1,000	1,000	,512	,031	,654	,229	
	N	54	54	54	54	54	18	18	
Standort	Korrelation nach Pearson	,000	1	,949**	-,084	,144	-,309	-,173	
	Signifikanz (2-seitig)	1,000		,000	,548	,299	,213	,492	
	N	54	54	54	54	54	18	18	
Standortgüte	Korrelation nach Pearson	,000	,949**	1	,003	,215	-,446	-,103	
	Signifikanz (2-seitig)	1,000	,000		,982	,119	,064	,684	
	N	54	54	54	54	54	18	18	
Pfl/m <sup>2</sup> 18.12.2018	Korrelation nach Pearson	,091	-,084	,003	1	,256	-,051	-,269	
	Signifikanz (2-seitig)	,512	,548	,982		,061	,842	,281	
	N	54	54	54	54	54	18	18	
Triebel/m <sup>2</sup> 07.04.2019	Korrelation nach Pearson	,294*	,144	,215	,256	1	,114	-,330	
	Signifikanz (2-seitig)	,031	,299	,119	,061		,652	,181	
	N	54	54	54	54	54	18	18	
Ährendichte je m <sup>2</sup>	Korrelation nach Pearson	-,114	-,309	-,446	-,051	,114	1	-,023	
	Signifikanz (2-seitig)	,654	,213	,064	,842	,652		,928	
	N	18	18	18	18	18	18	18	
Einzelährenertrag	Korrelation nach Pearson	-,299	-,173	-,103	-,269	-,330	-,023	1	
	Signifikanz (2-seitig)	,229	,492	,684	,281	,181	,928		
	N	18	18	18	18	18	18	18	

\*. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

\*\*.. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

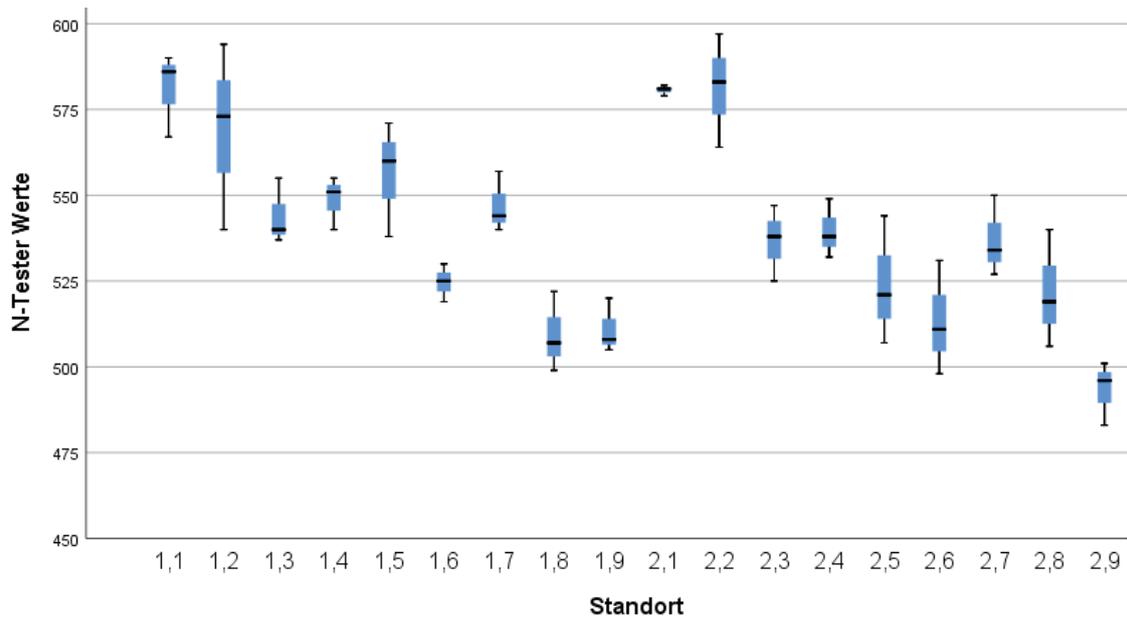


Abbildung 29: Messergebnisse des Yara N-Testers für alle Standorte am 26.05.2019 (N=54). Quelle: Eigene Darstellung, 2020.

