



## **Bachelorarbeit**

„Die Abhängigkeit des ökonomischen Ertrags von unterschiedlichen Saatstärken und A-Weizensorten im Süden Sachsen-Anhalts“

Name, Vorname: Krug, Alexander  
Studiengang: Landwirtschaft (B.Sc.)

1. Gutachter: Prof. Dr. Annette Deubel
2. Gutachter: Dr. Michael Schenk

Meineweh, den 20.08.2024

---

# Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	IV
Tabellenverzeichnis .....	V
Abkürzungsverzeichnis.....	VII
1 Einleitung .....	1
2 Literatur.....	2
2.1 Winterweizen .....	2
2.1.1 Standortanforderungen.....	2
2.1.2 Ertragsstruktur.....	2
2.2 Aktive Gestaltung der Ertragsstruktur im Winterweizen .....	3
2.2.1 Einfluss der Sortenwahl auf die Bestandesdichte und den Ertrag .....	3
2.2.2 Einfluss der Saatstärke und der Bestandesdichte auf den Ertrag .....	7
2.2.3 Einfluss des Aussaatzeitpunktes auf die Bestandesdichte und den Ertrag .....	13
2.2.4 Einfluss der Bestandesführung auf die Bestandesdichte und den Ertrag .....	15
3 Zielstellung .....	21
4 Material und Methoden.....	22
4.1 Betriebsvorstellung .....	22
4.2 Standort.....	22
4.2.1 Standort des Versuches.....	22
4.2.2 Witterung .....	23
4.2.3 Boden.....	25
4.3 Versuchsaufbau .....	26
4.3.1 Aufbau der Versuchsanlage im Feld.....	26
4.3.2 Sortenbeschreibung .....	27
4.3.3 Saatstärken .....	29
4.4 Versuchsdurchführung .....	30
4.4.1 Ackerbauliche Maßnahmen .....	30
4.4.2 Dokumentation im Feld .....	32
4.4.3 Probenentnahme und Qualitätsbestimmung des Erntegutes .....	35
4.5 Statistische Auswertung.....	35
4.6 Ökonomische Berechnung der optimalen Saatstärke.....	36
5 Ergebnisse .....	38

---

5.1	Einfluss der Saatstärken und Sorten auf die Ertragsstruktur .....	38
5.1.1	Feldaufgang .....	38
5.1.2	Triebentwicklung am Ende der Bestockung .....	39
5.1.3	Ährentragende Halme vor der Ernte .....	40
5.1.4	Triebentwicklung im Vegetationsverlauf .....	41
5.2	Einfluss der Saatstärken und Sorten auf den Blattkrankheitsdruck und die Unkrautentwicklung .....	46
5.2.1	Blattkrankheitsdruck .....	46
5.2.2	Unkrautentwicklung .....	52
5.3	Einfluss der Saatstärken und Sorten auf den Ertrag und die Qualitätsparameter .....	53
5.3.1	Kornertrag .....	53
5.3.2	Kornqualitäten .....	54
5.3.3	Ertrag und bonitierte Ertragsfaktoren .....	56
5.4	Ökonomische Berechnung der optimalen Saatstärke .....	57
6	Diskussion .....	61
7	Schlussfolgerung .....	75
8	Zusammenfassung .....	77
	Literaturverzeichnis .....	79
	Anhangsverzeichnis .....	82
	Anhang .....	83

---

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Ertragsstruktur Winterweizen 1998-2012 nach BÖSE (2013) nach Daten des Bundessortenamts	3
Abbildung 2 Korrelation der Ertragsfaktoren nach BÖSE (2013) nach Daten des Bundessortenamts	4
Abbildung 3 Auszählung von Pflanzen-, Trieb- und Ährenzahl/m <sup>2</sup> von Winterweizen auf Lößstandorten 1980&1982 (mod. SEIFFERT et al., 1988)	16
Abbildung 4 Bildung der Ertragskomponenten nach Entwicklungsstadien (SEIFFERT, 1988)	16
Abbildung 5 Versuchsfeld (erstellt mit Google Earth pro)	23
Abbildung 6 Klimadaten der Station Osterfeld von 1992 bis 2022 (Daten von DWD 2023)	24
Abbildung 7 Klimadatenvergleich 2022/23 mit 30-jährigem Mittel (Daten von DWD Station Osterfeld und eigene Erhebung)	25
Abbildung 8 Luftbild des Versuchsfeldes im Versuchsjahr (LVERMGEO, 2023b)	27
Abbildung 9 Versuchsaufbau im Feld (verändert Google Earth Pro)	30
Abbildung 10 Boniturschema mit 10 Datenerhebungen pro Parzelle (erstellt mit Microsoft PowerPoint 2021)	33
Abbildung 11 Boniturschema mit 4 Datenerhebungen pro Parzelle (erstellt mit Microsoft PowerPoint 2021)	34
Abbildung 12 Triebentwicklung während der Vegetationszeit der unterschiedlichen Saatstärken (n = 6 pro Saatstärke)	41
Abbildung 13 Triebentwicklung der unterschiedlichen Sorten bei Saatstärke 150 keimf. Körner/m <sup>2</sup> (n = 2 pro Sorte)	43
Abbildung 14 Triebentwicklung der unterschiedlichen Sorten bei Saatstärke 300 keimf. Körner/m <sup>2</sup> (n = 2 pro Sorte)	44
Abbildung 15 Triebentwicklung der unterschiedlichen Sorten bei Saatstärke 450 keimf. Körner/m <sup>2</sup> (n = 2 pro Sorte)	45
Abbildung 16 Ertrag und bonitierte Ertragsfaktoren nach Sorten und Saatstärken (n = 2)	56

---

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Sortenbeschreibung zum Ertragsaufbau (verändert nach BUNDESSORTENAMT 2022)	28
Tabelle 2 Sortenbeschreibung zur Reife, Pflanzenlänge und Lagerneigung verändert nach (BUNDESSORTENAMT, 2022)	28
Tabelle 3 Sortenbeschreibung zur Anfälligkeit für Blattkrankheiten (BUNDESSORTENAMT, 2022)	29
Tabelle 4 Feldaufgang (in Pflanzen / m <sup>2</sup> ) unter Betrachtung der Saatstärken (n = 6 pro Saatstärke)	38
Tabelle 5 Feldaufgang (in Pflanzen / m <sup>2</sup> ) unter Betrachtung der Sorten (n = 6 pro Sorte)	38
Tabelle 6 Triebentwicklung (in Trieben / m <sup>2</sup> ) unter Betrachtung der Saatstärken (n = 6 pro Saatstärke, bonitierte Fläche 0,25 m <sup>2</sup> pro Parzelle)	39
Tabelle 7 Triebentwicklung (in Trieben / m <sup>2</sup> ) unter Betrachtung der Sorten (n = 6 pro Sorte, bonitierte Fläche 0,25 m <sup>2</sup> pro Parzelle)	39
Tabelle 8 Ährentragende Halme (in ährentragende Halme / m <sup>2</sup> ) unter Betrachtung der Saatstärken (n = 6 pro Saatstärke, bonitierte Fläche 0,25 m <sup>2</sup> pro Parzelle)	40
Tabelle 9 Ährentragende Halme (in ährentragende Halme / m <sup>2</sup> ) unter Betrachtung der Sorten (n = 6 pro Sorte, bonitierte Fläche 0,25 m <sup>2</sup> pro Parzelle)	41
Tabelle 10 Korrelation zwischen Saatstärken und Bonituren der Pflanzen/Triebe/Halme über den Verlauf der Vegetation (n = 6 pro Saatstärke)	42
Tabelle 11 Bestockungsquotient, Beährungskoeffizient und Triebe je Ähre der unterschiedlichen Sorten und Saatstärken (n = 2)	46
Tabelle 12 Gesamtbefall (in %) der untersuchten Blattkrankheiten am 06.05.2023 unter Betrachtung der Saatstärken (n = 6 pro Saatstärke)	47
Tabelle 13 Gesamtbefall (in %) der einzelnen untersuchten Blattkrankheiten am 06.05.2023 unter Betrachtung der Saatstärken (n = 6 pro Saatstärke)	47
Tabelle 14 Gesamtbefall (in %) der untersuchten Blattkrankheiten am 06.05.2023 unter Betrachtung der Sorten (n = 6 pro Sorte)	47
Tabelle 15 Gesamtbefall (in %) der einzelnen untersuchten Blattkrankheiten am 06.05.2023 unter Betrachtung der Sorten (n = 6 pro Sorten)	48
Tabelle 16 Gesamtbefall (in %) der untersuchten Blattkrankheiten am 20.05.2023 unter Betrachtung der Saatstärken (n = 6 pro Saatstärke)	48
Tabelle 17 Gesamtbefall (in %) der einzelnen untersuchten Blattkrankheiten am 20.05.2023 unter Betrachtung der Saatstärken (n = 6 pro Saatstärke)	49
Tabelle 18 Gesamtbefall (in %) der untersuchten Blattkrankheiten am 20.05.2023 unter Betrachtung der Sorten (n = 6 pro Sorte)	49

---

Tabelle 19 Gesamtbefall (in %) der einzelnen untersuchten Blattkrankheiten am 20.05.2023 unter Betrachtung der Sorten (n = 6 pro Sorten)	49
Tabelle 20 Gesamtbefall (in %) der untersuchten Blattkrankheiten am 11.06.2023 unter Betrachtung der Saatstärken (n = 6 pro Saatstärke)	50
Tabelle 21 Gesamtbefall (in %) der einzelnen untersuchten Blattkrankheiten am 11.06.2023 unter Betrachtung der Saatstärken (n = 6 pro Saatstärke)	50
Tabelle 22 Gesamtbefall (in %) der untersuchten Blattkrankheiten am 11.06.2023 unter Betrachtung der Sorten (n = 6 pro Sorte)	51
Tabelle 23 Gesamtbefall (in %) der einzelnen untersuchten Blattkrankheiten am 11.06.2023 unter Betrachtung der Sorten (n = 6 pro Sorten)	51
Tabelle 24 Gesamtbefall (in %) von Blattkrankheiten aller Bonituren der Saatstärken und das jeweilige arithmetische Mittel (in %) aller Bonituren einer Saatstärke	52
Tabelle 25 Gesamtbefall (in %) von Blattkrankheiten aller Bonituren der Sorten und das jeweilige arithmetische Mittel (in %) aller Bonituren einer Sorte	52
Tabelle 26 Unkrautdruck (Unkrautanzahl / m <sup>2</sup> ) am 22.04.2023 unter Betrachtung der Saatstärken (n = 6 pro Saatstärke)	52
Tabelle 27 Unkrautdruck (Unkrautanzahl / m <sup>2</sup> ) am 22.04.2023 unter Betrachtung der Sorten (n = 6 pro Sorte)	53
Tabelle 28 Mittlerer Ertrag (dt / ha) mit einer TM von 85,5% unter Betrachtung der Saatstärken (n = 6 pro Saatstärke)	53
Tabelle 29 Mittlerer Ertrag (dt / ha) mit einer TM von 85,5% unter Betrachtung der Sorten (n = 6 pro Sorte)	54
Tabelle 30 Kornqualitäten unter Betrachtung der Saatstärken (n = 6 pro Saatstärke)	54
Tabelle 31 Kornqualitäten unter Betrachtung der Sorten (n = 6 pro Sorte)	55
Tabelle 32 Berechnung der Aussaatmenge und Kosten des Saatgutes der Saatstärken	57
Tabelle 33 Berechnung der Arbeiterledigungskosten für die Aussaat und die verschiedenen Aussaatmengen	57
Tabelle 34 Berechnung der Arbeiterledigungskosten für den Saatguttransport der verschiedenen Aussaatmengen	57
Tabelle 35 Berechnung der Direkt- und Arbeiterledigungskosten für die verschiedenen Saatstärken	58
Tabelle 36 Direkt- und Arbeiterledigungskostenfreie Leistung der verschiedenen Saatstärken- und Sortenvarianten für den Betrieb im südlichen Sachsen-Anhalt	59

---

# Abkürzungsverzeichnis

AEK .....	<i>Arbeitserledigungskosten</i>
Akh .....	<i>Arbeitskraftstunde</i>
BBCH.....	Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Bundessortenamt und Chemische Industrie
BLA.....	<i>Beladung</i>
DTR .....	<i>Drechslera tritici-repentis</i>
keimf. K/m <sup>2</sup> .....	<i>keimfähige Körner je m<sup>2</sup></i>
LAI .....	<i>Leaf Area Index (Messzahl für Blattfläche)</i>
N .....	<i>Stickstoff</i>
TKG .....	<i>Tausendkorngewicht</i>
TM .....	<i>Trockenmasse, Trockenmasse</i>
TR.....	<i>Transport</i>

# 1 Einleitung

Mit fast 22 Millionen Tonnen wird Weizen auf deutschen Äckern am meisten von allen Getreidearten geerntet (BMEL, 2024) und gehört in Deutschland mit zu den wichtigsten Grundnahrungsmitteln. Auch für den Betrieb, in dem dieser Versuch durchgeführt worden ist, ist der Winterweizen die flächenmäßig und wirtschaftlich wichtigste Kultur.

Dabei spielt schon die Aussaat eine entscheidende Rolle für die spätere Bestandesführung und das spätere Ertragspotenzial. So können mit der Aussaatmenge die spätere Bestandesdichte und auch die anderen Ertragsfaktoren beeinflusst werden. Aber nicht nur der Bestand selbst wird durch die Saatstärke beeinflusst, auch andere Aspekte, wie die Unkrautunterdrückung oder der Krankheitsdruck, können dadurch reguliert werden (BLE, 2017; SEIFFERT et al., 1965; SEIFFERT et al., 1988).

Angesichts des technischen Fortschrittes bei der Unkrautregulierung, der Krankheitsbekämpfung und der Wachstumsregulierung, sowie der klimatischen Veränderungen durch den Klimawandel, haben sich die Anbaubedingungen im Laufe der Zeit verändert. Zugleich hat der durchführende Betrieb die Saatstärken im Weizen immer weiter reduziert, sodass die ursprünglichen Literaturempfehlungen hinsichtlich der Saatstärke für diese Region in Frage gestellt wurden. Des Weiteren schritt die Züchtung bei den Sorten im Laufe der Zeit weiter voran, wodurch eine züchterische Veränderung hinsichtlich der Ertragskomponenten stattfand (BÖSE, 2013).

Die Reaktion verschiedener Sorten und Sortentypen auf die verschiedenen Saatstärken ist hierbei von Interesse, um Schlussfolgerungen hinsichtlich der Saatstärke besser spezifizieren zu können. Außerdem ist die Einschätzung der Bedeutsamkeit der Saatstärke und der Sorten wichtig für Landwirtschaftsbetriebe, um bessere ökonomische Entscheidungen treffen zu können.

Die letzten Jahre waren von sehr viel Volatilität im Markt für Agrarprodukte und Agrarbetriebmittel geprägt. Daher ist nicht nur der maximale Kornertrag für die Betriebe entscheidend, sondern auch ökonomische Aspekte, zum Beispiel hinsichtlich der optimalen Intensität der Saatstärken.

Aufgrund dessen wurden in dieser Arbeit nicht nur die Auswirkungen der Saatstärke und der Sorten auf Ertrag und Ertragsfaktoren untersucht, sondern auch die Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Sortentypen und Saatstärken. Darüber hinaus wurden auch Unkrautunterdrückung und Krankheitsanfälligkeit der verschiedenen Varianten genauer betrachtet. Dies trägt dazu bei, evtl. Ertragsunterschiede besser erklären zu können. Diese Aspekte unterstreichen die Komplexität, der in dieser Arbeit untersuchten Thematik.

## 2 Literatur

### 2.1 Winterweizen

#### 2.1.1 Standortanforderungen

Winterweizen hat die höchsten Anforderungen an den Boden von allen Getreidearten, weshalb empfohlen wird erst ab einer Ackerzahl von 35 Winterweizen anzubauen. Aufgrund der längeren Vegetationsperiode und der höheren Erträge, benötigt der Winterweizen wesentlich mehr Wasser als ein Sommergetreide. Von Feldaufgang bis zur Ernte beträgt die mögliche Verdunstung ca. 500 mm. Allein von Mai bis Mitte Juli sind es zwischen 300 und 350 mm, bei hohen Erträgen und hoher Verdunstung auch bis zu 400 mm. Der Wasservorrat kann durch den großen Wurzeltiefgang des Weizens auch aus tiefen Bodenschichten genutzt werden. Daher kann Weizen auch in niederschlagsärmeren Gebieten, mit unter 600 mm Niederschlag, durch die Speicherfähigkeit guter Böden ertragsstabil angebaut werden (GUDDAT et al., 2015).

#### 2.1.2 Ertragsstruktur

Um zu verstehen, welchen Einfluss die Saatstärke auf den Ertrag hat, muss zunächst die Ertragsstruktur eines Bestandes erklärt werden.

Der Ertrag eines Weizenbestandes setzt sich aus den ährentragenden Halmen und dem Einzelährenertrag zusammen. Der Einzelährenertrag besteht wiederum aus der Anzahl an Körnern je Ähre und dem TKG der Körner. Somit ergibt sich der Ertrag aus dem Produkt der ährentragenden Halme je m<sup>2</sup>, der Kornzahl je Ähre und dem TKG (BLE, 2017; SEIFFERT et al., 1965; SEIFFERT et al., 1988).

Aufgrund dessen können gleich hohe Erträge durch unterschiedliche Ertragsstrukturen entstehen (SEIFFERT et al., 1988). So kann eine schlechte Ausbildung eines Ertragsfaktors durch andere Ertragsfaktoren ausgeglichen werden (SEIFFERT et al., 1965). Höchsterträge werden nicht durch Extremwerte einzelner Ertragskomponenten erreicht, sondern durch das ausgewogene Zusammenspiel der drei Ertragsfaktoren (SEIFFERT et al., 1988).

Die Bestandesdichte gibt die Assimilationsleistung des Bestandes vor und hat somit als Ertragsfaktor eine besondere Bedeutung für den Ertrag (SEIFFERT et al., 1965; SEIFFERT et al., 1988). So schreibt SEIFFERT et al. (1965) weiter, dass die unterschiedlichen Erträge hauptsächlich auf anderen Bestandesdichten beruhen, während aktuellere Literatur BÖSE (2013) hohe Erträge überwiegend auf das TKG zurückführt, noch vor der Anzahl der Körner je Ähre (Abb. 2, S. 4). Die endgültige Ährendichte wird nach SEIFFERT et al. (1988) hauptsächlich durch die Saatmenge bestimmt.

## 2.2 Aktive Gestaltung der Ertragsstruktur im Winterweizen

### 2.2.1 Einfluss der Sortenwahl auf die Bestandesdichte und den Ertrag

Aufgabe der Sortenwahl ist es, die passende Sorte zum Standort (Boden und Klima) zu finden (BLE, 2017). Bei der Sortenwahl geben Sortenversuche, die in Regionen mit ähnlichen Boden- und Klimabedingungen durchgeführt wurden, Aufschluss über geeignete Sorten für die eigene Region (BÖSE, 2021; HILKENBÄUMER und ZIMMERMANN, 1952). Die Sortenwahl ist nach HILKENBÄUMER und ZIMMERMANN (1952) weitgehend für den gesamten Anbauerfolg entscheidend.

Die Züchtung konnte von 1998 bis 2012 durch Steigerung der Kornzahl je Ähre um 6 %, bei gleichzeitigem Verlust von TKG und Bestandesdichte um jeweils 2 %, eine Ertragssteigerung von 2 % erreichen (Abbildung 1) (BÖSE, 2013).

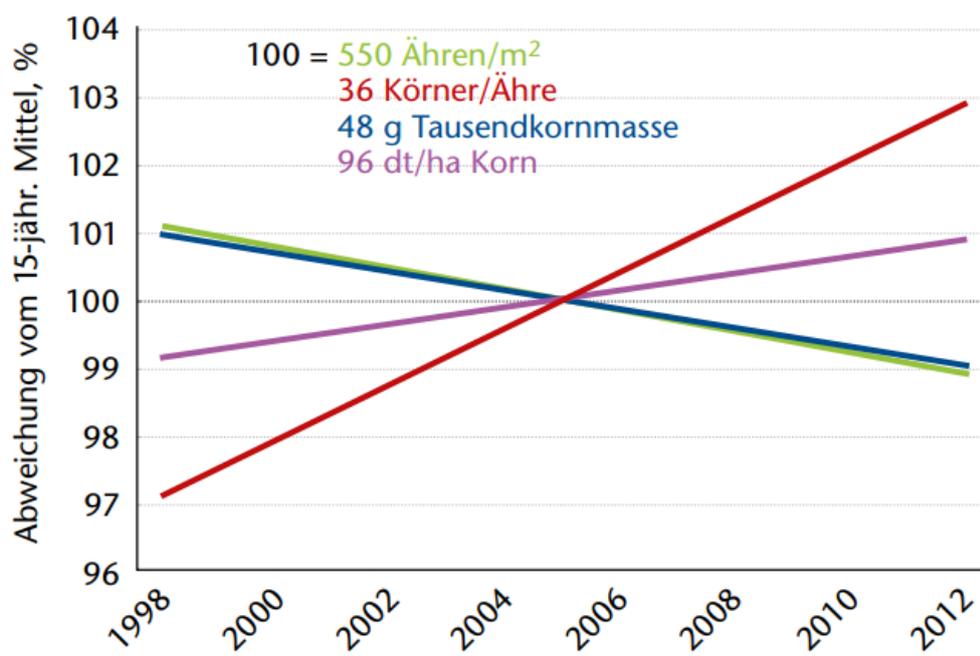


Abbildung 1 Ertragsstruktur Winterweizen 1998-2012 nach BÖSE (2013) nach Daten des Bundessortenamts

Außerdem ist heute kein bedeutsamer negativer Zusammenhang zwischen TKG und Körner je Ähre sowie TKG und Bestandesdichte zu erkennen. Die negative Korrelation zwischen Bestandesdichte und Körner je Ähre ist nach BÖSE (2013) weiterhin hoch (Abbildung 2, S. 4). Somit schwanken die Körner je m<sup>2</sup> in den Jahren nur gering, da dünne Bestände auch durch höhere Anzahl an Körnern kompensiert werden. Die Erhöhung des TKG gestaltet sich schwierig, da diese stark umweltabhängig ist. Die Kornausbildung und damit die Erhöhung des TKG werden hauptsächlich im Juni mit dem Wasserangebot und der Assimilationsleistung bestimmt. Darauf kann neben agrotechnischen Maßnahmen auch durch die Sortenwahl

Einfluss genommen werden. So kann durch die Wahl der Sorte der Zeitpunkt der Blüte, des Ährenschiebens und der Reife teilweise gesteuert werden (BÖSE, 2013).

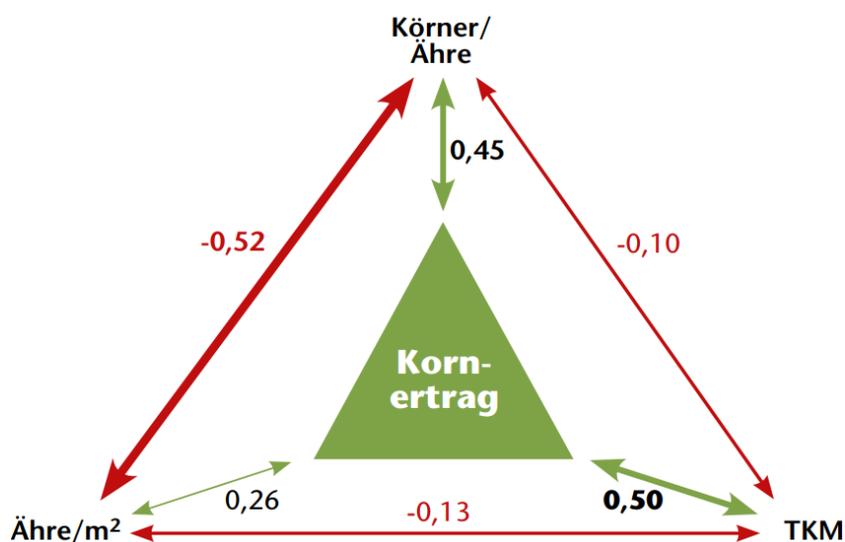


Abbildung 2 Korrelation der Ertragsfaktoren nach BÖSE (2013) nach Daten des Bundessortenamts

Sorten werden aufgrund der unterschiedlichen Ausprägung der Ertragsstruktur in Ährentypen und Bestandestypen unterschieden. Ährentypen weisen höhere Einzelährenerträge auf und sollten in geringeren Bestandesdichten angebaut werden, während Bestandestypen in höheren Bestandesdichten besser abschneiden, da diese geringere Einzelährenerträge haben (SEIFFERT et al., 1988). Nach WELLIE-STEPHAN (2005) wird noch in einen Korndichtetyp unterschieden, welcher sich durch hohe Bestandesdichte und viele Körner je Ähre auszeichnet und daher viele Körner je m<sup>2</sup> aufbringen kann, jedoch nur ein mittleres bis niedriges TKG aufweist. Korndichtetypen benötigen meist höhere Bestandesdichten, da diese den Ertrag nur begrenzt mit Körner je m<sup>2</sup> kompensieren können. Des Weiteren fügt WELLIE-STEPHAN (2005) noch den Kompensationstypen hinzu, welcher fehlende Bestandesdichten, zum Beispiel durch Frühjahrstrockenheit, mithilfe einer Erhöhung des TKG oder den Körnern je Ähre kompensieren kann.

Nach N.U. AGRAR GMBH (2015) unterscheiden sich Sorten durch ihren Hormonhaushalt in ihrem Ertragsaufbau. Darum weisen unterschiedliche Sorten unter anderem auch eine unterschiedliche Bestockungsfähigkeit auf (BLE, 2017). Die Bestandesführung sollte die Förderung der entsprechenden Ertragsfaktoren durch agrotechnische Maßnahmen, welche den Homonstatus der Pflanze beeinflussen, unterstützen (N.U. AGRAR GMBH, 2015).

Nach KOCH (2014) sind die Bestandesdichten je nach Sortentyp anzupassen. So müssen Sorten, welche ein hohes TKG und/oder viele Körner je Ähre ausbilden, in niedrigeren Bestandesdichten etabliert werden. Die beschriebenen Sorten entsprechen den

Einzelährentypen. Diese erreichen je nach Standortbedingungen geringe bis mittlere Ährenzahlen. Dieser Typ zeichnet sich durch seine langen Ähren mit vielen Spindelstufen aus und bildet große Körner mit hohem TKG, weshalb die Einzelährenerträge sehr hoch sind (N.U. AGRAR GMBH, 2015). Die Einzelährentypen reduzieren schwache Nebentriebe stark und haben eine große Haupttriebüberlegenheit (N.U. AGRAR GMBH, 2015). Deswegen besitzen sie eine geringere Bestockungsleistung und damit eine geringe Bestandesdichte mit vielen Haupthalmen, welche stärkere Wurzeln ausbilden. Daher sollte darauf geachtet werden, dass Bestockungstriebe zweiter und vor allem dritter Ordnung vermieden werden (BÖSE, 2013; N.U. AGRAR GMBH, 2015). Aus diesem Grund sollten nach BÖSE (2013) eine höhere Aussaatstärke und eine nicht zu frühe Aussaat gewählt werden. Dieser Sortentyp zeichnet sich besonders durch die Kornqualität hinsichtlich guter Proteingehalte und hoher Hektolitergewichte aus. Des Weiteren sind diese Sorten sehr fallzahlstabil (BÖSE, 2013).

Ein Vertreter für diesen Typ ist die Sorte Patras. Wie oben beschrieben, zeichnet sich diese Sorte durch ein geringes Bestockungsvermögen aus. Die wenigen, aber kräftigen Triebe, die die Sorte Patras bildet, werden nach KOCH (2014) in der Schossphase weniger reduziert als bei anderen Sorten. Dies widerspricht den Aussagen von N.U. AGRAR GMBH (2015) und BÖSE (2013). Somit erreicht die Sorte Patras bei geringeren Bestandesdichten durch höhere Einzelährenerträge sehr gute Erträge (KOCH, 2014). Durch die geringen Bestandesdichten hat dieser Sortentyp einen geringen Wasserverbrauch bis zur Schossphase und ist somit vor allem auf trockenen Standorten prädestiniert (KOCH, 2014; N.U. AGRAR GMBH, 2015). Spätere Einzelährentypen passen durch ihren geringen Wasserbedarf nicht nur in trockene, sondern auch in kältere Gebiete mit einer geringeren Vegetationszeit (BÖSE, 2013). Die Einzelährentypen konnten vor allem in trockenen Jahren wie 2019 überzeugen (BÖSE, 2021). Allerdings performen Einzelährentypen auf Standorten mit sehr guter Wasserversorgung oft hinsichtlich des Ertrags schlechter als Sorten, welche ihren Ertrag hauptsächlich durch die Bestandesdichte generieren (KOCH, 2014).

So können spätere Korndichtetypen, besonders auf Hohertragsstandorten, mit später und langsamer Abreife ihren Vorteil ausspielen und stabil hohe Erträge bilden. Auch N.U. AGRAR GMBH (2015) bestätigt dies, indem sie den Korndichtetypen das höchste Ertragspotenzial zuschreiben. Diese Typen erzielen ihren Ertrag hauptsächlich durch die Anzahl der Körner je m<sup>2</sup> während das TKG weitgehend gleich bleibt. Des Weiteren unterscheidet N.U. AGRAR GMBH (2015) die Korndichtetypen nochmals in kornzahlbetonte und bestandesdichtebetonte Typen. Diese Sorten können viele Körner ausbilden, daher ist zu beachten, dass das TKG aufgrund der Konkurrenz innerhalb der Ähre leiden kann. Auf weniger guten Standorten sollte dieser Sortentyp mit geringeren Saatstärken gesät werden, da auch die Nebentriebe sehr

guten Ertrag erbringen. Aufgrund der langen Kornfüllungsphase dieser Sorten, ist auf Ährenfusarium bei diesem Sortentyp zu achten (BÖSE, 2013).

Die Kompensationstypen zeichnen sich durch ihre ausgezeichnete Kompensationsfähigkeit aus. Wenn die Bestandesdichte niedrig ist, dann kann dieser Sortentyp dies durch eine bessere Ausbildung von Kornzahl je Ähre und TKG sehr gut kompensieren. Bei hohen Bestandesdichten reagieren sie nicht mit starken Mindererträgen wie Einzelährentypen (N.U. AGRAR GMBH, 2015). Auch dieser Sortentyp wird nach N.U. AGRAR GMBH (2015) nochmals in bestandesdichtebetont und einzelährenbetont unterschieden.

Bestandesdichtetypen benötigen, vor allem um ihren Ertrag zu bilden, viele Ähren je m<sup>2</sup>. Oftmals haben Bestandesdichtetypen eine mittlere Spindelstufenanzahl, aber wenige Mittelkörner, wodurch auch meist das TKG hoch ist. Im Gegensatz zu den Einzelährentypen benötigen die Bestandesdichtetypen mehr Wasser bis zur Schossphase (N.U. AGRAR GMBH, 2015).

Frühe Korndichte- und Bestandesdichtetypen sind vor allem im Hinblick auf die Fruchtfolge vor Winterraps interessant. Bei diesen Typen ist darauf zu achten, die Bestandesdichte und die Korndichte zu unterstützen, da bei schlechter Ausprägung dieser Ertragsfaktoren diese nur noch schlecht durch das TKG kompensiert werden können. Daher sollten neben optimalen Aussaatbedingungen auch frühe Aussaattermine und höhere Aussaatstärken gewählt werden, vor allem bei Aussaatverspätung. Auch im Fortlauf der Vegetation sollten diese Sorten mit agrotechnischen Maßnahmen in der Bestockung und Ährchenanlage unterstützt werden (BÖSE, 2013).

Aufgrund dessen sollte nach BÖSE (2013) die Auswahl der Sorte nach Sortentyp und Reifezeit, sowie Tageslängenreaktion erfolgen und dabei an den Standort und dessen Problematiken angepasst sein. Damit diese Sorten ihr maximales Potential ausschöpfen können, sollten agrotechnische Maßnahmen unterstützend eingesetzt werden (BÖSE, 2013). In trockenen Jahren und auf Standorten mit starker Frühjahrstrockenheit verlieren die Bestandesdichten an Einfluss auf den Ertrag. Stattdessen gewinnen Einzelährenerträge, besonders die Kornzahl je Ähre, an Bedeutung für den Ertrag über alle Sortentypen hinweg (BÖSE, 2021). Generell sollte nach BÖSE (2021) eine Risikostreuung stattfinden, indem verschiedene Sortentypen angebaut werden, da die Jahreswitterung nicht vorhersehbar ist. Nach KASTENHUBER (2012) sollte dem Sortentyp jedoch nicht zu viel Bedeutung gegeben werden. Stattdessen sollten die Bestände gezielt gesteuert werden durch stetiges Beobachten und falls nötig durch Eingreifen mittels agrotechnischer Maßnahmen.

Bei der Sortenwahl sollte auch auf die Reifegruppe geachtet werden, um zum Beispiel der Frühsommertrockenheit entgegen zu können (BLE, 2017). Auf Standorten, welche mit

Wassermangel und Hitze im Frühsommer zu kämpfen haben, sind Sorten interessant, welche ihre Ähren früh schieben und dadurch auch früher blühen. Dadurch wird die Kornfüllungsphase früher eingeleitet und die Pflanzen leiden weniger unter der späteren Hitze und Trockenheit. Somit sind diese Sorten gleichbleibender im TKG und können einen höheren Ertrag auf Standorten mit Frühsommertrockenheit bilden (BÖSE, 2013, 2021), während spätreife Sorten in Regionen mit Frühjahrstrockenheit und noch ausreichenden Niederschlägen im Mai und Juni einen höheren Ertrag bringen können. Bei frühreifen Sorten sollte auf eine gute Jugendentwicklung geachtet werden, mit genügend Wasser im Herbst und im Frühjahr (BÖSE, 2021).

Neben dem Ertrag ist auch die Qualität des Weizens abhängig von der richtigen Sortenwahl. So hängt die Fallzahlstabilität von der Sorte ab, aber auch der Rohproteingehalt und der Sedimentationswert. Aus dem Rohproteingehalt und dem Sedimentationswert lässt sich die Backfähigkeit des Weizens berechnen. Der Sedimentationswert gibt dabei die Qualität des Klebers an, welcher aus auswaschbaren Proteinen besteht. Neben der N-Düngung kann durch die Sortenwahl die Qualität des Weizens beeinflusst und gesichert werden (BLE, 2017).

### **2.2.2 Einfluss der Saatstärke und der Bestandesdichte auf den Ertrag**

Die Bestandesdichte wird durch den Saatzeitpunkt, die Saatstärke und -tiefe, die Sorte, die Stickstoffdüngung und das Klima beeinflusst (BLE, 2017). SEIFFERT et al. (1988) ergänzen noch Bodenart, Bodenfruchtbarkeit und Vorfrucht und HILKENBÄUMER und ZIMMERMANN (1952) fügen noch die Art der Bestellung und die Saatbettqualität hinzu, welche maßgeblich für die spätere Bestandesdichte sind. Berechnet wird die Bestandesdichte mithilfe der Faktoren Saatstärke, Keimfähigkeit des Saatgutes, Feldaufgang, Überwinterungsverluste und Beährungskoeffizient (BLE, 2017). Die Bestandesdichte sollte auch immer an die Wasserversorgung über die gesamte Vegetation angepasst sein. Daher sollten auf Grenzstandorten höhere Saatmengen ausgesät werden als auf guten Standorten, um eine ausreichende Bestandesdichte zu erreichen. Auf reinen Sandböden sollte ein Bestand mit geringeren Saatmengen etabliert werden, damit die Wasserversorgung ausreicht (SEIFFERT et al., 1988). Des Weiteren ist die Verwendung des Getreides noch ausschlaggebend für die Bestandesdichte und damit für die Aussaatmenge, so ist für Ganzpflanzensilage für Futterzwecke eine höhere Aussaatmenge erforderlich als für die Samengewinnung nach (PRAGER und VENT, 1952).

Die Berechnung der Saatgutmenge erfolgt aus dem Produkt des TKG und des Quotienten der benötigten keimfähigen Körner je m<sup>2</sup> und der Keimfähigkeit. Die Aufgangsrate ist dann abhängig von der Saatbettqualität und der Bodenfeuchte (SEIFFERT et al., 1988). Bei günstiger Bodenfeuchte wird bei optimalem Saatbett ein Feldaufgang von über 90 % erreicht, bei mittlerer Saatbettqualität ein Feldaufgang von 85 bis 90 % und bei schlechter

Saatbettqualität von 75 bis 80 % erreicht. Bei schlechter Bodenfeuchte sind sämtliche Werte um 5 % vermindert (SEIFFERT et al., 1988). Ungünstige Auflaufbedingungen können nur beschränkt durch höhere Saatmengen ausgeglichen werden (SEIFFERT et al., 1988).

Die Keimdichte sollte bei Lössböden im Rahmen von 320 bis 420 Pflanzen pro Quadratmeter bei Winterweizen liegen (SEIFFERT et al., 1988). Werden die Anbaubedingungen mit berücksichtigt, so sollen bei günstigen Anbaubedingungen 350 bis 400 keimfähige Körner, bei mittleren Bedingungen 400 bis 460 keimfähige Körner und bei schlechten Anbaubedingungen 460 bis 520 keimfähige Körner je m<sup>2</sup> gesät werden (SEIFFERT et al., 1988). Aktuellere Literatur nach SCHÖNBERGER (2014) rechnet mit einer Sorte (Tobak) vor, welche dem Korndichtetyp zugeordnet wird, dass die Weizenpflanzen einen Wurzeldurchmesser von ca. 30 cm ausbilden bevor sie in die Tiefe wachsen. Das bedeutet, dass maximal 33 Pflanzen je Meter bei einem Reihenabstand von 12,5 cm in der Saatreihe Platz finden. Dies entspricht 264 Pflanzen/m<sup>2</sup> und ist nach SCHÖNBERGER (2014) der optimale Anfangsbestand für die Sorte, um später 600 Ähren/m<sup>2</sup> zu erreichen bei 3 starken Trieben, 10 % Auswinterungsverlust und 90 % Feldaufgang.

Allgemein empfiehlt ältere Literatur je nach Aussattermin und Bedingung eine Aussaatmenge von 100 bis 200 kg/ha, dies entspricht 190 bis 380 keimfähige Körner je m<sup>2</sup> (TKG=50g, Keimfähigkeit 95%) (HEYL, 1929; HILKENBÄUMER und ZIMMERMANN, 1952; LANDWIRTSCHAFTLICHEN VERSUCHSVEREINIGUNG ZEITZ, 1948; SEIFFERT et al., 1965). Dagegen rät aktuellere Literatur etwas höhere Aussaatstärken zwischen 220 und 450 keimfähige Körner je m<sup>2</sup> an (BOESE, 2014; DESAGA, 2023; GUDDAT et al., 2015; KASTENHUBER, 2012; SCHÖNBERGER, 2014; STRICKHOF, 2024).

Die aktuelle Literatur hat einen größeren empfohlenen Saatstärkebereich. So wird nach GUDDAT et al. (2015) zu einer Saatstärke zwischen 300 und 450 keimfähige Körner je m<sup>2</sup> geraten. KASTENHUBER (2012) empfiehlt bei einer Aussaat Anfang Oktober eine Saatstärke von 220 bis 270 keimfähige Körner je m<sup>2</sup> und ab Mitte Oktober eine Saatstärke von 270 bis 330 keimfähige Körner je m<sup>2</sup>. Die unterschiedlichen Saatstärkeempfehlungen können aus den unterschiedlichen Standorten der Versuchsfelder resultieren.

Generell soll nach HILKENBÄUMER und ZIMMERMANN (1952) möglichst dünn gesät werden. Auch laut SCHÖNBERGER (2014) darf der Wurzelraum nicht durch zu hohe Saatmengen für die einzelnen Pflanzen behindert werden.

Bei Aussaatverspätung ist nach SEIFFERT et al. (1965), PRAGER und VENT (1952), KIEL (1954) und KRATZSCH und HAENSEL (1978) zitiert nach SEIFFERT et al. (1988) eine Erhöhung der Aussaatmenge zwischen 8 und 15 kg pro Woche ratsam. Bei Fröhsaaten Anfang September sollte die Saatstärke nach GUDDAT et al. (2015) nicht auf 100 Körner je m<sup>2</sup> gesenkt

werden, da dies keine Vorteile bezüglich Ertrag oder Wirtschaftlichkeit bringt, stattdessen reicht es die Saatstärke auf bis zu 250 Körner je m<sup>2</sup> zu senken. Höhere Saatstärken bringen mehr Ertragssicherheit (GUDDAT et al., 2015).

Eine weitere Rolle spielt die Stickstoffdüngung. So kann bei erhöhter N-Düngung die Aussaatmenge reduziert werden, sodass die Aussaatmenge 140 kg/ha gegenüber der Aussaatmenge 200 kg/ha in einem Versuch nur 0,2 dt/ha weniger Ertrag einbringt bei einer N-Düngung von 90 kg. Bei keiner Stickstoffdüngung beträgt der Unterschied zwischen den beiden Saatmengen 1,6 dt/ha (Sturm, 1962 zitiert nach SEIFFERT et al., 1965).

Der Transpirationskoeffizient wird durch den Wind und die Luftfeuchte beeinflusst. Aktiv hat der Landwirt einen Einfluss auf die Transpiration durch die Sortenwahl und Bestandesdichteregulierung (BLE, 2017).

Bei zu dichten Beständen geschieht der Energieaustausch durch die obersten Blätter oder die Ähre. Da die Strahlung nicht in den Getreidebestand eindringen kann, (da die obersten Blätter die Strahlung weitgehend absorbieren) herrschen im obersten Bereich bei Windstille die höchsten Temperaturen und die stärkste Taubildung. Aufgrund dessen haben dünnere Bestände einen größeren Bereich mit mehr Blattetagen, welche am Energieaustausch und der Photosynthese mitwirken. Die Temperatur des Bestandes hängt auch von der Wasserverdunstung und dementsprechend auch der Wasserversorgung der Pflanzen ab. Hohe Bestandesdichten sorgen bereits ab einem frühen Entwicklungsstadium für unproduktive Wasserverdunstung. Daher können stark entwickelte Bestände früher an Wassermangel leiden, vor allem in der späteren Entwicklung. Aufgrund dessen sollten gerade auf Standorten, welche mit Trockenheit gekennzeichnet sind, dünnere Bestandesdichten etabliert werden, damit der Bestand in späteren Trockenphasen die anderen Ertragsfaktoren, wie Anzahl der Körner je Ähre und TKG, mit genügend vorhandenem Wasser ausbilden kann und es nicht zu Trockenstress in diesen Phasen für die Pflanzen kommt (BLE, 2017). Wobei sich nach DESAGA (2023) die Evapotranspiration zwischen 150 und 250 keimfähigen Körner je m<sup>2</sup> nur geringfügig in den Versuchsjahren unterschied. Dies sei auf den höheren LAI zurückzuführen, welcher mit einer höheren Transpiration einhergeht. Im Versuchsjahr 2019/2020 unterschied sich die Evapotranspiration zwischen den obengenannten Saatstärken um 24 mm über den gesamten Vegetationsverlauf, was 7,5 % von der gesamten Evapotranspiration entspricht. In den anderen beiden Versuchsjahren war der Evapotranspirationsunterschied geringer (DESAGA, 2023).

Die Bestandesdichte hat somit auch einen Einfluss auf das vorherrschende Klima im Bestand. Somit trocknen Getreidebestände mit hohen Bestandesdichten langsamer ab und es liegt länger eine höhere Luftfeuchtigkeit im Bestand vor (BLE, 2017). Dies wiederum fördert

Pilzkrankheiten, wie echter Mehltau oder *Septoria tritici* im Weizen (BLE, 2017; KASTENHUBER, 2012).

Auch PRAGER und VENT (1952) weisen darauf hin, dass zu hohe Aussaatmengen zu eng stehende Pflanzen hervorrufen und somit das Licht nicht tief in den Bestand eindringen kann, sodass der Halm sich nicht genügend ausbilden kann und die Pflanzen dadurch schnell lagern können. Dies bestätigt SEIFFERT et al. (1965), da in dichteren Beständen das Festigungsgewebe des Halmes geringer ausgebildet wird und nach SEIFFERT et al. (1988) die Wuchshöhe durch Lichtmangel deutlich erhöht wird, sodass der Bestand anfälliger für Lager ist. Lager sorgt wiederum dafür, dass sich die Ähren und Körner nicht optimal ausbilden können (PRAGER und VENT, 1952), sodass eine Lagerbildung zur Blütezeit einen mittleren Ertragsverlust von 43 % hervorrufen kann. Geschieht die Lagerbildung 15 Tage nach Blütezeit, ist ein mittlerer Ertragsverlust von 29 % zu verzeichnen und bei einer Lagerbildung 30 Tage nach Blütezeit, ist immer noch ein Ertragsverlust von 19 % zu erwarten. Des Weiteren entwickeln sich einzelne Pflanzen bei höherer Standraumkonkurrenz durch hohe Bestandesdichten schlechter und bringen somit weniger Einzelährenertrag (SEIFFERT et al., 1988). Dies wird durch KIEL (1954) bekräftigt, da Körner und Ährenausbildung durch hohe Bestandesdichte leiden. Neben der oben genannten Lagerneigung von dichten Beständen ergänzt KIEL (1954) noch, dass dichte Bestände bei trockenen Böden schneller in die Notreife gehen und somit der Ertrag geschmälert wird. Daher sind nach KASTENHUBER (2012) dünnere Bestände leichter zu führen.

Einzelne Pflanzen der Kultur konkurrieren um Wasser, Licht, Luft und Nährstoffe. Diese Konkurrenz besteht auch zwischen der Kulturpflanze und Unkräutern sowie Ungräsern. (BLE, 2017). Nach WERNER (1992) wurde in Versuchen beobachtet, dass durch Wegfallen von Saatreihen bei gleichzeitiger Beibehaltung der Saatstärke, die Standraumkonkurrenz innerhalb der Reihe erhöht worden ist. Dadurch wurden Triebe im Bestand reduziert, was vermutlich dazu führte, dass die vorhandenen Ähren mehr Körner je Ähre und ein höheres TKG ausbildeten. Die Verbesserung der Einzelpflanzen sorgte teilweise für höhere Erträge als bei voller Saatreihenbesetzung. In einem von drei Versuchsjahren konnte jedoch durch die kleineren Pflanzenabstände in der Reihe (bei Auslassen von Saatreihen und voller Saatstärke) dokumentiert werden, dass ein verstärkter Befall mit Mehltau vorlag (WERNER, 1992).

Zu niedrige Bestandesdichten können aufgrund zu wenig ährentragender Halme geringere Erträge aufweisen (BLE, 2017). Außerdem herrscht nach PRAGER und VENT (1952) und KIEL (1954) durch dünnere Aussaat höherer Unkrautdruck und Bodennährstoffe sowie Standort werden nicht genügend ausgeschöpft. Nach SEIFFERT et al. (1965) erwiesen sich bei ungünstigen Standorten enge Saatreihen (12 bis 15 cm) ebenfalls besser gegen Unkrautdruck und ineffektive Wasserverdunstung. Nach KIEL (1954) sind die

Einzelährenerträge bei niedrigen Aussaatmengen höher, jedoch kann ein Höchstertag aufgrund der zu niedrigen Bestandesdichten nicht erreicht werden.

Ein älterer Versuchsbericht aus Staschwitz empfahl eine Aussaatmenge von 60 bis 70 Pfund je Viertelhektar, dies entspricht in etwa 109 bis 127 kg/ha. Verglichen wurde hierbei eine Aussaatstärke von 75 Pfund je Viertelhektar mit 100 Pfund je Viertelhektar (LANDWIRTSCHAFTLICHEN VERSUCHSVEREINIGUNG ZEITZ, 1948).

Nach POMMER (2003) wurden in neun aktuelleren Versuchen auf guten Weizenstandorten im tertiären Hügelland mit Verringerung der Saatstärke (üblich 400 Körner/m<sup>2</sup>, reduziert auf 300 und 200 Körner/m<sup>2</sup>) in ökologischem Anbau keine Verbesserung der Qualitäten und kein signifikanter Unterschied im Ertrag des Weizens festgestellt. Bei 200 Körner/m<sup>2</sup> konnte ein um 2 % reduzierter Ertrag verzeichnet werden. Des Weiteren wurde eine stärkere Verunkrautung bei geringeren Saatstärken ermittelt. Dies bestätigten auch URBATZKA et al. (2020) in einem ökologischen Versuch in Landsberg, allerdings wurde in diesem Versuch eine Verbesserung der Qualitätsparameter mit Abnehmen der Saatstärke beobachtet. Nach HILKENBÄUMER und ZIMMERMANN (1952) bestocken sich weniger stark gesäte Bestände stärker, sodass eine Kompensation durch die Bestockung durchgeführt wird. Dieser Effekt wird auch bei der Saatgutvermehrung verwendet. Dennoch kann die Bestandesdichte einer dichteren Saat nicht immer erreicht werden. So wurde laut URBATZKA et al. (2020) dokumentiert, dass die Bestandesdichten bei geringeren Saatstärken abnahmen und die Körner je Ähre zunahm. Dies konnte jedoch nicht vollständig die geringere Bestandesdichte kompensieren, sodass der Ertrag ab einer Saatstärke von 200 keimf. Körner je m<sup>2</sup> abfiel (URBATZKA et al., 2020). Ein geringerer Krankheitsdruck bei geringer Saatstärke konnte nicht bemerkt werden. Dennoch wurde ein eindeutiger Sortenunterschied festgestellt. Des Weiteren konnte kein Zusammenhang zwischen Ertrag und Weizenqualität festgestellt werden. Ertrag und Qualität korrelierten jedoch deutlich mit der Witterung (POMMER, 2003). Für Landwirte empfahl POMMER (2003), sich auf die Sortenwahl zu fokussieren und ihre Wahl nach den örtlichen Gegebenheiten auszurichten, da die Aussaatstärke bei guten Saatbedingungen nur einen geringen Einfluss auf Ertrag und Qualität hatte. Nach URBATZKA et al. (2020) sollte eine relativ hohe Aussaatstärke bevorzugt werden, um Risiken zu minimieren, auch im Hinblick auf die evtl. nicht durchführbare Unkrautregulierung im ökologischen Landbau.

Bei einem Saatstärkenversuch von STRICKHOF (2024), welcher über 3 Jahre auf einem Standort konventionell durchgeführt worden ist, wurde ebenfalls festgestellt, dass je höher die Saatstärke war, desto höher auch die Anzahl ährentragender Halme je m<sup>2</sup> war. In dem Versuch wurden bei einer Saatstärke von 150 Körner je m<sup>2</sup> 9,2 % weniger Ähren je m<sup>2</sup> aufgezeichnet als bei der doppelten Saatstärke. Nach STRICKHOF (2024) zeigte dies, dass die Pflanzen bei niedrigeren Saatstärken die niedrigeren Bestandesdichten im Laufe der Vegetation durch

Bestockung fast vollständig kompensieren konnten. Der Ertragsabfall zwischen der Saatstärke 150 und 300 Körner je m<sup>2</sup> lag nach STRICKHOF (2024) bei 3,5 %. Eine noch höhere Saatstärke (450 Körner je m<sup>2</sup>) führte jedoch nicht zu einem noch höheren Ertrag, sondern zu einem geringen Abfall von ca. 1 % des Ertrages. Die geringere Saatstärke 150 Körner je m<sup>2</sup> hatte nur in einem der drei Jahre einen Einfluss auf den Ertrag, dies lag nach STRICKHOF (2024) an der schlechten Witterung des Jahres. Ein Einfluss der Saatstärke auf den Proteingehalt wurde nach STRICKHOF (2024) nicht festgestellt. STRICKHOF (2024) empfahl die mittlere Saatstärke von 300 Körner/m<sup>2</sup> für ein geringes Risiko.

Auch nach DESAGA (2023) wurden die ortsüblichen 250 keimf. Körner je m<sup>2</sup> empfohlen, da bei Reduzierung auf 200 oder 150 keimf. Körner je m<sup>2</sup> signifikant weniger Ertrag in den Versuchsjahren festgestellt worden ist. Dies war vermutlich der Fall, da die reduzierten Saatstärken die Bestandesdichte nicht durch stärkere Bestockung kompensieren konnten und somit weniger Ähren je m<sup>2</sup> vorhanden waren. Eine Kompensation über die Kornzahl je Ähre und TKG konnte in diesem Versuch nicht festgestellt werden, ebenso wie der Einfluss der Saatstärken auf die Qualität (DESAGA, 2023).

Ebenfalls konnten SCHÄFER und MERKER (2012) in zwei von drei Versuchsjahren eine Minderung des Ertrages durch eine Reduzierung der Saatstärke von 250 auf 150 keimfähige Körner verzeichnen. Nach BOESE (2014) konnte in einem Versuch über drei Jahre in Bernburg mit zwei Liniensorten festgestellt werden, dass der Ertrag stetig mit steigender Saatstärke von 200 bis 500 keimf. Körner je m<sup>2</sup> zunahm. Empfohlen wird nach BOESE (2014) eine Saatstärke bei Winterweizen um die 300 keimf. Körner je m<sup>2</sup>. Auch KASTENHUBER (2012) zeigte in einem Versuch, dass die Dünnsaaten (180 und 100 Körner je m<sup>2</sup>) nicht ausreichend viele Triebe gegenüber der Saatstärke von 320 Körner je m<sup>2</sup> bilden konnten. Sogar eine frühere zweite N-Gabe konnte den Bestandesdichteunterschied nicht beseitigen. Dementsprechend erreichten die Dünnsaaten nicht die Erträge wie bei normaler Saatstärke. Durch die im Mittel 7 bis 11 % geringeren Erträge war allerdings ersichtlich, dass der Rohproteingehalt bei den Dünnsaaten höher war, da der Ertrag und der Rohproteingehalt negativ miteinander korrelieren nach BÖSE (2016). Außerdem war noch festzustellen, dass einzelne Sorten besser mit geringerer Saatstärke auskamen und somit höhere Erträge brachten als andere Sorten (KASTENHUBER, 2012). Bei optimalen Saatbedingungen, Verwendung von Z-Saatgut und einem frühen Aussaattermin empfahl KASTENHUBER (2012) dennoch auf bis zu 70 % von der normalen Aussaatmenge zu gehen. Dies ist dadurch begründet, dass auch Frühsaaten wesentlich besser mit geringeren Saatstärken klarkommen, da diese mehr Zeit zum Bestocken haben vor dem Winter.

Nach TASHEVA (2016) konnte in drei Jahren und auf drei Standorten (2 Österreich, 1 Ukraine) bis auf einen Standort in einem Jahr (trockenes Jahr) ein hochsignifikanter Sorteneinfluss auf

den Kornertrag und den Proteingehalt verzeichnet werden. Die Saatstärke hatte nur einen Effekt auf die Ähren je m<sup>2</sup> und den Strohertrag. Auf den Kornertrag konnte die Saatstärke nur tendenziell einen Einfluss nehmen. Die Erhöhung der Saatstärke von 300 auf 400 Körner je m<sup>2</sup> steigerte bei jeder Sorte im Durchschnitt den Ertrag. Eine noch höhere Saatstärke (500 Körner je m<sup>2</sup>) ergab jedoch keine Erhöhung des Ertrages (TASHEVA, 2016).

Aus ökonomischer Betrachtung geht laut BOESE (2014) aus einem dreijährigen Versuch auf dem Versuchsstandort Bernburg hervor, dass die Saatstärke von 400 keimf. Körner je m<sup>2</sup> am sinnvollsten war, da sie die höchste saatgutkostenfreie Leistung aufwies. Angenommen wurden einmal eine Kombination von Saatgutkosten in Höhe von 52 €/dt und Weizenpreisen von 24 €/dt und bei der zweiten Kombination Saatgutkosten in Höhe von 42 €/dt und Weizenpreise von 16 €/dt. Bei der dritten Kombination mit Saatgutkosten von 32 €/dt und Weizenpreisen von 8 €/dt kam die höchste saatgutkostenfreie Leistung bei der Saatstärke von 200 keimf. Körner je m<sup>2</sup> heraus (BOESE, 2014). Nach BOESE (2014) wird empfohlen, die Saatstärke vor allem an wirtschaftlichen Kriterien zu bemessen.

### **2.2.3 Einfluss des Aussaatzeitpunktes auf die Bestandesdichte und den Ertrag**

Der Saatzeitpunkt entscheidet bei Winterungen über die Herbstentwicklung und damit wie der Bestand in den Winter geht. Dabei erreicht der Bestand ein BBCH vor dem Winter von höchsten 21 bis 23 (BLE, 2017). Nach BLE (2017), HEYL (1929), WELLIE-STEPHAN (2015) und GUDDAT et al. (2015) hat der Winterweizen im Vergleich zu anderen Winterungen ein großes Aussaatfenster. Dabei wird ein Aussaatfenster zwischen Anfang September und Mitte November angegeben. Laut HILKENBÄUMER und ZIMMERMANN (1952) sei der optimale Saatzeitpunkt für den Winterweizen Anfang Oktober, wobei das Klima diesen Termin stark beeinflussen kann. Dies bestätigt auch GUDDAT et al. (2015), der den optimalen Aussaattermin in Thüringen zwischen dem 25.09. und 15.10. deklariert.

Nach SEIFFERT et al. (1965) liegt der optimale Saattermin Mitte Oktober und bei jeder Woche Verspätung sei im Mittel 3 % Ertragsrückgang zu erwarten (RÜTHER, 1952 zitiert nach SEIFFERT et al., (1965). Der Ertragsverlust bei verspäteter Aussaat liegt nach SEIFFERT et al. (1988) an der verkürzten Vegetationszeit. Auch SCHÄFER und MERKER (2012) konnten in zwei von drei Versuchsjahren einen Minderertrag bei Aussaatverspätung (November) gegenüber einem Bestand, welcher im Oktober gesät worden ist, feststellen. Diese Beobachtung bestätigte auch BOESE (2014), welcher in einem dreijährigen Versuch in Bernburg neben der Saatstärke auch Saatzeitpunkte verglich. So haben es auch laut KASTENHUBER (2012) die Spätsaaten schwer, das Ertragsniveau von Normalsaaten zu erreichen. Daher sollte bei dünnen Beständen und später Aussaat der Bestand genau kontrolliert und bei zu dünnen Beständen durch agrotechnische Maßnahmen, wie erhöhte Startdüngung und Wachstumsreglereinsatz, eingegriffen werden.

Die beste Saatzeit ist nach BOESE (2014) Mitte September, da im Versuch von BOESE (2014) mit späterer Aussaat der Kornertrag stetig abnahm. Der Bestand sollte vor dem Winter mindestens das Drei- bis Vierblattstadium erreichen. Wenn die Pflanzen nicht genügend entwickelt in den Winter gehen, kann es sein, dass sie nicht genügend Triebe im Frühjahr vor der Schossphase erreichen und die anderen zwei Ertragsfaktoren TKG und Körner je Ähre nicht mehr die fehlende Bestandesdichte ausgleichen können. In diesem Fall wäre mit Mindererträgen zu rechnen (SEIFFERT et al., 1988). Nach WELLIE-STEPHAN (2015) erreichen daher Frühsaaten meist auch höhere Bestandesdichten und ein höheres TKG. Außerdem sind gering entwickelte Bestände anfällig für Frost und die Standfestigkeit ist aufgrund wenig entwickelter Wurzeln geringer. Somit kann schnell ein Totalverlust im Winter und Frühjahr entstehen (SEIFFERT et al., 1988).

Auf schwerem Boden sollte dabei früher gesät werden als auf leichteren wärmeren Böden, damit die Temperatur für die Keimung und eine ausreichende Bestockung der Pflanzen genügt (HILKENBÄUMER und ZIMMERMANN, 1952). Je später der Aussaatzeitpunkt, umso höher sollte die Saatstärke gewählt werden, da die Pflanzen nicht so stark bestocken, aufgrund des Mangels an Vegetationszeit vor dem Winterbeginn (BLE, 2017; HILKENBÄUMER und ZIMMERMANN, 1952). Nach HILKENBÄUMER und ZIMMERMANN (1952) gilt grundsätzlich, dass die frühe Saat vorteilhaft ist, da die Pflanzen sich dann noch vor dem Winter stärker bestocken können. Nach WELLIE-STEPHAN (2015) sind Frühsaaten vor allem auf Standorten mit Frühjahrs- und Sommertrockenheit interessant, da diese eine bessere Wurzelentwicklung und eine frühere Entwicklung haben. Dabei sollten verschiedene Risiken für jeden Standort während der Bestandesführung beachtet werden und die Bestandesführung bei Frühsaat angepasst werden. Ein Risiko ist der erhöhte Pilzbefall, vor allem durch Mehltau, Septoria und Fußkrankheiten (KASTENHUBER, 2012; SEIFFERT et al., 1988; WELLIE-STEPHAN, 2015). Ein weiteres Risiko ist der höhere Virusbefall durch z.B. das Gelbverzwergungsvirus. Bei zu überwachsenen Beständen, durch z.B. einen warmen Herbst, besteht die Gefahr, dass Frostschäden die Pflanzen schwächen oder sogar auswintern. Ein weiteres Risiko des Überwachsens ist ein erhöhtes Lagerrisiko, aufgrund höherer Bestandesdichten durch eine intensivere Bestockung. Auf Standorten mit vielen Ungräsern ist die Frühsaat aufgrund der schlechteren mechanischen Bekämpfung der Ungräser problematisch und eine chemische Bekämpfung kann schnell zu Resistenzbildungen der Ungräser führen. Aus diesen Gründen sollte auf Gunststandorten mit ausreichender Wasserversorgung nicht früh gesät werden, da die Frühsaaten kaum Mehrertrag bilden und die Risiken nicht außer Acht zu lassen sind (WELLIE-STEPHAN, 2015).

Späte Aussaat, oft begleitet von Staunässe und verdichteten Böden, erreicht oftmals nicht den Ertrag wie der optimale Saatzeitpunkt im Oktober, da das Wurzelwachstum aufgrund der

Bedingungen eingeschränkt ist (BLE, 2017) und nach HILKENBÄUMER und ZIMMERMANN (1952) die Pflanzen nicht genügend bestocken. Nach SEIFFERT et al. (1965) hat die Aussaatzeit den größten Einfluss auf die Bestockung. Neben dem Aussaatzeitpunkt spielt auch die Aussattiefe eine Rolle für die Bestockung vor dem Winter, da eine zu tiefe Ablage des Saatgutes zu einer geringen Bestockung führt (BLE, 2017).

#### **2.2.4 Einfluss der Bestandesführung auf die Bestandesdichte und den Ertrag**

Nach (SEIFFERT et al., 1988) sind entscheidende Bezugsgrößen für die Bestandesführung des Getreides die Keimdichte, die Triebzahl je m<sup>2</sup> und die Ährenzahl je m<sup>2</sup>.

Die Keimdichte wird bestimmt durch die Aussaatmenge, die Keimfähigkeit des Saatgutes und Bedingungen für die Keimung. Obwohl die Triebzahl teilweise genetisch bestimmt ist, kann sie dennoch durch ackerbauliche Maßnahmen oder ökologische Faktoren beeinflusst werden. So hat die Keimdichte auch einen Einfluss auf die anschließende Bestockung der Pflanze. Dieser Effekt, dass zuvor bestimmte Bezugsgrößen der Bestandesführung die nachfolgende Entwicklung des Bestandes beeinflussen, zieht sich durch die gesamte Vegetation. So bestimmt die Ährenzahl je m<sup>2</sup> zum Teil auch die Kornzahl je Ähre und diese wiederum das TKG (SEIFFERT et al., 1988). Nach dem BLE (2017) kann der Bestand dadurch schwächere Ertragskomponenten, welche zuvor ausgebildet wurden, mit einer besseren Ausbildung der späteren Ertragskomponenten kompensieren. Dies ist allerdings nur für die Ertragskomponenten Ähren je m<sup>2</sup> und Körner je Ähre der Fall, nicht für das TKG, da es der letzte Ertragsfaktor ist, der während der Vegetation ausgebildet wird. Somit wirken sich die Pflanzenversorgung und -gesundheit während der Kornfüllungsphase direkt auf den Ertrag aus (BLE, 2017). Das Ziel der Bestandesführung ist es, möglichst genau an die Optimalbereiche der drei Ertragsfaktoren zu gelangen, um somit den Höchstertrag zu erlangen. Die Optimalbereiche sind je nach Schlag an die gegebenen Bedingungen (Bodenart, Bodenqualität, Vorfrucht, Sortenspezifität, Witterungsverlauf, agrotechnische Maßnahmen) anzupassen (SEIFFERT et al., 1988). Auch SCHÖNBERGER (2014) sieht das Ziel der Bestandesführung von Hohertragssorten bei der gleichmäßigen Ausbildung der Ertragsfaktoren. Eine Voraussetzung dafür ist nach SCHÖNBERGER (2014) die gleichmäßige Standraumverteilung, sowohl in der Saattiefe als auch beim Abstand in der Saatreihe. Allerdings kann die nicht vorhersagbare Witterung starken Einfluss auf die Ertragsstruktur haben, vor allem beim Wintergetreide. Deshalb ist die Bestandeskontrolle nach der Aussaat wichtig, um Abweichungen der Ertragsfaktoren vom Optimum des Standortes festzustellen

(Abbildung 3) und mithilfe der Bestandesführung entgegenzusteuern.

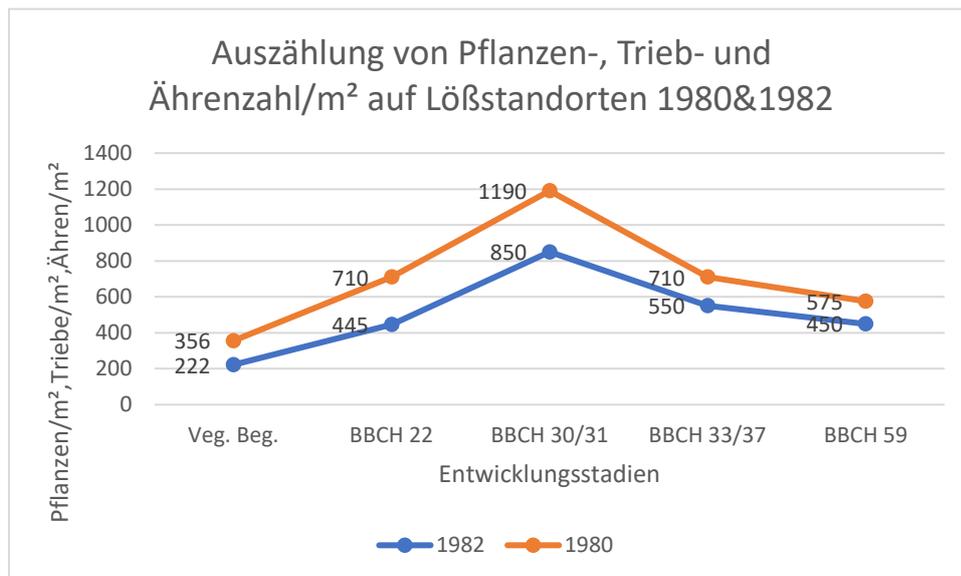


Abbildung 3 Auszählung von Pflanzen-, Trieb- und Ährenzahl/m<sup>2</sup> von Winterweizen auf Lößstandorten 1980&1982 (mod. SEIFFERT et al., 1988)

Um mit der Bestandesführung in die Ertragsfaktoren eingreifen zu können, muss das Wissen vorherrschen, wann welcher Ertragsfaktor in der Vegetation ausgebildet wird (Abbildung 4) (SEIFFERT et al., 1988).

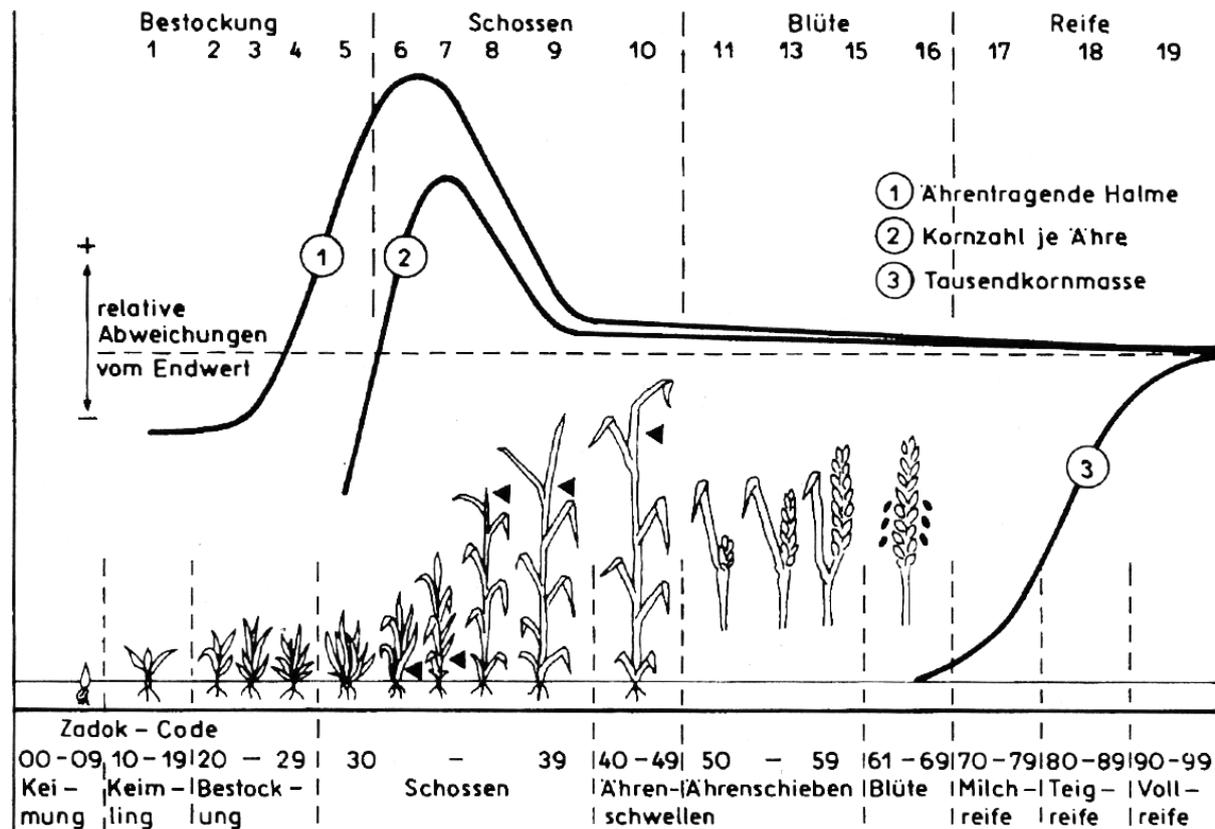


Abbildung 4 Bildung der Ertragskomponenten nach Entwicklungsstadien (SEIFFERT, 1988)

Die Keimdichte stellt den höchsten Wert für die Pflanzenanzahl dar, weil nach dem Auflaufen des Saatgutes eine dauerhafte Reduktion der Pflanzenanzahl durch Schaderreger, Witterung und Standraumkonkurrenz stattfindet. So reduziert sich die Pflanzenanzahl ohne Schäden des Winters meist um 40 bis 50 % nach SEIFFERT et al. (1988).

Die Bestockung kompensiert diesen Verlust der Pflanzen durch wesentlich mehr Triebe pro Pflanze. Mithilfe der Bestockung reguliert der Bestand gewissermaßen die spätere Bestandesdichte anhand der Umweltbedingungen. Gleichwohl sollte der Standraum gezielt ausgewählt werden. Die Bestockungsfähigkeit des Getreides ist hoch, somit können auch geringe Keimdichten ausgeglichen werden (SEIFFERT et al., 1988), wobei Winterweizen gegenüber Winterroggen und Wintergerste eine geringere Bestockungsfähigkeit aufweist. Neben der Getreideart hat auch die Sorte einen Einfluss auf die Bestockungsfähigkeit. Einen weiteren Einfluss auf die Bestockung haben der Standraum und die Nährstoffversorgung, wobei die Wasser- und Nährstoffversorgung teilweise abhängig sind von dem Standraum. Von den Nährstoffen wirkt besonders Stickstoff bestockungsfördernd (SEIFFERT et al., 1965). Daher kann durch gezielte N-Düngung die Bestockung gefördert und die Anlage von Trieben je Pflanze begünstigt werden (SEIFFERT et al., 1988). Während der Bestockung werden die meisten Nährstoffe aufgenommen, die für die gesamte Entwicklung des Getreides benötigt werden (SEIFFERT et al., 1965). Bei der Bestockung werden am Bestockungsknoten des Haupthalmes je nach Umweltbedingung unterschiedlich viele Triebe gebildet, die je nach Zeitpunkt der Bildung in Triebe erster, zweiter oder höherer Ordnung unterteilt, werden. Dabei ist der Haupthalm den nachfolgenden Trieben und die Triebe niedrigerer Ordnung den Trieben höherer Ordnung überlegen bezüglich Wuchshöhe, Ährenmasse und Kornausbildung (SEIFFERT et al., 1965). Nach SEIFFERT et al. (1988) bringen Halme zweiter Ordnung 5 bis 10 % und Halme dritter Ordnung 10 bis 15 % weniger Ertrag gegenüber dem Haupthalm. Des Weiteren reift der Haupthalm gegenüber den Seitentrieben und die Triebe niedrigerer Ordnung gegenüber den Trieben höherer Ordnung schneller ab (SEIFFERT et al., 1965; SEIFFERT et al., 1988). Die maximale Anzahl an Trieben ist am Ende der Bestockung bzw. am Anfang des Schossens mit den BBCH 30-31 erreicht (BLE, 2017; SEIFFERT et al., 1988). Triebe, welche nicht zu einer Ähre werden, bilden sich nach dem Schossen aufgrund von Lichtmangel zurück, es sei denn, der Bestand geht später ins Lager, sodass diese Triebe wieder Licht bekommen. In diesem Fall kommt es zum Zwiewuchs. Wie viel von diesen Trieben am Ende der Vegetation zu ährentragenden Halmen werden, gibt im Wesentlichen die Versorgung mit Wasser und Nährstoffen während des Schossens vor (SEIFFERT et al., 1988). So beruhen die Ertragssteigerungen durch den Einsatz von Stickstoffdünger nach SEIFFERT et al. (1965) im Wesentlichen darauf, dass durch die gesteigerte N-Versorgung die Bestandesdichten erhöht werden konnten.

Die Triebdichte soll sich zwischen 900 und 1200 Trieben je m<sup>2</sup> befinden. Das ergibt einen Bestockungsquotienten von drei bis vier, während der Beährungskoeffizient bei 1,7 liegen soll. Dies entspricht einer Ährendichte von 550 bis 650 Ähren je m<sup>2</sup> (SEIFFERT et al., 1988). Nach LWK (2015) zitiert nach BLE (2017) sollen Lößstandorte eine Zielbestandesdichte von 580 Ähren je m<sup>2</sup> und einen Bestand mit einem Beährungskoeffizienten von 2,4 Halmen je Pflanze aufweisen.

Im Ackerbau wird die hohe Bestockungsfähigkeit des Getreides bewusst nicht genutzt, damit eine ungleichmäßige Reife und Kornausbildung vermieden wird. Sie dient jedoch dazu, Bestandeslücken aufzufüllen und noch geeignete Bestandesdichten etablieren zu können. Der Landwirt kann auch durch Walzen, Striegeln oder Eggen in die Bestockung eingreifen. Durch Walzen wird die Apikaldominanz durch mechanische Beschädigung des Haupthalmes gebrochen, sodass die Seitentriebe gefördert werden. Bei dem Einsatz der Egge oder des Striegels wird hauptsächlich durch das Aufbrechen der oberen Bodenschicht die Durchlüftung des Bodens gefördert und damit auch die Nährstoffmobilisation, was sich positiv auf die Bestockung auswirkt. Des Weiteren wirkt sich die Beerdung der jungen Pflanzen fördernd auf die Bestockung aus. Bei zu hohen Bestandesdichten kann auch ein starkes Striegeln oder Eggen die Bestände lichten, sodass die spätere Lagergefahr oder verfrühte Mängel an Nährstoffen oder Wasser gemindert werden können (SEIFFERT et al., 1965). Nach KIEL (1954) ist die dünne Aussaat wesentlich problematischer, da im Frühjahr der Bestand, wenn er zu dicht ist, immer noch ausgedünnt werden kann.

Ein schlechtes Saatbett und eine zu hohe Saattiefe wirken sich schlecht auf die Bestockung aus, aufgrund der Verzögerung des Auflaufens und der Schwächung der Pflanzen durch den erhöhten Energieverbrauch durch Kompensation nicht optimaler Bedingungen (SEIFFERT et al., 1965). Nach GUDDAT et al. (2015) wird eine Saattiefe von 2 bis 4 cm empfohlen. Ein weiterer Faktor ist der Witterungsverlauf, vor allem im Frühjahr. Eine warme Witterung kann die Bestockung vorzeitig beenden, während ein kühles Frühjahr die Bestockung fördern kann. Aber auch die Witterung nach der Aussaat hat einen großen Einfluss auf die Bestockung. Durch Trockenheit im Herbst kann der Feldaufgang verzögert und ungleichmäßig sein, sodass der Bestand vor dem Winter weniger bestockt ist und sich somit weniger Triebe entwickeln. Auf der anderen Seite können ein warmer Herbst und milder Winter dazu führen, dass der Bestand sich lange entwickeln kann und sich somit zu viele Triebe bilden und der Bestand zu üppig wird. Daher hat auch der Winter einen starken Einfluss auf die Reduzierung oder Mehrung der Triebe (SEIFFERT et al., 1988).

Der zweite Ertragsfaktor Körner je Ähre wird bereits in BBCH 23 mit der Differenzierung der Blüte und somit mit der Anlage der Ährchen pro Ähre festgelegt. In BBCH 31 bis 33 prägen sich diese Ährchen aus und werden anschließend in BBCH 37 bis 41 reduziert (SEIFFERT et

al., 1988). Nach BLE (2017) wird mit Schossbeginn, also ab BBCH 30, die Anzahl der Ährchen pro Ähre bestimmt. Während des Schossens bilden sich die Blüten der Ähre aus und sind bis Ende des Schossens voll ausgebildet (BLE, 2017).

Daher sollten in diesen Entwicklungsphasen ausreichend Nährstoffe und Wasser zur Verfügung stehen und die Pflanzen sollten eine hohe Assimilationsleistung aufweisen, um die Ausprägung der Ährchen pro Ähre zu fördern und die Reduzierung der Triebe zu mindern (SEIFFERT et al., 1988). Auch nach BLE (2017) wird festgestellt, dass Wasser, Nährstoffe oder Lichtmangel während der Schossphase nicht nur zu kleineren Blättern, sondern auch zu einer Einschränkung der Blütenentwicklung und damit zu weniger Körnern je Ähre führen. Vor allem die unteren und oberen Körner einer Ähre werden hierbei reduziert (BLE, 2017).

Der dritte Ertragsfaktor TKG wird hauptsächlich in der Kornfüllungsphase ausgeprägt. Neben der Witterung haben dabei auch die dritte N-Gabe und die Förderung der Assimilationsleistung durch Bekämpfung von Pilzkrankheiten auf Blättern und Ähren einen Einfluss auf die Länge der Kornfüllungsphase (BLE, 2017; SEIFFERT et al., 1988). Die Assimilationsleistung kann auch durch die Blattstellung und durch die Bestandesdichten beeinflusst werden. So können Pflanzen mit steileren Blättern und gleichzeitig höheren Bestandesdichten höhere Assimilationsleistungen hervorrufen und somit besonders in der Kornfüllungsphase mehr Kornertrag generieren (SEIFFERT et al., 1988). Nach dem BLE (2017) sorgen ungünstige Bedingungen wie Hitze, Krankheiten, Lager oder Nährstoffmangel während der Kornfüllungsphase dafür, dass viele Körner nicht ausgeprägt werden und somit das TKG niedrig bleibt, sodass vom Mähdrescher auch kleinere Körner als Verluste wieder auf den Acker landen.

Lager kann sich nicht nur negativ auf den Ertrag auswirken, wie auch im Kapitel „2.2.2 Einfluss der Saatstärke und Bestandesdichte auf den Ertrag“ beschrieben, sondern auch auf die Qualität des Weizens. So kann die Fallzahl, welche die Verkleisterungsfähigkeit der Stärke im Korn angibt, durch die Enzymaktivität der Enzyme Protease und Amylase fallen. Diese Enzymaktivität wird durch feuchte Bedingungen nach der Abreife gefördert. Wie schnell die Enzymaktivität nach der Abreife steigt, ist auch sortenabhängig, denn das Weizenkorn geht nach der Gelbreife in eine sortenabhängige Keimruhe. Nach der Keimruhe, auch Dormanz genannt, fördern feuchte und kältere Bedingungen die Enzymaktivität und die Fallzahlen sinken ab, während trockene und warme Witterung die Fallzahlen nicht negativ beeinflussen. Somit kann die Fallzahlstabilität durch die richtige Sortenwahl beeinflusst werden. Jedoch sollten auch Lager durch Stabilisieren des Halmes (Wachstumsreglereinsatz und gezielte N-Gaben) und zu dichte Bestände (Saatstärke und N-Gaben) in der Bestandesführung vermieden werden. Kommt es zum Lager, sinken die Fallzahlen aufgrund der Bodenfeuchte und schlechteren Trocknung deutlich schneller als in stehenden Beständen, welche weniger

schnell Feuchte aufnehmen und durch Wind und Sonne schneller abtrocknen können (BLE, 2017).

### 3 Zielstellung

Damit der Einfluss von Saatstärken und Weizensorten auf den ökonomischen Ertrag im südlichen Sachsen-Anhalt festgestellt werden kann, werden die folgenden Fragen gestellt, wobei die Antworten auf den Ergebnissen eines Feldversuchs, der im Jahr 2022/2023 durchgeführt wurde, basieren.

- Inwiefern beeinflusst die variierte Saatstärke die Ertragsstruktur im Laufe der Vegetation beim Weizenanbau?
- Welchen Einfluss haben unterschiedliche Weizensorten auf die Ertragsstruktur beim Weizenanbau?
- Gibt es eine Wechselwirkung zwischen Sorten und Saatstärke auf die Ertragsstruktur?
- Wie beeinflussen unterschiedliche Saatstärken und unterschiedliche Weizensorten die Bestandesentwicklung im Hinblick auf den Blattkrankheitsdruck und den Unkrautdruck im konventionellen Weizenanbau?
- Welchen Einfluss üben variierte Saatstärken und verschiedene Weizensorten auf den Ertrag sowie auf Qualitätsparameter des geernteten Weizens aus?
- Welche Saatstärke stellt die ökonomisch sinnvollste Wahl für den Betrieb dar, unter Berücksichtigung von Ertrag und Qualitätsparametern?
- Welche Empfehlungen gehen aus dem Versuch für den Betrieb hervor?

## 4 Material und Methoden

### 4.1 Betriebsvorstellung

Der Versuch für die hiesige Untersuchung wurde mithilfe eines Betriebes im Süden Sachsen-Anhalts durchgeführt. Der Betriebssitz befindet sich im Burgenlandkreis zwischen den Städten Naumburg und Zeitz. Der Ackerbaubetrieb bewirtschaftete im Jahr 2022/23 ca. 700 ha Ackerland mit vier Arbeitskräften. Die durchschnittliche Ackerwertzahl beträgt 65 und der Boden besteht größtenteils aus schluffigem Lehm. Das Unternehmen arbeitet konventionell und hauptsächlich im Mulchsaatverfahren, wobei vor einzelnen Kulturen, wie Kartoffeln, auch wendende Bodenbearbeitung in Einsatz kommt. Der Betrieb baut eine Vielzahl von Fruchtarten an. Neben verschiedenen Getreidearten wie Winterweizen, Wintergerste und Mais werden auch Ölrüchte wie Sonnenblumen und Winterraps und Hackfrüchte wie Zuckerrüben und Speisekartoffeln angebaut. Der größte Flächenanteil mit ca. 300 ha wird allerdings für den Winterweizenanbau eingeplant. Seit der Gründung experimentiert der Betrieb bereits mit verschiedenen Saatstärken in den Getreidekulturen. Im Winterweizen hat sich für das Unternehmen eine Saatstärke von 160 keimfähigen Körnern je m<sup>2</sup> bei einer Aussaat Ende September und bei späteren Saatterminen eine Aussaatstärke von 230 keimfähigen Körnern je m<sup>2</sup> etabliert. Auch in der Wintergerste wird eine geringe Aussaatmenge, wie in vieler Literatur beschrieben, ausgesät. Der Betrieb ist mit seinen Erkenntnissen in der Region nicht der einzige Betrieb, der eine dünnere Saat in den Getreidekulturen bevorzugt. Aus diesem Grund wurde der Versuch angelegt, um die Erkenntnisse des Betriebes zu überprüfen und gegebenenfalls Empfehlungen für den Betrieb auszusprechen.

### 4.2 Standort

#### 4.2.1 Standort des Versuches

Der Saatstärken- und Sortenversuch, der dieser wissenschaftlichen Arbeit zugrunde liegt, befand sich in der Nähe des Betriebssitzes, südlich des Dorfes Kistritz und nördlich des Dorfes Zellschen. Das Feld wird durch die L190 südlich und durch die Kistritzer Str. westlich begrenzt (Abbildung 5, S. 23). Der Versuch lag 243 m über Normalnull. Das Feld ist 25,9 ha groß und die mittlere Ackerwertzahl des Versuches liegt bei 82, diese Zahl wurde mithilfe des LVERMGEO (2023a) ermittelt. Die Inklination des Ackers ist eben. Dieser Versuchsstandort wurde aufgrund der länglichen Form des Feldes, damit möglichst viele Parzellen Platz finden und der gleichmäßigen Bodenqualität ausgewählt. Des Weiteren war die Vorfrucht (Kartoffel) auf der gesamten Länge des Versuches gleich.



Abbildung 5 Versuchsfeld (erstellt mit Google Earth pro)

#### 4.2.2 Witterung

Das Klima in der Region, in der der Versuch stattfand, ist gemäßigt. Die Klimadaten der letzten 30 Jahre wurden mithilfe des DWD (2023) und der Software Microsoft Excel 2021 erstellt. Dazu wurde die Station Osterfeld ausgewertet. Die Station ist etwa 3,7 km Luftlinie vom Betriebssitz und ca. 3,7 km vom Versuchsfeld entfernt. Die mittlere Jahrestemperatur der letzten 30 Jahre dieser Region betrug 9,61 °C. Der Standort wird noch vom Regenschatten des Harzes beeinflusst. Die mittlere Jahresniederschlagssumme betrug laut der Station in Osterfeld 582,31 l/m<sup>2</sup> (Abbildung 6, S. 24). Aufgrund der geringen Niederschlagssumme und der geringen Niederschlagsmengen im Frühjahr leidet diese Region oft unter Vorsommertrockenheit.

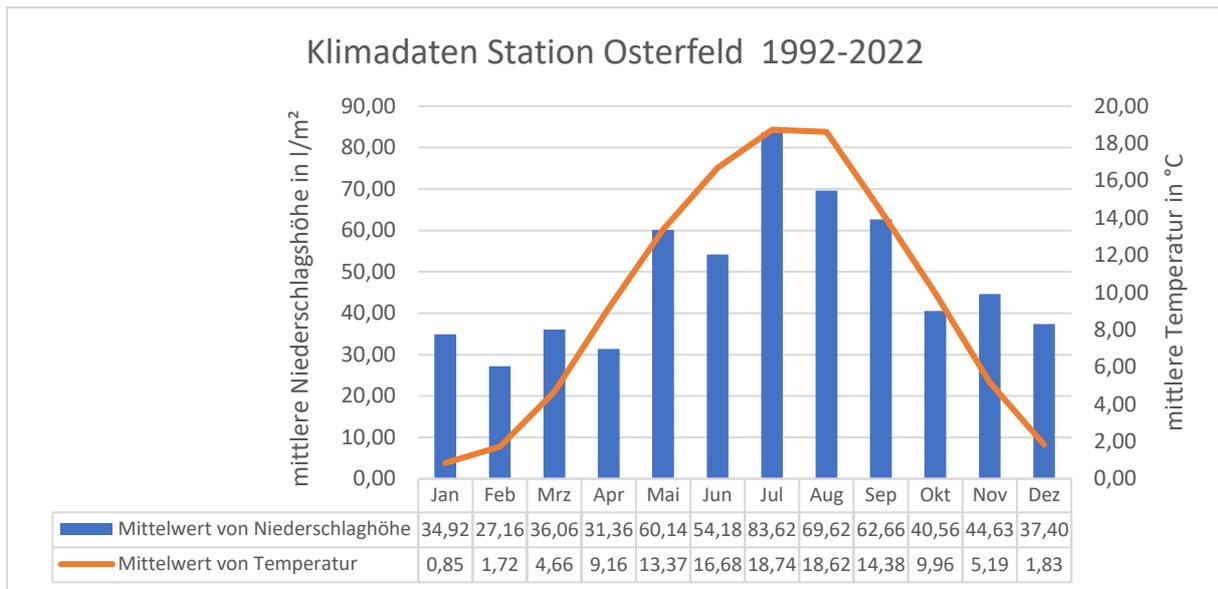


Abbildung 6 Klimadaten der Station Osterfeld von 1992 bis 2022 (Daten von DWD 2023)

Die Witterung im Versuchsjahr 2022/23 war im Vergleich zum 30-jährigen Mittel (siehe Abbildung 7, S. 25) durch hohe Niederschlagssummen und wärmere Monate geprägt. Die Niederschlagssumme von September 2022 bis August 2023 betrug 686 l/m<sup>2</sup>. Dabei stachen vor allem der September 2022 und das Frühjahr 2023 von Februar bis April mit unüblich hohen Niederschlagsmengen heraus. Auch der August 2023 hatte eine wesentlich höhere Niederschlagssumme. In dem Monat Mai war besonders wenig Niederschlag mit nur 13 l/m<sup>2</sup> gefallen, während das 30-jährige Mittel in diesem Monat 60 l/m<sup>2</sup> beträgt. Die Temperaturen lagen im Schnitt mit 10,6 °C um 1 °C höher als im 30-jährigen Mittel. Besonders der Monat Oktober 2022 und das Frühjahr 2023 (Januar bis März) zeigten erhöhte Temperaturen im Vergleich zum 30-jährigen Mittel, aber auch der Frühsommer (Juni und Juli) wies erhöhte Temperaturen auf. Nur der Monat April war ca. 1,4 °C kälter als das 30-jährige Mittel. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass das Versuchsjahr 2022/23 deutlich wärmer und niederschlagsreicher war als das 30-jährige Mittel (Abbildung 7, S. 25).

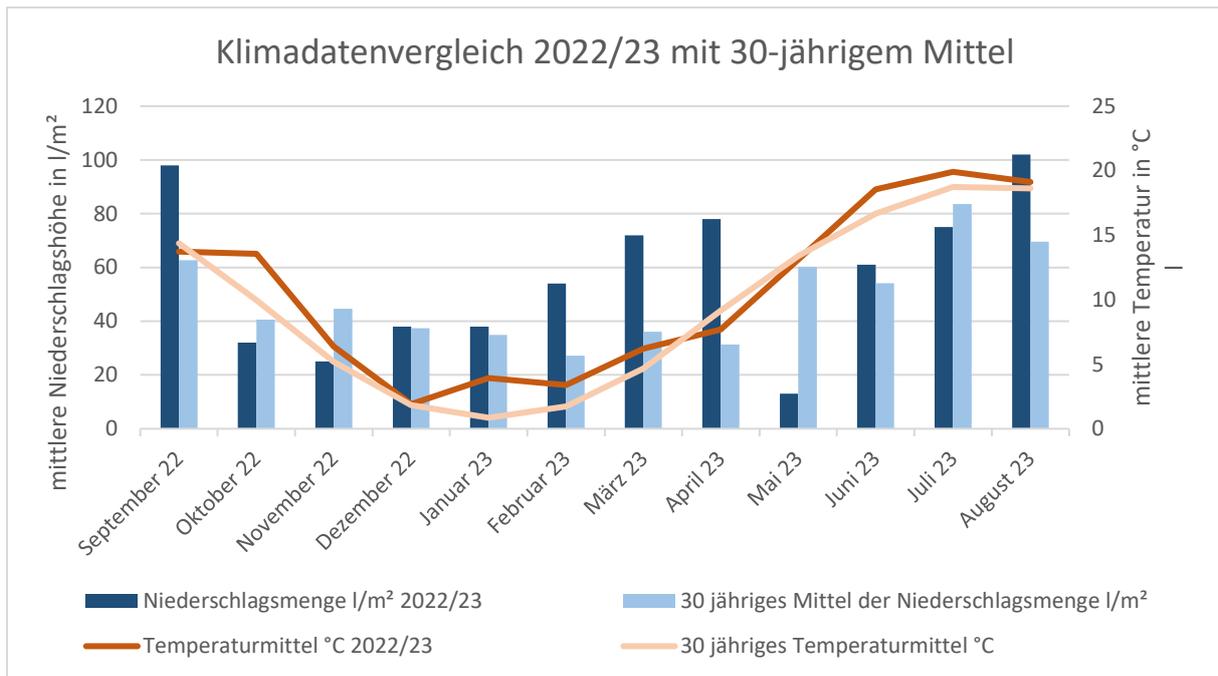


Abbildung 7 Klimadatenvergleich 2022/23 mit 30-jährigem Mittel (Daten von DWD Station Osterfeld und eigene Erhebung)

#### 4.2.3 Boden

Das Versuchsfeld stand auf einem Lößstandort. Die Bodenklasse ist eine Schwarzerde und der Bodentyp ein Braunerde-Tschernosem (LVERMGEO, 2023b). Die vorherrschende Bodenart ist ein schluffiger Lehm (uL). Das Ackerland ist demnach in die Bodengruppe 4 einzustufen nach KERSCHBERGER et al. (2000).

Grundbodenuntersuchungen von 2021 zeigten, dass auf dem Acker ein durchschnittlicher pH-Wert von 6,69 vorherrschte. Dies ist nach KERSCHBERGER et al. (2000) der Versorgungsstufe C zu zuordnen. Das Feld zeigte eine überdurchschnittliche Magnesiumversorgung auf, welche mit D zu bewerten ist. Die Phosphorverteilung war stark unterschiedlich. Sie reicht von der Versorgungsstufe B bis E nach LLG (2019). Die durchschnittliche Phosphorversorgung lag in etwa bei 7,4 mg/100 g, was einer C-Versorgungsstufe entspricht. Der Acker wies eine mittlere Kaliumversorgung von 29 mg/100 g auf. Dies entspricht der Stufe E (LLG, 2019).

Am 18.03.2023 wurde eine Nmin-Probe auf dem Versuchsfeld gezogen. Die Probe wurde bis zur Tiefe von 60 cm entnommen. Die Nmin-Untersuchungen der Proben ergaben ein Nmin von 20 kg/ha in einer Tiefe von 0 bis 30 cm. Dabei fiel das meiste Nmin auf die Stickstoffform Nitrat ( $\text{NO}_3$ ) mit 19 kg/ha und nur ein kg/ha auf die Stickstoffform Ammonium ( $\text{NH}_4$ ) zurück. In der Tiefe von 30 bis 60 cm wurde ein Wert von 47 kg/ha Nmin festgestellt, wobei die gesamte Menge auf Nitrat zurückzuführen war. Insgesamt ergab sich damit ein Nmin von 67 kg/ha.

## 4.3 Versuchsaufbau

### 4.3.1 Aufbau der Versuchsanlage im Feld

Bei diesem Versuch handelte es sich um ein On-Farm-Experiment. Der Versuch hatte zwei Faktoren (Saatstärken, Sorten) mit jeweils drei Stufen, sodass sich neun Prüfglieder ergaben, welche nochmals wiederholt waren. Infolgedessen ergaben sich insgesamt 18 Parzellen. Die Zuordnung der Parzellen in den Wiederholungen wurde randomisiert. Dies wurde mithilfe von Microsoft Excel 2021 durchgeführt, indem den einzelnen Faktorkombinationen eine Zufallszahl zugeordnet wurde und anschließend diese mit den Faktorkombinationen nach der Größe der Zufallszahl geordnet wurden. Dies wurde nochmals wiederholt für die zweite Wiederholung.

Das Feldstück wurde im vorangegangenen Erntejahr 2021/22, bedingt durch die Vorfrucht Kartoffel, quer zur ursprünglich längs gerichteten Anbauichtung bearbeitet. Diese Bearbeitungsrichtung wurde, angesichts der Anzahl der benötigten Parzellen, beibehalten. Die Parzellenbreite wurde anlässlich produktionstechnischer Vereinfachungsgründen auf 28 m bestimmt, was der Fahrgassenbreite des Betriebes entsprach. Damit die Parzellen möglichst groß sein konnten, wurden sie am südlichen Teil des Feldes begonnen, da sich das Feld in Richtung Norden verjüngt. Um eine gleich große Länge der Parzellen zu garantieren, wurde mithilfe des Traktors, welcher ein GPS mit Korrektursignal besitzt, eine A-B Spurlinie am Vorgewende der Kistritzer Str. angelegt. Mithilfe dieser A-B Spurlinie wurde dann das Vorgewende (eine Fahrgasse, 28 m) an der Kistritzer Str. und im östlichen Teil des Feldes längs drei Fahrgassen (84 m) ausgesät. Infolgedessen war die Parzellenlänge aller Parzellen gleich lang. Somit ergab sich eine Parzellenfläche von 6384 m<sup>2</sup> bei einer Länge von 228 m und einer Breite von 28 m. Die Parzellenlänge wurde so lang gewählt, damit die Parzellenflächen tunlichst groß waren und dennoch der Versuch mit Vorgewende in das Feld passte. Für die Parzellen selbst wurde mit der A-B Spurlinie des südlichen Vorgewendes gearbeitet. In der Abbildung 8 (S.27) sind die Parzellen auf dem Feld im Versuchsjahr durch das Luftbild zu erkennen.



Abbildung 8 Luftbild des Versuchsfeldes im Versuchsjahr (LVERMGEO, 2023b)

### 4.3.2 Sortenbeschreibung

Da der Betrieb aus wirtschaftlichen Gründen nur A-Weizensorten anbaut, wurde sich auch im Versuch nur auf A-Weizensorten beschränkt. Insgesamt wurden drei Sorten für den Versuch ausgewählt. Bei der Wahl wurde mithilfe der beschreibenden Sortenliste des BUNDESSORTENAMTs (2022) und dem Angebot an zertifiziertem Saatgut der örtlichen Händler gearbeitet. Bei der Auswahl der verfügbaren Sorten wurden der Faktor Bestandesdichtetyp und Blattkrankheitsanfälligkeit beachtet. Da sich der Ertragsaufbau bei verschiedenen Sorten unterscheidet, war es für den Versuch wichtig, möglichst verschiedene Typen (Einzelährentypen, Bestandesdichtetypen, Korndichtetypen, Kompensationstypen) unter den variierten Saatstärken zu testen. Des Weiteren wurde die Blattgesundheit betrachtet, da bei hohen Bestandesdichten ein erhöhter Pilzkrankheitsdruck herrscht. Daher sollte der Einfluss der Aussaatstärke auf die Blattgesundheit und den Ertrag bei verschiedenen stark blattkrankheitsanfälligen Sorten untersucht werden. Daraus resultierend wurden die Sorten Apostel, Attribut und Patras ausgewählt und angebaut.

Diese unterscheiden sich im Ertragsaufbau wie folgt:

Tabelle 1 Sortenbeschreibung zum Ertragsaufbau (verändert nach BUNDESSORTENAMT 2022)

Sorten	Bestandesdichte	Kornzahl/Ähre	Tausendkornmasse	Kornertrag Stufe 1	Kornertrag Stufe 2
Apostel	6	4	6	7	6
Attribut	5	7	5	7	7
Patras	4	4	7	6	6

Die Sorte Apostel wurde bei der Bestandesdichte mit sechs bewertet und hat damit die höchste Bewertung der drei Sorten. Die geringste Bewertung mit vier in der Bestandesdichte hat die Sorte Patras. In der Bestandesdichte liegt die Sorte Attribut im Mittelfeld mit der Bewertung fünf. Diese Sorte zeichnet sich außerdem durch die hohe Kornzahl je Ähre aus, welche mit sieben bewertet wurde, während die anderen zwei Sorten eine Bewertung von vier erhielten. Die TKM der drei Sorten reicht bei der Bewertung von fünf bis sieben, wobei die Sorte Patras die höchste Bewertung und die Sorte Attribut die geringste Bewertung aufweist. Die Sorten wurden noch nach dem Kornertrag bewertet. Dieser wurde in zwei Stufen aufgeteilt. Die Stufe eins bedeutet, dass keine Wachstumsregulatoren und Fungizide verwendet wurden, während in Stufe zwei je nach Bedarf Wachstumsregulatoren und Fungizide verwendet werden konnten. In der Stufe eins schnitten die Sorten Apostel und Attribut mit der Bewertung sieben besser ab als die Sorte Patras mit der Bewertung sechs. Die Sorte Apostel besitzt mit der Bewertung sechs in der Stufe zwei eine schlechtere Bewertung als in der Stufe eins. Die beiden anderen Sorten wurden in der zweiten Stufe des Kornertrags genauso wie in Stufe eins bewertet (vgl. Tabelle 1)(BUNDESSORTENAMT, 2022).

Reife, Pflanzenlänge und Lagerneigung:

Tabelle 2 Sortenbeschreibung zur Reife, Pflanzenlänge und Lagerneigung verändert nach (BUNDESSORTENAMT, 2022)

Sorten	Reife	Pflanzenlänge	Lagerneigung
Apostel	5	4	5
Attribut	6	5	4
Patras	5	4	5

In der Reife liegen die Sorten Patras und Apostel mit der Bewertung fünf im Mittel. Nur Attribut hat eine spätere Reife mit der Bewertung sechs. Apostel und Patras liegen auch bei der Pflanzenlänge mit der Bewertung vier gleich. Länger hingegen ist die Sorte Attribut, welche mit fünf bewertet im Mittelfeld liegt. Bei der Lagerneigung wurden Apostel und Patras mit der fünf bewertet. Attribut hingegen hat eine geringere Lagerneigung. Diese Sorte wurde mit vier bewertet (vgl. Tabelle 2)(BUNDESSORTENAMT, 2022).

Blattkrankheiten:

Tabelle 3 Sortenbeschreibung zur Anfälligkeit für Blattkrankheiten (BUNDESSORTENAMT, 2022)

Sorten	Mehltau	Blattseptoria	Drechslera tritici-repentis	Gelbrost	Braunrost
Apostel	3	4	6	2	3
Attribut	2	3	5	2	3
Patras	3	5	5	3	5

Patras ist von den drei Sorten als anfälligste Sorte für Blattkrankheiten bewertet worden. Besonders in den Krankheiten Blattseptoria und Braunrost zeigte die Sorte gegenüber den anderen Sorten mit der Bewertung fünf eine höhere Anfälligkeit. Die Sorte Apostel war anfälliger für Blattkrankheiten als die Sorte Attribut. Apostel zeigte eine höhere Anfälligkeit bei den Krankheiten Mehltau (Bewertung drei), Blattseptoria (mit vier bewertet) und DTR (Bewertung sechs) gegenüber der Sorte Attribut. Attribut wurde von allen drei Sorten als am geringsten anfällig für Blattkrankheiten bewertet. Attribut liegt laut Bewertung bei allen Krankheiten weit unter dem Mittel. Nur bei der Blattkrankheit DTR liegt sie im Mittel mit der Bewertung von fünf (vgl. Tabelle 3)(BUNDESSORTENAMT, 2022).

### 4.3.3 Saatstärken

Für den Faktor Saatstärken im Versuch wurden ebenfalls drei Stufen ausgewählt. Die Saatstärke wird in keimfähige Körner je m<sup>2</sup> angegeben. Basierend auf zahlreicher Literatur wurde die Saatstärke 300 keimfähige Körner je m<sup>2</sup> gewählt. Von dieser Basis aus wurde 50 % weniger, folglich 150 keimfähige Körner je m<sup>2</sup> und 50 % mehr, demzufolge 450 keimfähige Körner je m<sup>2</sup> festgelegt. Diese sehr unterschiedlichen Saatstärken wurden gewählt, um den eventuellen Einfluss der Saatstärken auf den Ertrag besser feststellen zu können. Diese drei Saatstärken wurden mit jeder Sorte durchgeführt, sodass jede Saatstärke dreimal vorhanden war. Außerdem wurde der gesamte Versuch noch einmal wiederholt. Dadurch ist jede Saatstärke sechsmal angebaut worden. In der Abbildung 9 (S. 30) ist der Versuchsaufbau mit den Parzellen dargestellt. In der Mitte der Parzellen endete die erste Wiederholung und begann die zweite Wiederholung. Die Farben der Parzellen signalisieren die Saatstärken (grün = 150 keimfähige Körner je m<sup>2</sup>, gelb = 300 keimfähige Körner je m<sup>2</sup>, rot = 450 keimfähige Körner je m<sup>2</sup>).



Abbildung 9 Versuchsaufbau im Feld (verändert Google Earth Pro)

## 4.4 Versuchsdurchführung

### 4.4.1 Ackerbauliche Maßnahmen

Nachdem die Vorfrucht Kartoffel geerntet wurde, wurde das Versuchsfeld zunächst mit einem Scheibengrubber (Lemken Rubin) flach (ca. 5 cm) bearbeitet. Kurz vor der Aussaat (12.10.2022) wurde die Fläche anschließend tiefer (ca. 15 cm) mit einem Flügelschargrubber (Lemken Karat) bearbeitet. Mit diesen zwei Vorgängen und der Vorfrucht wurde ein fein krümeliges Saatbett geschaffen.

Am 15.10.2022 wurde mithilfe einer mechanischen Drillmaschine (Väderstad Rapid 400) und einem Schlepper (Fendt 724) mit Zwillingsreifen und einem Front- und Heckradpacker der Acker bestellt. Zunächst wurde das Vorgewende mit der Sorte Kashmir bestellt. Danach wurden auf der östlichen Seite des Feldes mithilfe der A-B Spurlinie vom westlichen Vorgewende zwei weitere vollständige Fahrgassen (28 m) an das östliche Vorgewende bestellt. Dadurch entstand von West nach Ost eine gleich breite, rechteckige, nicht gesäte Fläche, auf der die Parzellen angelegt werden konnten. Anschließend wurde die Sämaschine ausgeleert und die erste Sorte Attribut des Versuches eingefüllt. Diese wurde dann an der Drillmaschine auf 150 keimfähige Körner je m<sup>2</sup> durch manuelles Abdrehen und Auswiegen eingestellt. Die benötigte Aussaatmenge wurde zuvor mit der Keimfähigkeit und dem TKG, welche auf den Big Bags des Z-Saatgutes ausgewiesen wurden und mit einem Feldaufgang von 90 % in Excel berechnet. Danach wurden die Parzellen mit passender Sorte und

Saatstärke in der ersten und zweiten Wiederholung bestellt. Da mit der A-B Linie des südlichen Vorgewendes gearbeitet worden ist, mussten die Parzellen nicht hintereinander weg gesät werden, sondern konnten Sorte für Sorte und Saatstärke für Saatstärke mithilfe der passenden Spurlinie bestellt werden. Diese Prozedur wurde mit den zwei weiteren Saatstärken ebenfalls durchgeführt. Daraufhin wurde die Sämaschine komplett entleert und der gesamte Vorgang mit den zwei anderen Sorten wiederholt, sodass die gesamten Parzellen bestellt wurden.

Zwei Tage später wurde die erste Vorauflaufbehandlung mit dem Herbizid Herold SC getätigt. Die Aufwandmenge des Herbizids betrug 0,6 l/ha, was 240 g/ha Flufenacet und 120 g/ha Diflufenican entspricht. Es wurde mit einer Wasseraufwandmenge von 200 l/ha gearbeitet. Die Pflanzenschutzanwendungen wurden alle mit einer Hardi Commander 4500 durchgeführt, welche über eine automatische Teilbreitenschaltung verfügt. Nach dieser Behandlung trat der Weizenbestand in die Winterperiode ein.

Am 23.03.2023 wurden mit einem Düngerstreuer (Amazone-Scheibenstreuer) 100 kg/ha Domogran 45 (21 % Stickstoff in Ammoniumform, 24 % Sulfatschwefel) ausgebracht.

Die zweite Herbizidbehandlung wurde am 13.04.2023 mit dem Nachauflauferbizid Broadway Plus durchgeführt. Das Mittel enthält pro kg 212,5 g Cloquintocet, 80 g Florasulam, 83,4 g Halauxifenmethyl und 240 g Pyroxsulam. Die Aufwandmenge auf der Versuchsfläche betrug 60 g/ha und die Wasseraufwandmenge 200 l/ha.

Acht Tage später wurden 14,98 m<sup>3</sup>/ha Gärreste ausgebracht. Diese wurden durch ein Lohnunternehmen in den Bestand mit Schleppschläuchen appliziert. Mit den Gärresten wurden 52,98 kg/ha Stickstoff, 11,91 kg/ha Phosphor und 40,16 kg/ha Kalium ausgebracht.

Am 22.04.2023 wurde der Wachstumsregler CCC 720 (720 g/l Chlormequatchlorid) mit einer Aufwandmenge von 1,15 l/ha und einer Wasseraufwandmenge von 148,7 l/ha ausgebracht.

Die zweite Düngergabe wurde aufgeteilt. Die 2.a Düngergabe wurde mit den oben genannten Gärresten appliziert und die 2.b Düngergabe erfolgte am 16.05.2023 mit Kalkammonsalpeter 27 (27 % Stickstoff in Ammoniumform). Die Ausbringmenge betrug 150 kg/ha, was 40,5 kg/ha Stickstoff entspricht.

Die dritte Gabe erfolgte zehn Tage später auch mit Kalkammonsalpeter 27 mit der gleichen Ausbringmenge (150 kg/ha). Damit wurden insgesamt 155 kg/ha Stickstoff gegeben und der errechnete Düngebedarf von 143 kg/ha Stickstoff (mithilfe von NEXT Farming AG OFFICE) bei einem erwarteten Ertrag von 85 dt/ha gedeckt.

Die Fungizidmaßnahme erfolgte am 31.05.2023 mit den Mitteln Proline (250 g/l Prothioconazol) und LS Azoxy (250 g/l Azoxystobin). Die Ausbringmenge betrug bei beiden Mitteln 0,6 l/ha und die Wasserausbringmenge lag bei 300 l/ha.

Damit war die Bestandesführung abgeschlossen und am 21.08.2023 konnte mit einem Rotormähdrescher (New Holland CR 9090) der Versuch gedroschen werden. Dazu wurde zunächst das Vorgewende und der Rest des Feldes bis auf die Parzellen selbst gedroschen. Da der Mähdrescher ein Schneidwerk von 9,30 m besaß, wurde die Fahrgasse der jeweiligen Parzelle in die Mitte des Schneidwerkes genommen. Danach wurde mithilfe des Laserpiloten jeweils eine weitere Bahn rechts und links von der gedroschenen Fahrgasse gedroschen. Dabei wurden in etwa 30 cm des Schneidwerkes nicht benutzt, sodass insgesamt eine Breite von 27,3 m gedroschen wurde. Da das Vorgewende des Feldes und die östlichen Fahrgassen 28 m breit waren, ergab sich daraus eine Differenz von 0,7 m einer anderen Sorte (Vorgewende) jeweils am Anfang und am Ende bei jeder Parzelle, welche mit in den Versuch gezählt hätte. Daher wurden mit dem Mähdrescher in etwa vier weitere Meter auf der gesamten Länge des Versuches am westlichen Vorgewende und an der östlichen Fahrgasse (welche kein Bestandteil des Versuches war) gedroschen. Sodass eine Parzellenlänge von ca. 220 m entstand. Damit wurde mit jeder Parzelle eine Fläche von etwa 0,6 ha gedroschen.

#### **4.4.2 Dokumentation im Feld**

Die Dokumentation der Parzellenentwicklung wurde während der gesamten Vegetationsperiode 2022/2023 durchgeführt. Die erste Datenerhebung wurde am 12.11.2022 erledigt. Dabei wurden die Weizenpflanzen pro m<sup>2</sup> gezählt. Dafür wurden in einer Parzelle zehnmal 80 cm einer Reihe ausgezählt, sodass insgesamt in einer Parzelle 1 m<sup>2</sup> dokumentiert wurde. Dazu wurden die Parzellen jeweils in fünf gleiche Messbereiche eingeteilt und dann jeweils rechts und links von der Fahrgasse in etwa vier Meter Entfernung die Pflanzen ausgezählt (siehe Abbildung 10, S. 33).

Nach dem Winter wurden am 19.03.2023 die Weizentriebe pro m<sup>2</sup> gezählt. Dabei wurde nach dem gleichen Boniturschema vorgegangen wie am 12.11.2022 (siehe Abbildung 10, S. 33). Allerdings wurden nicht 80 cm einer Reihe ausgezählt, sondern nur 20 cm, sodass insgesamt bei zehn Bonituren pro Parzelle ein Viertel Quadratmeter ausgezählt worden ist.

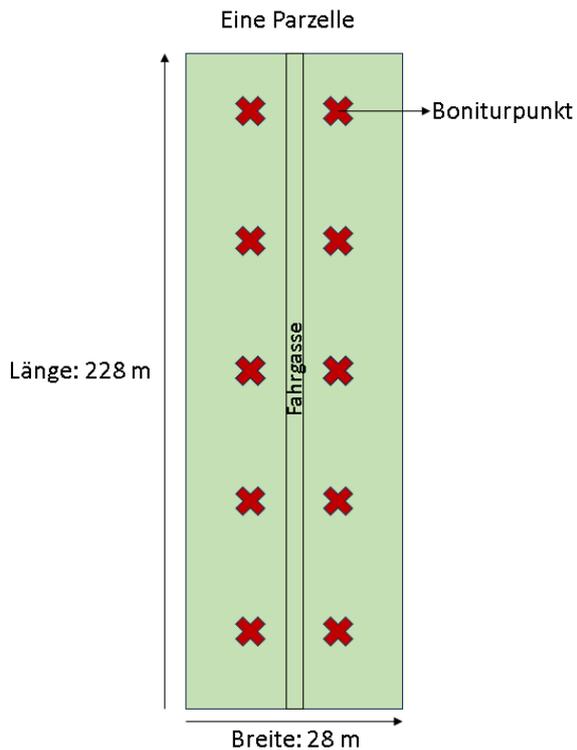


Abbildung 10 Boniturschema mit 10 Datenerhebungen pro Parzelle (erstellt mit Microsoft PowerPoint 2021)

Am 22.04.2023 wurde der Unkrautdruck bonitiert. Dazu wurden einkeimblättrige und zweikeimblättrige Unkräuter mithilfe eines Auszählrahmens, welcher ein Viertel Quadratmeter groß ist, ausgezählt. Insgesamt wurde pro Parzelle viermal ausgezählt (siehe Abbildung 11, S. 34), sodass insgesamt ein Quadratmeter bonitiert wurde.

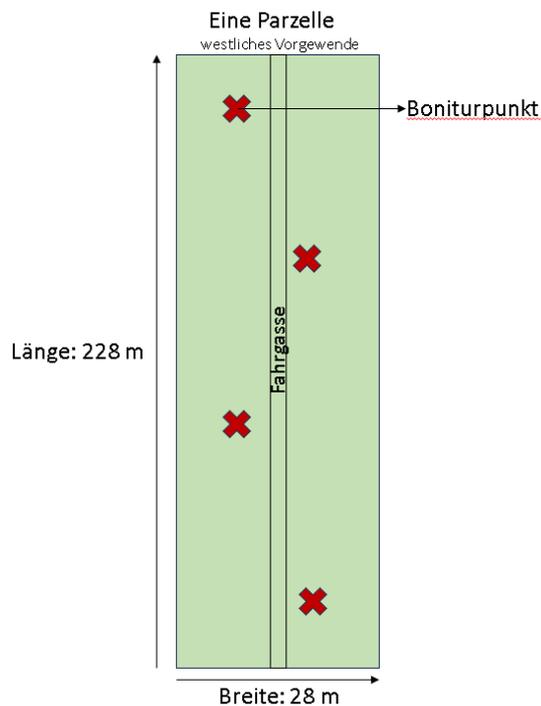


Abbildung 11 Boniturschema mit 4 Datenerhebungen pro Parzelle (erstellt mit Microsoft PowerPoint 2021)

Die nächste Bonitur fand am 06.05.2023 statt. In dieser wurden erstmals die Blattkrankheiten bonitiert. Dazu wurden fünf Triebe pro Boniturspunkt auf Blattkrankheiten kontrolliert. Pro Parzelle wurden 5 Datenerhebungen erfasst, im gleichen Muster wie in Abbildung 11. Nicht nur die Quantität der jeweiligen Krankheiten pro befallenen Trieb wurde erfasst, sondern auch die Befallsstärke. Diese wurde mithilfe einer Skala von 1 bis 9 nach der Methode des BUNDESSORTENAMTs (2000) bewertet. Zur Orientierung dienten dabei auch die Beispielzeichnungen des BUNDESSORTENAMTs (2000). Die Verrechnung der Boniturnote mit dem quantitativen Auftreten einer Krankheit erfolgte ebenfalls nach der Methode des BUNDESSORTENAMTs (2000). Dazu wurde die Befallsstärke (befallene Triebe einer Krankheit durch bonitierte Triebe) multipliziert mit der Boniturnote, welche zuvor durch einen Boniturschlüssel des BUNDESSORTENAMTs (2000) in Prozente umgerechnet wurde. Anschließend wurde dieser Wert durch 100 geteilt. Der erhaltene Wert entspricht dem Gesamtbefall in Prozent. Diese Berechnung des Gesamtbefalls wurde bei jeder Blattkrankheitsbonitur durchgeführt.

Anschließend wurden die letzten zwei Blattkrankheitsdokumentationen durchgeführt. Die Erste fand am 20.05.2023 und die Zweite am 11.06.2023 statt. Die Vorgehensweise entsprach der Bonitur vom 06.05.2023.

Die letzte Bonitur fand am 01.07.2023 statt. In dieser wurden die ährentragenden Halme je m<sup>2</sup> gezählt. Dabei wurden 40 cm einer Saatreihe, an insgesamt fünf Boniturspunkten pro Parzelle ausgezählt (im gleichen Muster wie Abbildung 11).

Die Dokumentation des Ertrags in der abschließenden Ernte wurde auf zwei Wegen durchgeführt. Pro Parzelle wurden vor dem Drusch der Parzelle die geerntete Fläche und die geerntete Masse des Mähdescherterminals dokumentiert. Bei der ersten Bahn wurde auf die gesamte Mähdescherschneidwerksbreite 9,3 m gestellt, bei den zwei weiteren Bahnen auf 9 m. Danach wurde mit Laserautopilot gefahren und das Schneidwerk nicht vollständig genutzt, sondern nur in etwa 9 m. Außerdem wurde darauf geachtet, dass das Einsetzen und Aussetzen möglichst genau am Bestandsanfang und am Bestandsende geschieht. Nachdem die drei Bahnen in der Parzelle gedroschen wurden, wurden die geerntete Fläche und Masse wieder aus dem Terminal dokumentiert. Dadurch konnte die geerntete Fläche möglichst genau kontrolliert werden. Die geerntete Masse wurde nach jeder Parzelle nebenher nochmals mithilfe einer Fahrzeugwaage kontrolliert. Diese ist allerdings nur auf die Zehnerstelle genau. Die erhaltenen Werte wurden mit den Daten des Mähdeschers verglichen und es wurde festgestellt, dass der Mähdescher gleiche Werte ausgab, jedoch auf das Kilo genau, sodass diese Werte des Mähdeschers dokumentiert worden sind.

#### **4.4.3 Probenentnahme und Qualitätsbestimmung des Erntegutes**

Neben der geernteten Fläche und Masse wurde nach jeder Parzelle eine Probe aus dem Mähdescher in einer Tüte gesichert. Diese wurde mit einem geeichten Nahinfrarot-Spektrometer (Foss Infratec 1241) untersucht. Anschließend wurden die ermittelten Qualitäten dokumentiert. Die Ermittlung des TKG wurde mithilfe eines Körnerzählbrettes mit 100 Bohrungen durchgeführt. Dabei wurden 1000 Körner der jeweiligen Parzellenprobe ausgezählt und anschließend mit einer Küchenwaage ausgewogen.

### **4.5 Statistische Auswertung**

Die statistische Auswertung erfolgte zunächst mithilfe von Microsoft Excel 2021, indem sämtliche dokumentierten Werte in dieses Programm eingetragen wurden. Danach wurde der Ertrag auf eine Trockenmasse von 85,5 % korrigiert, was der maximalen Feuchte des Handels entspricht. Als Nächstes wurden Mittelwerte bei Dokumentationen mit mehr als einem Wert je Parzelle gebildet. Die Berechnung bei den Blattkrankheitsbonituren und den deskriptiven Statistiken sowie die Erstellung der Tabellen und Diagramme wurden ebenfalls mit Excel durchgeführt. Signifikante Unterschiede wurden mithilfe von statistischen Tests im R-Studio berechnet und anschließend in den Tabellen gekennzeichnet. Dazu wurden zunächst immer die Voraussetzungen geprüft. Mithilfe eines Kolmogorow-Smirnow-Tests wurden die abhängigen Variablen auf Normalverteilung geprüft, wobei bei dem Mittelwert des Gesamtertrags der Blattkrankheitsbonitur wurde mithilfe des Tests keine Normalverteilung festgestellt werden konnte. Daher wurde anschließend ein Kruskal-Wallis-Test und danach ein Dunn-Test mit Bonferroni-Korrektur durchgeführt, um signifikante Unterschiede zu untersuchen. Wurde eine Normalverteilung festgestellt, wurde als Nächstes auf

Varianzhomogenität mithilfe des Levene-Tests geprüft. Die Varianzhomogenität ist vermutlich aufgrund des geringen Stichprobenumfangs (n) nicht für die Gruppen unterteilt nach Sorten und Saatstärke gegeben. Daher wurde die Varianzhomogenität für die einzelnen Faktoren (Sorte bzw. Saatstärke) getestet, damit höhere Stichprobenumfänge in den einzelnen Gruppen gegeben sind. Die Varianzhomogenität war daher nur in den Gruppen nach einem Faktor (Saatstärke oder Sorte) gegeben. Dennoch wurde eine zweifaktorielle Anova durchgeführt, um evtl. Tendenzen in der Wechselwirkung der zwei Faktoren zu erkennen. Um die signifikanten Unterschiede zu testen, wurden dann noch einfaktorielle Anovas durchgeführt. Bei dem Hektolitergewicht ist keine Varianzhomogenität nach dem Faktor Sorten gegeben. Um dennoch auf signifikante Unterschiede zu testen, wurde die Welch-Anova durchgeführt. Anschließend wurden paarweise T-Tests durchgeführt, um zu wissen, welche Gruppen bei den Anovas sich signifikant voneinander unterscheiden. Dabei wurden die p-Werte mit der Bonferoni-Korrektur angepasst. Da wie oben erwähnt die Varianzhomogenität bei dem Mittelwert der Parzellen nicht gegeben war, wurde für die Ertragsstrukturbonituren nochmals mit den einzelnen Boniturergebnissen in der Parzelle als unechte Wiederholungen getestet. Damit waren die Voraussetzungen einer zweifaktoriellen Anova gegeben und diese wurde nochmals mit den einzelnen Boniturergebnissen durchgeführt.

## 4.6 Ökonomische Berechnung der optimalen Saatstärke

Für die ökonomische Berechnung wurden ein Dieselpreis von 1,65 €/l und ein Preis von 22 € für eine Entlohnung der Arbeitskraftstunde angenommen. Für die Kalkulation der Saatgutmenge wurde ein TKG von 50 g und einer Keimfähigkeit von 98 % bestimmt. Die Saatgutkosten für Weizen Z-Saatgut wurden mithilfe von (KTBL, 2022) auf 0,57 €/kg deklariert. Mithilfe dieser Kennzahlen wurden die Saatgutkosten für die drei verschiedenen Saatstärken des Versuches berechnet. Die Arbeitserledigungskosten wurden mithilfe der oben genannten Kosten und des Dieserverbrauchs, des Arbeitszeitbedarfs und der Maschinenkosten nach Saatgutausbringung berechnet. Die Daten für den jeweiligen Dieserverbrauch, Arbeitszeitbedarf und Maschinenkosten wurden mithilfe des Feldrechners (KTBL, 2024) ermittelt. Dafür wurde sich bei der Mechanisierung und der Entfernung zum Feld an den Gegebenheiten des Betriebs orientiert. So wurde eine Schlaggröße von 20 ha und eine Schlagentfernung von 4 km eingegeben. Die Arbeitsbreite bei der Saatgutausbringung wurde auf 4 m bestimmt und beim Saatguttransport wurde ein Radlader mit 83 kW und ein 10 t Dreiseitenkipper ausgewählt. Bei der Saatgutausbringung wurden die Mengen 70, 160 und 220 kg/ha im Feldrechner gewählt, da diese Mengen am nächsten an die vorher berechnete Saatgutmenge herankommen. Anschließend wurden die Gesamtkosten für die Aussaat mit den vorher berechneten Kosten berechnet und der nötige Mehrertrag zur höheren Saatstärke ermittelt, in Hinblick auf einen Weizenpreis von 200 €/t.

Zusätzlich wurden die Direkt- und Arbeitserledigungskostenfreie Leistung der neun Varianten (drei Saatstärke und drei Sorten) berechnet. Dazu wurde zunächst die Qualitätsstufe des Weizens der neun Varianten mithilfe der Qualitäten bestimmt (siehe Anhang 6, S. 85). Die Qualitätsanforderungen wurden dabei vom Betriebskontraktpartner TEAM AGRAR FLENSBURG (2023) übernommen (siehe Anhang 7, S. 85). Danach wurde ein Preis für die jeweiligen Qualitätsstufen anhand der Kontrakte des Betriebes bestimmt (A-Weizen = 225 €/t, B-Weizen = 200 €/t, C-Weizen = 185 €/t). Anschließend wurde der Preis der jeweiligen Qualitätsstufe der Variante mit dem korrigierten Ertrag (TM 85,5%) multipliziert, um die Leistung der jeweiligen Variante zu erhalten. Für die Saatgutkostenkalkulation wurde die vorher berechnete Saatgutmenge mit dem Saatgutpreis der Sorten multipliziert. Die Saatgutkosten wurden anhand der jeweiligen Betriebsausgaben bestimmt (Apostel = 740 €/t; Patras, Attribut = 775 €/t). Die Direktkosten für Pflanzenschutzmittel und Dünger wurden aus dem Ackerschlagprogramm des Betriebs übernommen. Die Arbeitserledigungskosten der Aussaat wurden von der vorherigen Berechnung übernommen. Für die Arbeitserledigungskosten der restlichen Arbeitsgänge, welche auf den Betrieb im Versuch durchgeführt worden sind, wurden die Kosten mithilfe des KTBLs (2018) berechnet (siehe Anhang 1, S. 83). Mithilfe der Leistung und der berechneten Kosten wurde die Direkt- und Arbeitserledigungskostenfreie Leistung der jeweiligen Varianten berechnet. Zuletzt wurde noch für jede Variante die Differenz zur besten Variante und wie die Varianten zur besten Variante prozentual abgeschnitten haben, berechnet.

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Einfluss der Saatstärken und Sorten auf die Ertragsstruktur

#### 5.1.1 Feldaufgang

In diesem Kapitel wird der Feldaufgang hinsichtlich der verschiedenen Saatstärken und Sorten betrachtet. Der Feldaufgang wurde im BBCH 12 bis 13 bonitiert. Zunächst wird der Feldaufgang hinsichtlich der Saatstärken betrachtet.

Tabelle 4 Feldaufgang (in Pflanzen / m<sup>2</sup>) unter Betrachtung der Saatstärken (n = 6 pro Saatstärke)

Saatstärken (in keimfähige Körner / m <sup>2</sup> )	MW±SD	Min - Max	VK	Feldaufgang
150	138,5 <sup>a**,e**</sup> ± 18,61	118 - 161	13%	92%
300	248,5 <sup>b**,c**</sup> ± 18,45	233 - 275	7%	83%
450	368 <sup>d**,e**</sup> ± 33,12	322 - 403	9%	82%

a\*\*:<sup>b\*\*</sup> p<0,001; c\*\*:<sup>d\*\*</sup> p<0,001; e\*\*:<sup>f\*\*</sup> p<0,001

Bei dem Feldaufgang war zu erkennen, dass der Feldaufgang mit 92 % bei der niedrigen Saatstärke um 9 % höher war im Vergleich zur mittleren 300er-Aussaatstärke und 10 % höher war im Vergleich zur 450er-Saatstärke. Des Weiteren war zu beobachten, dass die Standardabweichungen der 150er-Saatstärke und der 300er-Saatstärke fast gleich sind mit 18 Pflanzen je m<sup>2</sup>. Dadurch war der Variationskoeffizient bei der 150er-Saatstärke mit 13 % höher als der Variationskoeffizient bei der 300er-Saatstärke mit 7 %. Die 450er-Saatstärke hatte die höchste Standardabweichung mit 33,12 Pflanzen je m<sup>2</sup>, lag allerdings mit einem Variationskoeffizienten von 9 % zwischen den anderen beiden Saatstärken (vgl. Tabelle 4). Die drei Saatstärken unterschieden sich signifikant in der Pflanzenanzahl je m<sup>2</sup> voneinander.

Als Nächstes wird der Feldaufgang hinsichtlich der Sorten beschrieben.

Tabelle 5 Feldaufgang (in Pflanzen / m<sup>2</sup>) unter Betrachtung der Sorten (n = 6 pro Sorte)

Sorten	MW±SD	Min - Max	VK
Apostel	228± 94	118 - 339	41%
Attribut	260 ± 115	123 - 402	44%
Patras	265 ± 102	155 - 403	38%

In der Tabelle 5 ist zu sehen, dass die Sorte Apostel im Feldaufgang das niedrigste arithmetische Mittel mit 228 besaß. Die anderen beiden Sorten lagen mit 260 (Attribut) und 265 (Patras) sehr nah beieinander. Ebenfalls nah beieinander lagen die Standardabweichung und die Variationskoeffizienten aller Sorten. Signifikante Unterschiede konnten mithilfe der

einfaktoriellen Anova oder des paarweisen t-Tests mit Bonferronikorrektur nicht festgestellt werden. Wechselwirkungen zwischen Sorten und Saatstärken konnten ebenfalls nicht mithilfe der zweifaktoriellen Anova (getestet mit einzelnen Boniturwerten als unechte Wiederholung) festgestellt werden.

### 5.1.2 Triebentwicklung am Ende der Bestockung

Die nächste Ertragsstrukturbonitur wurde am Ende der Bestockung in BBCH 29 durchgeführt. Zunächst werden die Ergebnisse dieser Bonitur nach Saatstärke vorgestellt.

Tabelle 6 Triebentwicklung (in Trieben / m<sup>2</sup>) unter Betrachtung der Saatstärken (n = 6 pro Saatstärke, bonitierte Fläche 0,25 m<sup>2</sup> pro Parzelle)

Saatstärken	MW±SD	Min - Max	VK	Bestockungsquotient (Triebe/Pflanze)
150	764 <sup>a,e**</sup> ± 136	572 - 908	18%	5,52
300	1051 <sup>b,c*</sup> ± 126	868 - 1200	12%	4,23
450	1339 <sup>d*,f**</sup> ± 164	1120 - 1508	12%	3,64

a:b p<0,05; c\*:d\* p<0,01; e\*\*:f\*\* p<0,001

Anhand der Tabelle 6 ist festzustellen, dass je geringer die Saatstärke war, desto mehr Triebe je Pflanze gebildet wurden. So bildete eine Pflanze der Saatstärke 150 im Durchschnitt 5,52 Triebe. Das waren im Mittel über einen Trieb mehr als bei der Saatstärke 300 mit 4,23 Trieben je Pflanze und fast zwei Triebe mehr als bei der Aussaatstärke 450. Im arithmetischen Mittel war die 150er-Saatstärke dennoch mit 764 Trieben pro m<sup>2</sup> deutlich unter der 300er-Saatstärke mit 1051 Trieben pro m<sup>2</sup>. Auch die Saatstärke 450 hob sich mit einem Mittelwert von 1339 Trieben pro m<sup>2</sup> deutlich von der 300er-Saatstärke ab. Bei den Variationskoeffizienten lagen jedoch die 300er und die 450er Saatstärke mit 12 % gleich auf. Nur die 150er-Saatstärke wies einen höheren Variationskoeffizienten mit 18 % auf. Alle drei Saatstärken unterschieden sich in der Anzahl der Triebe am Ende der Bestockung signifikant voneinander bei einem Signifikanzniveau von 0,05.

Bei der Vorstellung der Ergebnisse der Bonitur nach Sorten fällt auf, dass keine großen Unterschiede zwischen den Sorten vorhanden waren.

Tabelle 7 Triebentwicklung (in Trieben / m<sup>2</sup>) unter Betrachtung der Sorten (n = 6 pro Sorte, bonitierte Fläche 0,25 m<sup>2</sup> pro Parzelle)

Sorten	MW±SD	Min - Max	VK	Bestockungsquotient (Triebe/Pflanze)
Apostel	1032 ± 236	780 - 1376	23%	4,53
Attribut	1033 ± 289	624 - 1480	28%	3,97
Patras	1089 ± 344	572 - 1508	32%	4,11

Im arithmetischen Mittel hob sich nur Patras mit rund 56 Trieben mehr als Attribut ab. Zwischen Attribut mit 1033 Trieben je m<sup>2</sup> und Apostel mit 1032 Trieben je m<sup>2</sup> war nur rund ein Trieb Unterschied im Mittelwert. Der Variationskoeffizient variierte zwischen den Sorten. Apostel wies mit 23 % den geringsten Variationskoeffizienten auf, gefolgt von Attribut mit einem 5 % höheren Variationskoeffizienten. Den höchsten Wert zeigte Patras mit einem Variationskoeffizienten von 32 %. Beim Bestockungsquotienten zeigte Apostel den höchsten Wert mit 4,53 Triebe pro Pflanze auf, während die anderen beiden Sorten nah beieinander lagen mit einem Bestockungsquotienten von 3,97 (Attribut) und 4,11 (Patras) (vgl. Tabelle 7, S. 39). Bei einem Signifikanzniveau von 0,05 konnte kein signifikanter Unterschied in der Triebanzahl zwischen den Sorten festgestellt werden. Eine signifikante ( $p < 0,05$ ) Wechselwirkung zwischen Sorten und Saatstärken (der einzelnen Boniturwerte) konnte ebenfalls nicht festgestellt werden.

### 5.1.3 Ährentragende Halme vor der Ernte

Um den Ertragsaufbau genau bestimmen zu können, wurden vor der Ernte die ährentragenden Halme pro Quadratmeter ausgezählt. Die folgenden Ergebnisse werden zunächst nach Saatstärke vorgestellt.

Tabelle 8 Ährentragende Halme (in ährentragende Halme / m<sup>2</sup>) unter Betrachtung der Saatstärken (n = 6 pro Saatstärke, bonitierte Fläche 0,25 m<sup>2</sup> pro Parzelle)

Saatstärken	MW $\pm$ SD	Min - Max	VK	Beährungskoeffizient (Ähren/Pflanze)
150	591 $\pm$ 119	460 - 772	20%	4,27
300	634 $\pm$ 76	532 - 712	12%	2,55
450	713 $\pm$ 109	616 - 876	15%	1,94

Anhand der Tabelle 8 ist zu erkennen, dass die Saatstärke auf das arithmetische Mittel der ährentragenden Halme einen Einfluss hatte. So hatte die geringste Saatstärke 150 mit 591 ährentragenden Halmen je m<sup>2</sup> im arithmetischen Mittel die geringsten ährentragenden Halme je m<sup>2</sup>, während die höchste Saatstärke 450 auch die meisten ährentragenden Halme im Durchschnitt aufwies. In der Streuung wies die Saatstärke 150, mit einem 5 % höheren Variationskoeffizienten als der zweithöchste Variationskoeffizient bei der Saatstärke 450, die größte Streuung auf. Der Beährungskoeffizient stieg mit sinkender Saatstärke, ähnlich wie der Bestockungsquotient. Zwischen den Saatstärken 150 und 300 war mit einem Unterschied von 1,72 Ähren/Pflanze ein deutlich höherer Unterschied zwischen den Beährungskoeffizienten als zwischen den Saatstärken 450 und 300 mit 0,61 Ähren/Pflanze. Die Saatstärken unterschieden sich nicht signifikant voneinander bei einem Signifikanzniveau von 0,05.

Die ährentragenden Halme, gruppiert nach der Sorte, gehen aus der Tabelle 9 hervor.

Tabelle 9 Ährentragende Halme (in ährentragende Halme / m<sup>2</sup>) unter Betrachtung der Sorten (n = 6 pro Sorte, bonitierte Fläche 0,25 m<sup>2</sup> pro Parzelle)

Sorten	MW±SD	Min - Max	VK	Beährungskoeffizient (Ähren/Pflanze)
Apostel	681 ± 99	524 - 784	15%	2,99
Attribut	601 ± 102	460 - 756	17%	2,31
Patras	657 ± 130	492 - 876	20%	2,48

Die Sorte Apostel hatte von allen Sorten das größte arithmetische Mittel mit 681 ährentragenden Halmen je m<sup>2</sup> und den geringsten Variationskoeffizienten mit 15 %. Das kleinste arithmetische Mittel mit 601 ährentragenden Halmen wies die Sorte Attribut auf. Im Variationskoeffizienten lag die Sorte mit 17 % im Mittelfeld der drei Sorten. Die Sorte Patras lag im arithmetischen Mittel mit 657 ährentragenden Halmen zwischen den anderen beiden Sorten. Sie wies jedoch den größten Variationskoeffizienten mit 20 % auf. Bei den Beährungskoeffizienten zeigte die Sorte Apostel den höchsten Wert mit 2,99 Ähren/Pflanze und die Sorte Attribut den niedrigsten Wert mit 2,31 Ähren/Pflanze auf. Ein signifikanter Unterschied der ährentragenden Halme zwischen den Sorten bei einem Signifikanzniveau von 5 % konnte nicht belegt werden (vgl. Tabelle 9). Des Weiteren konnte keine signifikante Wechselwirkung (der einzelnen Boniturwerte) festgestellt werden.

#### 5.1.4 Triebentwicklung im Vegetationsverlauf

Wird die gesamte Bestandesentwicklung in der Ertragsstruktur über den Vegetationszeitraum betrachtet, so wird in der Abbildung 12 der Einfluss der Saatstärke über den gesamten Vegetationszeitraum ersichtlich.

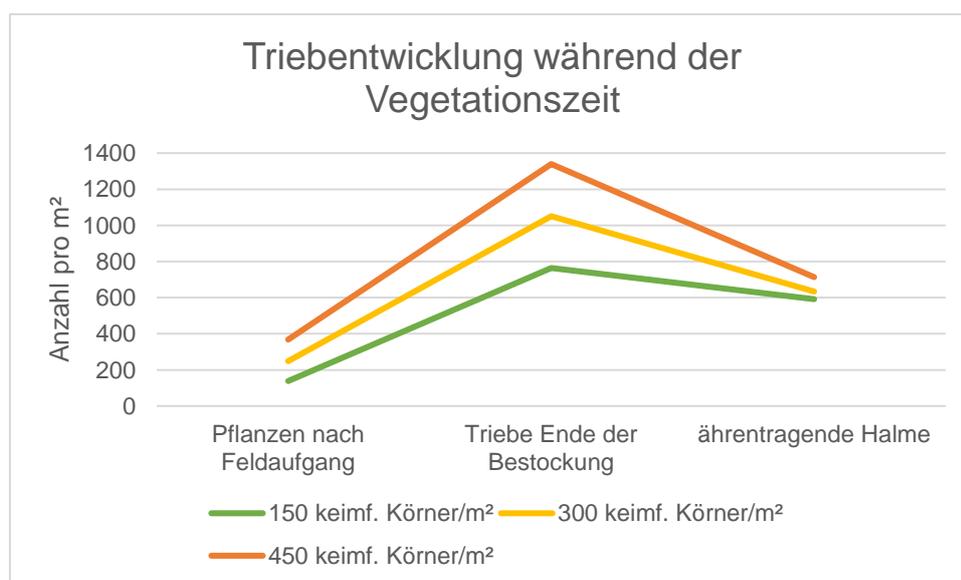


Abbildung 12 Triebentwicklung während der Vegetationszeit der unterschiedlichen Saatstärken (n = 6 pro Saatstärke)

Anhand des Diagramms wird erkenntlich, dass je höher die Saatstärke war, desto mehr Pflanzen, Triebe und ährentragende Halme wurden im arithmetischen Mittel gebildet. Von den Pflanzen je m<sup>2</sup> stieg die Differenz zwischen den Saatstärken bei den Trieben je m<sup>2</sup> deutlich an. Des Weiteren ist erkennbar, dass bei geringeren Saatstärken weniger Triebe reduziert wurden. So näherten sich die Triebe aller Saatstärken später in der Vegetation an. Die beiden Saatstärken 150 und 300 lagen bei den ährentragenden Halmen dicht beieinander. Zwischen diesen beiden Saatstärken lagen im arithmetischen Mittel nur 43 ährentragende Halme je m<sup>2</sup>, während zwischen der Saatstärke 300 und 450 eine Differenz von 79 ährentragenden Halmen je m<sup>2</sup> war (siehe Tabelle 8, S.40).

Bei der Korrelation der Saatstärke mit der Bestandesstruktur zeigten sich folgende Zusammenhänge:

Tabelle 10 Korrelation zwischen Saatstärken und Bonituren der Pflanzen/Triebe/Halme über den Verlauf der Vegetation (n = 6 pro Saatstärke)

Saatstärke	Pflanzen / m <sup>2</sup> nach Feldaufgang	Triebe / m <sup>2</sup> Ende der Bestockung	ährentragende / m <sup>2</sup> Halme
150	139	764	591
300	249	1051	634
450	368	1339	713
Korrelation (r)	0,97	0,87	0,46
Bestimmtheitsmaß (r <sup>2</sup> )	0,95	0,76	0,22

Sehr hohe Zusammenhänge waren bei den Bonituren der Pflanzen und Triebe je m<sup>2</sup> zu sehen. Bei der Bonitur der ährentragenden Halme je m<sup>2</sup> wurde eine starke Abnahme der Korrelation auf einen mittleren Zusammenhang mit einer Korrelation von 0,46 erkennbar. Damit nahm das Bestimmtheitsmaß zwischen den Trieben und den ährentragenden Halmen um 0,54 ab. Zwischen den Pflanzen je m<sup>2</sup> und den Trieben je m<sup>2</sup> nahm das Bestimmtheitsmaß nur um 0,19 ab. Insgesamt nahmen das Bestimmtheitsmaß und die Korrelation über den Verlauf der Vegetation ab (vgl. Tabelle 10).

Bei der Betrachtung der Triebentwicklung der unterschiedlichen Sorten bei einer Saatstärke von 150 keimf. Körner je m<sup>2</sup> konnte Folgendes festgestellt werden:

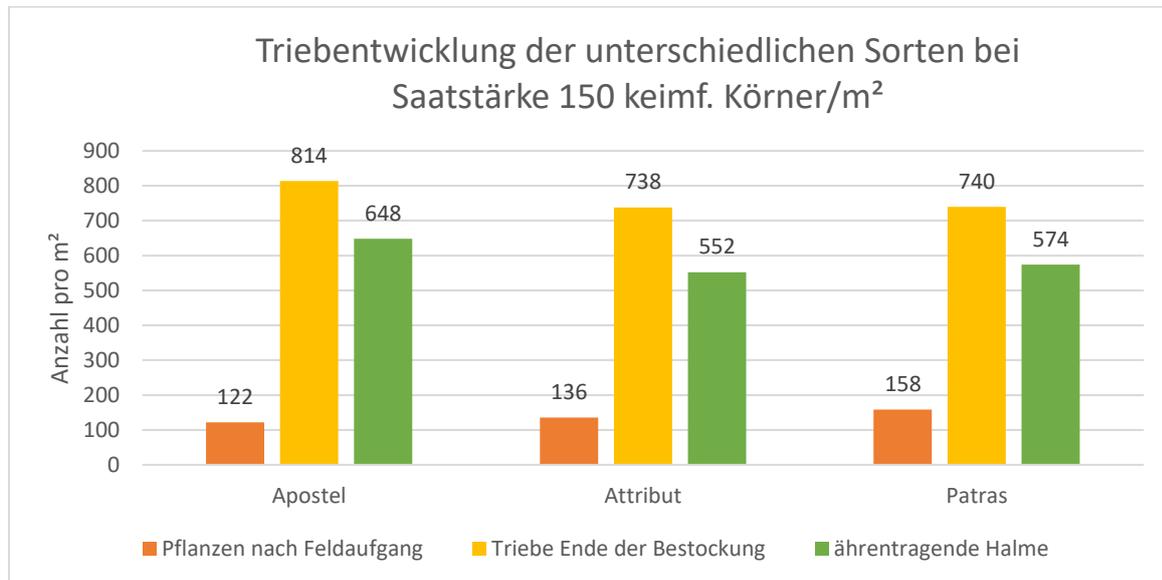


Abbildung 13 Triebentwicklung der unterschiedlichen Sorten bei Saatstärke 150 keimf. Körner/m<sup>2</sup> (n = 2 pro Sorte)

Die Sorte Apostel hatte im arithmetischen Mittel trotz geringster Pflanzenanzahl die höchste Triebanzahl und die meisten ährentragenden Halme der drei Sorten bei der Saatstärke von 150 keimf. Körner. Die Sorte Attribut lag bei der Pflanzenanzahl in der Mitte der drei Sorten und bildete dennoch die geringste Triebanzahl und auch die geringste Anzahl an ährentragenden Halmen im Durchschnitt aus. Patras wies die meisten Pflanzen je m<sup>2</sup> in den Bonituren auf, bildete jedoch eine ähnlich geringe Triebanzahl wie die Sorte Attribut im arithmetischen Mittel aus. Bei der Anzahl der ährentragenden Halme lag die Sorte zwischen den anderen beiden Sorten bei einer Saatstärke von 150 keimf. Körner (siehe Abb. 13).

Bei einer höheren Anfangsbestandesdichte von 300 keimfähigen Körnern je m<sup>2</sup> zeigten die Sorten in der Triebentwicklung folgende Werte im arithmetischen Mittel:

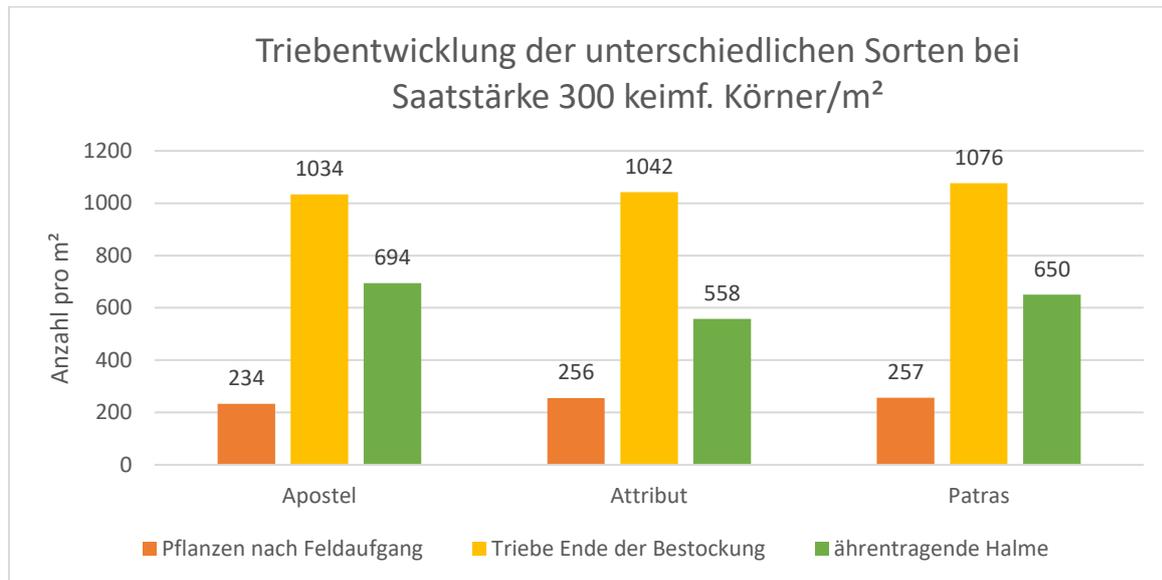


Abbildung 14 Triebentwicklung der unterschiedlichen Sorten bei Saatstärke 300 keimf. Körner/m<sup>2</sup> (n = 2 pro Sorte)

Wie bei der 150er Saatstärke wies die Sorte Apostel die geringste Pflanzenanzahl im Durchschnitt auf. Die anderen beiden Sorten wiesen mit über 20 Pflanzen mehr pro Quadratmeter eine höhere Pflanzenanzahl auf. Bei der Triebanzahl zeigten alle drei Sorten deutlich höhere Werte gegenüber der vorherigen Saatstärke von 150 keimf. Körner je m<sup>2</sup>. Die Sorte Apostel wies ähnliche Werte bei der Triebanzahl wie die Sorte Attribut auf, nur die Sorte Patras wies etwas höhere Werte bei der Bonitur der Triebe im arithmetischen Mittel auf. Trotz geringerer Triebzahl und geringem Anfangspflanzenbestand zeigte die Sorte Apostel die meisten ährentragenden Halme der drei Sorten und steigerte gegenüber 150er Saatstärke ihre ährentragenden Halme. Die Sorte Patras zeigte bei der höheren Saatstärke von 300 keimf. Körner je m<sup>2</sup> ebenfalls eine deutlich höhere Ährendichte in der Bonitur im Durchschnitt, während die Sorte Attribut auf die erhöhte Saatstärke mit nur geringfügig höherer Anzahl an ährentragenden Halmen reagierte (siehe Abb. 14).

Bei der höchsten Saatstärke von 450 keimf. Körner je m<sup>2</sup> konnte in der Triebentwicklung Folgendes beobachtet werden:

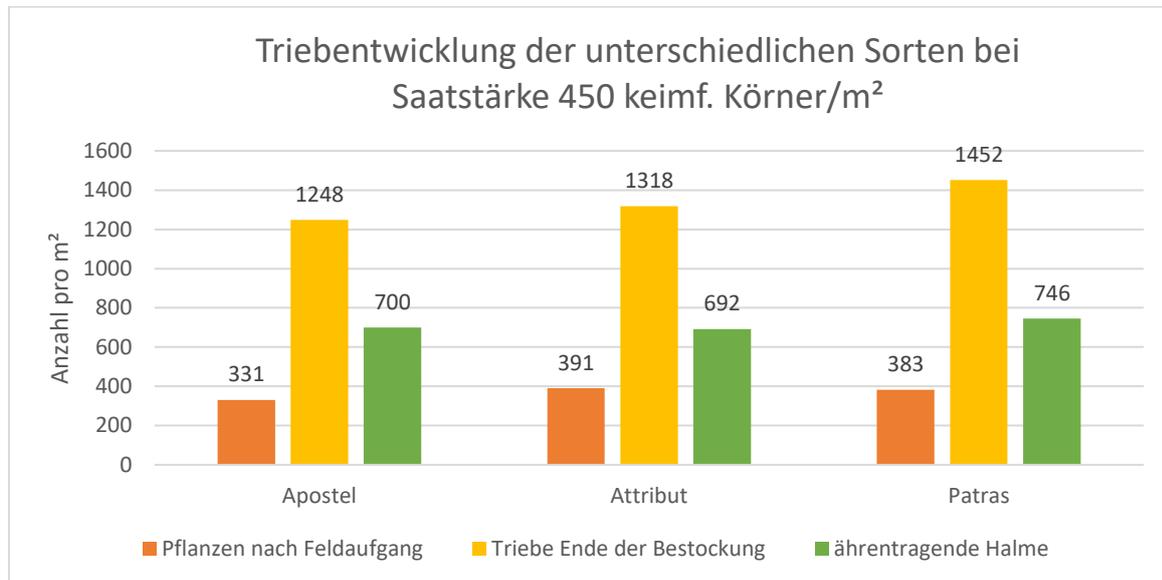


Abbildung 15 Triebentwicklung der unterschiedlichen Sorten bei Saatstärke 450 keimf. Körner/m<sup>2</sup> (n = 2 pro Sorte)

Die Sorte Apostel wies wieder die geringste Anzahl an Pflanzen innerhalb der drei Sorten auf, während die anderen beiden Sorten wieder nah beieinander lagen in der Pflanzenanzahl. Die Triebanzahl stieg gegenüber der vorherigen Saatstärke bei allen drei Sorten deutlich an. Auch die Unterschiede in der Triebanzahl erhöhten sich deutlich zur 300er Saatstärke. Die Sorte Apostel wies, wie bei der Saatstärke 300 keimf. Körner je m<sup>2</sup>, wieder die geringste Triebanzahl auf und die Sorte Patras die höchste Triebanzahl. Bei den ährentragenden Halmen hatte die Sorte Patras, welche auch die höchste Triebanzahl aufwies, die höchste Anzahl (siehe Abb. 15). Die anderen beiden Sorten lagen bei der Anzahl der Ähren dicht beieinander. Gegenüber der Saatstärke 300 (Abb. 14, S. 44) blieb die Ährenzahl bei der Sorte Apostel in etwa gleich, erhöhte sich bei der Sorte Attribut und steigerte sich deutlich bei der Sorte Patras (siehe Abb. 15).

Werden der Bestockungsquotient, der Beährungskoeffizient und die Triebe je Ähre betrachtet, so ergeben sich folgende Werte:

Tabelle 11 Bestockungsquotient, Beährungskoeffizient und Triebe je Ähre der unterschiedlichen Sorten und Saatstärken (n = 2)

Saatstärken	Sorten	Bestockungsquotient (Triebe/Pflanze)	Beährungskoeffizient (Ähren/Pflanze)	Triebe/Ähre
150	Apostel	6,70	5,33	1,26
	Attribut	5,43	4,06	1,34
	Patras	4,68	3,63	1,29
300	Apostel	4,43	2,97	1,49
	Attribut	4,08	2,18	1,87
	Patras	4,19	2,53	1,66
450	Apostel	3,78	2,12	1,78
	Attribut	3,38	1,77	1,90
	Patras	3,79	1,95	1,95

Die Sorte Apostel zeigte bei den Saatstärken 150 und 300 keimf. Körner je m<sup>2</sup> die höchsten Bestockungsquotienten und Beährungskoeffizienten auf. Bei der 450er Saatstärke wies diese Sorte ebenfalls einen hohen Bestockungsquotienten und den höchsten Beährungskoeffizienten gegenüber den anderen beiden Sorten auf. Bei dieser Sorte wurden auch am wenigsten Triebe je Ähre ausgebildet, im Vergleich zu den anderen beiden Sorten. Die Sorte Patras wies die geringste Veränderung im Bestockungsquotienten und Beährungskoeffizienten auf. So zeigte die Sorte bei der geringsten Saatstärke den geringsten Bestockungsquotienten und Beährungskoeffizienten. Bei der mittleren Saatstärke lag die Sorte in beiden Parametern zwischen den anderen beiden Sorten und bei der höchsten Saatstärke lag die Sorte im Bestockungsquotienten am höchsten und im Beährungskoeffizienten am zweit höchsten. Diese Sorte reagierte dementsprechend auf die Saatstärken am wenigsten. Die Sorte Attribut lag bei den Bestockungsquotienten und den Beährungskoeffizienten bei der 150er Saatstärke zwischen den anderen beiden Sorten und war bei den höheren Saatstärken 300 und 450 keimf. Körner je m<sup>2</sup> am niedrigsten.

Abschließend kann gesagt werden, dass keine signifikante Wechselwirkung zwischen Sorten und Saatstärken festgestellt werden konnte, jedoch signifikante Unterschiede zwischen Saatstärke und Pflanzenanzahl sowie Saatstärke und Triebanzahl nachgewiesen wurden.

## 5.2 Einfluss der Saatstärken und Sorten auf den Blattkrankheitsdruck und die Unkrautentwicklung

### 5.2.1 Blattkrankheitsdruck

Ein weiterer Parameter, welcher mehrmals bonitiert wurde, sind die Blattkrankheiten und deren Ausprägung. Die erste Bonitur, deren Ergebnisse dargestellt werden, fand am 06.05.2023 in

einem BBCH-Stadium von 31 bis 32 statt. Die folgende Tabelle zeigt das arithmetische Mittel des Gesamtbefalls der einzelnen Parzellen, zunächst ausgewertet nach Saatstärken.

Tabelle 12 Gesamtbefall (in %) der untersuchten Blattkrankheiten am 06.05.2023 unter Betrachtung der Saatstärken (n = 6 pro Saatstärke)

Saatstärken	MW±SD	Min - Max	VK
150	1,41 ± 4,02	0,00 - 18,77	285%
300	0,94 ± 2,91	0,00 - 15,82	310%
450	0,75 ± 1,98	0,00 - 9,74	265%

Anhand der Tabelle 12 ist zu erkennen, dass die Saatstärke 150 mit einem Mittelwert des Gesamtbefalls von 1,41 % den höchsten Blattkrankheitsdruck der drei Saatstärken am 06.05.2023 aufwies. Den geringsten Blattkrankheitsdruck bei der Bonitur zeigte die 450er-Saatstärke mit einem arithmetischen Mittel von 0,75 % Gesamtbefall. Die Saatstärke mit 300 keimfähigen Körner je m<sup>2</sup> zeigte den höchsten Variationskoeffizienten mit 310 % auf, allerdings lag die Saatstärke mit dem arithmetischen Mittel von 0,94 % im Gesamtbefall zwischen den beiden anderen Saatstärken. Den geringsten Variationskoeffizienten mit 265 % wies die 450er-Saatstärke auf. Die Saatstärke mit 150 keimfähigen Körner je m<sup>2</sup> lag mit einem Variationskoeffizienten von 285 % zwischen den anderen beiden Saatstärken.

Tabelle 13 Gesamtbefall (in %) der einzelnen untersuchten Blattkrankheiten am 06.05.2023 unter Betrachtung der Saatstärken (n = 6 pro Saatstärke)

Saatstärken	Echter Mehltau	Gelbrost	Braunrost	DTR-Blattflecken	Septoria tritici
150	0,04	0,15	0,03	5,38	1,45
300	0,01	0,00	0,04	3,18	1,46
450	0,03	0,00	0,01	2,71	0,99

Bei der Betrachtung des Gesamtbefalls der einzelnen untersuchten Blattkrankheiten ist auffällig, dass vor allem die Krankheiten DTR und Septoria tritici vorkamen. Des Weiteren ist nur bei der DTR-Blattfleckenkrankheit zu erkennen, dass mit zunehmender Saatstärke das arithmetische Mittel abnahm (vgl. Tabelle 13).

Wird die Bonitur am 06.05.2023 nach Sorten betrachtet, so ergeben sich folgende Daten:

Tabelle 14 Gesamtbefall (in %) der untersuchten Blattkrankheiten am 06.05.2023 unter Betrachtung der Sorten (n = 6 pro Sorte)

Sorten	MW±SD	Min - Max	VK
Apostel	0,35 ± 0,60	0,00 - 2,05	172%
Attribut	0,27 ± 0,41	0,00 - 1,35	150%
Patras	2,47 ± 5,00	0,00 - 18,77	202%

Anhand der Tabelle 14 (S. 47) ist zu erkennen, dass die Sorte Patras das höchste arithmetische Mittel mit 2,47 % Gesamtbefall aufwies. Wesentlich geringere Mittelwerte wiesen die Sorten Apostel mit 0,35 % und Attribut mit 0,27 % Gesamtbefall auf. Der Variationskoeffizient war bei der Sorte Patras mit 202 % am höchsten, gefolgt von der Sorte Apostel mit 172 %. Attribut wies auch bei diesem statistischen Parameter mit einem Variationskoeffizienten von 150 % den geringsten Wert auf.

Bei den einzelnen Blattkrankheiten ist bei den Sorten Folgendes zu erkennen:

Tabelle 15 Gesamtbefall (in %) der einzelnen untersuchten Blattkrankheiten am 06.05.2023 unter Betrachtung der Sorten (n = 6 pro Sorten)

Sorten	Echter Mehltau	Gelbrost	Braunrost	DTR-Blattflecken	Septoria tritici
Apostel	0,01	0,00	0,04	0,27	1,42
Attribut	0,01	0,15	0,01	0,24	0,95
Patras	0,05	0,00	0,03	10,76	1,53

Die Sorte Patras zeigte bei den DTR-Blattflecken mit einem Gesamtbefall von 10,76 % wesentlich höhere Werte als die anderen beiden Sorten. Die Sorte Attribut wies in allen bonitierten Blattkrankheiten den geringsten Gesamtbefall auf. Nur bei Gelbrost zeigte die Sorte einen geringen Befall von 0,15 % gegenüber den anderen beiden Sorten auf, welche keinen Gelbrostbefall bei der Bonitur am 06.05.2023 aufwiesen.

Die nächste Blattkrankheitsbonitur fand am 20.05.2023 statt. Dabei ergaben sich folgende Werte unter Betrachtung der einzelnen Saatstärken:

Tabelle 16 Gesamtbefall (in %) der untersuchten Blattkrankheiten am 20.05.2023 unter Betrachtung der Saatstärken (n = 6 pro Saatstärke)

Saatstärken	MW±SD	Min - Max	VK
150	0,23 ± 0,42	0,00 - 1,67	183%
300	0,16 ± 0,22	0,00 - 0,72	134%
450	0,14 ± 0,22	0,00 - 0,77	164%

In Tabelle 16 ist zu sehen, dass die Saatstärke 150 das höchste arithmetische Mittel mit 0,23 % aufwies. Auch der Variationskoeffizient war bei der Saatstärke 150 mit 183 % am höchsten von allen Saatstärken. Die Saatstärke 300 hatte ein geringeres arithmetisches Mittel mit 0,16 % und wies den geringsten Variationskoeffizienten mit 134 % der drei Saatstärken auf. Das geringste arithmetische Mittel hatte die Saatstärke 450 mit 0,14 %. Der Variationskoeffizient lag bei dieser Saatstärke bei 164 %.

Werden die einzelnen Blattkrankheiten betrachtet, ist Folgendes zu erkennen:

Tabelle 17 Gesamtbefall (in %) der einzelnen untersuchten Blattkrankheiten am 20.05.2023 unter Betrachtung der Saatstärken (n = 6 pro Saatstärke)

Saatstärken	Echter Mehltau	Gelbrost	Braunrost	DTR-Blattflecken	Septoria tritici
150	0,04	0,00	0,00	0,93	0,19
300	0,01	0,00	0,07	0,49	0,24
450	0,01	0,00	0,00	0,47	0,20

Die Saatstärke 150 zeigte gegenüber den anderen Saatstärken einen deutlich höheren Gesamtbefall durch die Blattkrankheit DTR mit 0,93 % und einen höheren Gesamtbefall mit 0,04 % durch echten Mehltau. Ansonsten ist in der Tabelle 16 noch auffällig, dass es einen geringen Befall (0,07 %) von Braunrost bei der Saatstärke 300 gab.

Wird die Blattkrankheitsbonitur am 20.05.2023 nach Sorten betrachtet, ergeben sich zunächst folgende Werte:

Tabelle 18 Gesamtbefall (in %) der untersuchten Blattkrankheiten am 20.05.2023 unter Betrachtung der Sorten (n = 6 pro Sorte)

Sorten	MW±SD	Min - Max	VK
Apostel	0,15 ± 0,23	0,00 - 1,04	151%
Attribut	0,16 ± 0,25	0,00 - 0,80	159%
Patras	0,22 ± 0,40	0,00 - 1,67	182%

Die Sorte Patras wies zu den anderen beiden Sorten mit Abstand das höchste arithmetische Mittel mit 0,22 % auf. Auch der Variationskoeffizient lag am höchsten mit 182 %. Apostel und Attribut liegen eng beieinander, sowohl im arithmetischen Mittel (Apostel 0,15 %, Attribut 0,16 %) als auch im Variationskoeffizienten (Apostel 151 %, Attribut 159 %) (vgl. Tabelle 18).

Bei der Betrachtung der einzelnen Blattkrankheiten wurden folgende Ergebnisse berechnet:

Tabelle 19 Gesamtbefall (in %) der einzelnen untersuchten Blattkrankheiten am 20.05.2023 unter Betrachtung der Sorten (n = 6 pro Sorten)

Sorten	Echter Mehltau	Gelbrost	Braunrost	DTR-Blattflecken	Septoria tritici
Apostel	0,04	0,00	0,04	0,49	0,19
Attribut	0,00	0,00	0,00	0,46	0,32
Patras	0,03	0,00	0,03	0,94	0,12

Auffällig in der Tabelle 19 ist, dass die Sorte Patras gegenüber den anderen beiden Sorten einen wesentlich höheren Befall der Krankheit DTR mit 0,94 % aufwies. Des Weiteren war die Sorte Attribut auffällig, da sie keinen Befall an echten Mehltau, Gelbrost und Braunrost zeigte, dafür jedoch einen höheren Septoria tritici Krankheitsdruck mit einem Befall von 0,32 %. Die Sorte Apostel war zwischen den anderen beiden Sorten nicht weiter auffällig. Sie zeigte nur

geringfügig höhere Werte bei den Krankheiten echter Mehltau und Braunrost mit einem Befall von 0,4 %.

Die letzte Blattkrankheitsbonitur wurde am 11.06.2023 durchgeführt. Dazu wurden die dokumentierten Werte wie zuvor zunächst nach Gesamtbefall an Blattkrankheiten und nach Saatstärke ausgewertet:

Tabelle 20 Gesamtbefall (in %) der untersuchten Blattkrankheiten am 11.06.2023 unter Betrachtung der Saatstärken (n = 6 pro Saatstärke)

Saatstärken	MW $\pm$ SD	Min - Max	VK
150	0,30 $\pm$ 0,58	0,00 - 2,60	197%
300	0,28 $\pm$ 0,61	0,00 - 2,21	217%
450	0,25 $\pm$ 0,46	0,00 - 2,05	188%

Anhand der Tabelle 20 ist zu erkennen, dass die Saatstärke 150 mit 0,3 % Gesamtbefall der Blattkrankheiten den höchsten Mittelwert der drei Saatstärken aufwies. Das niedrigste arithmetische Mittel mit 0,25 % Gesamtbefall wies die Saatstärke 450 auf. Diese hatte auch den niedrigsten Variationskoeffizienten mit 188 %. Den höchsten Variationskoeffizienten zeigte die Saatstärke 300 mit 217 %. Im arithmetischen Mittel lag diese mit 0,28 % Gesamtbefall zwischen den anderen beiden Sorten.

Werden die Saatstärken nach den einzelnen Blattkrankheiten untersucht, ist Folgendes festzustellen:

Tabelle 21 Gesamtbefall (in %) der einzelnen untersuchten Blattkrankheiten am 11.06.2023 unter Betrachtung der Saatstärken (n = 6 pro Saatstärke)

Saatstärken	Echter Mehltau	Gelbrost	Braunrost	DTR-Blattflecken	Septoria tritici
150	0,09	0,00	0,00	0,37	1,02
300	0,00	0,00	0,00	0,54	0,86
450	0,26	0,00	0,00	0,42	0,54

Die Saatstärke 150 zeigte mit 1,02 % Gesamtbefall an Septoria tritici den höchsten Wert bei dieser Blattkrankheit zwischen den drei Saatstärken. In der DTR-Blattkrankheit wies die Saatstärke 150 den geringsten Gesamtbefall mit 0,37 % auf. Die Saatstärke 300 hingegen zeigte bei dieser Blattkrankheit mit 0,54 % Befall den höchsten Wert. Ansonsten zeigte die Saatstärke keinen Befall bei den Blattkrankheiten Gelbrost, Braunrost und echter Mehltau. Letztere Blattkrankheit wies den höchsten Befall bei der Saatstärke 450 mit einem Gesamtbefall von 0,26 % auf. Die Saatstärke 450 zeigte dafür jedoch die niedrigsten Werte bei der Blattkrankheit Septoria tritici mit 0,54 % Gesamtbefall (vgl. Tabelle 21).

Werden die dokumentierten Werte der letzten Blattkrankheitsbonitur nach Sorten betrachtet, so ergeben sich zunächst folgende Ergebnisse (Tabelle 22):

Tabelle 22 Gesamtbefall (in %) der untersuchten Blattkrankheiten am 11.06.2023 unter Betrachtung der Sorten (n = 6 pro Sorte)

Sorten	MW±SD	Min - Max	VK
Apostel	0,35 ± 0,71	0,00 - 2,60	200%
Attribut	0,16 ± 0,25	0,00 - 0,88	154%
Patras	0,31 ± 0,58	0,00 - 2,05	191%

Die Sorte Attribut zeigt in Tabelle 22 die auffälligsten Werte. Sie hatte nicht nur das geringste arithmetische Mittel mit 0,16 % Gesamtbefall, sondern sie wies ebenso mit 154 % den geringsten Variationskoeffizienten auf. Die höchsten Werte dieser beiden Kennzahlen zeigte die Sorte Apostel mit einem Mittelwert von 0,35 % beim Gesamtbefall und einem Variationskoeffizienten von 200 %. Ebenso höhere Werte hatte die Sorte Patras mit einem arithmetischen Mittel von 0,31 % beim Gesamtbefall und einem Variationskoeffizienten von 191 %.

Werden die Sorten nach den einzelnen Blattkrankheiten betrachtet, so ergeben sich folgende Werte:

Tabelle 23 Gesamtbefall (in %) der einzelnen untersuchten Blattkrankheiten am 11.06.2023 unter Betrachtung der Sorten (n = 6 pro Sorten)

Sorten	Echter Mehltau	Gelbrost	Braunrost	DTR-Blattflecken	Septoria tritici
Apostel	0,14	0,00	0,00	0,73	0,90
Attribut	0,09	0,00	0,00	0,23	0,49
Patras	0,12	0,00	0,00	0,38	1,03

In der Tabelle 23 ist ebenso zu erkennen, dass die Sorte Attribut bei allen Blattkrankheiten die niedrigsten Mittelwerte aufwies. Den höchsten Wert wies die Sorte Patras in der Blattkrankheit *Septoria tritici* auf, mit einem Befall von 1,03 %. Einen ähnlich hohen Wert bei dieser Blattkrankheit wies die Sorte Apostel mit einem Befall von 0,9 % auf. Diese Sorte wies die höchsten Werte im Befall mit den Blattkrankheiten DTR (0,73 %) und echtem Mehltau (0,14 %) Befall auf. Braun- und Gelbrostbefall wurden bei allen drei Sorten nicht verzeichnet.

In der Tabelle 24 wird anschließend der Gesamtbefall der verschiedenen Saatstärken über den gesamten Boniturzeitraum betrachtet:

Tabelle 24 Gesamtbefall (in %) von Blattkrankheiten aller Bonituren der Saatstärken und das jeweilige arithmetische Mittel (in %) aller Bonituren einer Saatstärke

Saatstärke	06. Mai	20. Mai	11. Jun	Mittelwert
150	1,41	0,23	0,30	0,65
300	0,94	0,16	0,28	0,46
450	0,75	0,14	0,25	0,38

Anhand des Vergleiches der Mittelwerte der drei Saatstärken geht hervor, dass je höher die Saatstärke war, desto geringer der Gesamtbefall war. Diese Tendenz zeigten auch alle drei Bonituren im Mittelwert des Gesamtbefalls. Ein signifikanter Unterschied des Gesamtbefalls bei einem Signifikanzniveau von 5 % konnte jedoch nicht festgestellt werden (vgl. Tabelle 24).

Wird der Gesamtbefall über den Boniturzeitraum nach Sorten betrachtet, so ergibt sich folgende Tabelle:

Tabelle 25 Gesamtbefall (in %) von Blattkrankheiten aller Bonituren der Sorten und das jeweilige arithmetische Mittel (in %) aller Bonituren einer Sorte

Sorte	06. Mai	20. Mai	11. Jun	Mittelwert
Apostel	0,35	0,15	0,35	0,28
Attribut	0,27	0,16	0,16	0,20 <sup>a*</sup>
Patras	2,47	0,22	0,31	1,00 <sup>b*</sup>

a\*:b\* p<0,01

Durch den Vergleich des Gesamtbefalls der unterschiedlichen Sorten ist im Mittel zu erkennen, dass die Sorte Patras mit 1 % den höchsten Befallsdruck aufwies. Diese Sorte unterschied sich auch signifikant gegenüber der Sorte Attribut mit dem geringsten Gesamtbefall von 0,2 % über den Boniturzeitraum. Die Sorte Apostel unterschied sich mit 0,28 % nicht signifikant von den anderen beiden Sorten im Gesamtbefall von Blattkrankheiten. Das Signifikanzniveau betrug 0,05 (vgl. Tabelle 25).

## 5.2.2 Unkrautentwicklung

Neben dem Blattkrankheitsdruck wurde auch der Unkrautdruck der Parzellen am 22.04.2023 dokumentiert. Die Summe an Unkräutern je m<sup>2</sup> wird nach Saatstärken aufgeschlüsselt in der Tabelle 26 dargestellt:

Tabelle 26 Unkrautdruck (Unkrautanzahl / m<sup>2</sup>) am 22.04.2023 unter Betrachtung der Saatstärken (n = 6 pro Saatstärke)

Saatstärken	MW±SD	Min - Max	VK
150	4,8 ± 3,1	2 - 9	63%
300	3,7 ± 2,0	0 - 6	54%
450	4,8 ± 3,2	2 - 10	66%

Aus der Tabelle 26 wird ersichtlich, dass die Saatstärken 150 und 450 im arithmetischen Mittel mit 4,8 Unkräuter je m<sup>2</sup> einen höheren Unkrautdruck aufweisen zeigen als die Saatstärke 300 mit einem Mittelwert von 3,7 Unkräuter je m<sup>2</sup>. Auch im Variationskoeffizienten lag die Saatstärke 300 mit 54 % unter den anderen beiden Saatstärken. Den höchsten Variationskoeffizienten wies die Saatstärke 450 mit 66 % auf.

Wird der Unkrautdruck nach Sorten betrachtet, so ergeben sich aus Tabelle 27 folgende Kennzahlen:

Tabelle 27 Unkrautdruck (Unkrautanzahl / m<sup>2</sup>) am 22.04.2023 unter Betrachtung der Sorten (n = 6 pro Sorte)

Sorten	MW $\pm$ SD	Min - Max	VK
Apostel	3,3 $\pm$ 2,5	0 - 7	75%
Attribut	6,5 $\pm$ 3,1	2 - 10	47%
Patras	3,5 $\pm$ 1,0	2 - 5	30%

Die Sorte Attribut stach mit 6,5 Unkräutern je m<sup>2</sup> im Mittelwert gegenüber den anderen beiden Sorten Apostel (3,3 Unkräuter je m<sup>2</sup>) und Patras (3,5 Unkräuter je m<sup>2</sup>) deutlich hervor. Im Variationskoeffizienten zeigt die Sorte Apostel mit 75 % den höchsten Wert. Den niedrigsten Wert hatte die Sorte Patras mit 30 %, während Attribut mit 47 % zwischen den beiden Sorten lag (vgl. Tabelle 27).

## 5.3 Einfluss der Saatstärken und Sorten auf den Ertrag und die Qualitätsparameter

### 5.3.1 Kornertrag

Um den Kornertrag des Versuches zu untersuchen, wurden zunächst, wie bei den anderen Bonituren, der Mittelwert und die Parameter der Streuung betrachtet. Hierbei ergaben sich folgende Ergebnisse, wenn die Gruppen nach dem Faktor Saatstärke erstellt wurden:

Tabelle 28 Mittlerer Ertrag (dt / ha) mit einer TM von 85,5% unter Betrachtung der Saatstärken (n = 6 pro Saatstärke)

Saatstärken	MW $\pm$ SD	Min - Max	VK
150	106,2 $\pm$ 6,5	94,9 - 114,8	6%
300	108,5 $\pm$ 7,9	98,9 - 123,1	7%
450	103,8 $\pm$ 11,6	82,8 - 115,3	11%

Aus der Tabelle 28 wird ersichtlich, dass die Saatstärke 300 mit 108,5 dt/ha im arithmetischen Mittel am besten abschnitt. Den geringsten Ertrag wies im Durchschnitt die Saatstärke 450 mit 103,8 dt/ha auf. In der Streuung lagen die Saatstärke 300 mit einem Variationskoeffizienten

von 7 % und die Saatstärke 150 mit einem Variationskoeffizienten von 6 %, nah beieinander. Nur die Saatstärke 450 lag im Variationskoeffizienten höher mit 11 %. Signifikante Unterschiede zwischen den Saatstärken gab es bei einem Signifikanzniveau von 0,05 nicht.

Als Nächstes wurden der Mittelwert und die Streuung nach den Sorten betrachtet. Die Ergebnisse sind aus der Tabelle 29 zu entnehmen:

Tabelle 29 Mittlerer Ertrag (dt / ha) mit einer TM von 85,5% unter Betrachtung der Sorten (n = 6 pro Sorte)

Sorten	MW $\pm$ SD	Min - Max	VK
Apostel	103,5 $\pm$ 5,7	94,9 - 109,8	5%
Attribut	113,7 <sup>a</sup> $\pm$ 5,4	108,5 - 123,1	5%
Patras	101,3 <sup>b</sup> $\pm$ 9,3	82,8 - 107,1	9%

a:b (p<0,05)

Anhand der Tabelle 29 ist zu erkennen, dass die Sorte Attribut im Ertrag mit über 10 dt/ha im arithmetischen Mittel höher abschnitt als die zweitbeste Sorte Apostel. Den im Durchschnitt schlechtesten Ertrag zeigte die Sorte Patras mit einem Ertrag von 101,3 dt/ha. Die Sorten Attribut und Patras unterschieden sich signifikant bei einem Signifikanzniveau von 0,05. Die Sorte Patras wies mit einem Variationskoeffizienten von 9 % gegenüber den anderen beiden Sorten mit 5 % die größte Streuung auf.

### 5.3.2 Kornqualitäten

Neben dem Kornertrag wurden auch die Kornqualitäten des Versuches untersucht. Die deskriptive Statistik der Kornqualitäten nach den Saatstärken ist in der Tabelle 30 abgebildet:

Tabelle 30 Kornqualitäten unter Betrachtung der Saatstärken (n = 6 pro Saatstärke)

Parameter	Feuchte (%)	Hektolitergewicht (kg/hl)	Rohprotein (%)	Sedimentationswert (ml)	Fallzahl (s)	TKG (g)
Saatstärken	MW $\pm$ SD	MW $\pm$ SD	MW $\pm$ SD	MW $\pm$ SD	MW $\pm$ SD	MW $\pm$ SD
150	13,42 $\pm$ 1,15	75,00 $\pm$ 1,06	14,00 $\pm$ 0,42	48,50 $\pm$ 5,92	237,33 $\pm$ 42,70	42,17 $\pm$ 4,96
300	13,25 $\pm$ 1,27	73,77 $\pm$ 3,15	14,22 $\pm$ 0,64	47,75 $\pm$ 3,62	204,83 $\pm$ 90,01	37,50 $\pm$ 4,09
450	13,22 $\pm$ 1,38	73,42 $\pm$ 3,65	13,98 $\pm$ 0,57	50,02 $\pm$ 8,55	205,50 $\pm$ 65,39	37,33 $\pm$ 5,99

Aus der Tabelle 30 ist zu entnehmen, dass die Fallzahl der 150er-Saatstärke im arithmetischen Mittel ca. 32 s höher war als bei den anderen beiden Saatstärken. Des Weiteren war die Standardabweichung bei der 150er-Saatstärke am niedrigsten und ist nur etwa halb so groß wie bei der Saatstärke 300. Ein ähnliches Bild zeigte sich bei dem Parameter Hektolitergewicht. Die Saatstärke 150 zeigte hier mit 75 kg/hl die größten Werte und hatte die geringste Standardabweichung mit 1,06 kg/hl. Die anderen beiden Saatstärken 300 und 450 hatten ein niedrigeres Hektolitergewicht und gleichzeitig eine deutlich höhere

Standardabweichung. Bei den Parametern Feuchte und Rohprotein waren keine großen Unterschiede zu erkennen. Bei dem Sedimentationswert hatte die Saatstärke 450 den höchsten Wert mit 50,02 ml im Durchschnitt und wies auch die höchste Standardabweichung auf. Den niedrigsten Sedimentationswert zeigte die Saatstärke 300. Diese hatte auch die niedrigste Standardabweichung. Ein deutlich größerer Unterschied war bei den TKG zu erkennen. Bei diesem Parameter hatte die Saatstärke 150 im arithmetischen Mittel ein fast 5 g höheres TKG als die anderen beiden Saatstärken. Bei der Standardabweichung wies die Saatstärke 450 mit 5,99 g die größte und die Saatstärke 300 mit 4,09 g die geringste Streuung auf. Signifikante Unterschiede bei dem Qualitätsparameter und einem Signifikanzniveau von 0,05 gab es jedoch nicht.

Werden die Kornqualitäten nach Sorten betrachtet, sind jedoch signifikante Unterschiede festzustellen, wie aus der Tabelle 31 entnommen werden kann:

Tabelle 31 Kornqualitäten unter Betrachtung der Sorten (n = 6 pro Sorte)

Parameter Sorten	Feuchte (%) MW±SD	Hektolitergewicht (kg/hl) MW±SD	Rohprotein (%) MW±SD	Sedimentationswert (ml) MW±SD	Fallzahl (s) MW±SD	TKG (g) MW±SD
Apostel	13,92 ± 1,15	75,13 <sup>a*</sup> ± 0,43	13,87 ± 0,30	44,70 ± 2,12	196,50 <sup>a*</sup> ± 34,58	40,17 ± 4,36
Attribut	13,22 ± 0,59	75,98 <sup>c**</sup> ± 0,44	14,15 ± 0,44	50,62 ± 5,19	285,83 <sup>b*,c**</sup> ± 24,78	36,00 ± 4,47
Patras	12,75 ± 1,54	71,07 <sup>b*,d**</sup> ± 3,01	14,18 ± 0,78	50,95 ± 7,95	165,33 <sup>d**</sup> ± 61,89	40,83 ± 6,31

a\*:b\* p<0,01; c\*\*:d\*\* p<0,001

Bei dem Hektolitergewicht wies die Sorte Attribut den mit 75,98 kg/hl höchsten Mittelwert auf. Das niedrigste Hektolitergewicht zeigte die Sorte Patras mit einem Wert von 71,07 kg/hl. Diese Sorte unterschied sich auch signifikant von den Sorten Apostel und Attribut. Außerdem hatte die Sorte Patras eine deutlich höhere Standardabweichung gegenüber den anderen beiden Sorten. Neben dem höchsten Hektolitergewicht wies die Sorte Attribut mit 285,83 s im arithmetischen Mittel auch die höchste Fallzahl auf. Diese unterschied sich signifikant von den Fallzahlen der Sorten Apostel und Patras, wobei die Sorte Patras mit 165,33 s auch in diesem Qualitätsparameter die geringsten Werte aufzeigte. Bei der Standardabweichung der Fallzahl wies diese Sorte gegenüber den anderen beiden Sorten Apostel und Attribut einen deutlich höheren Wert auf. Beim TKG zeigten die Sorten Patras und Apostel im Durchschnitt ähnliche Werte. Nur die Sorte Attribut wies mit ca. 4 g weniger ein geringeres Gewicht gegenüber den anderen beiden Sorten auf. Im Rohproteintrag sowie im Sedimentationswert zeigten die Sorten Attribut und Patras vergleichbare Werte, während die Sorte Apostel geringere Werte aufwies. Apostel hatte im Durchschnitt die höchste Feuchte mit 13,92 %. Deutlich trockener war die Sorte Patras mit 12,75 % Feuchte im arithmetischen Mittel.

### 5.3.3 Ertrag und bonitierte Ertragsfaktoren

Werden die bonitierten Ertragsfaktoren und der Ertrag der verschiedenen Kombinationen aus Saatstärke und Sorte betrachtet, so lassen sich aus der Abbildung 16 folgende Zusammenhänge erkennen:

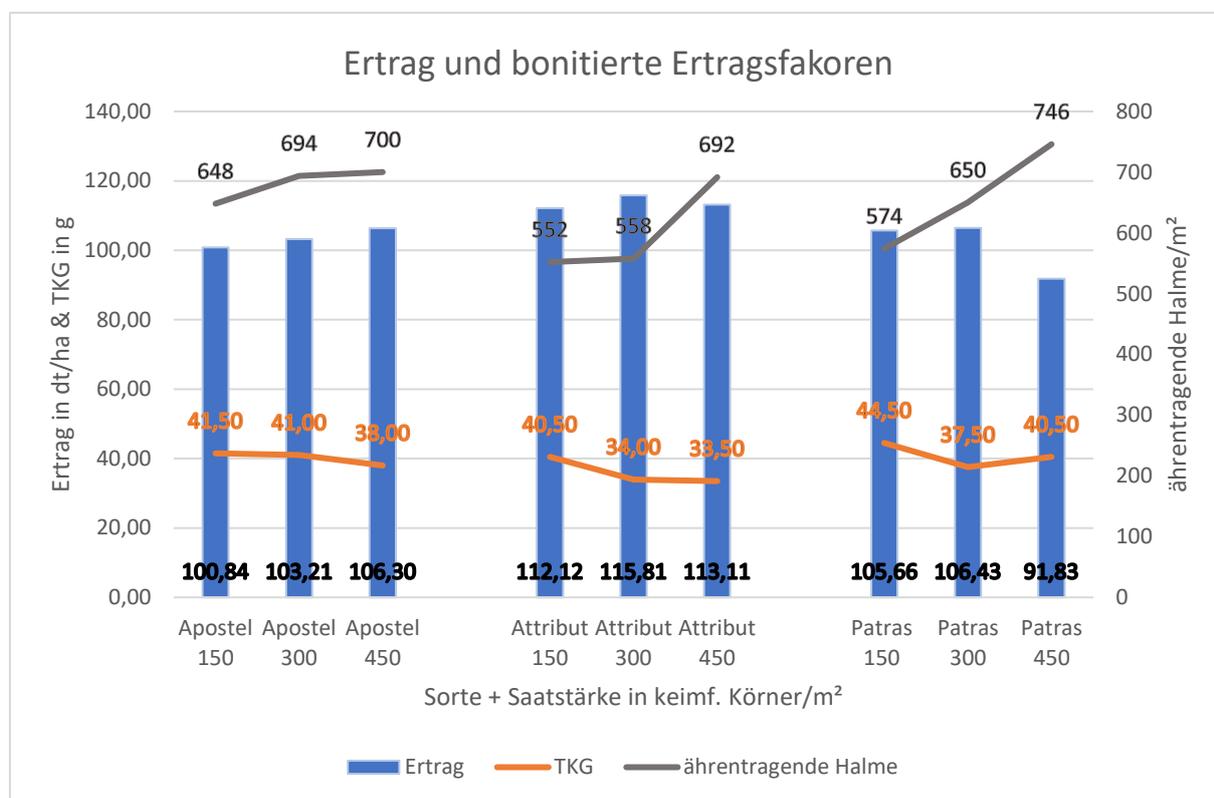


Abbildung 16 Ertrag und bonitierte Ertragsfaktoren nach Sorten und Saatstärken (n = 2)

Bei der Sorte Apostel wurde deutlich, dass mit zunehmender Saatstärke die ährentragenden Halme und der Ertrag zunahmen, während das TKG im arithmetischen Mittel abnahm. Der gleiche Effekt beim TKG war bei der Sorte Attribut zu beobachten, während die Ähren je Quadratmeter zwar auch tendenziell stiegen. Jedoch lag der Unterschied zwischen der Saatstärke 150 und 300 nur bei sechs Ähren je Quadratmeter. Erst bei der Saatstärke 450 zeigte die Sorte eine deutlich höhere Ährenanzahl. Der Ertrag der Sorte Attribut nahm bis zur Saatstärke 300 zu und fiel bei der Saatstärke 450 wieder ab. Bei der Sorte Patras nahm der Ertrag ebenfalls von der Saatstärke 150 bis zur Saatstärke 300 zu und fiel deutlich mit der Saatstärke 450 ab. Die Ähren je Quadratmeter stiegen deutlich mit zunehmender Saatstärke bei dieser Sorte. Patras wies das höchste TKG bei der Saatstärke 150 und das niedrigste TKG bei der Saatstärke 300 auf.

## 5.4 Ökonomische Berechnung der optimalen Saatstärke

Um die ökonomische Berechnung der optimalen Saatstärke durchführen zu können, wurden zunächst in Tabelle 32 die Direktkosten ermittelt:

Tabelle 32 Berechnung der Aussaatmenge und Kosten des Saatgutes der Saatstärken

Saatstärken keimf. K/m <sup>2</sup>	Aussaatmengen kg/ha	Kosten Z-Saatgut €/ha
150	76,53	43,62
300	153,06	87,24
450	229,59	130,87

Dafür wurde als Erstes die Aussaatmenge bei einem TKG von 50 g und einer Keimfähigkeit von 98 % berechnet. Mithilfe dieser Aussaatmenge wurden dann bei einer Saatstärke von 150 keimf. Körner je m<sup>2</sup> Z-Saatgutkosten von 43,62 €/ha ermittelt. Somit ergaben sich für die doppelte Saatstärke 300 Z-Saatgutkosten von 87,24 €/ha und für die Saatstärke 450 Z-Saatgutkosten von 130,87 €/ha (vgl. Tabelle 32).

Anschließend wurden die Arbeitserledigungskosten für die Aussaat berechnet:

Tabelle 33 Berechnung der Arbeitserledigungskosten für die Aussaat und die verschiedenen Aussaatmengen

Aussaatmengen kg/ha	Arbeitszeitbedarf Akh/ha	Dieserverbrauch l/ha	Maschinenkosten €/ha	Arbeitserledigungskosten €/ha
70	0,5	4,59	19,74	38,31
160	0,51	4,63	19,94	38,80
220	0,52	4,66	20,07	39,20

Dabei ergaben sich für die Aussaatmenge 70 kg/ha Arbeitserledigungskosten bei der Aussaat von 38,31 €/ha. Für die Aussaatmenge 160 kg/ha ergab sich Arbeitserledigungskosten von 38,80 €/ha und die höchste Aussaatmenge 220 kg/ha hatte 0,40 €/ha mehr Arbeitserledigungskosten als die mittlere Aussaatmenge 160 kg/ha (vgl. Tabelle 33).

Danach wurden noch die Arbeitserledigungskosten für den Saatguttransport für die verschiedenen Aussaatmengen berechnet und in der Tabelle 34 dargestellt:

Tabelle 34 Berechnung der Arbeitserledigungskosten für den Saatguttransport der verschiedenen Aussaatmengen

Aussaatmengen kg/ha	Arbeitszeitbedarf Akh/ha	Dieserverbrauch l/ha	Maschinenkosten €/ha	Arbeitserledigungskosten €/ha
70	0,04	0,22	0,96	2,20
160	0,05	0,25	1,15	2,66
220	0,05	0,26	1,27	2,80

Ähnlich wie bei der Aussaat stiegen auch die Arbeiterledigungskosten beim Transport mit der Zunahme der Aussaatmenge an. Zwischen der Aussaatmenge 70 kg/ha und der Aussaatmenge 160 kg/ha lag in den Arbeiterledigungskosten eine Differenz von 46 Cent/ha vor. Zwischen der Aussaatmenge 220 kg/ha und der Aussaatmenge 160 kg/ha änderte sich der Arbeitszeitbedarf nicht und es lag nur eine Differenz von 14 Cent/ha in den Arbeiterledigungskosten vor (vgl. Tabelle 34, S.57).

Anschließend wurden die Direkt- und Arbeiterledigungskosten summiert, sodass sich folgende Ergebnisse ergaben:

Tabelle 35 Berechnung der Direkt- und Arbeiterledigungskosten für die verschiedenen Saatstärken

Saatstärken keimf. K./ha	Saatgutkosten für Z-Saatgut €/ha	AEK Transport €/ha	AEK Aussaat €/ha	Direktkosten und AEK €/ha	Direkt- und Arbeiterledigungskostendifferenz zur Saatstärke 150 €/ha
150	43,62	2,20	38,31	84,14	-
300	87,24	2,66	38,80	128,71	44,57
450	130,87	2,80	39,20	172,87	88,73

Für die Saatstärke 150 keimf. Körner je m<sup>2</sup> ergab sich eine Summe von 84,14 €/ha. Die Direktkosten und Arbeiterledigungskosten bei der Saatstärke 300 keimf. Körner je m<sup>2</sup> waren um 44,57 €/ha höher. Die höchste Saatstärke 450 keimf. Körner je m<sup>2</sup> hatte gegenüber der niedrigsten Saatstärke 150 keimf. Körner je m<sup>2</sup> eine Differenz von 88,73 €/ha. Dies entspräche bei einem Weizenpreis von 20 €/dt einem Mehrertrag von 4,44 dt/ha, der mindestens erwirtschaftet werden müsste gegenüber der 150er-Saatstärke. Bei der Saatstärke 300 keimf. Körner je m<sup>2</sup> müssten mindestens 2,23 dt/ha mehr geerntet werden, um die zusätzlichen Kosten gegenüber der Saatstärke 150 keimf. Körner je m<sup>2</sup> zu decken. Der Großteil des Kostenunterschieds wurde durch die Kostenart der Direktkosten, also der Saatgutkosten, beeinflusst.

Zum Schluss wurden noch die Direkt- und Arbeiterledigungskostenfreien Leistungen der neun Varianten berechnet. Dabei wurden die betrieblichen Gegebenheiten des Anbaujahres verwendet. Die Qualitätsstufen wurden anhand der mittleren gemessenen Qualitäten der einzelnen Varianten (siehe Anhang 6, S. 85) und den betriebsüblichen Landhändlerereinkaufbedingungen (siehe Anhang 7, S. 85) eingestuft.

Tabelle 36 Direkt- und Arbeitserledigungskostenfreie Leistung der verschiedenen Saatstärken- und Sortenvarianten für den Betrieb im südlichen Sachsen-Anhalt

Sorte	Apostel	Apostel	Apostel	Attribut	Attribut	Attribut	Attribut	Patras	Patras	Patras
Saatstärke	150	300	450	150	300	450	150	300	450	450
Ertrag dt/ha korr. auf TM 85,5%	100,84	103,21	106,30	112,12	115,81	113,11	105,66	106,43	91,83	91,83
erreichte Qualitätsgruppe	C	C	C	A	A	A	C	C	C	C
Leistung in €/ha bei Weizenpreis A=225€/t B=200€/t F=185€/t	1865,47	1909,43	1966,62	2522,77	2605,74	2545,08	1954,72	1968,87	1698,91	1698,91
Direktkosten Saatgut in €/ha	56,63	113,27	169,90	59,31	118,62	177,93	59,31	118,62	177,93	177,93
Direktkosten Pflanzenschutzmittel in €/ha										
					109,08					
Direktkosten Dünger in €/ha					242,32					
AEK- Aussaat in €/ha	40,52	41,46	42,00	40,52	41,46	42,00	40,52	41,46	42,00	42,00
AEK- Bodenbearbeitung: PSM- &Düngerausbringung: Ernte in €/ha										
					238,34					
Direkt- und Arbeitserledigungskostenfreie Leistung in €/ha	1178,58	1164,96	1164,98	1833,20	1855,92	1735,41	1265,15	1219,04	889,24	889,24
Differenz zur besten Variante	-677,34	-690,96	-690,94	-22,72	0,00	-120,51	-590,77	-636,88	-966,68	-966,68
Prozentual zur besten Variante	64%	63%	63%	99%	100%	94%	68%	66%	48%	48%

Aus der Tabelle 36 (S. 59) kann entnommen werden, dass die Sorte Attribut in allen Saatstärken höhere Werte in den Direkt- und Arbeiterledigungskostenfreien Leistungen gegenüber den anderen beiden Sorten aufwies. Die höchste Direkt- und Arbeiterledigungskostenfreie Leistung wies die Sorte in der Saatstärke 300 keimf. Körner je m<sup>2</sup>. Die zweitbeste Saatstärke war die Saatstärke 150 keimf. Körner je m<sup>2</sup> mit 22,72 €/ha weniger. Eine deutlich geringere Direkt- und Arbeiterledigungskostenfreie Leistung mit 120,51 €/ha weniger wies die höchste Saatstärke 450 keimf. Körner je m<sup>2</sup> auf. Das vierthöchste Ergebnis wurde bei der Variante Patras mit der Saatstärke 150 keimf. Körner je m<sup>2</sup> berechnet. Bei dieser Variante betragen die Direkt- und Arbeiterledigungskostenfreien Leistungen nur noch 68 % von der besten Variante (Attribut 300). Die Sorte Patras nahm mit zunehmender Saatstärke deutlich ab, da entweder die Leistung abnahm, aufgrund schlechteren Ertrags oder die zunehmenden Kosten, aufgrund zunehmender Saatstärke, nicht durch ausreichend hohen Mehrertrag gedeckt werden konnten. Des Weiteren nahm der Ertrag bei der höchsten Saatstärke 450 keimf. Körner je m<sup>2</sup> deutlich ab, sodass nur noch 48 % im Vergleich zur besten Variante bei den Direkt- und Arbeiterledigungskostenfreien Leistungen erreicht werden konnten. Bei der Saatstärke 300 keimf. Körner je m<sup>2</sup> konnte die Sorte Patras noch 66 % im Vergleich zur besten Variante erreichen. Die Sorte Apostel zeigte mit zunehmender Saatstärke zunehmenden Ertrag, sodass die Leistung mit steigender Saatstärke zunahm. Dennoch reichte der Mehrertrag der höheren Saatstärken nicht aus, um die zusätzlichen Kosten durch die Saatstärkeerhöhung zu erwirtschaften. Dadurch konnte die niedrigste Saatstärke mit 64 % im Vergleich zur besten Variante das beste Ergebnis der Sorte liefern. Die anderen beiden Saatstärken waren gleichauf in den Direkt- und Arbeiterledigungskostenfreien Leistungen mit 63 % (300er und 450er Saatstärke) im Vergleich zur besten Variante. Bei dieser Betrachtung haben nicht nur der Ertrag und die Saatgutkosten einen großen Einfluss, sondern vor allem auch die erreichte Qualitätsstufe, welche den Preis für den Weizen in diesem Erntejahr stark beeinflusste. So erreichte die Sorte Attribut durchweg die Qualitätsstufe A, während die anderen beiden Sorten nur die Qualitätsstufe C erreichten. Dieser Qualitätsstufenunterschied schlägt sich auch deutlich in der Direkt- und Arbeiterledigungskostenfreien Leistung nieder.

## 6 Diskussion

Das Versuchsjahr 2022/2023 war für den Versuchsstandort ein sehr niederschlagsreiches Jahr. So lag die Jahresniederschlagssumme ca. 100 l/m<sup>2</sup> höher als im 30-jährigen Mittel. Vor allem im Frühjahr 2023 war der Niederschlag deutlich höher, während der Mai ungewöhnlich niederschlagsarm war. Die Temperaturen des Versuchsjahrs waren im Durchschnitt 1 °C höher als im 30-jährigen Mittel. Deutlich wärmer war der Monat Oktober, sodass die Aussaat am 15.10.2022 zügig auflaufen konnte, da auch noch genügend Wasser durch den niederschlagsreichen September vorhanden war.

Der Feldaufgang lag im Durchschnitt bei den beiden höheren Saatstärken 300 und 450 keimf. Körner je m<sup>2</sup> bei knapp über 80 %, während bei der Saatstärke 150 keimf. Körner je m<sup>2</sup> ein Feldaufgang von 92 % im arithmetischen Mittel ermittelt wurde. Dafür hatte die 150er Saatstärke eine etwas höhere Streuung gegenüber den höheren Saatstärken. Laut SEIFFERT et al. (1988) sollte bei günstiger Bodenfeuchte der Feldaufgang bei über 90 % liegen, wenn das Saatbett optimal ist. Bei einem schlechten Saatbett werden nur noch Feldaufgangsraten von 75 bis 80 % erreicht (SEIFFERT et al., 1988). Da jedoch die 150er Saatstärke eine gute Feldaufgangsrate erreichte, können eine schlechte Saatbettqualität, schlechte Auflaufbedingungen und schlechte Keimfähigkeit des Saatgutes ausgeschlossen werden. Daher liegt eine zu geringe Aussaatmenge nahe. Das kann durch einen Abdrehfehler begründet sein oder die Sähmaschine brachte während der Bearbeitung bei höheren Saatmengen weniger bzw. bei geringeren Saatmengen mehr Saatgut aus.

Bei der Betrachtung des Feldaufganges nach Sorten fällt auf, dass die Sorte Apostel gegenüber den anderen Sorten über alle Saatstärken hinweg einen schlechteren Feldaufgang hatte. Da die Keimdichte nach SEIFFERT et al. (1988) durch die Aussaatmenge, die Keimfähigkeit des Saatgutes und die Bedingungen für die Keimung bestimmt wird und die Bedingungen für die Keimung über alle Sorten gleich war, wurde entweder bei dieser Sorte durch falsches Einstellen der Maschine eine zu geringe Aussaatmenge ausgebracht oder die Qualität (Keimfähigkeit, Triebkraft, TKG) des Saatguts entsprach nicht der Deklaration.

Bei der Triebentwicklung der verschiedenen Saatstärken zeigte sich, dass mit abnehmender Saatstärke die Anzahl der Triebe je Pflanze zunahm. Des Weiteren waren noch signifikante Unterschiede zwischen den Saatstärken in der Triebanzahl festzustellen. So erreichte die Saatstärke 150 keimf. Körner je m<sup>2</sup> eine Triebdichte von rund 760 Trieben je m<sup>2</sup> mit einem Bestockungsquotienten von 5,5, während die 300er Saatstärke eine Triebdichte von ca. 1050 Trieben je m<sup>2</sup> und einen Bestockungsquotienten von 4,2 aufwies. Die Saatstärke 450 keimf. Körner je m<sup>2</sup> erreichte eine Triebdichte von rund 1340 Trieben je m<sup>2</sup> und einen Bestockungsquotienten von 3,6. Nach SEIFFERT et al. (1988) sollte für eine optimale

Bestandesführung eine Triebdichte von 900 bis 1200 Trieben je m<sup>2</sup> und ein Bestockungsquotient von drei bis vier vorherrschen. Die Triebdichte im Versuch war bei der 150er Saatstärke zu gering und bei der 450er Saatstärke zu hoch, sodass nur die Saatstärke 300 keimf. Körner je m<sup>2</sup> innerhalb der optimalen Triebdichte nach SEIFFERT et al. (1988) lag. Der Bestockungsquotient im Versuch war laut SEIFFERT et al. (1988) bei der Saatstärke 150 und 300 keimf. Körner je m<sup>2</sup> zu hoch, sodass nur die 450er Saatstärke innerhalb der Empfehlungen lag.

Der Bestand reguliert mithilfe der Bestockung die spätere Bestandesdichte anhand von Umweltbedingungen, sodass sich weniger stark gesäte Bestände stärker bestocken (HILKENBÄUMER und ZIMMERMANN, 1952; SEIFFERT et al., 1988). Beim Versuch wurde deutlich, dass eine niedrigere Keimdichte eine stärkere Bestockung der Einzelpflanzen zur Folge hatte. So bildete die 150er Saatstärke gegenüber der 450er Saatstärke im arithmetischen Mittel fast zwei Triebe mehr aus. Jedoch konnte die Bestockung die geringere Keimdichte nicht vollständig kompensieren, sodass weiterhin signifikante Unterschiede zwischen den Saatstärken in der Triebdichte festgestellt wurden. Dies wurde auch in einem Versuch von KASTENHUBER (2012) festgestellt. Zudem hat die geringere Saatstärke eine etwas höhere Streuung in der Triebdichte, was wahrscheinlich auf die höhere Streuung in der Keimdichte zurückzuführen ist.

Im Versuch konnten jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Sorten in der Triebdichte festgestellt werden. Im arithmetischen Mittel zeigte die Sorte Patras dennoch eine deutlich höhere Triebdichte und Streuung gegenüber den anderen beiden Sorten, welche ähnliche Triebdichten aufwiesen. Die Triebzahl ist nach SEIFFERT et al. (1988) und BLE (2017) teilweise genetisch bestimmt. Laut KOCH (2014) ist die Sorte Patras ein Einzelährentyp. Dies wird durch die Einstufung des BUNDESSORTENAMTS (2022) bekräftigt, da die niedrige Bestandesdichte und das als hoch bewertete TKG vermehrt auf einen Einzelährentyp nach N.U. AGRAR GMBH (2015) und KOCH (2014) hinweisen. Nach N.U. AGRAR GMBH (2015) und KOCH (2014) ist jedoch die Bestockungsfähigkeit der Einzelährentypen niedriger. Die Sorte Apostel wiederum ist nach der Einstufung des BUNDESSORTENAMTS (2022) aufgrund der höher bewerteten Bestandesdichte und des TKG und der niedrig bewerteten Körner/Ähre, eher zu den Bestandesdichtetypen zu zählen. Da die Sorte Attribut nach DSV (2024) zu den Kompensationstypen gehört, sollte die Bestockungsfähigkeit wesentlich höher sein als bei den anderen Sorten. Dies konnte anhand des Bestockungsquotienten deutlich werden, da die Sorte Apostel im arithmetischen Mittel ca. einen halben Trieb mehr gebildet hatte als die anderen beiden Sorten. Außerdem war zu erwarten, dass die Sorte Patras weniger Triebe als die Sorte Attribut bildet, da sie nach der oben genannten Literatur dem Sortentyp Einzelährentyp zuzuordnen ist und eine höhere

Keimdichte aufwies. Dies war jedoch nicht der Fall. Stattdessen bildete die Sorte rund 0,1 Trieb mehr je Pflanze gegenüber der Sorte Attribut. Daher sind sortentypische Reaktionen nur bei der Sorte Apostel gegenüber den anderen beiden Sorten zu sehen. Eine signifikante Wechselwirkung zwischen Saatstärke und Sorten auf die Triebentwicklung konnte nicht ermittelt werden.

Werden die Sorten nach den einzelnen Saatstärken betrachtet so ergeben sich folgende Erkenntnisse. Im arithmetischen Mittel reagierte die Sorte Apostel auf die niedrige Saatstärke gegenüber den anderen beiden Saatstärken mit einer deutlich stärkeren Bestockung. So erreichte die Sorte in der 150er Saatstärke die meisten Triebe mit dem geringsten Feldaufgang. Obwohl die Sorte Patras in der niedrigen Saatstärke eine geringere Bestockung gegenüber der Sorte Attribut aufwies und den höchsten Feldaufgang in der Saatstärke 150 keimf. Körner je m<sup>2</sup> hatte, konnte sie etwa gleich viele Triebe wie die Sorte Attribut bilden. Diese Beobachtung würde die obengenannten sortentypischen Eigenschaften der Sorte Apostel als Bestandesdichtetyp und der Sorte Patras als Einzelährentyp unterstreichen. Bei der 300er Saatstärke bildeten alle drei Sorten in etwa gleich viel Triebe je m<sup>2</sup>, dennoch ist die Bestockungsleistung der Sorten unterschiedlich. So zeigte die Sorte Apostel die höchste Bestockungsleistung und die Sorte Attribut die niedrigste. Es würde erwartet werden, dass die Sorte Patras ebenfalls eine niedrigere Bestockung gegenüber der Sorte Attribut aufwies, was jedoch nicht zutraf. Bei der höchsten Saatstärke zeigte die Sorte Patras mit 1452 Trieben je Pflanze und fast 200 Trieben mehr gegenüber der Sorte Apostel die höchste Triebdichte. Obwohl die Sorten einen fast gleich hohen Bestockungsquotienten aufwiesen. Dies zeigt die typischen Eigenschaften von Apostel als Bestandesdichtetyp, für den Einzelährentyp der Sorte Patras sind diese Eigenschaften allerdings untypisch. Dazwischen lag die Sorte Attribut mit einer Triebdichte von 1318 Trieben je Pflanze. Diese Sorte wies gegenüber den anderen beiden Sorten eine geringere Bestockung auf.

Die Saatstärke hat die Ähren je m<sup>2</sup> im Versuch nicht signifikant beeinflusst, dennoch konnten tendenziell Unterschiede festgestellt werden. So stieg das arithmetische Mittel der Ähren je m<sup>2</sup> mit steigender Saatstärke an. Für die Saatstärke 150 keimf. Körner je m<sup>2</sup> ergab sich im Durchschnitt eine Ährendichte von 591 Ähren/m<sup>2</sup>, bei der 300er Saatstärke eine Ährendichte von 634 Ähren je m<sup>2</sup> und bei der höchsten Saatstärke eine Ährendichte von 713 Ähren je m<sup>2</sup>. Nach SEIFFERT et al. (1988) wird die Ährendichte grundlegend von der Saatstärke bestimmt. Die Ährendichte sollte dabei zwischen 550 und 650 Ähren je m<sup>2</sup> liegen (SCHÖNBERGER, 2014; SEIFFERT et al., 1988). Auf Lößstandorten wird eine genauere Angabe von 580 Ähren je m<sup>2</sup> als Zielährendichte empfohlen (LWK, 2015 zitiert nach BLE, 2017). Damit lagen die Saatstärken 150 und 300 keimf. Körner je m<sup>2</sup> des Versuches innerhalb der empfohlenen Ährendichte von SEIFFERT et al. (1988) und die 150er Saatstärke am nächsten an der

empfohlenen Zielährendichte auf Lößstandorten nach LWK (2015), zitiert nach BLE (2017). Die höchste Saatstärke 450 keimf. Körner je m<sup>2</sup> hatte laut Literatur (SEIFFERT et al., 1988) eine zu hohe Bestandesdichte bei den ährentragenden Halmen gebildet. Zu hohe Bestandesdichten können schnell zu Lager führen, wie auch im Versuch beobachtet werden konnte und sollten daher vermieden werden (BLE, 2017; KIEL, 1954; PRAGER und VENT, 1952; SEIFFERT et al., 1965; SEIFFERT et al., 1988; WELLIE-STEPHAN, 2015). So lagerten nach dem Sturm und Starkregen Ende Juni viele Parzellen mit der 450er Saatstärke stark bis zu 90 % (siehe Anhang 5, S.85) und auch die 300er Saatstärke war teilweise, wenn auch nicht so stark, von Lager betroffen. Bei der geringsten Saatstärke (150 keimf. Körner) konnte kein Lager festgestellt werden. Daher hatte die Saatmenge tendenziell einen Einfluss auf die endgültige Ährendichte bei der durchgeführten Bestandesführung, wenn auch nicht statistisch abgesichert.

Ein Grund dafür, dass es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Saatstärken gab, ist, dass die Pflanzen je nach Saatstärke unterschiedlich viele Ähren je Pflanze gebildet haben. So wies die Saatstärke 150 keimf. Körner je m<sup>2</sup> einen Beährungskoeffizienten von 4,27 und die Saatstärke 450 keimf. Körner je m<sup>2</sup> nur einen Beährungskoeffizienten von 1,94 auf. Die 300er Saatstärke lag mit 2,55 Ähren je Pflanze zwischen den anderen beiden Saatstärken. Nach SEIFFERT et al. (1988) sollte der Beährungskoeffizient etwa bei 1,7 liegen, während er laut aktuellerer Literatur nach LWK (2015) zitiert nach BLE (2017) bei 2,4 liegen sollte. Damit würde die Saatstärke 450 keimf. Körner je m<sup>2</sup> zwischen beiden Empfehlungen liegen und die 300er Saatstärke am nächsten an der aktuellen Literaturempfehlung. Bei der Saatstärke 150 keimf. Körner je m<sup>2</sup> ist der Beährungskoeffizient laut Literatur deutlich zu hoch. Eine Folge kann nach SEIFFERT et al. (1965; 1988) niedriger Ertrag sein, da die Pflanzen mehr Triebe höherer Ordnung besitzen und diese in dem Einzelährenertrag niedriger sind als der Haupthalm oder die Triebe niedriger Ordnung.

In der Ährendichte konnten neben Saatstärkeunterschieden auch Sortenunterschiede festgestellt werden. Diese waren nicht signifikant unterschiedlich, dennoch waren im arithmetischen Mittel zwischen den Sorten große Unterschiede erkennbar. So wies die Sorte Apostel mit 681 Ähren je m<sup>2</sup> die größte durchschnittliche Ährendichte über alle Saatstärken hinweg auf, während die Sorte Attribut nur eine durchschnittliche Ährendichte von 601 Ähren je m<sup>2</sup> bildete. Die Sorte Patras lag mit einer Ährendichte von 657 Ähren je m<sup>2</sup> zwischen den anderen beiden Sorten. Damit bildete die Sorte Apostel mit fast drei Ähren je Pflanze deutlich mehr Ähren als die Sorten Attribut mit einem Beährungskoeffizienten von 2,31 und Patras mit 2,48 Ähren je Pflanze. Laut Literatur benötigen Bestandesdichtetypen genügend Wasser bis zur Schosspphase (N.U. AGRAR GMBH, 2015), was durch den hohen Niederschlag im Versuchsjahr gegeben war. Daher war es der Sorte Apostel möglich, trotz geringstem

Feldaufgang durch stärkere Bestockung und geringerer Reduktion der Triebe die höchste Ährendichte zu bilden. Die Ährendichte der Sorte Apostel ist nach der oben genannten Literatur über alle Saatstärken hinweg zu hoch. Bei den Sorten Patras und Attribut geschah eine stärkere Reduzierung der Triebe. Nach N.U. AGRAR GMBH (2015) ist diese Eigenschaft für die Sorte Patras und ihren Sortentyp typisch, laut KOCH (2014) ist dies jedoch eher untypisch. Die Sorte Attribut wies die geringste Ährendichte der drei Sorten auf. Diese Beobachtung des Versuches ist nach N.U. AGRAR GMBH (2015) positiv für den Ertrag, da Kompensationstypen bei zu hohen Bestandesdichten mit Mindererträgen reagieren. Eine Wechselwirkung zwischen Sorten und Ertrag in der Ährendichte konnte nicht statistisch auf ein Signifikanzniveau von 5 % abgesichert werden.

In der gesamten Entwicklung über die Vegetationszeit wurde in dem Versuch ersichtlich, dass je höher die Saatstärke war, desto mehr Triebe und auch Ähren je m<sup>2</sup> im Durchschnitt gebildet wurden. Dennoch reagierten die Bestände auf die Bestandesdichte. So wurde im arithmetischen Mittel weniger Triebe je Pflanze angelegt, je höher die Saatstärke war und hohe Triebdichten stärker reduziert als geringere Triebdichten, sodass der Unterschied in den ährentragenden Halmen im Durchschnitt nur noch bei 122 Ähren je m<sup>2</sup> zwischen der 150er und der 450er Saatstärke lag. Des Weiteren nahm der Zusammenhang „je höher die Saatstärke, desto höher die endgültige Ährendichte“ über den Vegetationsverlauf ab. So liegt das Bestimmtheitsmaß zwischen Saatstärke und Pflanzen je m<sup>2</sup> noch bei 95 %, während es zwischen Saatstärke und Triebe je m<sup>2</sup> noch 76 % beträgt und zwischen Ährendichte und Saatstärke nur noch ein Bestimmtheitsmaß von 22 % errechnet worden ist. Nach SEIFFERT et al. (1988) wird die Ährendichte hauptsächlich durch die Saatmenge bestimmt. Zwar können nach HILKENBÄUMER und ZIMMERMANN (1952) die geringeren Saatstärken durch stärkere Bestockung und geringere Reduktion teilweise noch höhere Bestandesdichten erreichen, jedoch reicht dies meist nicht mehr aus, um an Bestandesdichten der höheren Saatmengen anzuschließen. Dies wurde z.B. auch in den Versuchen von URBATZKA et al. (2020), KASTENHUBER (2012) und DESAGA (2023) festgestellt. Laut STRICKHOF (2024) wurde ebenfalls eine geringere Ährendichte bei der geringeren Saatstärke festgestellt, auch wenn der Unterschied durch Kompensation zwischen der geringeren 150er Saatstärke und der doppelten 300er Saatstärke nur bei 9,2 % lag. Diese starke Annäherung der 150er Saatstärke an die 300er Saatstärke konnte in dem untersuchten Versuch ebenfalls festgestellt werden. Der Unterschied in der Ährendichte lag zwischen diesen beiden Saatstärken im Versuch nur bei rund 7 %. Die Saatstärke 150 keimf. Körner je m<sup>2</sup> streute mit 8 % gegenüber der 300er Saatstärke jedoch wesentlich mehr, was ein Grund für die abnehmende Korrelation sein kann und eine Bestätigung dafür ist, dass die Bestandesdichte der niedrigen Saatstärken nicht immer die der höheren Saatstärken erreichen kann.

Werden die Sorten einzeln nach Saatstärke betrachtet, so kann aufgrund nicht vorhandener Varianzhomogenität, kein signifikanter Unterschied ermittelt werden, was an der zu geringer Wiederholungszahl des Versuches liegen kann. Dennoch können Tendenzen aus dem Mittelwert der Werte erkannt werden. So bildete die Sorte Apostel bei der niedrigen Saatstärke gegenüber den anderen beiden Sorten trotz niedrigeren Anfangsbestands die höchste Ährendichte mit 648 Ähren je m<sup>2</sup>, während die Sorten Attribut und Patras in der niedrigen Saatstärke nicht so stark bestockten und dadurch geringere Triebdichten ausbildeten. Die Sorte Attribut reduzierte ihre Triebe stärker gegenüber der Sorte Patras in der niedrigeren Saatstärke. Dadurch bildete diese Sorte die niedrigste Ährendichte mit 552 Ähren je m<sup>2</sup> aus.

In der mittleren Saatstärke bildete die Sorte Apostel deutlich höhere Ähren- und Triebzahlen. Im Sortenvergleich lag sie trotz niedrigerem Pflanzenbestand fast gleichauf in der Triebzahl mit den Anderen und konnte durch eine geringere Reduktion eine höhere Ährendichte (694 Ähren je m<sup>2</sup>) gegenüber den anderen beiden Sorten bilden. Die Sorten Patras und Attribut bildeten ebenfalls deutlich mehr Triebe in der 300er Saatstärke gegenüber der 150er Saatstärke, reduzierten jedoch deutlich stärker gegenüber der Sorte Apostel. Vor allem die Sorte Attribut reduzierte stärker, sodass die Ährendichte kaum höher als bei der niedrigen Saatstärke war. Die Sorte Patras hingegen bildete deutlich mehr Ähren (650 Ähren je m<sup>2</sup>) bei der mittleren Saatstärke gegenüber der niedrigeren.

Bei der höchsten Saatstärke konnte die Sorte Apostel noch höhere Triebzahlen, jedoch kaum höhere Ährenzahlen, bilden, sodass sie in der Ährenzahl nur in der Mitte der anderen beiden Sorten lag. Hier schien ein Plateau bei der Sorte in der Ährendichte erreicht zu sein. Die Sorten Patras und Attribut hingegen konnten eine in der Saatstärke 450 keimf. Körner je m<sup>2</sup> wesentlich höhere Ährendichte und Triebdichte bilden. Dabei zeigte die Sorte Patras die höchste Ährendichte mit 746 Ähren je m<sup>2</sup> und die Sorte Attribut konnte fast so viele Ähren je m<sup>2</sup> bilden wie die Sorte Apostel mit 700 Ähren je m<sup>2</sup>. Damit liegen alle Sorten bei der Saatstärke 450 keimf. Körner je m<sup>2</sup> über der maximal empfohlenen Ährendichte von 650 Ähren je m<sup>2</sup> (SEIFFERT et al., 1988). Auch bei der 300er Saatstärke überschritt die Sorte Apostel die maximal empfohlene Ährendichte. Allerdings gehört die Sorte Apostel eher zu den Bestandesdichtetypen, sodass diese Sorten nach N.U. AGRAR GMBH (2015) und SEIFFERT et al. (1988) eine höhere Bestandesdichte benötigen, um ihren Ertrag zu generieren. Bei der 150er Saatstärke liegen alle drei Sorten in der empfohlenen Ährendichte, jedoch unterhalb der empfohlenen Triebdichte von mindestens 900 Trieben je m<sup>2</sup> (SEIFFERT et al., 1988).

Bei der Sorte Apostel wurde in den Saatstärken 150 und 300 keimf. Körner je m<sup>2</sup> eine stärkere Bestockung und eine geringere Reduzierung gegenüber den anderen beiden Sorten festgestellt. Bei der hohen 450er Saatstärke wurde bei der Sorte Apostel eine geringere Reduktion als bei den anderen Sorten festgestellt, jedoch bildete diese Sorte die geringste

Triebdichte, evtl. aufgrund der geringeren Pflanzenanzahl. Die stärkere Bestockung und niedrigere Reduzierung der Sorte Apostel entsprechen dem Ziel des Bestandesdichtetypen, höhere Bestandesdichten zu bilden, um die geringeren Einzelährenerträge zu kompensieren.

Die Sorte Patras als Einzelährentyp benötigt geringe Bestandesdichten und weist eine geringe Bestockungsleistung auf (BÖSE, 2013; KOCH, 2014; N.U. AGRAR GMBH, 2015; SEIFFERT et al., 1988). Diese wurde vor allem bei der Saatstärke 150 keimf. Körner je m<sup>2</sup> erreicht, mit 574 Ähren je m<sup>2</sup>, während die mittlere Saatstärke schon deutlich höher abschnitt mit 650 Ähren je m<sup>2</sup>. Dieser Sortentyp sollte nach BÖSE (2013) in höheren Aussaatstärken ausgesät werden, damit eine starke Bestockung vermieden wird, da die Nebentriebe höherer Ordnung im Ertrag stärker abfallen als andere Sortentypen. Laut N.U. AGRAR GMBH (2015) hat dieser Sortentyp eine stärkere Reduktion der Triebe, während KOCH (2014) angibt, dass dieser Sortentyp eine geringere Reduktionfähigkeit hat. Laut Versuch hatte die Sorte Patras eine stärkere Reduktion als die Sorte Apostel über alle Saatstärken hinweg. Die Bestockungsleistung der Sorte Patras ist nur in der Saatstärke 150 und 300 keimf. Körner je m<sup>2</sup> niedriger als bei der Sorte Apostel. Die Sorte Patras regulierte von allen Sorten am wenigsten den Bestand. So stiegen die Ähren je m<sup>2</sup> fast linear mit der Saatstärke an.

Die Sorte Attribut wies eine noch höhere Reduktion der Triebe auf, außer bei der Saatstärke 450 keimf. Körner je m<sup>2</sup>. Bei der Bestockungsleistung lag die Sorte Attribut in den Saatstärken 300 und 450 keimf. Körner je m<sup>2</sup> unterhalb der anderen beiden Sorten, nur in der 150er Saatstärke lag sie dazwischen, sodass sie immer eine niedrigere Bestockungsfähigkeit aufwies als die Sorte Apostel. Die Sorte Attribut bildete in der 150er und 300er Saatstärke eine geringe, aber noch ausreichende Ährendichte, während sie bei der 450er Saatstärke eine zu hohe Ährendichte nach SEIFFERT et al. (1988) bildete. Dadurch kann die Sorte mit dem Sortentyp Kompensationstyp durch die hohe Ährendichte bei der hohen Saatstärke mit Mindererträgen reagieren (N.U. AGRAR GMBH, 2015).

Bei der Blattgesundheit zeigte sich im Versuch über alle drei Bonituren, dass je geringer die Saatstärke war, desto höher war der Pilzkrankheitsdruck. Die Blattgesundheit nahm über die Vegetationszeit wieder zu. So war die zweite und dritte Bonitur von weniger Gesamtbefall gekennzeichnet, was sicherlich vom Anlegen neuer Blätter herrührte, sodass die gesunden neuen Blätter den Platz älterer Blätter einnahmen, da nur die oberen drei bis vier Blätter bonitiert wurden. Die erste Aussage widerspricht den Aussagen der Literatur, dass hohe Bestandesdichten, für geringere Abstände in der Reihe sorgen und somit ein höherer Krankheitsdruck herrscht (BLE, 2017; KASTENHUBER, 2012; WERNER, 1992) und bestätigt teilweise die Beobachtungen von POMMER (2003), dass kein geringerer Krankheitsdruck bei geringerer Saatstärke festgestellt werden konnte. Aufgetreten sind vor allem DTR und Septoria tritici. Am anfälligsten war die Sorte Patras und in der dritten Bonitur war noch zusätzlich die

Sorte Apostel stärker befallen. Die Sorte Attribut war über den gesamten Vegetationszeitraum am gesündesten und unterschied sich signifikant von der Sorte Patras. Dies entspricht auch der Bewertung des BUNDESSORTENAMTs (2022), welches die Sorte Attribut in der Septoria-Anfälligkeit mit drei und die Sorte Patras mit fünf bewertet hat. Die Sorte Apostel wurde in der Septoria-Anfälligkeit mit der Note vier und in der DTR-Anfälligkeit mit einer sechs bewertet. Die anderen beiden Sorten wurden mit der Note fünf in der DTR-Anfälligkeit bewertet (BUNDESSORTENAMT, 2022). Daher war im Versuch zu erwarten, dass die Sorte Apostel stärker mit DTR befallen wird. Dies trat aber nur in der letzten Bonitur ein, ansonsten wurde vor allem die Sorte Patras mit DTR befallen. Die höhere Anfälligkeit der Sorte Patras und Apostel in den Septoria-Blattkrankheiten laut BUNDESSORTENAMT (2022) wurde im Versuch nur in der ersten und der letzten Bonitur bestätigt.

Beim Unkrautdruck ergab sich aus dem Versuch, dass dieser bei der Saatstärke 150 und 450 keimf. Körner/m<sup>2</sup> mit 4,8 Unkräutern/m<sup>2</sup> gleich hoch und bei der Saatstärke 300 am niedrigsten mit 3,7 Unkräutern/m<sup>2</sup> war. Daher kann die Literaturthese, dass je dünner die Aussaat, desto höher ist der Unkrautdruck (KIEL, 1954; POMMER, 2003; SEIFFERT et al., 1965) nicht unbedingt bestätigt werden, da der Bestand mehrmals mit Herbizid behandelt worden ist, sodass eine Unterdrückung der Unkräuter des Bestandes kaum nötig war. Folglich ist die Aussage von URBATZKA et al. (2020), dass höhere Aussaatstärken eine bessere Unkrautunterdrückung haben, vor allem in ökologischen Versuchen relevant.

Ein Unterschied zwischen den Sorten konnte im Versuch in der Unkrautunterdrückung festgestellt werden. So hatte die Sorte Attribut fast doppelt so viele Unkräuter wie die Sorten Patras und Apostel. Dieser Unterschied konnte jedoch nicht statistisch abgesichert werden. Zwar kann argumentiert werden, dass manche Sorten eine höhere Beschattung durch einen größeren Blattflächenindex aufweisen und dadurch eine stärkere Unkrautunterdrückung herrscht, jedoch ist diese Aussage im Hinblick auf die Ergebnisse der Saatstärken eher unwahrscheinlich. Der Sortenunterschied entstand eher zufällig, z.B. durch die Aufteilung von Parzellen oder Boniturfehler, auch wenn im Versuch bei der Sorte Attribut schmalere Blätter beobachtet wurden als bei den anderen beiden Sorten.

Beim Kornertrag stellte sich im Versuch die Saatstärke 300 keimf. Körner je m<sup>2</sup> mit über 2 % Mehrertrag gegenüber der zweitbesten Saatstärke 150 keimf. Körner je m<sup>2</sup> am besten heraus. Am schlechtesten schnitt die 450er Saatstärke ab mit fast 5 % weniger Ertrag gegenüber der 300er Saatstärke. Die Unterschiede sind jedoch nicht signifikant. Des Weiteren fiel auf, dass die 450er Saatstärke eine wesentlich höhere Streuung aufwies gegenüber den anderen beiden Saatstärken. Nach GUDDAT et al. (2015) bieten höhere Saatstärken gegenüber Dünnsaaten mehr Ertragssicherheit. Bei zu hohen Bestandesdichten werden dennoch keine Höchsterträge erreicht, da die Ertragsfaktoren ausgeglichen sein sollten und ein erhöhtes Lagerrisiko mit

höherer Bestandesdichte einhergeht (SEIFFERT et al., 1988). So wurde auch im Versuch eine Lagerbildung nach dem Unwetter Ende Juni vor allem bei der Sorte Patras und ein wenig bei der Sorte Apostel festgestellt. Dies bestätigt die Einschätzung des BUNDESSORTENAMTs (2022), dass die Sorte Attribut weniger anfällig für Lager ist als die anderen beiden Sorten. Dabei unterschieden sich die Saatstärken in der Lagerbildung bei der Sorte Patras stark. So wiesen die 450er Saatstärken über 80 % Lager (siehe Anhang 5, S. 85) auf und die 300er Saatstärken immer noch um die 50 % Lager, während bei den 150er Saatstärken kaum bis kein Lager bei der Sorte beobachtet wurde. Dies bestätigt die höhere Lagerneigung bei höheren Bestandesdichten.

In Versuchen der Literatur wurde meist beobachtet, dass tendenziell bei Saatstärken unter 200 keimf. Körnern je m<sup>2</sup> der Ertrag gegenüber den empfohlenen Saatstärken zwischen 250 und 320 keimf. Körnern je m<sup>2</sup> abfiel und sie nicht die Bestandesdichten erreichten wie die empfohlenen Saatstärken und somit das Risiko bestand, dass sie im Ertrag abfallen (BOESE, 2014; DESAGA, 2023; POMMER, 2003; SCHÄFER & MERKER, 2012; STRICKHOF, 2024; URBATZKA et al., 2020). Des Weiteren wurde beobachtet, dass die Saatstärke nur teilweise Einfluss auf den Ertrag hatte und kein signifikanter Unterschied bestand (POMMER, 2003; TASHEVA, 2016). Saatstärken über den empfohlenen Saatstärken konnten in anderen Saatstärkeversuchen keine Ertragssteigerung bringen und führten tendenziell eher zum Abfallen des Ertrages (STRICKHOF, 2024; TASHEVA, 2016). Diese Ergebnisse aus der Literatur konnten auch in diesem Versuch bestätigt werden. So erreichte die 150er Saatstärke nicht ganz die Bestandesdichten der 300er Saatstärke und es konnte ein geringer Minderertrag der 150er Saatstärken gegenüber den 300er Saatstärken festgestellt werden. Des Weiteren wurde ein starker Minderertrag bei der Saatstärke 450 keimf. Körner je m<sup>2</sup> ermittelt, aufgrund der zu hohen Bestandesdichten und des Lagers.

Wird der Ertrag nach Sorten betrachtet, so werden nicht nur tendenzielle Unterschiede festgestellt, sondern auch signifikante. So schnitt die Sorte Attribut im Versuch beim Ertrag signifikant besser ab als die Sorte Patras. Zwischen beiden Sorten lag eine Ertragsdifferenz von 12,4 dt/ha. Die Sorte Apostel schnitt ebenfalls schlechter ab als die Sorte Attribut. Hier lag die Ertragsdifferenz im arithmetischen Mittel bei 10,2 dt/ha. Dieser Ertragsunterschied war allerdings nicht signifikant. Dies bestätigt die Einstufung des BUNDESSORTENAMTs (2022), dass die Sorte Attribut im Ertrag in der intensiveren Ertragsstufe höher ist als die anderen beiden Sorten. Des Weiteren war auffällig, dass die Streuung der Sorte Patras mit einem Variationskoeffizienten von 9 % wesentlich höher war als bei den anderen beiden Sorten mit einem Variationskoeffizienten von 5 %. Signifikante Unterschiede zwischen Sorten in Saatstärkeversuchen konnten auch in anderen Versuchen wie von TASHEVA (2016) festgestellt werden. Die einzelnen Sortentypen schneiden laut KOCH (2014) und N.U. AGRAR

GMBH (2015) unter verschiedenen Umweltbedingungen unterschiedlich ab. So schneiden Einzelährentypen auf sehr guten Weizenstandorten und/oder in Jahren mit guter Wasserversorgung schlechter ab als andere Sortentypen. Im Gegensatz dazu benötigen Bestandesdichtentypen genügend Wasser während der Schossphase, damit diese gut im Ertrag abschneiden (N.U. AGRAR GMBH, 2015). Da das Versuchsjahr außergewöhnlich nass war, war zu erwarten, dass die Sorte Patras schlechter als die Sorten Apostel und Attribut abschnitt, da diese Sorte ein Einzelährentyp ist. Diese Hypothese hat sich hinsichtlich der Sorten Patras und Attribut im Versuch bestätigt. Jedoch war zu erwarten, dass die Sorte Apostel besser abschneidet, da diese Sorte genügend Wasser während der Schossphase in diesem Versuchsjahr zur Verfügung hatte. Anhand der Ertragsunterschiede der Sorten gegenüber den Saatstärken wird erkenntlich, dass die Aussage von POMMER (2003), sich auf die Sortenwahl und nicht auf die Saatstärkewahl zu fokussieren, auch auf diesen Versuch teilweise zutrifft. So hatte die Sortenwahl einen größeren Einfluss auf den Ertrag als die Saatstärkewahl.

Bei der Betrachtung der Qualität im Versuch nach Saatstärken wurde kein signifikanter Unterschied in den Qualitätsparametern festgestellt. Es konnten nur tendenzielle Unterschiede in den Parametern TKG, Fallzahl und Hektoliter beobachtet werden. So war das Hektolitergewicht bei der 150er Saatstärke über 1 kg je hl höher als bei den Saatstärken 300 und 450 keimf. Körner je m<sup>2</sup>. Die gleiche Beobachtung wurde bei dem Parameter Fallzahl gemacht. Dabei betrug der Unterschied zwischen der 150er Saatstärke und den anderen beiden Saatstärken über 30 Sekunden. Auch das TKG war bei der 150er Saatstärke gegenüber den anderen beiden Saatstärken deutlich höher mit 5 g pro 1.000 Körner. Nach KIEL (1954), PRAGER und VENT (1952) und SEIFFERT et al. (1988) können Körner- und Ährenausbildung bei hohen Bestandesdichten leiden und hohe Bestandesdichten schneller in die Notreife und/oder ins Lager gehen, sodass die Kornfüllungsphase verkürzt wird und die Kornausbildung leidet. WERNER (1992) bestätigt dies durch die Aussage, dass weniger Triebe mehr Körner je Ähre und ein höheres TKG hervorrufen können. In verschiedenen Versuchen der Literatur wurde teilweise eine Verbesserung (KASTENHUBER, 2012; URBATZKA et al., 2020) und teilweise keine Verbesserung der Kornqualität mit abnehmender Saatstärke festgestellt (POMMER, 2003; STRICKHOF, 2024). Da im Versuch das Hektolitergewicht, die Fallzahl und das TKG bei der 150er Saatstärke am besten abschnitten, ist tendenziell zu sagen, dass niedrigere Saatstärken sich positiv auf die Kornqualität auswirken. Dies ist bedingt durch eine bessere Kornfüllung und da die Bestände nicht so stark ins Lager gingen wie bei den höheren Saatstärken. Eine Auswirkung der Saatstärke auf den Eiweißgehalt konnte trotz niedrigerem Ertrag der niedrigeren Saatstärke gegenüber der mittleren Saatstärke nicht festgestellt werden. Dies bestätigen auch STRICKHOFs (2024) Versuchsergebnisse.

Bei der Betrachtung der Kornqualitäten nach den Sorten schnitten die Sorten Patras und Apostel in der Fallzahl signifikant schlechter gegenüber der Sorte Attribut ab. Im Hektolitergewicht schnitt die Sorte Patras ebenfalls signifikant schlechter ab als die Sorten Apostel und Attribut. Bei den anderen Qualitätsparametern gab es nur tendenzielle Beobachtungen. So war die Sorte Apostel schlechter im Rohprotein und Sedimentationswert gegenüber den anderen beiden Sorten, während die Sorte Attribut schlechter bei dem TKG abschnitt im Vergleich zu den anderen Sorten. Diese Qualitätsunterschiede bestätigen die Behauptung von BLE (2017) und die Versuchsergebnisse von TASHEVA (2016), dass die Sortenwahl einen Einfluss auf die Qualitätsparameter Fallzahl, Rohprotein und Sedimentationswert hat. Allerdings widerlegt es die These von BÖSE (2013), dass hohe Erträge auf das TKG zurückzuführen sind, da das TKG der Sorte Attribut im Durchschnitt am niedrigsten war und diese Sorte im arithmetischen Mittel den höchsten Ertrag zeigte. Des Weiteren war die niedrige Fallzahl der Sorte Patras nicht nur der genetischen Veranlagung der Fallzahlstabilität geschuldet, denn diese Sorte zeigte besonders in den höheren Saatstärken Lager, was sich nach BLE (2017) besonders auf den Qualitätsparameter Fallzahl negativ auswirkt. Ein weiterer Grund für eine schlechtere Fallzahl der Sorten Apostel und Patras kann die frühere Reife gegenüber der Sorte Attribut nach BUNDESSORTENAMT (2022) sein, da der Versuch spät geerntet wurde und die Erntezeit mit vielen Regenschauern in diesem Erntejahr verbunden war.

Dennoch kann der signifikante Unterschied der Sorte Attribut in der Fallzahl im Vergleich zu den anderen beiden Sorten stark mit dem Genotyp der Sorte zusammenhängen. Einzelährentypen sollten laut BÖSE (2013) und N.U. AGRAR GMBH (2015) eine gute Kornqualität aufweisen, hinsichtlich der Parameter Proteingehalt, Hektolitergewicht, TKG und Fallzahlstabilität. Im Versuch konnte nur das Gegenteil hinsichtlich Fallzahl und Hektolitergewicht bei der Sorte Patras festgestellt werden. Wie bereits oben erwähnt, könnte dies auch auf ein vermehrtes Lager und möglicherweise auf eine frühere Reife dieser Sorte zurückzuführen sein. Bestandesdichtetypen sollen ebenfalls ein hohes TKG aufweisen, da sie wenig Mittelkörner nach N.U. AGRAR GMBH (2015) ausbilden und somit weniger Konkurrenz in der Ähre haben. Im Versuch konnte beobachtet werden, dass die Sorte Attribut wesentlich längere Ähren gebildet hatte als die Sorten Patras und Apostel (siehe Anhang 2 bis 4, S. 83, 84). Diese Erkenntnis zeigt sich auch im TKG der Sorten wieder. So wies die Sorte Attribut gegenüber den anderen beiden Sorten ein wesentlich geringeres TKG auf. Dies bestätigt auch die Einstufung des TKG und der Körnerzahl je Ähre des BUNDESSORTENAMTs (2022). Das heißt, die Behauptung von N.U. AGRAR GMBH (2015), dass die Konkurrenz in der Körnerausbildung bei mehr Körnern je Ähre zunimmt und somit das TKG schwächelt, scheint in diesem Versuch ebenfalls zuzutreffen.

Wird die Sortenreaktion auf die verschiedenen Saatstärken betrachtet, so kann, vermutlich aufgrund der geringen Wiederholungen von zwei, kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen ermittelt werden. Dennoch konnten tendenzielle Beobachtungen bei der Betrachtung des Ertrags und der bonitierten Ertragsfaktoren gemacht werden. So stieg der Ertrag der Sorte Apostel mit zunehmender Saatstärke um ca. drei dt je ha je Saatstärkenstufe an. Dabei sank das TKG und die Bestandesdichte stieg mit zunehmender Saatstärke. Bei der Saatstärke 300 auf 450 keimf. Körner je m<sup>2</sup> stieg die Bestandesdichte nur noch um sechs Ähren je m<sup>2</sup>, allerdings fiel das TKG mit drei Gramm weniger deutlich geringer aus. Diese Beobachtung im Versuch deckt sich mit den Aussagen von SEIFFERT et al. (1988) und N.U. AGRAR GMBH (2015), dass der Bestandesdichtetyp im Ertrag am besten mit höheren Bestandesdichten abschneidet und diese folglich auch benötigt.

Wird die Sortenreaktion der Sorte Attribut betrachtet, so steigt der Ertrag bis zur 300er Saatstärke um drei dt je ha an und fällt dann wieder um ca. zwei dt je ha ab bei der 450er Saatstärke. Dabei nahm das TKG mit steigender Saatstärke ab und die 150er Saatstärke wies mit sechs Gramm mehr gegenüber den anderen beiden Saatstärken ein deutlich höheres TKG auf. Die Bestandesdichte blieb zwischen den Saatstärken 150 und 300 keimf. Körner je m<sup>2</sup> gleich mit ca. 550 Ähren je m<sup>2</sup> und stieg bei der 450er Saatstärke deutlich an auf etwa 690 Ähren je m<sup>2</sup>. Dies zeigt die Kompensationsfähigkeit dieser Sorte. So kann dieser Sortentyp nach WELLIE-STEPHAN (2005) und N.U. AGRAR GMBH (2015) geringere Bestandesdichten mit TKG und Körnern je Ähre sehr gut kompensieren und reagiert bei hohen Bestandesdichten nicht so schnell mit Mindererträgen wie Einzelährentypen. Daher konnten im Versuch bei höheren Bestandesdichten bei der 450er Saatstärke und bei niedrigen Bestandesdichten wie bei der 150er und 300er Saatstärke über alle Saatstärken hinweg hohe Erträge ermittelt werden. Dabei bildete die Sorte Attribut vermutlich viele Körner je Ähre (siehe Anhang 2, S. 83), was auch die Beobachtung der langen Ähren widerspiegelt und erreichte bei der geringen Saatstärke zusätzlich ein hohes TKG im Vergleich zu den anderen Saatstärken. Bei der höchsten Saatstärke wurde der Ertrag vermutlich aufgrund der Ährendichte generiert. Dies beschreibt die Flexibilität dieses Sortentyps, welche auch N.U. AGRAR GMBH (2015) und WELLIE-STEPHAN (2005) beschrieben hat.

Bei der Sorte Patras schnitt die Saatstärke 300 keimf. Körner je m<sup>2</sup> am besten ab, wobei weniger als mal eine dt je ha Unterschied zu der geringsten Saatstärke 150 keimf. Körner je m<sup>2</sup> war. Die 450er Saatstärke brachte deutlich weniger Ertrag mit fast 15 dt je ha Unterschied zu der 300er Saatstärke. Das TKG der Saatstärke 150 keimf. Körner je m<sup>2</sup> war mit sieben und vier Gramm mehr deutlich höher gegenüber der 300er und 450er Saatstärke. Die Bestandesdichten stiegen fast linear mit steigender Saatstärke an, von ca. 570 über 650 auf 750 Ähren je m<sup>2</sup>. Somit reagierte die Sorte Patras von allen Sorten am geringsten auf höhere

Bestandesdichten. Der Ertragsabfall der 450er Saatstärke und die hohe Bestandesdichte spiegeln die Aussagen der Literatur von N.U. AGRAR GMBH (2015), dass Einzelährentypen bei hohen Bestandesdichten mit starken Mindererträgen reagieren, wieder. Daher ist die Empfehlung von SEIFFERT et al. (1988) Einzelährentypen in geringeren Bestandesdichten anzubauen, angebracht. Deshalb sollten die Saatstärke und damit der tendenzielle Einfluss auf die spätere Bestandesdichte je nach Sortentyp angepasst werden, damit die Sorten ihr Potenzial ausschöpfen können (KOCH, 2014). Die Saatstärke 450 keimf. Körner je m<sup>2</sup> ist bei den Sorten Patras und Attribut nicht erneut zu empfehlen, da diese Sorten auf die höhere Saatstärke mit Mindererträgen reagierten, während bei der Sorte Apostel diese Saatstärke weiterhin empfehlenswert bleibt, aufgrund der Ertragssteigerung bei höheren Saatstärken. Interessant wäre auch ein weiterer Versuch in einem trockenen Jahr, in dem die Sorte Patras besser abschneiden könnte, da Einzelährentypen ihre Stärke in trockenen Jahren gegenüber anderen Sortentypen beweisen können (KOCH, 2014).

Bei der ökonomischen Betrachtung der Saatstärke spielen vor allem die Direktkosten, also die Saatgutkosten (57 €/dt), die größte Rolle bei dem Kostenunterschied. So liegen im allgemeinen Kostenvergleich der Aussaat zwischen der Saatstärke 150 und 300 keimfähige Körner je m<sup>2</sup> 44,37 € je ha. Dies würde zwischen den Saatstärken einen Mehrertrag von 2,23 dt je ha bei einem Weizenpreis von 20 € je dt erfordern, damit die Mehrkosten gedeckt sind. Bei einer Saatstärke von 450 keimf. Körner je m<sup>2</sup> statt der 150er Saatstärke entspricht der Direkt- und Arbeitserledigungskostenunterschied 88,73 € je ha, was einen Mehrertrag von 4,44 dt je ha erfordert. Im arithmetischen Mittel der Saatstärken über alle Sorten hinweg wurde dieser Mehrertrag bei der Saatstärke 300 keimf. Körner je m<sup>2</sup> knapp erreicht, mit 0,1 dt je ha mehr. Bei der 450er Saatstärke konnte nur ein Minderertrag im Vergleich zur 150er Saatstärke ermittelt werden, sodass diese Saatstärke im arithmetischen Mittel nicht ökonomisch ist. Dementsprechend ist die Empfehlung von BOESE (2014), dass die Saatstärke 450 keimf. Körner je m<sup>2</sup> bei einem Weizenpreis von 24 € je dt und einem Saatgutpreis von 52 € je dt in diesem Versuch nicht zu empfehlen ist, sondern eher eine Saatstärke zwischen 150 und 300 keimf. Körner je m<sup>2</sup>.

Werden die Sorte, die erreichte Qualität und die betrieblichen Bedingungen im Versuchsjahr betrachtet, so ergibt sich aus den Direkt- und Arbeitserledigungskosten, dass der Einfluss der Sorte und die erreichte Qualität den größten Einfluss auf den ökonomischen Erfolg haben. Die Sorte Attribut schnitt gegenüber den anderen beiden Sorten nicht nur im Ertrag am besten ab, sondern sie konnte auch die Qualitätsstufe A durchweg erreichen. Damit konnte die Sorte die beste Variante in der Saatstärke 300 keimf. Körner je m<sup>2</sup> von allen Varianten erreichen. Die 150er Saatstärke der Sorte Attribut schnitt in der Direkt- und Arbeitserledigungskostenfreien Leistung nur ein Prozent schlechter ab, während die 450er Saatstärke der Sorte Attribut sechs

Prozent schlechter war, aufgrund des niedrigeren Ertrags und der höheren Direkt- und Arbeiterledigungskosten. Die nächstbeste Variante war die Sorte Patras in der Saatstärke 150 keimf. Körner je m<sup>2</sup>, welche nur noch 68 % der Direkt- und Arbeiterledigungskosten im Gegensatz zur besten Variante aufwies, da diese nicht nur einen schlechteren Ertrag zeigte, sondern auch nur die Qualitätsstufe C erreichen konnte. Dies zeigt die Priorität des Erreichens der Qualitätsparameter, speziell der Fallzahl, aber auch des Hektolitergewichts (besonders bei Patras) und somit die Bedeutsamkeit der Sortenwahl hinsichtlich Fallzahlstabilität und Lagerneigung im Erntejahr 2023. Am schlechtesten schnitt die Variante Patras 450 keimf. Körner je m<sup>2</sup> mit 48 % in der Direkt- und Arbeiterledigungskostenfreien Leistung gegenüber der besten Variante ab. Diese Variante zeigte den geringsten Ertrag mit den höchsten Saatgutkosten und erreichte nur die schlechteste Qualitätsstufe. In anderen Jahren mit trockener Witterung und geringer Lagergefahr hätten die Varianten auch zugunsten der Sorte Patras abschneiden können. Die über 50 % geringeren Direkt- und Arbeiterledigungskostenfreien Leistungen zeigen die Wichtigkeit der Qualität und des Ertrages in der Betrachtung der Wirtschaftlichkeit. Die Sorte Apostel erreichte ebenfalls nur die Qualitätsstufe C über alle Saatstärken hinweg. Trotz steigendem Ertrag mit zunehmender Saatstärke schnitt die Saatstärke 150 keimf. Körner je m<sup>2</sup> mit 64 % am besten ab. Die Saatstärken 300 und 450 keimf. Körner je m<sup>2</sup> waren mit 63 % der Direkt- und Arbeiterledigungskostenfreien Leistungen von der besten Variante etwas schlechter, trotz bis zu über drei dt/ha Mehrertrag. Dies zeigt, dass die allgemeine Empfehlung, dass mindestens 2,23 dt/ha Mehrertrag nötig ist, sich durch unterschiedliche Saatgutkosten und Weizenpreise verschieben kann und dass dies somit nur eine allgemeine Empfehlung ist. In volatilen Weizenmarktphasen sollte daher nochmals genau nachkalkuliert werden.

## 7 Schlussfolgerung

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse des Versuches und der Diskussion ob und wie die Saatstärken und Sorten Einfluss auf die Bestandesdichte, den Pilzkrankheitsdruck, den Unkrautdruck, den Ertrag, die Qualität und das ökonomische Ergebnis haben kurz zusammengefasst.

- Die Saatstärke hat trotz abnehmender Bestockung einen signifikanten Einfluss auf die Triebzahl und einen tendenziellen Einfluss auf die Ähren je m<sup>2</sup>, obwohl die Bestände die Bestandesdichte mithilfe von Bestockung und Reduktion von Trieben regulieren. Daher kann ein Betrieb mithilfe der Saatstärke die spätere Bestandesdichte beeinflussen.
- Die Sorten zeigten teilweise sortentypische Reaktionen bei Bestockung und Reduktion der Triebe.
- Ein geringerer Pilzkrankheitsdruck durch eine geringe Saatstärke konnte nicht bestätigt werden, Sortenunterschiede im Pilzkrankheitsdruck hingegen schon. Daher sollte bei der Sortenwahl die Krankheitsanfälligkeit berücksichtigt werden.
- Hinsichtlich des Unkrautdruckes gibt es im konventionellen Anbau keinen Effekt der verschiedenen Saatstärken. Im ökologischen Anbau sollten Effekte erkennbar sein.
- Im Ertrag gab es tendenzielle Unterschiede in der Saatstärke. Am besten schnitt über alle Sorten die Saatstärke 300 keimf. Körner je m<sup>2</sup> ab, gefolgt von der Saatstärke 150 keimf. Körner je m<sup>2</sup> mit 2 % weniger Ertrag. Die Saatstärke 450 keimf. Körner je m<sup>2</sup> zeigte vermehrt Lager, aufgrund höherer Bestandesdichten und hatte einen Minderertrag von fast 5 % gegenüber der Saatstärke 300 keimf. Körner je m<sup>2</sup>. Dennoch kann die Saatstärke 300 keimf. Körner je m<sup>2</sup> nicht allgemein empfohlen werden, da es im Versuch den Sortentyp Bestandesdichtentyp gab, welcher in der höheren 450er Saatstärke besser im Ertrag abschnitt. Bei höheren Saatstärken sollte jedoch die Lagergefahr in Auge behalten werden.
- Die Sorte Attribut schnitt im Ertrag signifikant besser ab als die Sorte Patras und tendenziell besser als die Sorte Apostel. Damit hatte die Sortenwahl mehr Einfluss auf den Ertrag als die Saatstärke. Daher sollte der Landwirt sich besonders auf die Sortenwahl fokussieren.
- Die niedrigere Saatstärke (150 keimf. Körner je m<sup>2</sup>) war tendenziell besser in den Qualitätsparametern Hektolitergewicht, Fallzahl und TKG. Jedoch wurden keine Auswirkungen der niedrigeren Saatstärke auf den Eiweißgehalt und den Sedimentationswert festgestellt.
- Die Sorte Attribut schnitt ebenfalls signifikant besser ab in den Qualitätsparametern Hektolitergewicht und Fallzahl als die anderen Sorten, wobei die Sorteneigenschaften

Lageranfälligkeit und Reife sicherlich einen großen Anteil am Ergebnis haben. Es ist daher von entscheidender Bedeutung, dass neben der zuvor genannten Saatstärkewahl vor allem die Sortenwahl genauestens auf die Schwächen des Betriebes hinsichtlich des Standortes und der Bestandesführung abgestimmt wird, sodass nicht nur der gewünschte Ertrag, sondern auch die Qualität erreicht wird.

- Die Sortentypen zeigten im Ertrag auf die verschiedenen Saatstärken vergleichsweise unterschiedliche Reaktionen. So sollte die Sorte Apostel mit höheren Saatstärken (über 300 keimf. Körner je m<sup>2</sup>) angebaut werden, da diese mit zunehmender Saatstärke nicht nur mehr Bestandesdichte, sondern auch mehr Ertrag brachte. Die Sorte Attribut schnitt hingegen mit der Saatstärke 300 keimf. Körner je m<sup>2</sup> am besten ab und zeigte bei der höheren Saatstärke ein Ertragsabfall. Dies war bei der Sorte Patras noch stärker ausgeprägt, sodass bei dieser Sorte eine Saatstärke zwischen 150 und 300 keimf. Körner je m<sup>2</sup> für den untersuchten Standort gewählt werden sollte. Deshalb sollte bei der Saatstärkewahl auch der Sortentyp beachtet werden.
- Wird die Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Saatstärken betrachtet, so haben die Direktkosten, also die Saatgutkosten, den größten Einfluss auf die Kosten. Je Saatstärkenstufe (150 keimf. Körner je m<sup>2</sup>) kann von Mehrkosten von ca. 44 € je ha (Saatgutpreis 418 €/t) ausgegangen werden. Dies entspräche einem Mehrertrag von 2,2 dt je ha bei einem Weizenpreis von 200 € je t und einem Saatgutpreis von 570 € je t. Über alle Sorten hinweg konnte nur die Saatstärke 300 keimf. Körner je m<sup>2</sup> diesen Mehrertrag knapp erreichen. Durch die vorherigen Untersuchungen kann dennoch keine allgemeine Saatstärkeempfehlung ausgesprochen werden, da z.B. der Bestandesdichtetyp diesen Mehrertrag in der Saatstärke 450 keimf. Körner je m<sup>2</sup> erreicht hat. Dieser Mehrertrag ist jedoch auch vom Saatgutpreis und Weizenpreis abhängig. Daher bleibt die Empfehlung, die Saatstärke an die Sortentypen anzupassen und bei höheren Saatstärken die Lagergefahr zu beachten.
- Werden die einzelnen Varianten mit den betrieblichen und jährlichen Bedingungen untersucht, so werden der starke Sorteneinfluss und der Einfluss der erreichten Qualitätstufe auf die Arbeiterledigungs- und Direktkosten deutlich. Für den Betrieb und den Standort schnitt die Sorte Attribut am besten ab, da diese nicht nur den höchsten Ertrag bildete, sondern auch durchweg die Qualitätsstufe A erreichte. Dabei schnitt die Saatstärke 300 keimf. Körner je m<sup>2</sup> am besten ab, dicht gefolgt von der Saatstärke 150 keimf. Körner je m<sup>2</sup>. Die anderen Sorten schnitten vor allem aufgrund der schlechteren Qualitätsstufe wesentlich schlechter ab. Dies zeigt, wie wichtig es in dem betrachteten Erntejahr war, die Qualitäten zu erreichen und bestätigt, dass besonders mit der Fallzahlstabilität, Reife und Lageranfälligkeit der ökonomische Erfolg mithilfe der Sortenwahl abgesichert werden kann.

## 8 Zusammenfassung

Die klimatischen, züchterischen und technologischen Veränderungen sorgen für eine stetige Überarbeitung der optimalen Bestandesführung des Weizens. Schon mit der Aussaat werden der spätere Bestand und der Ertrag maßgeblich beeinflusst. So werden mit Hilfe der Saatstärke und der Sorte nicht nur die Bestandesdichten, sondern auch die Krankheitsanfälligkeit, der Ertrag und die Qualität grundlegend bestimmt. Daher wurden in dieser Untersuchung mithilfe eines Versuches im Jahr 2022/2023 auf einem Betrieb im südlichen Sachsen-Anhalt diese zwei Faktoren (Saatstärke und Sorte) mit jeweils drei Faktorstufen betrachtet. Der Versuch wurde als On-Farm-Experiment in einem Feld mit Parzellen in Fahrgassengröße durchgeführt. Die Parzellen wurden randomisiert und es gab neun Varianten, welche nochmals wiederholt wurden.

Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigten, dass die Saatstärke einen tendenziellen Einfluss auf die späteren Ähren je m<sup>2</sup> hat. Der Pilzkrankheitsdruck konnte nur durch den Faktor Sorte beeinflusst werden, während beim Unkrautdruck keine plausiblen Effekte durch die Saatstärken oder Sorten festgestellt werden konnten. Im Ertrag schnitt die Saatstärke 300 keimf. Körner je m<sup>2</sup> über alle Sorten hinweg am besten ab, wobei auch Sortenunterschiede je nach Sortentyp festgestellt werden konnten. Daher sollten Bestandesdichtentypen wie die Sorte Apostel mit einer höheren Saatstärke von über 300 keimf. Körner je m<sup>2</sup> und Einzelährentypen wie die Sorte Patras eher unter 300 keimf. Körner je m<sup>2</sup> angebaut werden. Die Kompensationstypen wie die Sorte Attribut sollten mit ca. 300 keimf. Körnern je m<sup>2</sup> angebaut werden. Mit der Sorte konnte nicht nur der Ertrag stärker beeinflusst werden als mit der Saatstärke, sondern auch die Qualitätsparameter. So schnitt die Sorte Attribut im Ertrag signifikant besser ab als die Sorte Patras und tendenziell besser als die Sorte Apostel. Auch in den Qualitätsparametern Fallzahl und Hektolitergewicht konnte die Sorte signifikant besser abschneiden als die anderen beiden Sorten, wobei hier der Einfluss des Lagers und der früheren Reife sicherlich eine Rolle spielt. Neben der Sorte konnte auch die Saatstärke tendenzielle Verbesserungen in der Fallzahl, dem Hektolitergewicht und dem TKG in der Saatstärke 150 keimf. Körner je m<sup>2</sup> hervorbringen. Dennoch war der Einfluss der Sorte wesentlich stärker. Daher sollte sich insgesamt auf die Sortenwahl fokussiert werden und die Saatstärke sollte an den Sortentyp angepasst werden. Dies zeigt sich auch in den ökonomischen Auswertungen des Betriebes. So hatten die Sortenwahl und die erreichte Qualitätsstufe den größten Einfluss auf den wirtschaftlichen Erfolg. Die Sorte Attribut konnte im Ertrag und in der Kontinuität des Erreichens der Qualitätsstufe A ökonomisch wesentlich besser performen als die anderen beiden Sorten. Allgemein kann ökonomisch gesagt werden, dass bei 150 keimf. Körner je m<sup>2</sup> mehr in etwa 44 €/ha mehr erwirtschaftet werden müssen. Für den Betrieb ergeben sich daher folgende Empfehlungen: Er sollte sich vor allem auf die

Sortenwahl fokussieren und dies nicht nur hinsichtlich Ertrags, sondern auch hinsichtlich der Qualitätsparameter Fallzahlstabilität und Reife. Bei der Saatstärke kann keine allgemeine Empfehlung ausgesprochen werden, stattdessen sollte die Saatstärke an den Sortentyp und die wirtschaftlichen Bedingungen angepasst sein. Als interessante Weiteruntersuchung sollten die Saatstärken und Sortentypen weitere Jahre, besonders in trockenen Jahren, wenn möglich, mit mehr Wiederholungen auf dem Standort getestet werden.

## Literaturverzeichnis

- BLE. (2017). *Agrarmeteorologie*.
- BMEL. (2024). *Getreide: Bodennutzung und pflanzliche Erzeugung*. <https://www.bmel-statistik.de/landwirtschaft/bodennutzung-und-pflanzliche-erzeugung/getreide>
- BOESE, L. (2014). Wann und mit welcher Saatstärke Wintergetreide säen?  
[https://llg.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik\\_und\\_Verwaltung/MLU/LLFG/Dokumente/03\\_service/veranstaltungen/qualitaetsgetreidetag/14\\_qgt\\_boese.pdf](https://llg.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MLU/LLFG/Dokumente/03_service/veranstaltungen/qualitaetsgetreidetag/14_qgt_boese.pdf)
- BÖSE, S. (2013). So wachsen hohe Erträge! *praxisnah*, 3.  
<https://www.praxisnah.de/index.cfm/article/8072.html>
- BÖSE, S. (2016). *Stickstoffeffizienz von Weizensorten*.  
<https://egz.at/pdfs/s6ksp/stickstoffeffizienz-von-weizensorten.pdf>
- BÖSE, S. (2021). *Getreideanbau im Klimawandel II: Sortenwahl bei Trockenheit und Hitze*.  
<https://egz.at/pdfs/cxq2f/sortenwahl-bei-trockenheit-und-hitze.pdf>
- BUNDESSORTENAMT (Hrsg.). (2000). *Richtlinien für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen*.  
[https://www.bundessortenamt.de/bsa/media/Files/Richtlinie\\_LW2000.pdf](https://www.bundessortenamt.de/bsa/media/Files/Richtlinie_LW2000.pdf)
- BUNDESSORTENAMT (Hrsg.). (2022). *Beschreibende Sortenliste*.  
[https://www.bundessortenamt.de/bsa/media/Files/BSL/bsl\\_getreide\\_2022.pdf](https://www.bundessortenamt.de/bsa/media/Files/BSL/bsl_getreide_2022.pdf)
- DESAGA, M. (2023). Einfluss von Saatstärke, Stickstoff- und Kaliumdüngung auf Ertrag und Qualität bei Winterweizen (*Triticum aestivum*) und Winterraps (*Brassica napus*) unter Trockenstress, 60–137. <https://jlupub.ub.uni-giessen.de/bitstream/handle/jlupub/17825/DesagaMatthias-2023-06-28.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- DSV. (2024). *ATTRIBUT Der Ausgewogene A-Winterweizen*.
- DWD. (2023). *Climat Data Center*. Deutscher Wetterdienst. <https://cdc.dwd.de/portal/>
- GUDDAT, C., DEGNER, J., MARSCHALL, K., ZORN, W. & GÖTZ, R. (2015). Leitlinie Winterweizen: zur effizienten und umweltverträglichen Erzeugung, 6–13.  
[https://www.tll.de/www/daten/publikationen/leitlinien/ll\\_ww.pdf](https://www.tll.de/www/daten/publikationen/leitlinien/ll_ww.pdf)
- HEYL. (1929). *Die Pflanzenbaulehre* (zweite Auflage). Verlag von Eugen Ulmer in Stuttgart.
- HILKENBÄUMER und ZIMMERMANN (Hrsg.). (1952). *Schlipf's praktisches Handbuch der Landwirtschaft* (31. Aufl.). Paul Parey Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen.
- KASTENHUBER, F. (2012). Tipps zur Saatstärke beim Weizenanbau(19), 2–3.  
<https://www.kastenhuber.info/pdf/2012/Saatstaerke%20bei%20Weizen.pdf>
- KERSCHBERGER et al. (2000). *Bestimmung des Kalkbedarfs von Acker- und Grünlandböden*. <https://www.vdlufa.de/wp-content/uploads/2021/05/0-9-kalkanl.pdf>

- KIEL, W. (1954). *Acker- und Pflanzenbau*. Deutscher Bauernverlag.
- KOCH, M. (2014). *Produktionstechnik Weizen: Worauf Sie im Frühjahr achten sollten*. Deutsche Saatveredelung AG Lippstadt. <https://www.magazin-innovation.de/magazinInnovation/ausgaben/2014/01/artikel/1-14-produktionstechnik-weizen.pdf>
- KTBL. (2018). *Faustzahlen für die Landwirtschaft* (15. Auflage).
- KTBL. (2022). *Betriebsplanung Landwirtschaft 2022/23: Daten für die Betriebsplanung in der Landwirtschaft*.
- KTBL. (2024). *KTBL-Feldarbeitsrechner*. Darmstadt, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. <https://daten.ktbl.de/feldarbeit/entry.html#0>
- LANDWIRTSCHAFTLICHEN VERSUCHSVEREINIGUNG ZEITZ. (1948). *21. Versuchs-Bericht*.
- LLG (Hrsg.). (2019). *Richtwertsammlung Düngerecht*. Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt. [https://llg.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik\\_und\\_Verwaltung/MLU/LLFG/Dokumente/04\\_themen/pfl\\_ernaehr\\_duengung/Richtwerte/2019\\_rw\\_teil3\\_duengerecht.pdf](https://llg.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MLU/LLFG/Dokumente/04_themen/pfl_ernaehr_duengung/Richtwerte/2019_rw_teil3_duengerecht.pdf)
- LVERMGEO. (2023a). *Grundsteuer-Viewer*. Landesamt für Vermessung und Geoinformation Sachsen-Anhalt. <https://www.grundsteuerdaten.sachsen-anhalt.de/mapapps/resources/apps/grundsteuerviewer/index.html?lang=de>
- LVERMGEO (Hrsg.). (2023b). *Sachsen-Anhalt-Viewer*. Landesamt für Vermessung und Geoinformation Sachsen-Anhalt. [https://www.geodatenportal.sachsen-anhalt.de/mapapps/resources/apps/viewer\\_v40/index.html?lang=de](https://www.geodatenportal.sachsen-anhalt.de/mapapps/resources/apps/viewer_v40/index.html?lang=de)
- N.U. AGRAR GMBH (2015). *Ertragsaufbau Winterweizen*. <https://egz.at/pdfs/qj32o/ertragsaufbau-winterweizen.pdf>
- POMMER, G. (2003). *Auswirkungen von Saatstärke, weiter Reihe und Sortenwahl auf Ertrag und Backqualität von Winterweizen*. Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft 3/03. <https://orgprints.org/id/eprint/2540/1/2540-pommer-g-2003-backqual-lfl.pdf>
- PRAGER und VENT. (1952). *Ackerbaulehre*. Volk und Wissen volkseigener Verlag Berlin.
- SCHÄFER, B. & MERKER, C. (2012). Auswirkungen von Saatstärke, Saattermin und Sorte auf den Ertrag von Winterweizen, 306–307. [https://www.grassland-organicfarming.uni-kiel.de/de/pdf/tagungsband\\_2012.pdf#page=306](https://www.grassland-organicfarming.uni-kiel.de/de/pdf/tagungsband_2012.pdf#page=306)
- SCHÖNBERGER, H. (2014). *Bestandesführung von Hohertragssorten*. <https://www.praxisnah.de/index.cfm/article/8581.html>
- SEIFFERT, M., KÖNNECKE, G., MÄRTIN, B., ENZMANN, J. & OEHME, H. (1965). *Landwirtschaftlicher Pflanzenbau*. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin.

- SEIFFERT, M., MAKOWSKI, N., MOLL, A., NAUMANN, S., OEHME, H., SCHULZ, H., WICKE, H.-J. & WIRSING, F. (1988). *Drusch- und Hackfruchtproduktion*. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag.
- STRICKHOF. (2024). *Bestandeslenkung Winterweizen*.  
<https://www.strickhof.ch/publikationen/bestandeslenkung-winterweizen/>
- TASHEVA, I. (2016). *Premiumweizenproduktion in Zentral- und Osteuropa: Einfluss von Sorte, Standort, Saatstärke und N-Düngungsmanagement auf Ertrag und Qualität bei Weizen im semiariden Produktionsgebiet*.  
<https://epub.boku.ac.at/obvbokhs/content/titleinfo/1931093>
- TEAM AGRAR FLENSBURG. (2023). *EINKAUFSBEDINGUNGEN UND ABRECHNUNGSMODALITÄTEN: für Getreide inkl. Mais, Hülsenfrüchte und Ölsaaten Sachsen Sachsen-Anhalt Thüringen*.  
[https://a.storyblok.com/f/252999/x/cf9362cfc9/64899-einkaufsbedingungen-getreide\\_team-agrar\\_ost.pdf](https://a.storyblok.com/f/252999/x/cf9362cfc9/64899-einkaufsbedingungen-getreide_team-agrar_ost.pdf)
- URBATZKA, P., HIRMER, R., MIKOLAJEWSKI, S., SALZEDER, G., URGIBL, A., WEINZIERL, H. & ZOTT, S. (2020). Einfluss der Saatstärke auf Ertrag und Qualität verschiedener Wintergetreidearten, 113–117.
- WELLIE-STEPHAN, O. (2005). *Winterweizen: Sortenspezifische Produktionstechnik immer wichtiger!* Deutsche Saatveredelung AG Lippstadt.  
<https://www.yumpu.com/de/document/read/7760450/getreide-dsv>
- WELLIE-STEPHAN, O. (2015). *Winterweizen – Weiter früh säen?* [https://www.magazin-innovation.de/magazinInnovation/ausgaben/2015/03/DSV\\_Innovation\\_03-2015.pdf](https://www.magazin-innovation.de/magazinInnovation/ausgaben/2015/03/DSV_Innovation_03-2015.pdf)
- WERNER, A. (1992). Auswirkung geänderter Saatstärke und Reihenzahl zur Durchführung von Gülleinjektionen auf Bestandaufbau und Ertragsbildung von Winterweizen, 1–14. <https://diebodenkultur.boku.ac.at/volltexte/band-43/heft-1/werner.pdf>

## Anhangsverzeichnis

Anhang 1 Berechnung der Arbeitserledigungskosten (Bodenbearbeitung, Pflanzenschutz, Düngergaben, Ernte) für den Betrieb	83
Anhang 2 Ährenlänge der Sorte Attribut	83
Anhang 3 Ährenlänge der Sorte Apostel	84
Anhang 4 Ährenlänge der Sorte Patras	84
Anhang 5 Lager der Parzelle Patras 450 keimf. Körner je m <sup>2</sup> der ersten Wiederholung	85
Anhang 6 Qualitäten der neun Varianten und die erreichten Qualitätsstufen	85
Anhang 7 Qualitätsanforderung für die Qualitätsstufen des Weizen nach TEAM AGRAR FLENSBURG (2023)	85

## Anhang

20 ha Flächengröße AEK Vorgänge	AEK in €/ha	Anzahl	Summe in €/ha
Rubin 6 m Scheibenegge flach	26,21	1	26,21
Karat 6 m Tiefgrubber	38,41	1	38,41
100 kg/ha Düngertransport mit BLA	1,24	3	3,72
100 kg/ha, 1,5 m <sup>3</sup> , Düngerstreuen, 24 m	2,68	3	8,04
Wassertransport PSM 200 l/ha	1,63	4	6,52
Pflanzenschutz 36 m, 4000 l, 200 l/ha	6,39	4	25,56
Mähdrusch 9 m, 10 t/ha Übergabe während Ernte mit TR	129,88	1	129,88
<b>Summe AEK in €/ha ohne Aussaat</b>			<b>238,34</b>

Anhang 1 Berechnung der Arbeitserledigungskosten (Bodenbearbeitung, Pflanzenschutz, Düngergaben, Ernte) für den Betrieb



Anhang 2 Ährenlänge der Sorte Attribut



Anhang 3 Ährenlänge der Sorte Apostel



Anhang 4 Ährenlänge der Sorte Patras

Anhang 5 Lager der Parzelle Patras 450 keimf. Körner je m<sup>2</sup> der ersten Wiederholung

Parameter		Protein (%)	Fallzahl (s)	Hektoliter (kg/hl)	Sedi (ml)	erreichte Qualitätsstufe
Sorten	Saatstärke	MW	MW	MW	MW	
Apostel	150	13,95	196,00	75,20	45,30	C
Apostel	300	13,95	175,00	75,15	45,00	C
Apostel	450	13,70	218,50	75,05	43,80	C
Attribut	150	14,35	278,00	76,00	53,30	A
Attribut	300	14,30	313,00	75,85	49,00	A
Attribut	450	13,80	266,50	76,10	49,55	A
Patras	150	13,70	238,00	73,80	46,90	C
Patras	300	14,40	126,50	70,30	49,25	C
Patras	450	14,45	131,50	69,10	56,70	C

Anhang 6 Qualitäten der neun Varianten und die erreichten Qualitätsstufen

Weizen Qualitätsstufe	Protein (%)	Fallzahl (s)	Hektoliter (kg/hl)	Sedi (ml)
A	min. 13 %	min. 250	min. 77	min. 40
B	min. 12 %	min. 220	min. 76	min. 30
C	unter 12%	unter 220	unter 74	unter 30

Anhang 7 Qualitätsanforderung für die Qualitätsstufen des Weizen nach TEAM AGRAR FLENSBURG (2023)