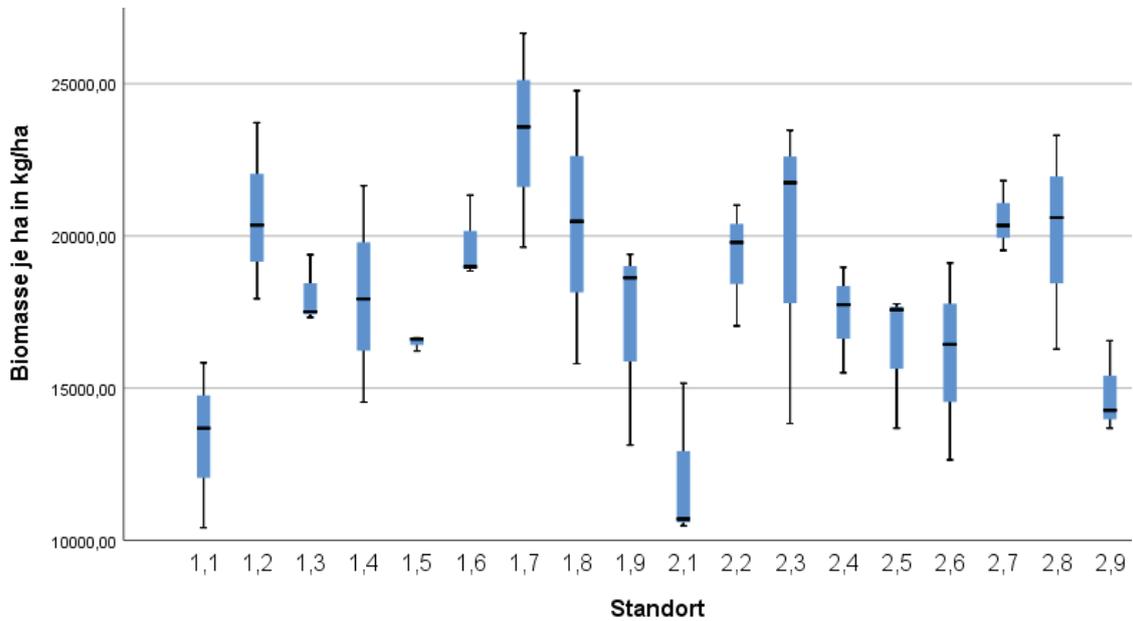
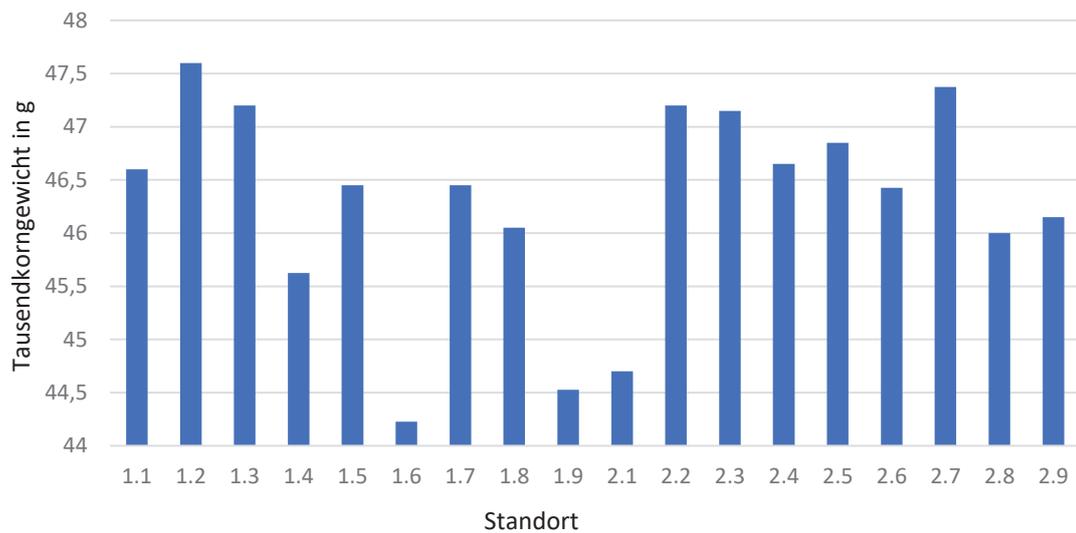


Abbildung 30: Biomasse in kg/ha je ha für alle Standorte und beide Saatverfahren am 04.05.2019 (N=54). Quelle: Eigene Darstellung, 2020.



**Abbildung 31: Mittelwerte des Tausendkorngewichtes für alle Standorte (N=36). Quelle: Eigene Darstellung, 2020.**



**Abbildung 32: Bild der Mzuri-Saatvariante am Standort 2.2 am 04.05.2019. Quelle: Eigene Darstellung, 2019.**



**Abbildung 33: Bild der nicht-wendenden Sattvariante am Standort 1.2 am 04.05.2019. Quelle: Eigene Darstellung, 2019.**

## **Eidesstattliche Erklärung**

Ich, Robin Weber, erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit mit dem Thema „Verfahrensvergleich von nicht-wendender Bodenbearbeitung und Strip-Till bei Winterweizen im Hinblick auf Pflanzenentwicklung, Ertragskomponenten und Ökonomie unter besonderer Berücksichtigung des Standortes im Anbaujahr 2018/2019“ selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Neubrandenburg, 17.02.2020

Unterschrift: